



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Διπλωματική Εργασία

**Καινοτόμες προσεγγίσεις και προοπτικές της αλληλεπίδρασης
Ενέργειας-Νερού-Τροφής στην περιαστική γεωργική καλλιέργεια.
Η περίπτωση του Δήμου Ασπροπύργου**

Συγγραφέας
Διονυσία Σαντή
ΑΜ: 51204506

Επιβλέπουσα
Δρ. Χριστιάνα Παπαποστόλου

Αθήνα, Οκτώβριος 2023



UNIVERSITY OF WEST ATTICA
SCHOOL OF MECHANICS
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Diploma Thesis

**Innovative approaches and perspectives of the Water-Food-Energy
nexus in suburban agricultural cultivation. The case of Municipality of
Aspropyrgos**

Student name and surname:

Dionysia Santi

Registration Number: 51204506

Supervisor name and surname:

Dr. Christiana M. Papapostolou

Athens, October 2023



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Καινοτόμες προσεγγίσεις και προοπτικές της αλληλεπίδρασης Ενέργειας-Νερού-Τροφής στην περιαστική γεωργική καλλιέργεια. Η περίπτωση του Δήμου Ασπρούργου

Μέλη Εξεταστικής Επιτροπής συμπεριλαμβανομένου και του Εισηγητή

Η διπλωματική εργασία εξετάστηκε επιτυχώς από την κάτωθι Εξεταστική Επιτροπή:

A/a	ΟΝΟΜΑ ΕΠΩΝΥΜΟ	ΒΑΘΜΙΑΔΑ/ΙΔΙΟΤΗΤΑ	ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ
1	ΧΡΙΣΤΙΑΝΑ ΠΑΠΑΠΟΣΤΟΛΟΥ	ΕΠΙΚ. ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ	
2	ΑΙΜΙΛΙΑ ΚΟΝΔΥΛΗ	ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ	
3	ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΖΑΦΕΙΡΑΚΗΣ	ΕΠΙΚ. ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ	

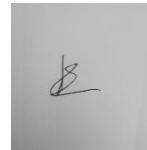
ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κάτωθι υπογεγραμμένη Σαντή Διονυσία του Ευστρατίου, με αριθμό μητρώου 51204506 φοιτήτρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Μηχανικών του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Η Δηλούσα



Πρόλογος

Στα πλαίσια εκπόνησης αυτής της εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα καθηγήτρια Δρ Χριστιάνα Παπαποστόλου για την καθοδήγηση και στήριξη καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας και για την ευκαιρία που μου έδωσε να συνεργαστώ μαζί της. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Δρ Παναγιώτη Κτενίδη για την εμπιστοσύνη του, τη στήριξη και βοήθεια στη διενέργεια της μελέτης περίπτωσης της εργασίας. Ευχαριστώ τα μέλη του αγροτικού συλλόγου Ασπροπύργου και ιδιαίτερα τον κ. Βαγγέλη Μουζάκα για τη συνεργασία και συγκατάθεσή του στην εφαρμογή του πιλοτικού έργου σε μέρος του χωραφιού του. Επιπλέον, ευχαριστώ τον Δήμο Ασπροπύργου για τη συγκατάθεση στην εγκατάσταση μετεωρολογικού σταθμού σε δημοτικό κτήριο, την εταιρεία AGENSO απ' όπου προμηθευτήκαμε τους έξυπνους μετρητές και τη μη κερδοσκοπική οργάνωση SYN+ERGASIA της Αιμιλίας Μπουρίτη για τον συντονισμό των συναντήσεων με τον αγροτικό σύλλογο και του project μέρος του οποίου αποτελεί η διπλωματική αυτή εργασία. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου που με στηρίζει καθημερινά και μου δείχνει έμπρακτα την κατανόηση και συμπαράστασή της.



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη.....	12
Abstract	13
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ^ο : ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	14
1.1 Σκοπός και το αντικείμενο της εργασίας.....	14
1.2 Δομή της εργασίας	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο : ΝΕΡΟ-ΕΝΕΡΓΕΙΑ-ΤΡΟΦΗ.....	16
2.1 Γενικά στοιχεία.....	16
2.2 Χαρακτηριστικά του Πλέγματος Νερού-Ενέργειας-Τροφής.....	18
2.3 Αλληλεπίδραση Πλέγματος Νερού-Ενέργειας-Τροφής.....	22
2.4 Δείκτες στη γεωργία.....	26
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ^ο : ΓΕΩΡΓΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	32
3.1 Ιστορική ανασκόπηση-Υφιστάμενη κατάσταση της γεωργίας στην Ελλάδα- Οικονομικά στοιχεία	32
3.2 Είδη γεωργίας.....	34
3.3 Η περίπτωση του Δήμου Ασπροπύργου-Αγροτική και Χωροταξική Πολιτική- Χρήσεις γης Ασπροπύργου	36
3.4 Τρόποι άρδευσης-Ανάγκη άρδευσης ανά καλλιέργεια	41
3.5 Γεωργία ακριβείας.....	65
3.6 Έξυπνοι μετρητές στην άρδευση-Έξυπνη γεωργία.....	75
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ^ο : ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	79
Μεθοδολογική προσέγγιση εργασίας.....	80
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ^ο : ΔΕΔΟΜΕΝΑ - ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΔΗΜΟΥ ΑΣΠΡΟΠΥΡΓΟΥ.....	82
5.1 Δεδομένα πιλοτικού.....	82
5.2 Εγκατάσταση σταθμών μέτρησης ποιότητας περιβάλλοντος και υγρασίας εδάφους	89
5.3 Αποτελέσματα μετρήσεων-καταγραφών.....	101
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ^ο : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	111
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ^ο : ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	113
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	119

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 3.1: Τοποθεσία Ασπροπύργου [23]	37
Εικόνα 3.2: Η περιοχή του Ασπροπύργου από open street map.....	40
Εικόνα 3.3: Χάρτης κτηματολογίου εστιασμένος στον Ασπρόπυργο [29]	40
Εικόνα 3.4: Βασικοί τύποι εδαφών [33]	46
Εικόνα 3.5: Υφή αμμώδους εδάφους [34]	46
Εικόνα 3.6: Υφή αργιλώδους εδάφους [34].....	47
Εικόνα 3.7: Υφή ιλυώδους εδάφους [34]	48
Εικόνα 3.8: Υφή πηλώδους εδάφους [35]	48
Εικόνα 3.9: Άρδευση με κατάκλιση ή με αυλάκια [37]	57
Εικόνα 3.10: Σύστημα άρδευσης κηπευτικής καλλιέργειας με καταιονισμό μέσω αγωγών εφαρμογής στο έδαφος και ορθοστάτες [38]	58
Εικόνα 3.11: Σύστημα άρδευσης καταιονισμού από πάνω μέσω κινούμενης μεταλλικής ράβδου 1/2 [38].....	58
Εικόνα 3.12: Σύστημα άρδευσης με καταιονισμό από πάνω μέσω κινούμενης μεταλλικής ράβδου 2/2 [38].....	59
Εικόνα 3.13: Λειτουργία σταλάκτη σε σύστημα άρδευσης με σταγόνα [39].....	60
Εικόνα 3.14: Σύστημα άρδευσης με σταγόνα [40]	60
Εικόνα 3.15: Σύστημα υπόγειας άρδευσης [39]	61
Εικόνα 3.16: Φορητό όχημα με μετρητές και υπολογιστή [49].....	68
Εικόνα 3.17: Χαρτογράφηση της βλάστησης των ΗΠΑ από εργαλείο GIS [57].....	73
Εικόνα 3.18: Κόμβος έξυπνου μετρητή με υψωμένο πομπό σε χωράφι φιστικιών [58]	75
Εικόνα 4.1: Συνάντηση με μέλη του αγροτικού συλλόγου στο Παλαιό Ρολόι Ασπροπύργου.....	81
Εικόνα 4.2: Εγκατάσταση σταθμού στο χωράφι της πιλοτικής εφαρμογής στον Ασπρόπυργο.....	81
Εικόνα 5.1: Δορυφορική φωτογραφία περιοχής Ασπροπύργου	89
Εικόνα 5.2: Εργοτάξιο Ασπροπύργου	89
Εικόνα 5.3: Όψη από το Εργοτάξιο Ασπροπύργου 1/3	90
Εικόνα 5.4: Όψη από το Εργοτάξιο Ασπροπύργου 2/3	90
Εικόνα 5.5: Όψη από το Εργοτάξιο Ασπροπύργου 3/3	91
Εικόνα 5.6: Τμήματα του περιβαλλοντικού σταθμού μέτρησης	91

Εικόνα 5.7: Τόπος εγκατάστασης περιβαλλοντικού σταθμού μέτρησης 1/3	92
Εικόνα 5.8: Τόπος εγκατάστασης περιβαλλοντικού σταθμού μέτρησης 2/3	92
Εικόνα 5.9: Τόπος εγκατάστασης περιβαλλοντικού σταθμού μέτρησης 3/3	93
Εικόνα 5.10: Εγκατεστημένος περιβαλλοντικός σταθμός μέτρησης 1/2	93
Εικόνα 5.11: Εγκατεστημένος περιβαλλοντικός σταθμός μέτρησης 2/2	94
Εικόνα 5.12: Δορυφορική φωτογραφία τοποθεσίας αγροτεμαχίου στον Ασπρόπυργο 1/2	96
Εικόνα 5.13: Δορυφορική φωτογραφία τοποθεσίας αγροτεμαχίου στον Ασπρόπυργο 2/2	96
Εικόνα 5.14: Διάταξη έξυπνου μετρητή	97
Εικόνα 5.15: Εγκατάσταση έξυπνου μετρητή 1/3	97
Εικόνα 5.16: Εγκατάσταση έξυπνου μετρητή 2/3	98
Εικόνα 5.17: Εγκατάσταση έξυπνου μετρητή 3/3	98
Εικόνα 5.18: Καλλιέργεια κολοκυθιού στον Ασπρόπυργο	99

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 2.1: Η αλληλεπίδραση Ενέργειας-Νερού-Τροφής [2].....	16
Σχήμα 2.2: Ο υδρολογικός κύκλος [8].....	19
Σχήμα 2.3: Απεικόνιση συνάρτησης τιμών τροφής (πρωτεύων άξονας X) και πετρελαίου (δευτερεύων άξονας X) 2000-2011 [5].....	22
Σχήμα 2.4: Συντελεστής Πλέγματος Ενέργειας-Νερού-Τροφής για την Ελλάδα το 2022 [14].....	25
Σχήμα 2.5: Ενδεικτικές τιμές κατανάλωσης ενέργειας και νερού των καλλιεργειών [4].....	28
Σχήμα 2.6: Ενδεικτικές τιμές συνολικής αποδοτικότητας ενέργειας και νερού στις καλλιέργειες [4]	29
Σχήμα 2.7: Ενδεικτικές τιμές οικονομικής αποδοτικότητας ενέργειας και νερού στις καλλιέργειες [4]	30
Σχήμα 2.8: Ενδεικτικές τιμές της απόδοσης του Πλέγματος Ενέργειας-Νερού-Τροφής για ορισμένες καλλιέργειες [4]	31
Σχήμα 3.1: Συγκέντρωση ελληνικού πληθυσμού σε αστικές και υπαίθριες περιοχές [19].....	35
Σχήμα 3.2: Διαπνοή και εξάτμιση στα πλαίσια της εξατμισοδιαπνοής [31]	43
Σχήμα 3.3: Ο υδρολογικός κύκλος του νερού και η εξατμισοδιαπνοή [32].....	43
Σχήμα 3.4: Κύριες κλάσεις κοκκομετρικής σύστασης [9]	45
Σχήμα 3.5: Ο υδροφόρος ορίζοντας και το σύστημα υπόγειων υδάτων [9].....	50
Σχήμα 3.6: Η ανάγκη καλλιέργειας σε νερό 10 mm/ημέρα [36].....	50
Σχήμα 3.7: Απεικόνιση συνεχούς συστήματος εδάφους-φυτού-ατμόσφαιρας [9].....	52
Σχήμα 3.8: Βασικοί τύποι αρδευτικών συστημάτων [30]	56
Σχήμα 3.9: Βασικοί κλιματικοί παράγοντες των αναγκών νερού των καλλιεργειών [36].....	63
Σχήμα 3.10: Παράγοντες καθορισμού αναγκών για άρδευση των φυτών [30].....	65
Σχήμα 3.11: Τεχνολογίες και χαρακτηριστικά έξυπνης γεωργίας [64]	78
Σχήμα 4.1: Βήματα πρότυπης μεθοδολογικής προσέγγισης της μελέτης περίπτωσης γεωργίας ακριβείας στα πλαίσια της αλληλεπίδρασης Ενέργειας-Νερού-Τροφής στην περιφερειακή περιοχή του Ασπροπύργου.....	80
Σχήμα 5.1: Διάγραμμα θερμοκρασίας	101
Σχήμα 5.2: Διάγραμμα υγρασίας	102

Σχήμα 5.3: Διάγραμμα βροχόπτωσης	103
Σχήμα 5.4: Διάγραμμα ταχύτητας ανέμου	104
Σχήμα 5.5: Διάγραμμα κατεύθυνσης ανέμου	105
Σχήμα 5.6: Διάγραμμα ταχύτητας ριπών ανέμου	106
Σχήμα 5.7: Διάγραμμα φωτεινότητας	106
Σχήμα 5.8: Διάγραμμα δείκτη υπεριώδους ακτινοβολίας	107
Σχήμα 5.9: Διάγραμμα ατμοσφαιρικής πίεσης	108
Σχήμα 5.10: Διάγραμμα επιπέδου μπαταρίας του περιβαλλοντικού σταθμού	108
Σχήμα 5.11: Διάγραμμα υγρασίας εδάφους	109
Σχήμα 5.12: Διάγραμμα εξατμισοδιαπνοής και επιπλέον απαιτούμενης ποσότητας σε άρδευση.....	110

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2.1: Ανάλυση των στόχων του εργαλείου CLEWS [7].....	24
Πίνακας 2.2: Μέθοδοι και εργαλεία σχετικά με το Πλέγμα Ενέργειας-Νερού-Τροφής [12].....	24
Πίνακας 2.3: Δείκτες αξιολόγησης του συστήματος παραγωγής στη γεωργία για καλλιέργειες c [4].....	27
Πίνακας 2.4: Ενδεικτικές τιμές δεικτών αξιολόγησης Πλέγματος Νερού-Ενέργειας-Τροφής σε ορισμένες καλλιέργειες [4].....	27
Πίνακας 3.1: Σύγκριση ειδών γεωργίας [18].....	34
Πίνακας 3.2: Μηχανική σύσταση εδάφους [9].....	44
Πίνακας 3.3: Γενικοί όροι περιγραφής κοκκομετρικής σύστασης του εδάφους σε σχέση με τα ονόματα των κλάσεων κοκκομετρικής σύστασης [9].....	45
Πίνακας 3.4: Επιρροή βασικών κλιματικών παραγόντων στις ανάγκες σε νερό των καλλιεργειών [36].....	51
Πίνακας 3.5: Μέση ημερήσια ανάγκη σε νερό της τυπικής καλλιέργειας γρασιδιού με βάση την κλιματική ζώνη [36].....	51
Πίνακας 3.6: Προσεγγιστικές τιμές μηνιαίας ωφέλιμης βροχόπτωσης για τις καλλιέργειες σε σχέση με τη μηνιαία βροχόπτωση [36].....	54
Πίνακας 3.7: Χαρακτηριστικά των τριών κύριων μεθόδων άρδευσης [9].....	62
Πίνακας 3.8: Τεχνολογίες και τεχνικές που χρησιμοποιούνται στα διάφορα στάδια της γεωργίας ακριβείας σε πρώιμο στάδιο [48].....	67
Πίνακας 3.9: Σύγχρονες τεχνολογίες και τεχνικές που χρησιμοποιούνται στα διάφορα στάδια της γεωργίας ακριβείας [56].....	71
Πίνακας 5.1: Πραγματικές και απαιτούμενες καταναλώσεις Νερού-Ενέργειας στην άρδευση της καλλιέργειας κολοκυθιού στο πιλοτικό χωράφι.....	88
Πίνακας 5.2: Μετρήσεις περιβαλλοντικών και ατμοσφαιρικών συνθηκών.....	95
Πίνακας 5.3: Μετρήσεις συνθηκών εδάφους.....	100

Περίληψη

Η συνεχής αύξηση του πληθυσμού στα αστικά κέντρα έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της ζήτησης για τροφή. Οι περιαστικές περιοχές χαρακτηρίζονται ως «μεταβατικές ζώνες μεταξύ επαρχιακών και αστικών χρήσεων γης, που βρίσκονται στα προάστια αστικών και περιφερειακών κέντρων και της επαρχίας». Οι τοπικές γεωργικές επιχειρήσεις και οι αγρότες καλούνται να είναι ιδιαίτερα κινητοποιημένοι για να αντιμετωπίσουν τα θέματα επισιτιστικής ασφάλειας που δημιουργούνται. Οι περιαστικές περιοχές μπορούν να προσφέρουν μια βιώσιμη λύση για τον εφοδιασμό των πόλεων, αφού μπορούν να παρέχουν τρόφιμα σε λογικές τιμές λόγω της εγγύτητας στις πόλεις, γεγονός που επιτρέπει στη σχετιζόμενη τροφική, εφοδιαστική αλυσίδα να λειτουργεί ομαλά. Ωστόσο, η εντατικοποίηση της γεωργικής καλλιέργειας είναι άμεσα συνδεδεμένη με αυξημένες ανάγκες ενέργειας και νερού, οι οποίες σε μερικές περιπτώσεις είναι και αποτέλεσμα μη βιώσιμων τακτικών. Το νερό, η ενέργεια και η τροφή είναι στενά αλληλένδετα μέσα στην έννοια του πλέγματος (Πλέγμα Νερού-Ενέργειας-Τροφής): το νερό και η ενέργεια απαιτείται για την άρδευση των καλλιεργειών (τροφή), κ.λπ. Ευτυχώς, η τεχνολογική εξέλιξη είναι ικανή να βελτιώσει την τρέχουσα κατάσταση: για παράδειγμα, η γεωργία ακριβείας είναι δυνατό να βοηθήσει με το ζήτημα σπατάλης του νερού παρέχοντας στα φυτά νερό (και θρεπτικά στοιχεία) την κατάλληλη στιγμή, ενώ ερευνητικά σχέδια ανανεώσιμης ενέργειας, π.χ. ηλιακοί συλλέκτες, μπορούν να δώσουν βιώσιμες λύσεις στο ζήτημα ενεργειακής προμήθειας. Παρ' όλα αυτά, οι σημερινοί αγρότες αντιμετωπίζουν δύο προβλήματα: την έλλειψη γνώσεων για την επίλυση των παραπάνω ζητημάτων και την ανάγκη εύρεσης νερού καλής ποιότητας για να παρέχουν στις φυτείες τους. Η εκπόνηση της παρούσας εργασίας αποσκοπεί στη διευθέτηση και αντιμετώπιση αυτών των θεμάτων μέσω μιας πραγματικής μελέτης περίπτωσης στην περιαστική, αγροτική περιοχή του Δήμου Ασπροπύργου. Παρουσιάζονται οι εφαρμογές της γεωργίας ακριβείας στην τοπική αγροτική παραγωγή και τα αποτελέσματα θα είναι ενδεικτικά της ωφελιμότητας συγκρότησης μιας Ενεργειακής Κοινότητας του αγροτικού συλλόγου της περιοχής. Συλλέχθηκαν δεδομένα που αφορούν την ποσότητα και ποιότητα νερού, τα είδη καλλιέργειας και η κατανάλωση ενέργειας για άρδευση, με σκοπό να επιτραπεί η μετάβαση σε πιο βιώσιμες γεωργικές πρακτικές.

Λέξεις κλειδιά: Πλέγμα Νερού-Ενέργειας-Τροφής, Γεωργία Ακριβείας,

Εξοικονόμηση Ενέργειας, Ενεργειακή Κοινότητα

Abstract

The constant increase in urban population has resulted in, among others, increased food demand. Peri-urban areas are “transition zones from rural to urban land-uses located between the outer limits of urban and regional centres and the rural environment”. The local agriculture businesses and farmers are expected to be considerably mobilised in order to deal with the food security issues. Peri-urban areas could offer a viable solution for supplying the cities, as they can offer food at reasonable prices due to their proximity to the cities, which allows logistics and the related food supply chain to smoothly operate. However, cropping intensification is directly linked to increased energy and water needs, which, in some cases, comes as the result of unsustainable practices as well. Water, energy and food are closely interrelated within the nexus concept (Water–Energy–Food Nexus); water is needed for irrigating crops, energy for irrigation, etc. Fortunately, technological evolution can improve the current situation; for example, precision irrigation can help with the water issue by supplying the plant with water (and nutrients) at the right time, and renewable energy projects, i.e., solar panels, can provide a sustainable resolution to the energy supply problem. Nevertheless, modern farmers face two problems: often lack knowledge regarding these issues and they have to find water of good quality to supply their plantations. This paper aims to address these issues through a real-case study in a peri-urban, agricultural area close to Athens. The application of precision irrigation in local agricultural production is presented and the results will evidence how the farming community of the Greek municipality can benefit. Data collection concerning water quality and quantity, the types of crops cultivated, and the energy consumed per hectare are collected in order to allow the transition to more sustainable agricultural practices.

Key words: WEF Nexus, Precision Agriculture, energy savings, the Energy Community

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Σκοπός και το αντικείμενο της εργασίας

Σκοπός της εργασίας είναι να αναπτυχθούν εφαρμογές μέτρησης, παρακολούθησης και ελέγχου της αλληλεπίδρασης των χρήσεων νερού και των αντίστοιχων ενεργειακών αναγκών κατά την καλλιέργεια και συγκομιδή των οπωροκηπευτικών της περιοχής Ασπροπύργου. Τα αποτελέσματα της πρότυπης πιλοτικής εφαρμογής θα υποστηρίξουν την υιοθέτηση των βέλτιστων σεναρίων της αλληλεπίδρασης Ενέργειας-Νερού-Τροφής με κριτήρια βιωσιμότητας και ανθεκτικότητας της περιοχής.

1.2 Δομή της εργασίας

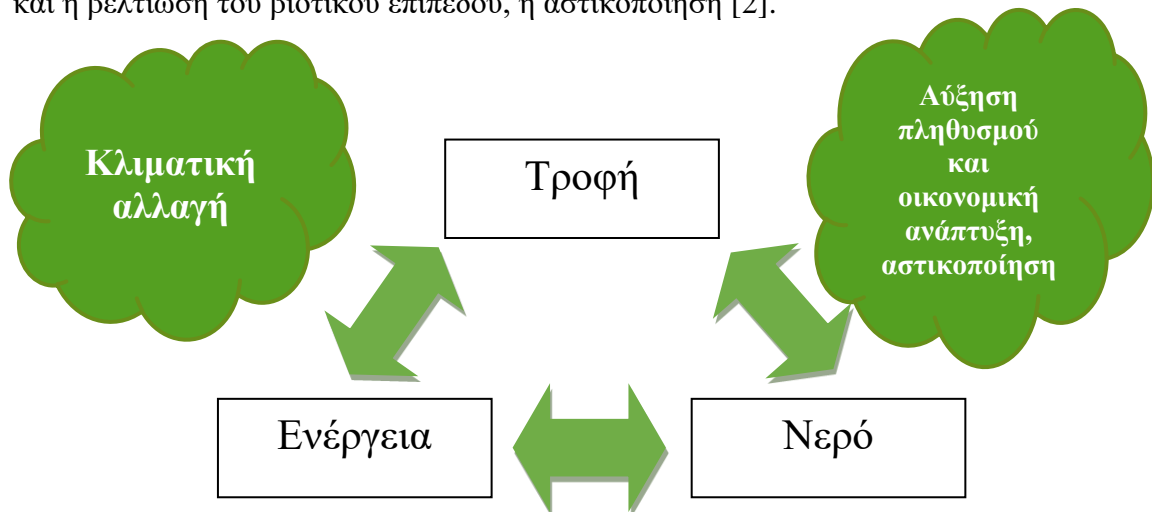
Η παρούσα εργασία αποτελείται από δύο μέρη: μία βιβλιογραφική ανασκόπηση των ζητημάτων που αποτελούν το περιεχόμενο της εργασίας και η μεθοδολογία και ανάλυση των δεδομένων της μελέτης περίπτωσης. Αρχικά αναλύεται η έννοια του Πλέγματος Ενέργειας-Νερού-Τροφής, ο τρόπος που αλληλοεπιδρά, η σημασία υιοθέτησης πρακτικών με γνώμονα τη βελτιστοποίηση λειτουργίας των τριών αυτών αγαθών συνδυαστικά στη σύγχρονη κοινωνία. Μελετάται, επίσης, η χρήση του Πλέγματος στη γεωργία ποιοτικά και ποσοτικά, με στόχο την εφαρμογή του στην περίπτωση της περιιαστικής γεωργίας ενδεικτικά για τον Δήμο Ασπροπύργου. Στο τρίτο κεφάλαιο, γίνεται μια ιστορική ανασκόπηση της γεωργίας στην Ελλάδα, αποσκοπώντας στην ανάδειξη των προβλημάτων που αντιμετωπίζει σήμερα. Παρατίθενται στοιχεία σχετικά με τα χαρακτηριστικά και τις χρήσεις γης της περιοχής του Ασπροπύργου. Στη συνέχεια του κεφαλαίου ορίζεται η περιιαστική περιοχή και γεωργία σε σχέση με τα χαρακτηριστικά της κατηγορίας της και των άλλων κατηγοριών γεωργικής καλλιέργειας (την αστική και αγροτική). Ύστερα, γίνεται εκτενής αναφορά στην άρδευση: τους παράγοντες που καθορίζουν την κατάλληλη ποσότητα εφαρμογής ανά καλλιέργεια και είδος εδάφους. Το κεφάλαιο της γεωργίας τελειώνει σταδιακά με την περιγραφή της γεωργίας ακριβείας ως προς τις πρακτικές και εφαρμογές της από τη δεκαετία του '90 μέχρι και σήμερα και η ευρύτερη έννοια της έξυπνης γεωργίας με τα τεχνολογικά μέσα και την εξέλιξη που σημειώνει στα σύγχρονα δεδομένα. Ύστερα, παρατίθεται η μεθοδολογία της εργασίας με ερευνητικά ερωτήματα που τη χαρακτηρίζουν και τη μεθοδολογική προσέγγιση της πρότυπης μελέτης περίπτωσης. Στο τελευταίο κεφάλαιο δίνονται τα δεδομένα της πιλοτικής

εφαρμογής στον Ασπρόπυργο και γίνεται υπολογισμός των αποτελεσμάτων. Τα αποτελέσματα αυτά προκύπτουν και από τη χρήση έξυπνων μετρητών, η εγκατάσταση των οποίων περιγράφεται σε συνδυασμό με την καταγραφή και ανάλυση των μετρήσεων που παρείχαν για το χρονικό διάστημα του πιλοτικού έργου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2º: ΝΕΡΟ-ΕΝΕΡΓΕΙΑ-ΤΡΟΦΗ

2.1 Γενικά στοιχεία

Οι τρεις βασικοί πόροι για την ανθρώπινη παραγωγή και βιωσιμότητα είναι το πόσιμο νερό, η επαρκής ενέργεια και τροφή [1]. Οι τρεις αυτοί πόροι εξαρτώνται ο ένας από τον άλλον ξεχωριστά και συνδυαστικά, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.1. Για την παραγωγή τροφής στη γεωργία απαιτείται νερό για άρδευση. Το νερό εξάγεται από πηγάδια και γεωτρήσεις και μεταφέρεται μέσω της ενέργειας, ανεξαρτήτου μορφής. Ενέργεια χρειάζεται και για την παραγωγή λιπασμάτων, την άρδευση, την αύξηση του ζωικού κεφαλαίου, πρόσβαση σε θαλασσινά τρόφιμα, καθώς και για διαδικασίες όπως η συσκευασία, η αποθήκευση κ.α. της τροφής. Η παραγωγή ενέργειας απαιτεί υδάτινους πόρους. Παράγοντες που εντατικοποιούν τη σύνδεση μεταξύ των τριών πόρων είναι η κλιματική αλλαγή, η αύξηση του πληθυσμού, η οικονομική ανάπτυξη και η αστικοποίηση [2].



Σχήμα 2.1: Η αλληλεπίδραση Ενέργειας-Νερού-Τροφής [2]

Το 2011 έγιναν μελέτες πάνω στην ανάγκη των Η.Π.Α. για τη δημιουργία πολιτικής γραμμής που θα λαμβάνει υπόψη το νερό και την ενέργεια ως ένα πλέγμα και όχι ως διακριτούς πόρους, με σκοπό τη λήψη ορθότερων αποφάσεων σε περιφερειακό ακόμα και εθνικό επίπεδο. Η κλιματική αλλαγή φαινόταν να έχει επηρεάσει σε μεγαλύτερο βαθμό τους κανονισμούς για την ενέργεια (π.χ. μείωση ενεργειακών εκπομπών) σε σχέση με το νερό, γεγονός που αντιτίθεται με την κλίμακα αλληλεξάρτησης των πόρων αυτών [3].

Ένας καινοτόμος τρόπος ποσοτικής και ποιοτικής αξιολόγησης της αγροτικής παραγωγής συζητήθηκε στα πλαίσια της Παγκόσμιας Οικονομικής Συνάντησης του

2008: η σύνδεση μεταξύ νερού, ενέργειας και τροφής. Κατά την παγκόσμιας κλίμακας κρίση της τροφικής ασφάλειας του 2008 υπολογίστηκε ότι το 70% της παγκόσμιας άντλησης αποθεμάτων νερού και το 30% της διεθνούς ενεργειακής κατανάλωσης αντιστοιχούν στον αγροτικό τομέα [4]. Το πλέγμα Νερού-Ενέργειας-Τροφής προτάθηκε στο Συνέδριο του Bonn το 2011 με σκοπό τη βελτιστοποίηση των αλληλεπιδράσεων των τριών αυτών πόρων, που μπορεί να αποφέρει βιωσιμότητα στα νέα κοινωνικοοικονομικά δεδομένα [1], [5]. Η αναγνώριση των συνδέσεων μεταξύ των τριών τομέων φυσικών πόρων και η συνολική βελτίωσή τους αποτελεί επικερδή στρατηγική τόσο της ανθρώπινης ευημερίας, όσο και της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας και των επόμενων γενιών [6].

Σύμφωνα με τους Bazilian M. κ.α., από τη σκοπιά του νερού, τα ενεργειακά και τροφικά συστήματα είναι χρήστες. Από τη σκοπιά της τροφής, η ενέργεια και το νερό είναι τροφοδοτικά στοιχεία, ενώ από ενεργειακή σκοπιά, το νερό αποτελεί τροφοδοσία ή απαίτηση και η τροφή είναι το προϊόν.

Με την πάροδο του χρόνου, η καλλιέργεια της γης έχει μελετηθεί επιστημονικά και με τις σύγχρονες μεθόδους καταφέρνει να παρέχει τροφή και πρώτες ύλες στον πληθυσμό. Η αύξηση ωστόσο της ζήτησης σε ποσότητα, ποικιλία και βέλτιστη ποιότητα στις μέρες μας, είναι κάτι που απασχολεί την επιστημονική κοινότητα ως προς τη βιωσιμότητα της παραγωγής στην εποχή ενεργειακής και οικονομικής κρίσης που διανύουμε.

Η υπέρμετρη χρήση νερού για άρδευση και χημικών ουσιών για μεγαλύτερη παραγωγή έχει προκαλέσει αλλοίωση του εδάφους και ρύπανση του νερού και του χώματος. Γι' αυτόν τον λόγο στα πλαίσια του νερού που χρησιμοποιείται για άρδευση μελετάται η ποσότητα που μπορεί να μειωθεί. Κατ' αυτόν τον τρόπο θα μειωθεί και η ενέργεια που χρησιμοποιείται στην άρδευση, με σταθερή την παραγωγή τροφής.

Η ποσότητα νερού που απαιτεί κάθε είδους καρπός εξαρτάται από τη φυτική του ποικιλία, τη σύσταση του εδάφους του χωραφιού, την τοποθεσία, τις κλιματικές και καιρικές συνθήκες. Επίσης, αφορά και τη μέθοδο άρδευσης που χρησιμοποιεί ο παραγωγός. Με βάση αυτά, έχουν δημιουργηθεί ειδικοί δείκτες, οι οποίοι ύστερα από

επεξεργασία καθορίζουν την ποσότητα του νερού που χρειάζεται το νερό. Συνεπώς, μπορεί να καθοριστεί και η ενέργεια.

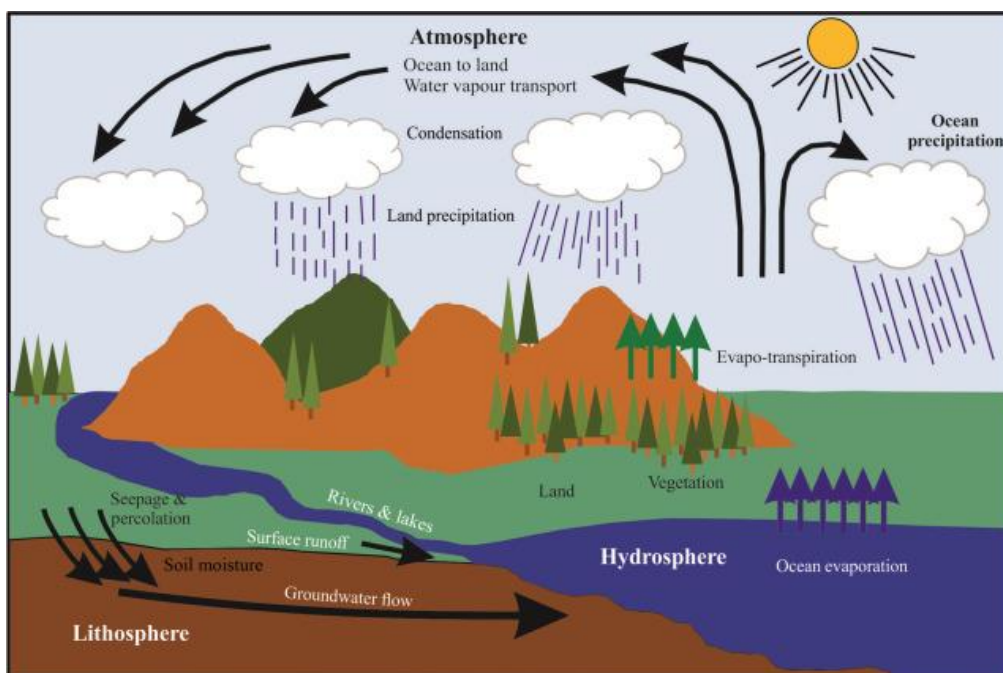
Η σύνδεση των τριών αυτών παραγόντων παραγωγής αποσκοπεί στην αποτελεσματική διαχείρισή τους, με αποτέλεσμα την ανάδειξη της βιωσιμότητας, της συνεργίας και βελτιστοποίησης του συστήματος άρδευσης στη γεωργία. Η αγνόηση των συνεπειών του ενός, μπορεί να έχει καταστροφικό αντίκτυπο στους άλλους.

Για την καλύτερη κατανόηση του πλέγματος Ενέργειας-Νερού-Τροφής παρατίθενται τα κοινά στοιχεία που διαθέτουν και οι τρεις τομείς:

1. Είναι απρόσιτοι από δισεκατομμύρια ανθρώπους παγκοσμίως σε ποσότητα ή/και ποιότητα.
2. Η ζήτησή τους παγκοσμίως είναι ραγδαία αυξανόμενη.
3. Χαρακτηρίζονται από εμπόδια κατά την εξόρυξη ή παραγωγής τους.
4. Συνδέονται με το παγκόσμιο εμπόριο, καθώς είναι βασικά αγαθά, άρα οι συνέπειες από την έλλειψή τους είναι εκτεταμένες διεθνώς.
5. Διαφοροποιούνται σε διαθεσιμότητα και ποικίλουν σε εφοδιασμό και ζήτηση περιφερειακά.
6. Εξαρτώνται άμεσα με την κλιματική αλλαγή και το περιβάλλον.
7. Αντιμετωπίζουν ζητήματα ασφάλειας, καθώς είναι θεμελιώδεις για τη λειτουργία της κοινωνίας.
8. Μεγάλο μέρος της αγοράς στηρίζεται στη λειτουργία τους.
9. Απαιτούν ρητή αναγνώριση και διαχείριση κινδύνων [7].

2.2 Χαρακτηριστικά του Πλέγματος Νερού-Ενέργειας-Τροφής

Σχεδόν 1400 εκατ. km³ νερού έχει υπολογιστεί ότι υπάρχουν στη Γη, το οποίο στην πλειονότητα δεν μπορεί να αξιοποιηθεί. Το 97% αυτού βρίσκεται στους ωκεανούς, το 2% είναι αποθηκευμένο στους παγετώνες και το 0,7% βρίσκεται σε υπόγεια ύδατα. Κατά τη συγκρότηση του υδρολογικού κύκλου, το νερό εξατμίζεται από την επιφάνεια της Γης και επιστρέφει σε αυτή μέσω της βροχής και της χιονόπτωσης. Τα νέφη είναι αυτά που μεταφέρουν την υγρασία μεταξύ των ηπείρων, καθώς το μεγαλύτερο μέρος των κατακρημνίσεων λαμβάνει χώρα στους ωκεανούς.



Σχήμα 2.2: Ο υδρολογικός κύκλος [8]

Στο Σχήμα 2.2 απεικονίζονται τα κατακρημνίσματα που διαχέονται σε μια υδρολογική λεκάνη ή αποθηκεύονται σε υδάτινα σώματα (λίμνες, ποτάμια) ή επιστρέφουν στην ατμόσφαιρα ή απορρέουν από τη λεκάνη στην επιφάνεια ή υπογείως. Από την άλλη, το νερό επιστρέφει στην ατμόσφαιρα είτε μέσω της εξάτμισης από το έδαφος είτε μέσω διαδικασίας που οφείλεται στη λειτουργία των στομάτων επιφανειών των φύλλων των φυτών, της λεγόμενης διαπνοής.

Το νερό θεωρείται ο πιο «ευαίσθητος» πόρος, καθώς αν καταναλωθεί από έναν τομέα, δεν μπορεί να διατεθεί για τους υπόλοιπους. Με άλλα λόγια, αν το διαθέσιμο νερό δεν διαχωριστεί κατάλληλα με βάση τις ανάγκες όλων των ανθρώπινων δραστηριοτήτων, δεν θα επαρκεί για το οικοσύστημα, τον ενεργειακό, αγροτικό, βιομηχανικό και δημόσιο τομέα. Το γεγονός αυτό δημιουργεί την ανάγκη κατηγοριοποίησής του ως προς τη χρήση σε νερό που επιστρέφεται με φυσικό ή τεχνητό τρόπο στο υδάτινο σύστημα και σε αυτό που «χάνεται» στην ατμόσφαιρα μετά τη χρήση του.

Επίσης, το νερό βρίσκεται σε έλλειψη ορισμένες χρονικές περιόδους σε πολλές περιοχές, κάτι το οποίο τονίζει την ανάγκη για εφαρμογή των τεχνικών του πλέγματος, λαμβάνοντας ιδιαίτερα υπόψιν τη διαθεσιμότητα των υδάτινων πόρων [9].

Στις μεσογειακές χώρες, ο κύκλος νερού χαρακτηρίζεται από ξηρασία τα καλοκαίρια και έντονες βροχές το φθινόπωρο και χειμώνα. Η έλλειψη νερού είναι ένα συνηθισμένο φαινόμενο πλέον, όχι μόνο στη Μεσόγειο αλλά και σε πολλές ακόμα χώρες της Ευρώπης. Ένα ποσοστό του πληθυσμού αυτών των χωρών ζει σε περιφέρειες με λιγοστά αποθέματα νερού, κυρίως στα νότια. Συγκεκριμένα, το 50% του πληθυσμού της Ισπανίας, το 26% της Ιταλίας, το 41% της Πορτογαλίας και το σύνολο του πληθυσμού της Μάλτας και της Κύπρου ζουν σε συνθήκες έλλειψης νερού. Στην Ελλάδα, αυτό το ποσοστό ανέρχεται στο 49% του πληθυσμού. Γενικά, κατά τους θερινούς μήνες με την κορύφωση της τουριστικής δραστηριότητας, γίνεται χρήση 100% του διαθέσιμου γλυκού νερού, με αποτέλεσμα να υπάρχει ανάγκη άντλησης από τους υπόγειους υδάτινους πόρους, ταρασσοντας την ισορροπία των διεργασιών εκεί. Το 2019 ο Δείκτης Έλλειψης Νερού κατέτασσε την Ελλάδα στην 3^η θέση (71%), μεταξύ των Ευρωπαϊκών χωρών με τις χειρότερες συνθήκες υδάτινης ανεπάρκειας, μετά την Κύπρο και τη Μάλτα (να σημειωθεί πως το αποδεκτό όριο του δείκτη είναι 20%. Η κλιματική αλλαγή, αλλά και η αύξηση του πληθυσμού στις μεσογειακές χώρες, θα εντείνουν το πρόβλημα της υδάτινης ανεπάρκειας [10].

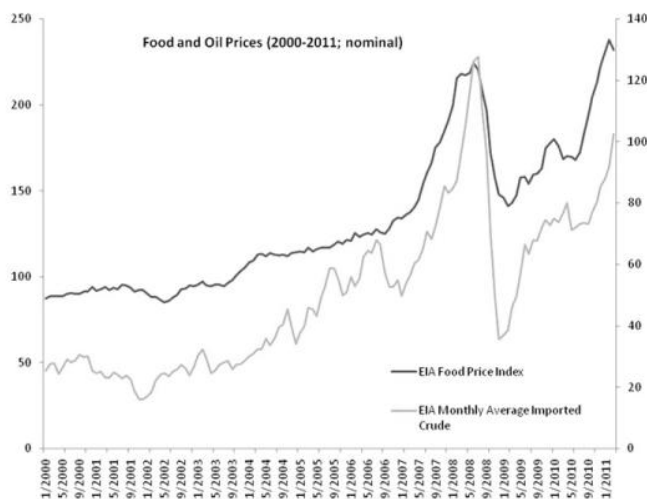
Για μεταφορά, διαχείριση και διανομή του νερού χρησιμοποιείται ενέργεια, όπως και για ανακύκλωσή του μετά τη χρήση. Επίσης, στον τομέα της άρδευσης στη γεωργία παγκοσμίως γίνεται χρήση 60%-80% του διαθέσιμου νερού. Σε αναπτυσσόμενες χώρες, η χρήσεις του νερού ανέρχονται στο 90% του συνόλου, που σημαίνει πως γύρω στα 15%-20% της ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιείται για τον χειρισμό του νερού στη γεωργία [7]. Το νερό ιστορικά είναι ένας υποτιμημένος πόρος, όμως λόγω της σταδιακής έλλειψης σε πολλές χώρες, η τιμή του ακολουθεί ανοδική πορεία, όπως και η τιμή ηλεκτρικής ενέργειας. Η έλλειψη νερού στην παραγωγή τροφίμων είναι ανησυχητική για την ασφάλεια στον τομέα αυτό. Σε χώρες με χαμηλά αποθέματα σε υδάτινους πόρους λαμβάνεται υπόψη η έννοια του εικονικού νερού. Το εικονικό νερό αναφέρεται στο νερό που χρησιμοποιείται για την παραγωγή τροφίμων στις χώρες από τις οποίες εμπορεύονται. Κατ' αυτόν τον τρόπο μειώνεται η εγχώρια πίεση για χρήση του περιορισμένου νερού. Ένας άλλος παράγοντας που αφορά το νερό, είναι η ποιότητά του που σχετίζεται με την παραγωγή ποσοτικής και ποιοτικής τροφής στη γεωργία και την αύξηση στη ζήτηση ενέργειας, όταν απαιτείται καθαρισμός του ώστε να είναι κατάλληλο προς χρήση [2].

Η ζήτηση για ενέργεια εκτιμάται να αυξηθεί κατά 35% έως το 2035. Στον τομέα παραγωγής ενέργειας χρησιμοποιούνται μεγάλες ποσότητες νερού για ψύξη και παραγωγή άλλων διαδικασιών, όπως η διύλιση προϊόντων πετρελαίου ή η παραγωγή συνθετικών καυσίμων [7].

Ήδη από τις αρχές του 21^{ου} αιώνα, ξεκίνησε η λεγόμενη οικονομική λειψυδρία. Ο όρος αναφέρεται στην περιορισμένη πρόσβαση σε υδάτινους πόρους λόγω του υψηλού κόστους εξαγωγής τους. Στην Ινδία, όπου τα αποθέματα νερού ήταν υψηλά, οι αυξημένες τιμές των καυσίμων, οδήγησαν στην αναζήτηση νέων τρόπων ηλεκτροδότησης της άρδευσης καθώς τονίζεται από την έρευνα του Mukherji A. η στενή σύνδεση της ενέργειας με την άρδευση. Εξαιτίας του αυξημένου αριθμού του πληθυσμού, η εξαγωγή νερού από τους υδάτινους πόρους γινόταν με τέτοιο ρυθμό, που το νερό δεν προλάβαινε να ανανεωθεί, με αποτέλεσμα την μείωση των αποθεμάτων νερού και την υπέρμετρη υπερτίμηση των τιμών ηλεκτρισμού [7], [11].

Η αύξηση των τιμών στην ενέργεια από το 2009 και έπειτα επηρέασε κυρίως τον αγροτικό τομέα, λόγω της μεγάλης ζήτησης για ενέργεια για άρδευση. Κυρίως στην περιοχή της νότιας Αφρικής, όπου η ασφάλεια τροφής είναι ένα σοβαρό ζήτημα, η μείωση της άρδευσης θα δημιουργούσε σοβαρό πρόβλημα στην κοινωνία. Ήδη η εξαγωγή τροφίμων που συνέβαλλε στην οικονομία της την περίοδο 1985-2008, λόγω αύξησης του πληθυσμού και μείωση στην αγροτική παραγωγή, μετατράπηκε σε εισαγωγή. Στην περίπτωση της άρδευσης, τα φωτοβολταϊκά συστήματα κρίθηκαν τα πλέον κατάλληλα και οικονομικά για την εξαγωγή και μεταφορά του νερού [7].

Το 2000 γύρω στο 3,5% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης χρησιμοποιούταν στη γεωργία. Περίπου η διπλάσια ενέργεια χρησιμοποιούταν για διαχείριση και μεταφορά τροφίμων. Στις Η.Π.Α. το σύστημα τροφίμων κάλυπτε περίπου το 16% της εθνικής κατανάλωσης ενέργειας.



Σχήμα 2.3: Απεικόνιση συνάρτησης τιμών τροφής (πρωτεύων άξονας X) και πετρελαίου (δευτερεύων άξονας X) 2000-2011 [5]

Στο παραπάνω Σχήμα 2.3 φαίνεται η στενή αλληλεπίδραση των δεικτών τιμών τροφής και ενέργειας, λόγω της συμβολής του πετρελαίου στην παραγωγή τροφίμων και λιπασμάτων στη γεωργία [7]. Η αύξηση των τιμών των τροφίμων το 2007 κατά 40%, είναι αποτέλεσμα της αυξανόμενης έλλειψης φυσικών πόρων, αλλά και της αυξανόμενης χρήσης ενέργειας στη γεωργία (παραγωγή) για εξαγωγή νερού, παραγωγή και χρήση αγροχημικών και την εισβολή της τεχνολογίας [5].

2.3 Αλληλεπίδραση Πλέγματος Νερού-Ενέργειας-Τροφής

Οι βασικές χρήσεις του νερού αφορούν τον τομέα της γεωργικής καλλιέργειας (άρδευση) και στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Ωστόσο, στην περίπτωση του ενεργειακού τομέα, μέρος του νερού επιστρέφει από τα θερμοηλεκτρικά εργοστάσια στην ατμόσφαιρα με τη μορφή κορεσμένου ατμού. Άρα την κύρια «ευθύνη» για την ανεπάρκεια του νερού έχει ο τομέας της διατροφής, η γεωργία με το 70% της κατανάλωσης νερού, γεγονός το οποίο καθιστά σημαντικότερη την ανάγκη για διαχείριση της αγροτικής παραγωγής (τροφή) σε σχέση με το νερό.

Η αναπόφευκτη αύξηση των ενεργειακών αναγκών θα αυξήσει και την ανάληψη νερού στον ενεργειακό τομέα κατά 20%, με αποτέλεσμα η κατανάλωση νερού για την ενέργεια να φτάσει το 85%, υπερτερόντας την αντίστοιχη κατανάλωση για αγροτική χρήση. Φυσικά, η ζήτηση και των άλλων δύο πόρων θα αυξηθούν κατά 30-50% με την αύξηση του πληθυσμού και την κοινωνικοοικονομική ανάπτυξη. Προκύπτει έτσι το

συμπέρασμα πως εστιάζοντας διακριτά στην ανεπάρκεια νερού, ενέργειας και τροφής, δεν θα υπάρξει κάποια συνολική βελτίωση των ζητημάτων. Χρειάζεται να δοθεί έμφαση στις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των τριών πόρων.

Ενώ έχει σημειωθεί πρόοδος στην αλληλεπίδραση μεταξύ της ενεργειακής πολιτικής και τις χρήσεις γης, καθώς γίνεται αντιληπτό πως τα δύο θέματα δεν μπορούν να αναλυθούν διακριτά, η ενασχόληση με τη χρήση του νερού είναι ακόμη περιορισμένη. Σύμφωνα με τους Brazilian κ.α., για τη λήψη αποφάσεων και τον προγραμματισμό σχετικά με τους υδάτινους, ενεργειακούς και τροφικούς πόρους χρησιμοποιούνται διαφορετικά για τον καθένα εργαλεία όπως τα μοντέλα MESSAGE, MARKAL, LEAP για τα ενεργειακά συστήματα, το WEAP (Water Evaluation and Planning system) για τους υδάτινους πόρους και για την τροφή το PODIUM (Global Policy Dialogue Model). Ωστόσο, αυτά τα μοντέλα υστερούν σε πληροφορίες και δεδομένα για μια ολοκληρωμένη αξιολόγηση συστήματος.

Η ανάπτυξη του μοντέλου CLEWS (Climate, Land, Energy and Water) σκόπευε να προάγει πιο συμπεριληπτικές επιλογές, σε σχέση με τα πρώιμα μοντέλα, πάνω σε ζητήματα που αφορούν το κλίμα, το έδαφος, την ενέργεια, το νερό σε κοινωνικό επίπεδο, όπως αναγράφεται στον Πίνακα 2.1:

Σύστημα	Σκοπός
Λήψη αποφάσεων, Decision making	Σύνδεση μεταξύ των βασικών πόρων διαθέτοντας ένα ενσωματωμένο σύστημα διαχείρισης των πόρων που καταλήγει σε διάφορες επιλογές
Εκτίμηση κανονισμών, Policy assessments	Ανάπτυξη και ενσωμάτωση στόχων διαφορετικών κανονισμών
Διευκόλυνση εναρμόνισης και ενσωμάτωσης κανονισμών	Εύρεση κοινών σημείων αντικρουόμενων κανονισμών
Αξιολόγηση τεχνολογιών	Αναλυτικότερη αξιολόγηση των επιλογών εργαλείων για την πιο συμπεριληπτική τελική απόφαση
Ανάπτυξη περιπτώσεων	Ανάλυση σεναρίων πιθανών κοινωνικοοικονομικών πορειών ανάπτυξης μέσω της εμπλοκής διαφόρων σεναρίων

Πίνακας 2.1: Ανάλυση των στόχων του εργαλείου CLEWS [7]

Τα επόμενα χρόνια δημιουργήθηκαν νέα εργαλεία με πρωτοποριακούς στόχους και λογισμικά, παρόμοια με το CLEWS. Μερικά από αυτά φαίνονται στον Πίνακα 2.2 που ακολουθεί:

Εργαλείο	Στόχος	Μέθοδοι
WEF Nexus Rapid Appraisal	Δημιουργία συντελεστών και δεικτών	Συνδυασμός παραγόντων
World Bank Climate and Disaster Risk Screening Tools	Διαγνωστικά στοιχεία	Προγραμματισμός βάσει ανάπτυξης περιπτώσεων
ISDG (Integrated Sustainable Development Goals) Planning Model	Δημιουργία περιπτώσεων και πρόγνωση	Συνδυασμός παραγόντων
WEF Nexus Tool 2.0	Δημιουργία περιπτώσεων και πρόγνωση	Συνδυασμός παραγόντων
MuSIASEM (Multi-Scale Integrated Analysis of Social and Ecosystem Metabolism)	Δημιουργία περιπτώσεων, πρόγνωση, προεκβολή	Συνδυασμός παραγόντων

Πίνακας 2.2: Μέθοδοι και εργαλεία σχετικά με το Πλέγμα Ενέργειας-Νερού-Τροφής [12]

Υιοθετώντας τη φιλοσοφία του «Nexus thinking» (Τρόπος σκέψης του πλέγματος) μπορεί να καταστεί σίγουρη η επισιτιστική ασφάλεια και να προβλεφθούν και αποφευχθούν περιπτώσεις που μπορούν να την κλονίσουν. Ωστόσο, η ζητούμενη ασφάλεια δεν σχετίζεται μόνο με τη διαθεσιμότητα των πόρων αλλά από την πρόσβαση σε αυτές, την ικανότητα χρήσης τους, την ισχύ των κοινωνικών σχέσεων και την ισχύ των θεσμών. Γενικά, ο βιοπορισμός έχει σημαντική δυναμική στην διασφάλιση των φυσικών πόρων, καθώς είναι δείγμα της κοινωνικής βιωσιμότητας [13].

Σύμφωνα με τον οργανισμό Water-Energy-Food (WEF) Nexus Index που αποτελεί έναν σύνθετο δείκτη συγκεντρώνοντας 21 παγκοσμίως διαθέσιμους δείκτες που αφορούν τη διαθεσιμότητα και πρόσβαση στο νερό, την ενέργεια και την τροφή ανά χώρα, η Ελλάδα βρίσκεται στην 40^η θέση για το 2022 μετά την Πολωνία και πριν την Ιταλία, όπως φαίνεται διαγραμματικά στο Σχήμα 2.4. Το 2021 κατείχε την 48^η θέση.



Σχήμα 2.4: Συντελεστής Πλέγματος Ενέργειας-Νερού-Τροφής για την Ελλάδα το 2022 [14]

2.4 Δείκτες στη γεωργία

Για την αξιολόγηση του πλέγματος Νερού-Ενέργειας-Τροφής σε οποιονδήποτε τομέα, διαμορφώνονται ορισμένοι δείκτες βάσει της αλληλεπίδρασης των τριών παραγόντων. Στη γεωργία ακριβείας μπορούν να αξιοποιηθούν οι παρακάτω δείκτες από τη μελέτη του El. Gafy I. για οποιαδήποτε καλλιέργεια c [4]:

Δείκτης	Υπολογισμός	Μονάδα μέτρησης
Κατανάλωση νερού ανά εκτάριο καλλιέργεια c (W_c)		m^3/ha
Κατανάλωση ενέργειας ανά εκτάριο καλλιέργειας c (E_c)	Άμεση και έμμεση χρήση ενέργειας. Άμεση: καύσιμα (J/L) και ηλεκτρική ενέργεια (J/h). Έμμεση: ανθρώπινη εργασία (J/h), λίπασμα (J/kg), παρασιτοκτόνο (J/kg), σπόρος (J/kg), νερό για άρδευση (J/m^3).	J/ha
Συνολική αποδοτικότητα νερού ($W_{pro,t}$)	Η ποσότητα της σοδειάς προς την κατανάλωση νερού ανά εκτάριο σε χρόνο t .	ton/ m^3
Συνολική παραγωγή ενέργειας ($E_{pro,t}$)	Η ποσότητα της σοδειάς προς την κατανάλωση ενέργειας ανά εκτάριο σε χρόνο t .	ton/J
Οικονομική αποδοτικότητα νερού ($W_{EV,t}$)	Η διαφορά των εσόδων και των εξόδων της καλλιέργειας προς την κατανάλωση νερού ανά εκτάριο για χρονικό διάστημα t .	€/m ³
Οικονομική αποδοτικότητα ενέργειας ($E_{EV,t}$)	Η διαφορά των εσόδων και των εξόδων της καλλιέργειας προς την κατανάλωση ενέργειας ανά εκτάριο για χρονικό διάστημα t .	€/J
Συνολική κατανάλωση νερού (W_t)	Ετήσιο αποτύπωμα κατανάλωσης νερού της καλλιέργειας, που υπολογίζεται από το γινόμενο της συνολικής επιφάνειας καλλιέργειας c και της κατανάλωσης νερού για διάστημα t .	$m^3/year$

Συνολική κατανάλωση ενέργειας (E_t)	Ετήσιο αποτύπωμα κατανάλωσης ενέργειας της καλλιέργειας, που υπολογίζεται από το γινόμενο της συνολικής επιφάνειας καλλιέργειας c και της κατανάλωσης ενέργειας σε διάστημα t .	J/year
Πλέγμα νερού-ενέργειας-τροφής (WEFNI _t)	Συνολική απόδοση του πλέγματος της καλλιέργειας για χρονικό διάστημα t .	-

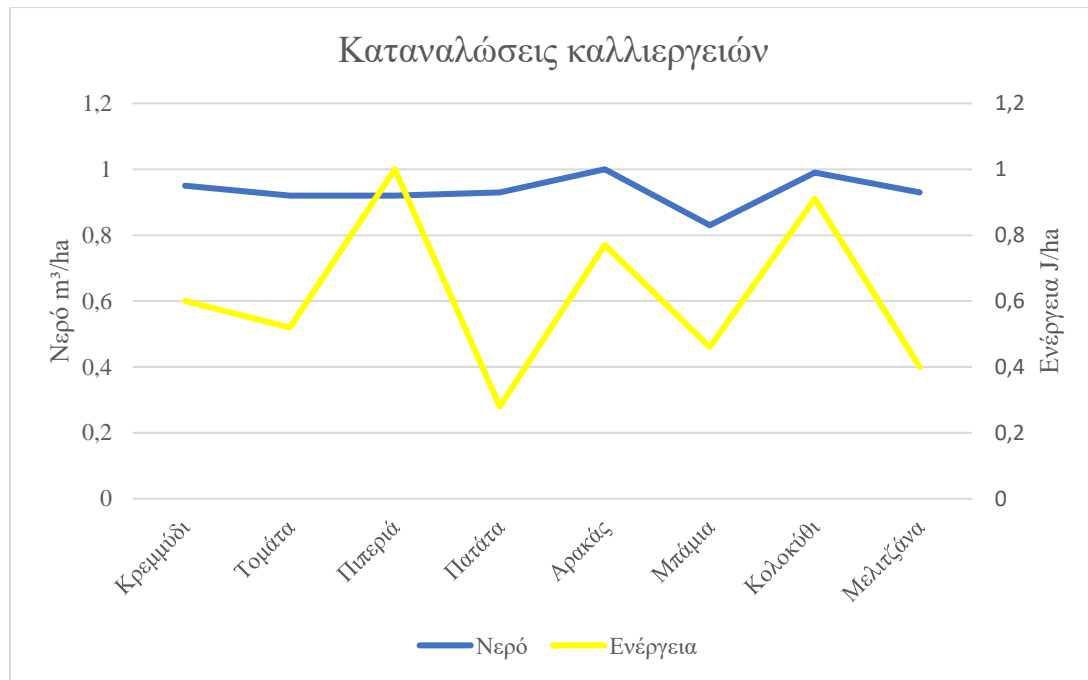
Πίνακας 2.3: Δείκτες αξιολόγησης του συστήματος παραγωγής στη γεωργία για καλλιέργειες c [4]

Ενδεικτικές τιμές των δεικτών αξιολόγησης για ορισμένες καλλιέργειες λαχανικών φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Καλλιέργεια	Κατανάλωση		Μαζική αποδοτικότητα		Οικονομική αποδοτικότητα		Πλέγμα Νερού-Ενέργειας-Τροφής
	Ενέργεια	Νερό	Ενέργεια	Νερό	Ενέργεια	Νερό	
Κρεμμύδι	0.60	0.95	0.39	0.80	1.00	1.00	0.79
Τομάτα	0.52	0.92	0.51	1.00	0.54	0.53	0.67
Πιπεριά	1.00	0.92	0.34	0.41	0.32	0.18	0.53
Πατάτα	0.28	0.93	0.29	0.71	0.38	0.48	0.51
Αρακάς	0.77	1.00	0.16	0.32	0.20	0.21	0.44
Μπάμια	0.46	0.83	0.14	0.24	0.53	0.45	0.44
Κολοκύθι	0.91	0.99	0.11	0.18	0.20	0.16	0.42
Μελιτζάνα	0.40	0.93	0.10	0.23	0.12	0.16	0.32

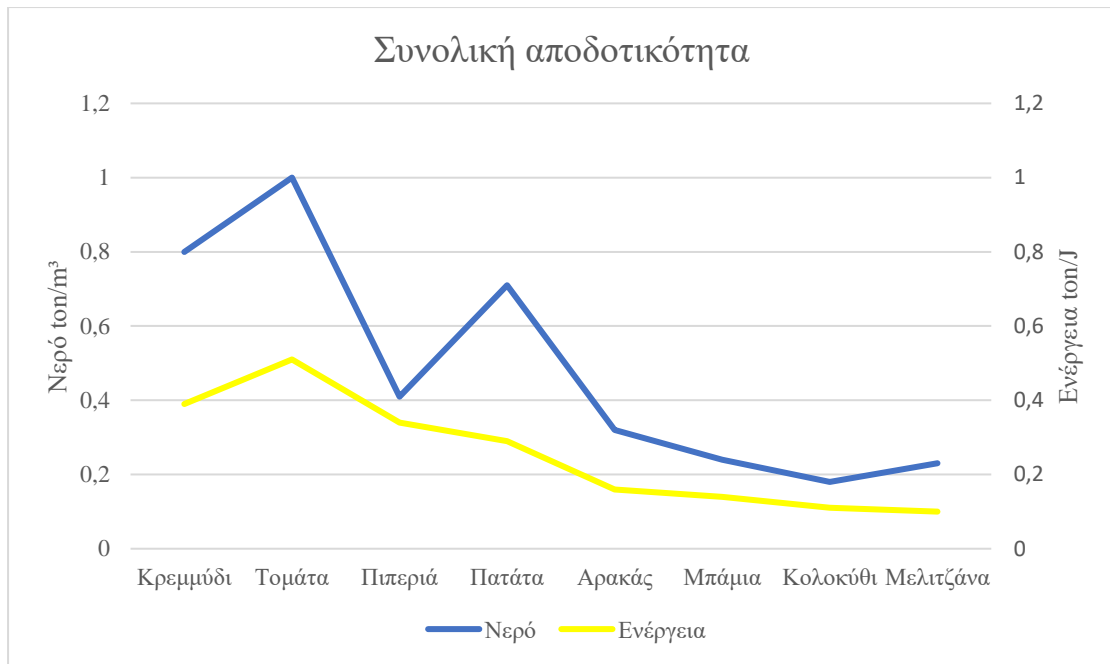
Πίνακας 2.4: Ενδεικτικές τιμές δεικτών αξιολόγησης Πλέγματος Νερού-Ενέργειας-Τροφής σε ορισμένες καλλιέργειες [4]

Από τον παραπάνω πίνακα, μπορεί να γίνει κατανοητή η σχέση και αλληλεπίδραση των δεικτών του Πλέγματος Ενέργειας-Νερού-Τροφής στη γεωργική καλλιέργεια.



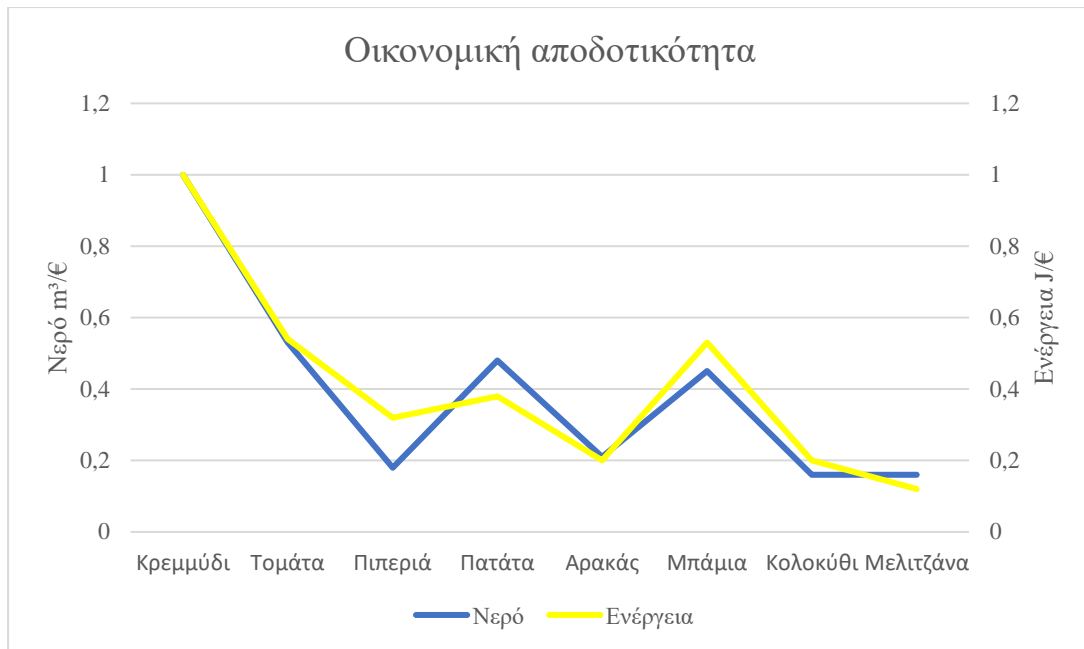
Σχήμα 2.5: Ενδεικτικές τιμές κατανάλωσης ενέργειας και νερού των καλλιεργειών [4]

Στο Σχήμα 2.5 βλέπουμε την κατανάλωση σε νερό των καλλιεργειών με μέγιστη τιμή αυτή του αρακά και ελάχιστη τιμή αυτή της μπάμιας. Η ενεργειακή κατανάλωση αφορά την άρδευση, άρα και την κατανάλωση νερού, όμως εξαρτάται και από άλλους παράγοντες όπως αναφέρονται στον Πίνακα 2.3, όπως η ανθρώπινη ενέργεια και τα λιπάσματα. Έτσι, δεν έχουμε μέγιστη ενεργειακή κατανάλωση στην καλλιέργεια του αρακά, όπως θα περιμέναμε αλλά στην πιπεριά και το κολοκύθι, που προφανώς έχουν μεγαλύτερη ανάγκη σε λιπάσματα και ανθρώπινη εργασία.



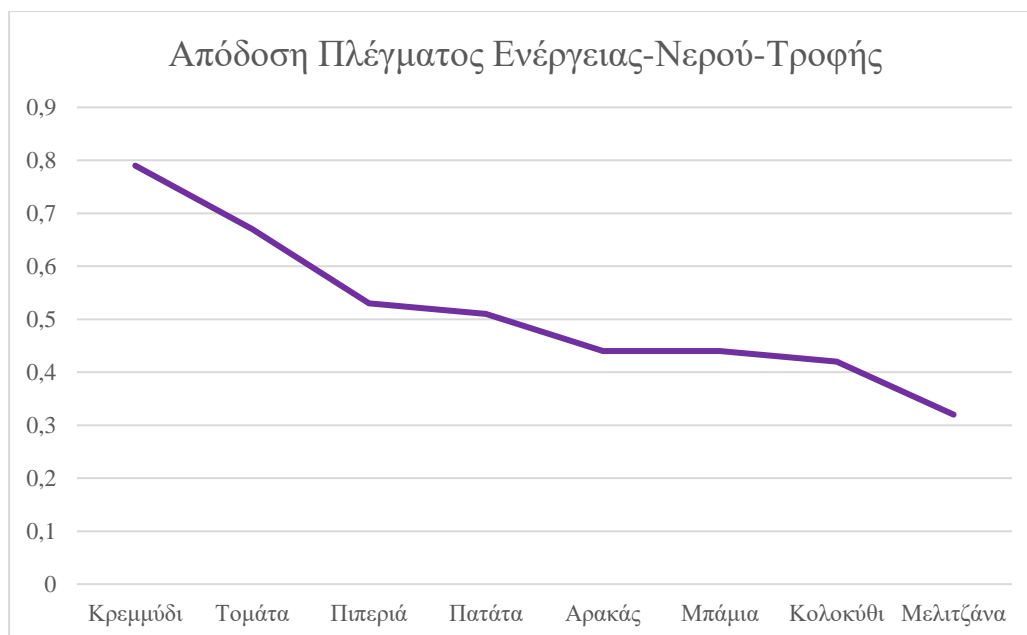
Σχήμα 2.6: Ενδεικτικές τιμές συνολικής αποδοτικότητας ενέργειας και νερού στις καλλιέργειες [4]

Η συνολική αποδοτικότητα ενέργειας και νερού αποτελεί την παραγωγή της σοδειάς από την καλλιέργεια σε τόνους προς την κατανάλωση ενέργειας ή νερού αντίστοιχα όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 2.6. Έτσι από τις πιο αποδοτικές σε παραγωγή καλλιέργειες είναι το κρεμμύδι και η τομάτα με ανάλογες αποδόσεις και στον τομέα της ενέργειας. Λιγότερο αποδοτική σε παραγωγή ως προς την ποσότητα ενέργειας και νερού που χρησιμοποιείται για την καλλιέργειά του είναι το κολοκύθι.



Σχήμα 2.7: Ενδεικτικές τιμές οικονομικής αποδοτικότητας ενέργειας και νερού στις καλλιέργειες [4]

Στο Σχήμα 2.7 απεικονίζεται η οικονομική αποδοτικότητα ενέργειας και νερού, που αναφέρεται ουσιαστικά στο οικονομικό κέρδος ανά καλλιέργεια σε ένα χρονικό διάστημα προς την κατανάλωση νερού ή ενέργειας. Οι δύο δείκτες παρουσιάζουν αναλογία με καλύτερες οικονομικές αποδόσεις αυτές των καλλιεργειών του κρεμμυδιού και της τομάτας που είχαν και τις μεγαλύτερες συνολικές αποδόσεις (Σχήμα 2.6).



Σχήμα 2.8: Ενδεικτικές τιμές της απόδοσης του Πλέγματος Ενέργειας-Νερού-Τροφής για ορισμένες καλλιέργειες [4]

Στο Σχήμα 2.8 είναι εμφανής η αναλογία της απόδοσης του Πλέγματος κάθε καλλιέργειας με την συνολική αποδοτικότητα παραγωγής και οικονομική αποδοτικότητα ως προς το νερό και την ενέργεια. Βέβαια, οι καταναλώσεις νερού και ενέργειας διαφοροποιούν σε ορισμένες περιπτώσεις την απόδοση, όπως στην περίπτωση της καλλιέργειας κολοκυθιού που υπερβαίνει την απόδοση της καλλιέργειας μελιτζάνας ενώ η συνολική και οικονομική αποδοτικότητά τους είναι αντίστροφη στα προηγούμενα σχήματα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο: ΓΕΩΡΓΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

3.1 Ιστορική ανασκόπηση-Υφιστάμενη κατάσταση της γεωργίας στην Ελλάδα-Οικονομικά στοιχεία

Η γεωργία είναι ανέκαθεν ένας βασικός παράγοντας στη ζωή του ανθρώπου και αποτελεί μέρος του πρωτογενούς τομέα της οικονομίας κάθε χώρας. Η απόδοση του γεωργικού τομέα στην οικονομία βασίζεται σε δύο πυλώνες, το περιβάλλον και τις υποδομές. Κατ' αυτόν τον τρόπο, σε εθνικό επίπεδο, μπορεί να υπάρχει οικονομική ευημερία από άλλους τομείς της οικονομίας, που μπορούν να υποστηρίξουν παραγωγικά έργα στη γεωργία, αλλά το έδαφος και οι κλιματικές συνθήκες να μην είναι ευνοϊκά και υπάρχει η πιθανότητα να ευνοούν οι περιβαλλοντικές συνθήκες τις καλλιέργειες, αλλά να μην δύνανται να υπάρχουν υποδομές αξιοποίησης μιας τέτοιας ευκαιρίας.

Ιστορικά, μετά την ένταξη της Ελλάδας στην Ευρωπαϊκή Ένωση, υπήρξε και ένταξη στην Ευρωπαϊκή Αγροτική Κοινότητα, η οποία όριζε την Κοινή Αγροτική Πολιτική (ΚΑΠ) των χωρών που την απάρτιζαν. Εκείνη την περίοδο, η γεωργική παραγωγή ήταν κυρίαρχος παράγοντας στο ΑΕΠ, ωστόσο η εθνική οικονομία κατέτασσε την Ελλάδα στις χαμηλότερες χώρες της κοινότητας. Πάραυτα, τα χαρακτηριστικά της τοποθεσίας της Ελλάδας ήταν και είναι ενθαρρυντικά σε σχέση με την γεωργική ανάπτυξή της.

Σήμερα, η συμβολή της γεωργικής παραγωγής στον πρωτογενή τομέα και κατά συνέπεια στην εθνική οικονομία έχει μειωθεί σημαντικά. Αυτή η μείωση ξεκίνησε να υφίσταται όταν οι γεωργικές ιδιοκτησίες χωρίστηκαν σε μικρότερα κτήματα, τα οποία δεν είχαν προοπτικές εκτενούς καλλιέργειας λόγω του μεγέθους τους. Επίσης, κατασταλτικούς παράγοντες στη γεωργική παραγωγή αποτέλεσαν η μειωμένη δυνατότητα άρδευσης των κτημάτων, το χαμηλό μορφωτικό επίπεδο για ανάπτυξη υποδομών και τα άγονα εδάφη που βρίσκονται σε διάφορες περιοχές [15].

Από την άλλη, γίνονται κάποιες προσπάθειες από τον κρατικό φορέα να διατηρηθεί η αγροτική ταυτότητα της χώρας, παρά την συνεχή εκβιομηχάνιση, δίνοντας αγροτικές επιδοτήσεις σε δικαιούχους, δάνεια με χαμηλά επιτόκια από την Αγροτική Τράπεζα της Ελλάδας καθώς και η ευνοώντας τους αγρότες μέσω της φορολογικής πολιτικής στα προϊόντα τους.

Τα οικονομικά στοιχεία για τη γεωργική παραγωγή, που αναλύθηκαν βάσει της ΕΛΣΤΑΤ για το χρονικό διάστημα 1995-2018, δείχνουν πως η αξία της είχε αυξάνουσα πορεία μέχρι το 2005. Από τότε, παραμένει σταθερή με ορισμένες ετήσιες μεταβολές, που όμως στο σύνολό τους αντισταθμίζονται [16].

Στις μέρες μας ο πλανήτης αντιμετωπίζει τις συνέπειες του φαινομένου της κλιματικής αλλαγής, ως αποτέλεσμα της υπέρμετρης χρήσης συμβατικών καυσίμων σε εργοστάσια και οχήματα. Οι συνέπειες αυτές δημιουργούν δυσμενείς συνθήκες σε σημαντικές ανθρώπινες δραστηριότητες, όπως είναι η γεωργία. Οι αγρότες καλούνται να αντιμετωπίσουν ακραίες καιρικές συνθήκες ετησίως, όπως είναι η ξηρασία και οι πλημμύρες, που μπορούν να αποβούν καταστροφικές για την εκάστοτε σοδειά. Το γεγονός αυτό - το οποίο δεν είναι πλέον σπάνιο - δημιουργεί μια κατάσταση ανασφάλειας ως προς την ποσότητα και την ποιότητα της παραγωγής.

Η «επισιτιστική ασφάλεια» είναι ένα σχετικά νέο ζήτημα που συνδέεται με τη σύγχρονη αστικοποίηση. Οι άνθρωποι εγκαταλείπουν την επαρχία και εγκαθίστανται στις πόλεις, όπου η προέλευση της διατροφής τους δεν είναι άμεσα διαθέσιμη. Παράλληλα, δεν δίνεται έμφαση μόνο στην ποσότητα της τροφής αλλά και στην ποιότητα, καθώς οι περισσότεροι προτιμούν τα βιολογικά προϊόντα «καλής» προέλευσης. Η αστική γεωργία μπορεί να συμβάλλει στην επίλυση του ζητήματος, όμως σε περιορισμένο βαθμό, καθώς δεν μπορεί να καλύψει το μέγεθος των αναγκών χωρικά.

Η μεγάλη απόσταση των αστικών κέντρων από την ύπαιθρο γεφυρώνεται στις περιαστικές ζώνες. Για να είναι η τροφή προσβάσιμη στον πληθυσμό των πόλεων, πρέπει να εγγυάται έλεγχο ποιότητας και χαμηλές τιμές. Αυτό είναι εφικτό με τη μείωση της απόστασης μεταξύ καλλιέργειας και πώλησης [15].

3.2 Είδη γεωργίας

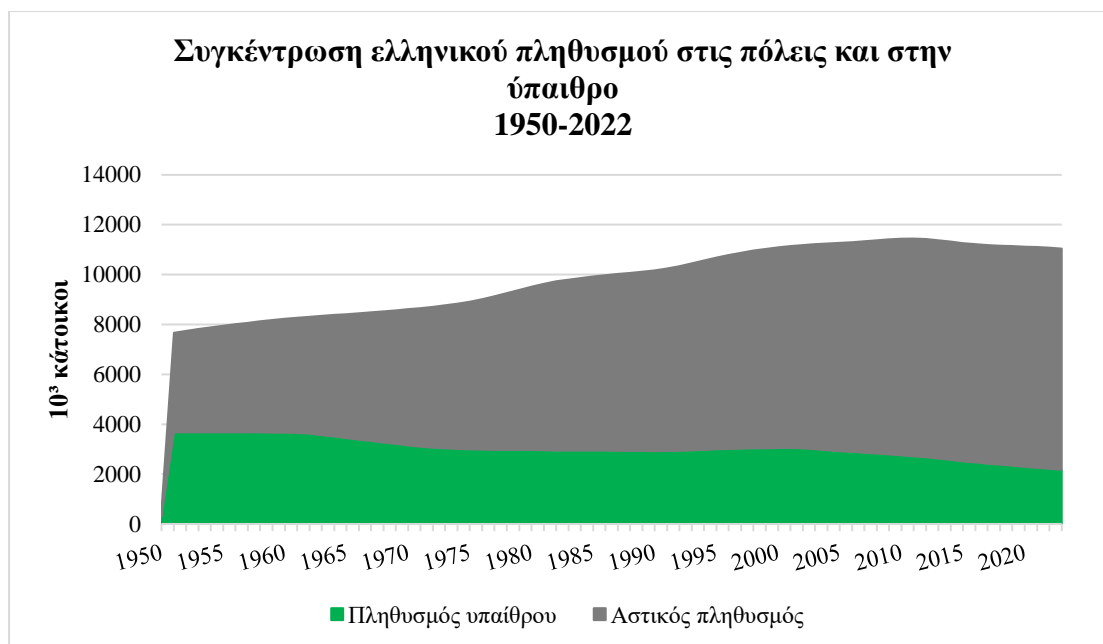
Για να γίνει απόλυτα κατανοητός ο όρος περιαστική γεωργία είναι χρήσιμοι οι ορισμοί των άλλων τομέων γεωργίας που αφορούν τις αστικές και αγροτικές καλλιέργειες βάσει της περιοχής στην οποία εδράζονται (Πίνακας 3.1).

Ο ορισμός του αστικού χώρου στηρίζεται σε δύο ανεξάρτητους παράγοντες: το μέγεθος του πληθυσμού και την πληθυσμιακή πυκνότητα της υπό μελέτη περιοχής [16]. Η αστική γεωργία υφίστατο και παλαιότερα σε μια μικρή κλίμακα και με έκτακτο χαρακτήρα. Η ανερχόμενη ζήτηση σε υγιεινά προϊόντα, εκτάσεις πρασίνου, καλύτερη ποιότητα αέρα και νερού καθώς και η ανάγκη για συλλογικότητα για την αντιμετώπιση των προβλημάτων που έχει προξενήσει το φαινόμενο της αποξένωσης στη σύγχρονη κοινωνία, οδήγησε στην ανάπτυξη της αστικής γεωργίας. Αυτού του τύπου η γεωργία απαντάται στις σύγχρονες πόλεις σε εδαφικές εκτάσεις, σε ταράτσες κτιρίων, σε θερμοκήπια και χώρους ελεγχόμενου περιβάλλοντος [17].

Ο αγροτικός χώρος αποτελεί μία υποκατηγορία της υπαίθρου, η οποία συνδυάζει ως όρος τη γεωργική παραγωγή και τη χωρική κατανάλωση, συγκεντρώνει στον ορισμό του την παραγωγή τροφίμων και πρώτων υλών και έχει λάβει συμπληρωματικό και ανταγωνιστικό χαρακτήρα σε σχέση με τον αστικό.

Αγροτική γεωργία	Περιαστική γεωργία	Αστική γεωργία
Καλλιέργεια στην ύπαιθρο	Καλλιέργεια σε περιοχές-κόμβους αγροτικών και αστικών τόπων	Καλλιέργεια σε αστικό χώρο
Μεγαλύτερες εκμεταλλεύσιμες εκτάσεις	Συνδυασμός στοιχείων αστικού κέντρου και αγροτικής περιοχής	Περιορισμένη παραγωγή
Μειωμένη εμπορική δραστηριότητα	Εγγύτητα στην ύπαιθρο και την πόλη	Εκτενέστερη εμπορική δυνατότητα

Πίνακας 3.1: Σύγκριση ειδών γεωργίας [18]



Σχήμα 3.1: Συγκέντρωση ελληνικού πληθυσμού σε αστικές και υπαίθριες περιοχές [19]

Νομικά, ως περιιαστική περιοχή ορίζεται η περιοχή ενδιάμεσα περιοχών «εντός» και «εκτός» σχεδίου, βάσει της παραγράφου 17.7/16.8.1923 του συγκεκριμένου νομοσχεδίου.

Από τα παραπάνω προκύπτει πως η ενοποίηση αστικών και αγροτικών περιοχών, η περιιαστική περιοχή, είναι μια μεταβατική ζώνη μεταξύ των περιοχών, η οποία με την πάροδο του χρόνου και τις ταχείες κοινωνικές και οικονομικές αλλαγές τείνει να γίνεται πιο σημαντική. Συγκεκριμένα, η αύξηση του πληθυσμού στις πόλεις, όπως είναι φανερό στο Σχήμα 3.1, σε συνδυασμό με τη ζήτηση για περισσότερη παραγωγή και μεγαλύτερη ποικιλία προϊόντων φαίνεται να ανακουφίζονται στις χαμηλότερης πληθυσμιακής πυκνότητας περιοχές, όπου φυσικά είναι διαθέσιμοι σύγχρονοι πόροι και μέσα ως προς την παραγωγή και την αγορά [20].

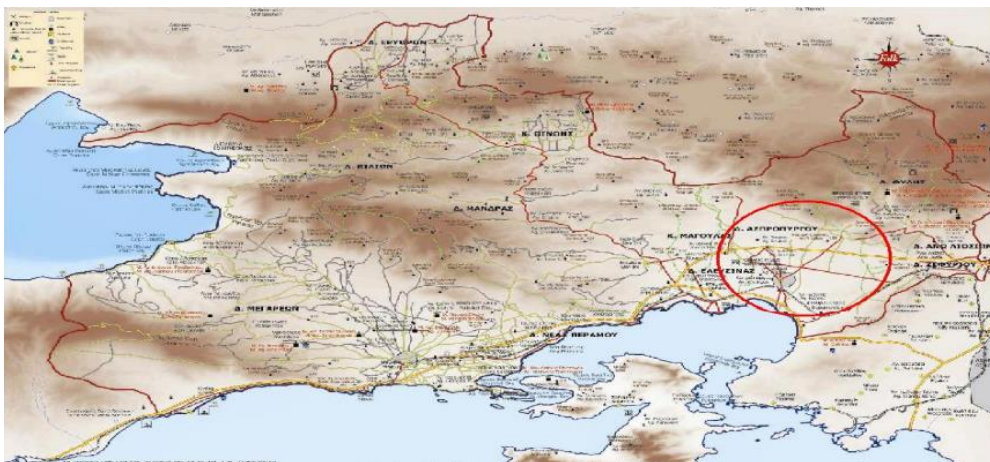
Ο όρος περιιαστική γεωργία αναφέρεται στην καλλιέργεια οπωροκηπευτικών σε μια περιοχή με εγγύτητα και σε αστικά κέντρα και στην ύπαιθρο. Η περιιαστική γεωργία συνδυάζει την παραγωγή της υπαίθρου με την αγορά της πόλης, δημιουργεί ροή και αλληλεπίδραση μεταξύ τους με κοινό παρονομαστή την αύξηση παραγωγής και μεταφοράς προϊόντων και το κέρδος των αγροτών [21].

Το πολεοδομικό σύστημα χρήσεων γης δεν προβλέπει ακόμα παραμέτρους διάκρισης των περιαστικών περιοχών. Ωστόσο, με βάση τη συσχέτιση ορισμένων παραγόντων του περιαστικού τόπου και του αστικού τόπου, είναι εφικτή η καλύτερη κατανόηση του όρου κατά το μοντέλο του Α. Μωυσίδη και Μ.-Ν. Ντυκέν. Η μελέτη αυτή εκτελέστηκε σε δύο στάδια για τον νομό Αττικής. Στο πρώτο, λήφθηκαν υπόψιν η απόσταση των περιοχών από το αστικό κέντρο και η πληθυσμιακή πυκνότητα και στο δεύτερο τα συστήματα παραγωγής και οι συνθήκες του φυσικού τοπίου σε συνδυασμό με την πληθυσμιακή πυκνότητα.

Πιο συγκεκριμένα, δημιουργήθηκαν δύο βασικές ζώνες: η πρώτη περιλαμβάνει περιοχές κοντά στο αστικό κέντρο της Αθήνας (<75 λεπτά) με αυξανούσα πληθυσμιακή πυκνότητα και η δεύτερη πιο απομακρυσμένες από την Αθήνα περιοχές και με μικρή πυκνότητα κατοίκων. Στην πρώτη ζώνη υπάχθηκαν τρεις υποζώνες, δηλαδή κατηγορίες περιοχών με μεγάλη εγγύτητα στο αστικό κέντρο και υψηλή πληθυσμιακή πυκνότητα, από τις οποίες στην 3η βρίσκεται και ο δήμος Ασπροπύργου και κατηγορίες μακριά από το αστικό κέντρο (>75 λεπτά) [22].

3.3 Η περίπτωση του Δήμου Ασπροπύργου-Αγροτική και Χωροταξική Πολιτική-Χρήσεις γης Ασπροπύργου

Ο Ασπρόπυργος βρίσκεται στη Νομαρχία Δυτικής Αττικής και στην Περιφέρεια Αττικής και είναι ένας από τους τέσσερις Δήμους που υπάγονται στο Θριάσιο Πεδίο. Διαθέτει φυσικά όρια δύο όρη, συγκεκριμένα την Πάρνηθα βόρεια και το Ποικίλο όρος νοτιοανατολικά αλλά και θάλασσα νότια τον Κόλπο της Ελευσίνας. Σύμφωνα με την Εικόνα 3.1, ο Δήμος Ασπροπύργου συνορεύει στα βόρεια με τον νομό Βοιωτίας, βορειοανατολικά με τον Δήμο Φυλής, βορειοδυτικά με την κοινότητα Μαγούλας, δυτικά με τον Δήμο Ελευσίνας, ανατολικά με τον Δήμο Άνω Λιοσίων και Πετρούπολης και νοτιοανατολικά με τον Δήμο Χαϊδαρίου.



Εικόνα 3.1: Τοποθεσία Ασπροπύργου [23]

Θεωρείται ένας δήμος ευνοημένος συγκοινωνιακά, καθώς τον διασχίζουν δύο εθνικές οδικές αρτηρίες, η Αττική Οδός και η Εθνική Οδός Αθηνών-Κορίνθου. Επίσης, εξυπηρετείται και από τον προαστιακό σιδηρόδρομο. Η απόσταση συνεπώς από το αστικό κέντρο της Αθήνας είναι μειωμένη και η πρόσβαση σε αυτή την περιοχή μπορεί να θεωρηθεί άμεση και είναι γεγονός ότι χιλιάδες οχήματα καταφθάνουν στον Δήμο από την Αθήνα. Το κλίμα του προσεγγίζει το θερμό, ημίξηρο μεσογειακό με θερμά καλοκαίρια και ήπιους χειμώνες [23].

Κύριοι στόχοι της Κοινής Γεωργικής Πολιτικής (ΚΓΠ) στην Ε.Ε. από το 2023 έως το 2027 είναι: η βιώσιμη παραγωγή προϊόντων και διαχείριση των φυσικών πόρων και ισορροπημένη περιφερειακή ανάπτυξη, που ισοδυναμούν με την βελτίωση της ανταγωνιστικότητας του αγροτικού τομέα και τη βελτίωση των εισοδημάτων των αγροτών, την υιοθέτηση της πράσινης παραγωγής και της μετρίασης της κλιματικής αλλαγής μέσω νέων τεχνολογιών, προϊόντων και τεχνικών καθώς και ενίσχυση της αγροτικής απασχόλησης και η διατήρηση της κοινωνικής δομής των περιφερειών. Επίσης, έμφαση δίνεται στην ποιότητα των παραγόμενων τροφίμων, τη διατήρηση των τοπίων και της βιοποικιλότητας και την ενίσχυση γνώσεων και καινοτομιών [24], [25].

Με τους σκοπούς αυτούς, ο David Freshwater για Οργανισμό Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης (ΟΟΣΑ) διέκρινε τρεις κατηγορίες χρήσεων γεωργικής γης: την περιαστική ζώνη, που απαντάει σε μια περιοχή εγγύς μιας πόλης, όπου η γεωργική δραστηριότητα αλληλοεπιδρά με την πόλη, την αγροτική ζώνη με χαμηλή

αστικοποίηση και την απομακρυσμένη ζώνη όπου το κέρδος από τη γεωργική δραστηριότητα είναι οριακό.

Ύστερα από αξιολόγηση των τύπων αγροτικής πολιτικής εφαρμοσμένους και στις τρεις προαναφερόμενες γεωργικές ζώνες, προκύπτει ως προς της Αγροτική Πολιτική ειδικά για την περιαστική ζώνη ότι:

- τα παραδοσιακά προγράμματα, μέσω των επιδοτήσεων για τη γεωργική απασχόληση και λόγω της υψηλής αξίας γης δεν είναι αποτελεσματικά. Επικερδείς είναι οι επιδοτήσεις για τη διατήρηση της αγροτικής γης
- τα αγροπεριβαλλοντικά προγράμματα που αποσκοπούν στην επίλυση περιβαλλοντικών ζητημάτων, επίσης δεν θεωρούνται αποτελεσματικά λόγω της θέσης της γης δίπλα σε αστικό κέντρο, που τη ρυπαίνει. Εκεί τίθεται η επιλογή της βιολογικής γεωργίας, που εξασφαλίζει χαμηλότερο ρυπαντικό φορτίο, από την άλλη όμως υπάρχει και το ζήτημα της περεταίρω οικονομικής ενίσχυσης για βιολογική γεωργία, που είναι αποθαρρυντικό
- τα προγράμματα που αφορούν συγκεκριμένες υπηρεσίες που προκύπτουν από τη γεωργική δραστηριότητα, όπως όπως αγροτικός τουρισμός, φαίνεται να είναι ελπιδοφόρα στην περίπτωση των περιαστικών γεωργικών περιοχών.

Ως προς τη Χωροταξική Πολιτική και συγκεκριμένα για την περιαστική ζώνη:

- η διατήρηση γεωργικών εκτάσεων και η μετατροπή άλλων σε αγροτική γη στην περιαστική ζώνη είναι πολλά υποσχόμενη πολιτική και φέρει ισχυρές οικονομικές ευκαιρίες
- για να είναι επικερδής η αγορά γεωργικής γης, είναι δεδομένο πως η τιμή θα είναι υψηλή, λόγω της υψηλής της αξίας, οπότε πρέπει να δοθούν οικονομικά κίνητρα από την πλευρά της Αστικής Πολιτικής [26].

Σύμφωνα με το κεφάλαιο Γ, άρθρο 21 του σχεδίου νόμου του Υπουργείου Ενέργεια και Περιβάλλοντος «Περιβαλλοντική αναβάθμιση και ιδιωτική πολεοδόμηση-Βιώσιμη ανάπτυξη, εγκαταλελειμμένοι οικισμοί και Οικοδομικοί Συνεταιρισμοί-Χρήσεις Γης», οι κατηγορίες χρήσεων γης είναι η εξής:

1. Αμιγής κατοικία
2. Γενική κατοικία
3. Πολεοδομικά κέντρα- κεντρικές λειτουργίες πόλης- τοπικό κέντρο συνοικίας-γειτονιάς

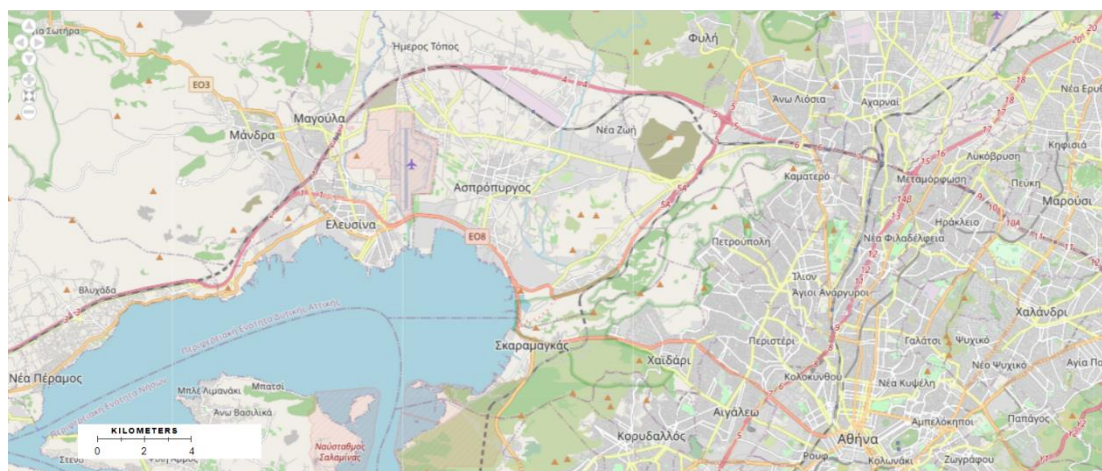
4. Τουρισμός- αναψυχή- παραθεριστική (δεύτερη κατοικία)
5. Εγκαταστάσεις Κοινής Ωφέλειας
6. Ελεύθεροι χώροι- Αστικό Περιαστικό Πράσινο
7. Χονδρικό εμπόριο
8. Μεταφορές
9. Παραγωγικές εγκαταστάσεις χαμηλής και μέσης όχλησης, βιομηχανικού και βιοτεχνικού πάρκου (ΒΙΠΑ-ΒΙΟΠΑ)
10. Μικτής χρήσεως παραγωγικοί υποδοχείς (ΒΙΠΑ-ΒΙΟΠΑ-Ε.Π. προς εξυγίανση)
11. Επιχειρηματικά Πάρκα (Τύπου Β, Γ και ειδικού τύπου)
12. Τεχνολογικό Πάρκο
13. Επιχειρηματικά Πάρκα Ενδιάμεσου Βαθμού Οργάνωσης (ΕΠΕΒΟ)
14. Εμπορευματικό Κέντρο
15. Παραγωγικές εγκαταστάσεις υψηλής όχλησης
16. Επιχειρηματικά Πάρκα Τύπου Α
17. Εγκαταστάσεις Αστικών Υποδομών
18. Ιδιαίτερες χρήσεις
19. Γεωργικές, δασικές, κτηνοτροφικές, αλιευτικές και λοιπές αγροτικές εγκαταστάσεις
20. Οικονομικές Δραστηριότητες [27]

Ανάμεσα στις 20 κατηγορίες χρήσεις γης, βρίσκεται αυτή της γεωργικής γης η οποία διακρίνεται σε τρεις υποκατηγορίες: στη γεωργική γη υψηλής παραγωγικότητας, κύριας χρήσης και σε λοιπές γεωργικές εκτάσεις. Σύμφωνα με τον ν. 2508/97, ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στις εκτάσεις υψηλής παραγωγικότητας.

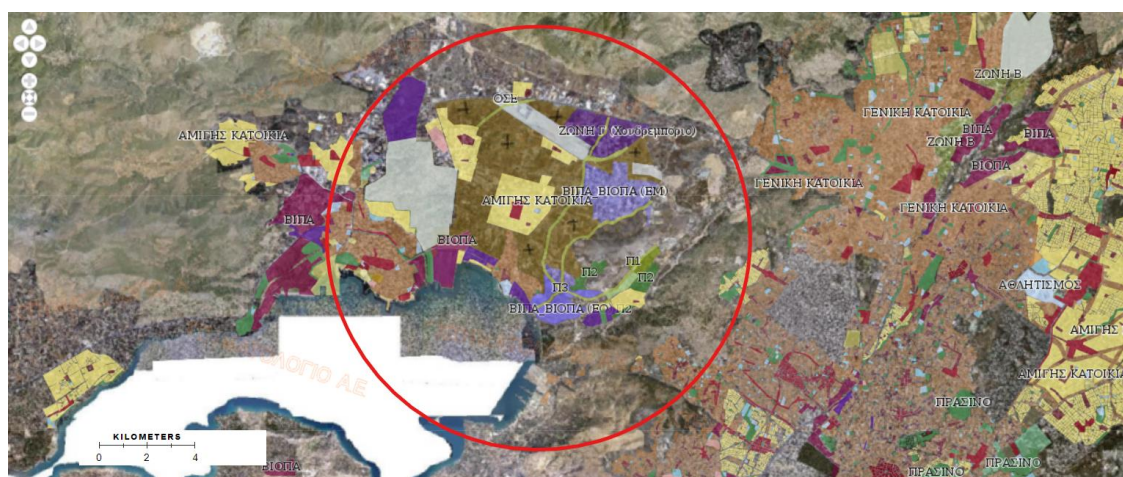
Ωστόσο, σύμφωνα με έκθεση του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος που συγγράφηκε για τη μελέτη των ζωνών χρήσεων με βάση την ύπαρξη πολυάριθμων Γενικών Πολεοδομικών Σχεδίων για τα οποία δεν προβλέπονται ειδικές διατάξεις από το νομοθετικό πλαίσιο, προκύπτει ότι οι χάρτες που ορίζουν τις χρήσεις γης των περιοχών είναι ασαφείς, μη λεπτομερείς και μη συμβατοί στα νέα δεδομένα [28].

Παρακάτω φαίνονται ενδεικτικά οι χρήσεις γης του Ασπροπύργου. Αρχικά, αποδίδεται χάρτης στον οποίο απεικονίζεται ο Ασπρόπυργος σε σχέση με τις γύρω περιοχές και το οδικό δίκτυο (Εικόνα 3.2) και στη συνέχεια παρατίθεται ο χάρτης χρήσεων γης

Ασπροπύργου από το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας και τη Διεύθυνση Σχεδιασμού Μητροπολιτικών, Αστικών και Περιαστικών Περιοχών.



Εικόνα 3.2: Η περιοχή του Ασπροπύργου από open street map



Εικόνα 3.3: Χάρτης κτηματολογίου εστιασμένος στον Ασπρόπυργο [29]

Στον παραπάνω χάρτη (Εικόνα 3.3) παρατηρήθηκε πως στην περιοχή του Ασπροπύργου η γεωργική χρήση γης - που συνυπάρχει με την κτηνοτροφική - αποτυπώνεται στα σημεία με χρώμα σκούρο καφέ, τα οποία έχουν σημειωθεί με σταυρούς. Είναι εμφανής η σημαντική συμβολή της γεωργίας και της κτηνοτροφίας (κατηγορία 19 χρήσεων γης) στην περιοχή. Σίγουρα είναι αξιοσημείωτη η ύπαρξη βιομηχανικής δραστηριότητας στην περιοχή (ΒΙΠΑ-ΒΙΟΠΑ, κατηγορίες 9 και 10 χρήσεων γης) και αμιγών κατοικιών (κατηγορία 1 χρήσεων γης). Κατά τον χαρακτηρισμό συνεπώς της περιοχής του Ασπροπύργου ως βιομηχανική περιοχή λόγω του ποσοστού της βιομηχανικής ζώνης που φαίνεται στους χάρτες, πρέπει να γίνεται

αντιληπτό πως το ποσοστό γεωργικής και κτηνοτροφικής χρήσης γης είναι εμφανώς μεγαλύτερο. Είναι σημαντικό λοιπόν να διατηρηθεί η αγροτική του ταυτότητα και κληρονομιά ως μία περιφερειακή περιοχή με προνομιακή θέση, μόλις 30 λεπτά από το αστικό κέντρο της Αθήνας.

3.4 Τρόποι άρδευσης-Ανάγκη άρδευσης ανά καλλιέργεια

Η έλλειψη νερού αποτελεί τον κύριο περιοριστικό παράγοντα στην γεωργική ανάπτυξη στο μεγαλύτερο μέρος του πλανήτη. Σε ξηρές περιοχές, όπου οι βροχοπτώσεις είναι σπάνιες και ανεπαρκείς, η συμπλήρωση νερού άρδευσης στις καλλιέργειες είναι απαραίτητη για την εντατικοποίηση της ανάπτυξής τους. Φυσικά, ο καθαρός ουρανός και τα γόνιμα εδάφη των ξηρών περιοχών σε συνδυασμό με την παροχή άρδευσης μπορούν να αποβούν πολύ αποδοτικά στην γεωργική παραγωγή. Συμπερασματικά, η ιστορία της άρδευσης ταυτίζεται σχεδόν χρονικά με την ιστορία της γεωργικής καλλιέργειας.

Στις μέρες μας, η άρδευση χρησιμοποιείται σε δύο τομείς: την παραγωγή τροφίμων και τη διαμόρφωση χώρου και τοπίου. Η έκταση των αρδευτικών εκτάσεων παγκοσμίως ανέρχεται στα 210 εκατ. Εκτάρια, που αντιστοιχεί περίπου στο 15% της γεωργικής γης. Η αγροτική δραστηριότητα μέσω της εφαρμογής άρδευσης αποδίδει υψηλή παραγωγικότητα και αυτό είναι φανερό στο γεγονός ότι οι αρδευόμενες εκτάσεις ευθύνονται για το 40% της καλλιεργητικής παραγωγής. Έτσι, η αρδευόμενη γεωργία αποτελεί τον μεγαλύτερο παράγοντα κατανάλωσης των υδάτινων πόρων, γύρω στο 80% του παγκόσμιου νερού. Επιπροσθέτως, η άρδευση χρησιμοποιείται σε εγκαταστάσεις εξωραϊσμού για να διατηρεί τους χώρους πράσινους και ανθισμένους ακόμα και σε ξηρά περιβάλλοντα, όπως σε γήπεδα γκολφ, κήπους, παρτέρια κ.α.

Παρόλ' αυτά, τα επόμενα χρόνια προβλέπεται η αργή αλλά σταθερή συρρίκνωση των αποθεμάτων νερού στις δύο βασικές πηγές: τους ταμιευτήρες φραγμάτων και τα υπόγεια νερά των βαθιών υδροφόρων στρωμάτων. Αυτό οφείλεται:

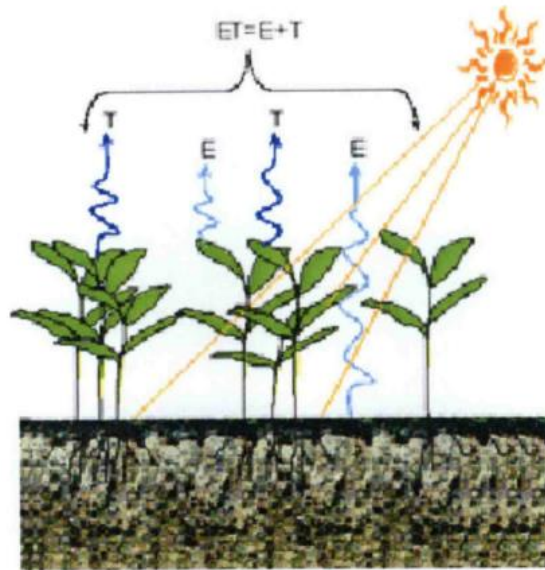
1. στην αύξηση του αστικού πληθυσμού και τη ζήτηση,
2. στην υπεράντληση από υδροφόρους ορίζοντες, μειώνοντας την ελεύθερη στάθμη τους,

3. στη μείωση της αποθηκευτικής ικανότητας των υφιστάμενων ταμιευτήρων λόγω εναποθέσεων και της διάβρωσης ιζημάτων και
4. στην ανάγκη μείωσης χρήσης των νερών των ποταμών για αποθήκευση στους ταμιευτήρες για άρδευση, με σκοπό τη διατήρηση των οικοτόπων.

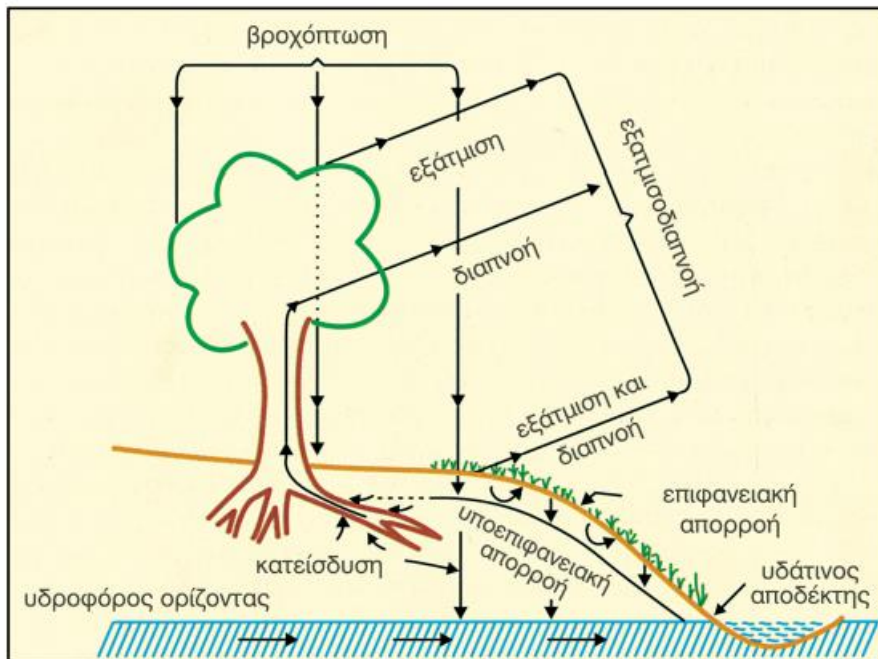
Η έλλειψη υδατικών πόρων σε άνυδρες περιοχές, τους καθιστούν όλο και πιο δαπανηρούς, με αποτέλεσμα να αναγνωρίζεται ευρέως η ανάγκη για εξοικονόμηση του νερού άρδευσης, που μπορεί να επέλθει με μείωση των αποβλήτων και επίτευξη μεγαλύτερης αποδοτικότητας στη χρήση του [9].

Η άρδευση των φυτών αφορά στην παροχή τους με νερό με σκοπό την ανάπτυξή τους. Από το αρδεύσιμο νερό που φτάνει στο φυτό από το έδαφος, μόλις το 1% παραμένει σε αυτό. Το υπόλοιπο ποσό διαφεύγει στην ατμόσφαιρα με τη διαπνοή. Σημαντικό κατά την άρδευση καθίσταται η διατήρηση επαρκούς ποσότητας νερού που υπάρχει στο χώμα. Αν το νερό δεν επαρκεί για να καλύψει τις ανάγκες του φυτού, εκείνο σταδιακά θα κλείσει τα στομάτιά του για να αποφύγει τις απώλειες μέσω της διαπνοής, εμποδίζοντας όμως και την εισπνοή CO₂ με αποτέλεσμα την παρεμπόδιση της διαδικασίας φωτοσύνθεσης του φυτού.

Η διαδικασία της εξάτμισης (evaporation) και της διαπνοής (transpiration) του νερού από τα φυτά είναι δύο διαφορετικές έννοιες, που συχνά θεωρούνται ταυτόσημες. Η ειδοποιός διαφορά τους βρίσκεται στο γεγονός ότι η εξάτμιση είναι το φαινόμενο μετατροπής του υγρού σε αέριο από το έδαφος, ενώ η διαπνοή αφορά την ανάπτυξη των φυτών και προκύπτει υπό τον έλεγχο των στοματίων τους. Συμπερασματικά, η εξατμισοδιαπνοή (evapotranspiration-ET) αναφέρεται στην ταυτόχρονη εξάτμιση και διαπνοή, άρα τη συνολική μεταφορά νερού στην ατμόσφαιρα από φυτοκαλυμμένες εκτάσεις (Σχήμα 3.2). Ο βαθμός εξάτμισης εξαρτάται από τη διαθεσιμότητα νερού, ηλιακής ενέργειας και τη δυνατότητα διάχυσης των υδρατμών στην ατμόσφαιρα. Η διαπνοή ελαττώνεται με τη μείωση της διαθεσιμότητας νερού και μηδενίζεται κατά τη διάρκεια των νυκτερινών ωρών καθώς δεν διενεργείται φωτοσύνθεση από τα φυτά [30].



Σχήμα 3.2: Διαπνοή και εξάτμιση στα πλαίσια της εξατμισοδιαπνοής [31]



Σχήμα 3.3: Ο υδρολογικός κύκλος του νερού και η εξατμισοδιαπνοή [32]

Η ποσότητα νερού που προσλαμβάνει το έδαφος από την άρδευση εξαρτάται από το πορώδες του, που το έλκει. Όσον αφορά τη διαδικασία διανομής του νερού στα διάφορα μέρη του φυτού, αυτή γίνεται με την έλξη που ασκεί το φυτό και την υπέρβαση της αντίστοιχης, που ασκούν οι εδαφικοί κόκκοι, δημιουργώντας το οσμωτικό δυναμικό. Όμοια, η διαπνοή του φυτού από το φύλλωμα στον ατμοσφαιρικό

αέρα οφείλεται στη διαφορά υδατικού δυναμικού μεταξύ του νερού στο έδαφος και των υδρατμών (Σχήμα 3.3).

Το έδαφος στο οποίο αναπτύσσονται τα διάφορα είδη φυτών αποτελεί το ριζικό περιβάλλον, στο οποίο αποθηκεύεται το νερό και τα θρεπτικά στοιχεία και ρυθμίζεται η τροφοδοσία τους. Με βάση τον τύπο του εδάφους (αμμώδες, πηλώδες, αργιλώδες, μικτό) μπορεί κανείς να υπολογίσει την ποσότητα του αρδύσιμου νερού που συγκρατείται από αυτό και τελικά την ποσότητα νερού που απαιτεί για εύρυθμη καλλιέργεια [9]. Οι ανάγκες των κηπευτικών σε νερό κυμαίνονται μεταξύ 12-25 mm/εβδομάδα, δηλαδή περίπου 12-25 m³/στρέμμα/εβδομάδα. Αυτή η τιμή μεταβάλλεται ανάλογα με το μήκος της ρίζας καθώς διακρίνονται βαθύρριζα φυτά [30].

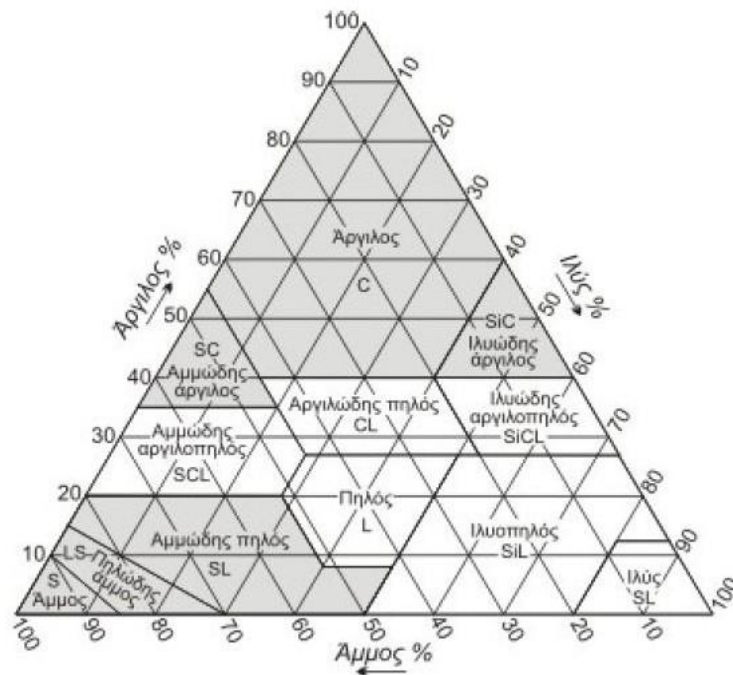
Η γνώση της κοκκομετρικής σύστασης του εδάφους είναι καθοριστικής σημασίας για την κατανόηση της συμπεριφοράς και της διαχείρισής του. Η σχεδόν αδύνατη μεταβλητότητά του καθιστά την κοκκομέτρηση βασική ιδιότητα του εδάφους αυτού. Στους παρακάτω πίνακες φαίνονται ομαδοποιημένα είδη τεμαχιδίων εδαφικών κλασμάτων:

Κατηγορία κλάσματος	Διάμετρος κόκκων, mm
Χονδρή άμμος	2-0,2
Λεπτή άμμος	0,2-0,02
Ίλύς	0,02-0,002
Άργιλος	<0,002

Πίνακας 3.2: Μηχανική σύσταση εδάφους [9]

Κατηγορία εδάφους	Υποκατηγορίες		
Χονδρόκοκκα	Αμμώδη	Πηλοαμμώδη	
Μετρίως χονδρόκοκκα	Αμμοπηλώδη	Πηλώδη	
Μέσης κοκκομετρικής σύστασης	Ιλοπηλώδη	Ιλυώδη	Αμμοαργιλοπηλώδη
Μετρίως λεπτόκοκκα	Αργιλοπηλώδη	Ιλοαργιλοπηλώδη	
Λεπτόκοκκα	Αμμοαργιλώδη	Ιλοαργιλώδη	Αργιλώδη

Πίνακας 3.3: Γενικοί όροι περιγραφής κοκκομετρικής σύστασης του εδάφους σε σχέση με τα ονόματα των κλάσεων κοκκομετρικής σύστασης [9]



Σχήμα 3.4: Κύριες κλάσεις κοκκομετρικής σύστασης [9]

Σύμφωνα με το Σχήμα 3.4, ανάμεσα στις τρεις μεγάλες ομάδες εδαφών, τα αμμώδη, αργιλώδη και πηλώδη (Εικόνα 3.4), ονομαστικά συμπεραίνει κανείς την κατανομή του μεγέθους των τεμαχιδίων και τη φύση των ιδιοτήτων του εδάφους. Από τις 14 κοκκομετρικές κλάσεις, κλιμακωτά ξεκινούν τα αμμώδη εδάφη, που είναι χονδρόκοκκα στην αφή και ολοκληρώνουν τα αργιλώδη την ακολουθία, που είναι

λεπτόκοκκα. Στα αμμώδη και πηλοαμμώδη κυριαρχούν ιδιότητες της άμμου και στα αμμοαργιλώδη και ίλιοαργιλώδη κυριαρχούν χαρακτηριστικά του αργίλου. Ωστόσο, πιο συνηθισμένα συναντώνται εδάφη της ομάδας των πηλωδών.



Αμμώδες έδαφος

Αργιλώδες έδαφος

Πηλώδες έδαφος

Εικόνα 3.4: Βασικοί τύποι εδαφών [33]

Η κυριαρχία του χαλαζία στο κλάσμα της άμμου παρέχει ελάχιστα θρεπτικά στοιχεία στα φυτά ενώ όσα από αυτά πιθανώς υπάρχουν, λόγω του μεγάλου μεγέθους τεμαχιδίων, δεν μπορούν να απελευθερωθούν και να αποδοθούν στα φυτά. Το μέγεθος των τεμαχιδίων της άμμου επηρεάζει και τη συγκράτηση του νερού από το έδαφος, καθώς δημιουργούνται σχετικά μεγάλοι πόροι, οι οποίοι αδυνατούν να το συγκρατήσουν, με αποτέλεσμα το νερό να διηθείται γρήγορα και ο αέρας να εισέρχεται στο έδαφος. Με βάση τα παραπάνω, τα αμμώδη εδάφη είναι αεριζόμενα και χαλαρά, όπως επίσης άγονα και επιρρεπή στην ξηρασία (Εικόνα 3.5).



Εικόνα 3.5: Υφή αμμώδους εδάφους [34]

Τα τεμαχίδια του αργίλου είναι πολύ μικρά (0,002 mm) με πολύ μεγάλη ειδική επιφάνεια, η οποία συμβάλλει στην ικανότητα απορρόφησης νερού και άλλων ουσιών. Οι μικροί πόροι μεταξύ των τεμαχιδίων επιβραδύνουν την κίνηση του νερού και του αέρα μέσα σε αυτούς, ενώ συγκρατούν μεγάλες ποσότητες νερού, τις οποίες ωστόσο μπορεί να μη γίνεται να διαθέσουν στα φυτά. Οι ιδιότητες των εδαφών αυτών εξαρτώνται από το είδος του αργίλου και την ποσότητά του (Εικόνα 3.6).



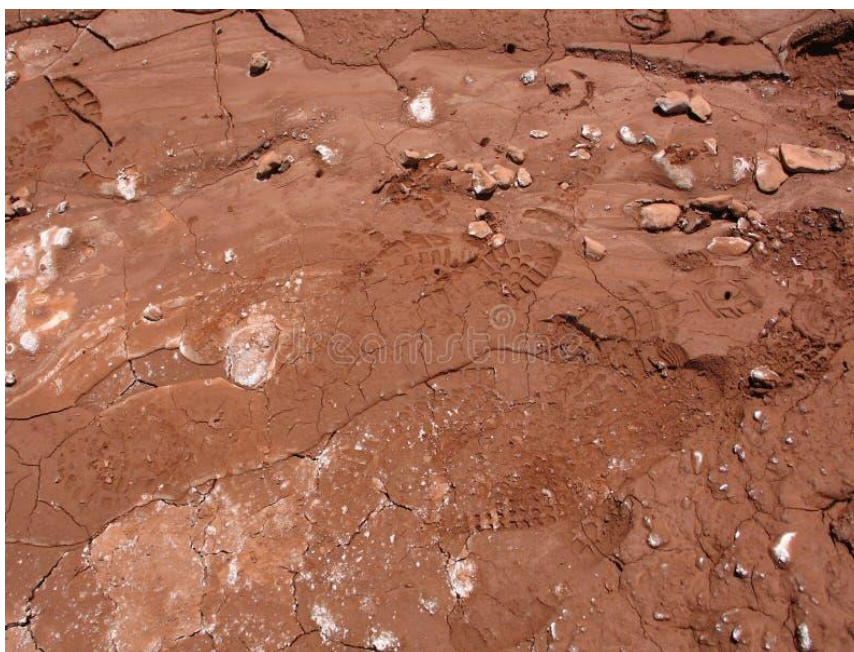
Εικόνα 3.6: Υφή αργιλώδους εδάφους [34]

Τα τεμαχίδια ιλύος είναι παρόμοια με της άμμου, όμως πολύ μικρότερα. Επιτρέπουν την ταχεία αποσάθρωση άρα απελευθέρωση σημαντικών ποσοτήτων θρεπτικών στοιχείων από τα φυτά. Από την άλλη, οι μικροί πόροι μεταξύ των τεμαχιδίων επιτρέπουν τη συγκράτηση του νερού και την περιορισμένη στράγγισή του. Λόγω της χαμηλής συγκολλητικότητας και πλαστικότητας, τα εδάφη με έντονη περιεκτικότητα σε ιλύ ή λεπτή άμμο παρουσιάζουν ευαισθησία στη διάβρωση από το νερό και τον άνεμο [9].



Εικόνα 3.7: Υφή ιλυώδους εδάφους [34]

Τα πηλώδη εδάφη (Εικόνα 3.8) αποτελούν μίγμα τεμαχιδίων άμμου, ιλύος και αργίλου και εμφανίζουν ιδιότητες αυτών των μηχανικών κλασμάτων σε ίδιες περίπου αναλογίες. Γενικά, μια μικρή ποσότητα αργίλου μπορεί να αποδώσει στο έδαφος ιδιότητες αργίλου, ενώ μικρές ποσότητες ιλύος και άμμου έχουν μικρότερη επίδραση στη συμπεριφορά του εδάφους [9]. Αυτό φαίνεται και στο Σχήμα 3.3.

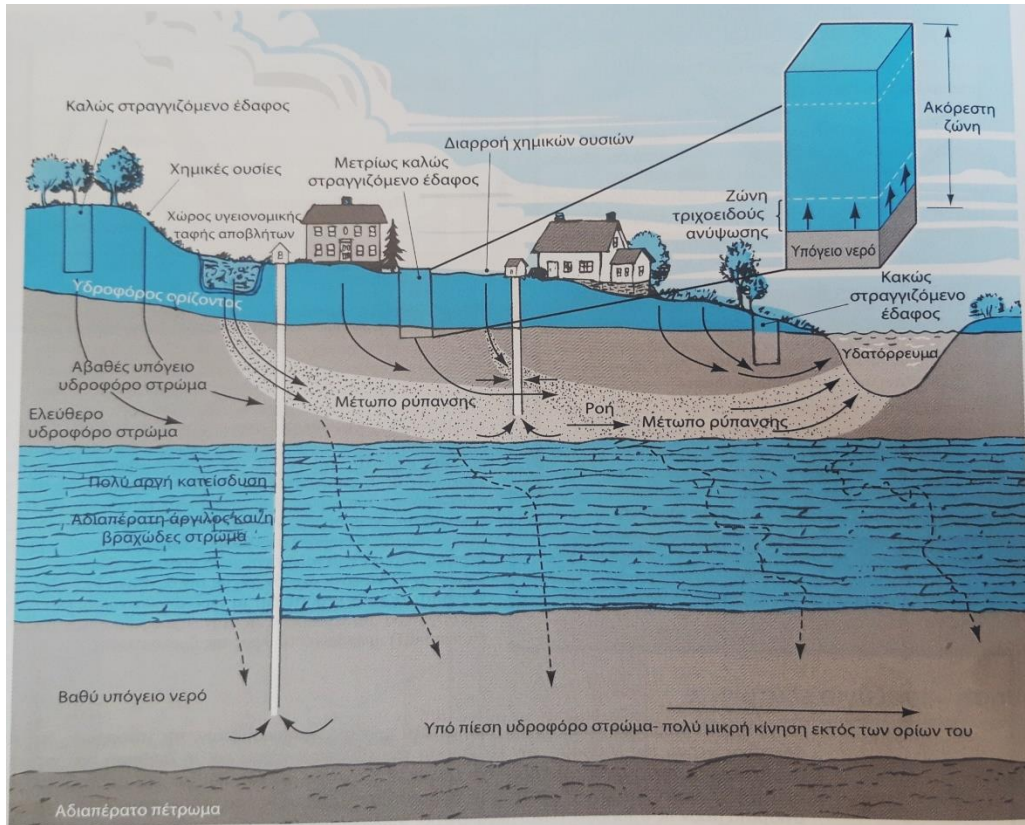


Εικόνα 3.8: Υφή πηλώδους εδάφους [35]

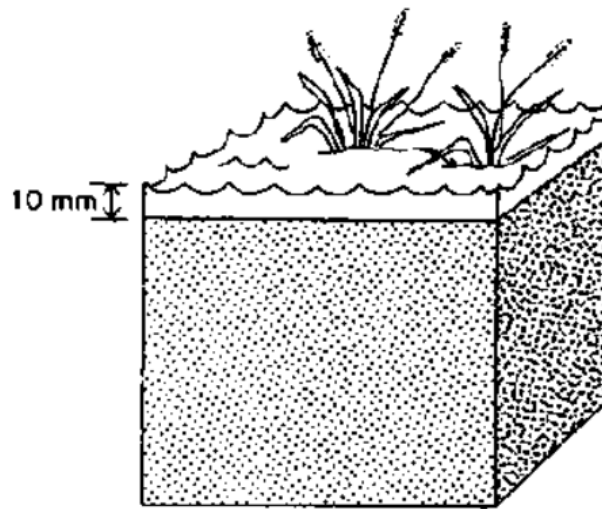
Η ζώνη εδάφους, η οποία είναι κορεσμένη σε νερό και βρίσκεται πάνω από έναν ορίζοντα αδιαπέρατου εδάφους ή ένα αδιαπέρατο γεωλογικό σχηματισμό υποβάθρου

ή ένα αργιλικό στρώμα, αποτελεί τον υδροφόρο ορίζοντα. Σε αυτόν κατεισδύουν βαρυντικά τα αποστραγγιζόμενα από τη διήθηση νερά και αποθηκεύονται στο εσωτερικό του. Είναι τα λεγόμενα υπόγεια νερά. Ο υδροφόρος ορίζοντας βρίσκεται στις υγρές περιοχές περίπου 1-10 m υπό της επιφάνειας της γης και στις ξηρές περιοχές σε εκατοντάδες ή και χιλιάδες μέτρα βάθος. Στην επιφάνεια τα νερά αυτά συναντώνται σε τέλματα και έλη. Τα υπόγεια νερά που βρίσκονται κοντά στην επιφάνεια της γης τροφοδοτούνται άμεσα από τα κατεισδύοντα νερά και αυτά με τη σειρά τους τροφοδοτούν τα ριζώματα των φυτών μέσω των πηγών και των υδατορρευμάτων. Μπορούν να ληφθούν με άντληση (από πηγάδια) ή γεωτρήσεις για υδρευτική και αρδευτική χρήση.

Το μεγαλύτερο ποσοστό των υπογείων νερών βρίσκεται αποθηκευμένο στα βαθύτερα υδροφόρα στρώματα και χρειάζονται έως και αιώνες για να αναπληρωθούν και να αξιοποιηθούν σε αρδευτική και αστική χρήση. Γι' αυτό συνήθως χρησιμοποιούνται βαθιές γεωτρήσεις για άντληση υδροφορέων μεταξύ αδιαπέραστων στρωμάτων, που ονομάζονται υδροφορείς υπό πίεση. Κύρια πηγή επαναπλήρωσης των υπογείων νερών αποτελεί το νερό που στραγγίζεται από το έδαφος. Εφόσον η απόληψή του δεν είναι ταχύτερη από διαδικασία βαρυντικής στράγγισης που αναπληρώνει την ποσότητα αυτή του νερού, τα υπόγεια νερά μπορούν να θεωρηθούν ως ένας ανανεώσιμος πόρος. Ωστόσο, συνήθως η ανθρώπινη δραστηριότητα απαιτεί νερό άντλησης με γοργότερο ρυθμό από τον ρυθμό αναπλήρωσης, με αποτέλεσμα οι υδροφόροι ορίζοντες να διεισδύουν βαθύτερα στο υπέδαφος και να ελαττώνεται το αποθηκευμένο νερό. Κατά το φαινόμενο της υπεράντλησης των υπογείων υδάτων εγγύς σε ακτές, το αλμυρό νερό αντικαθιστά το γλυκό που χάνεται, με αποτέλεσμα πολλές παράκτιες περιοχές να αντιμετωπίζουν προβλήματα που προκύπτουν με την υφαλμύρωση του νερού των γεωτρήσεων (Σχήμα 3.5).



Σχήμα 3.5: Ο υδροφόρος ορίζοντας και το σύστημα υπόγειων υδάτων [9]



Σχήμα 3.6: Η ανάγκη καλλιέργειας σε νερό 10 mm/ημέρα [36]

Στον καθορισμό ορισμένης ποσότητας νερού άρδευσης που έχει ανάγκη μια καλλιέργεια, καθοριστικό ρόλο παίζει το είδος του φυτού (Σχήμα 3.6). Φυσικά, το ίδιο είδος έχει ξεχωριστές ανάγκες σε διαφορετικές κλιματικές ζώνες. Έτσι, στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι μέγιστες και ελάχιστες ανάγκες των καλλιεργειών με βάση τις καιρικές συνθήκες:

Καιρικές συνθήκες	Ανάγκη καλλιέργειας σε νερό	
	Υψηλή	Χαμηλή
Ηλιοφάνεια	ηλιόλουστος (χωρίς σύννεφα)	Συννεφιασμένος (χωρίς ήλιο)
Θερμοκρασία	ζεστός	κρύος
Υγρασία	ξηρός (χαμηλή)	υγρός (υψηλή)
Ταχύτητα ανέμου	υψηλή	χαμηλή

Πίνακας 3.4: Επιρροή βασικών κλιματικών παραγόντων στις ανάγκες σε νερό των καλλιεργειών [36]

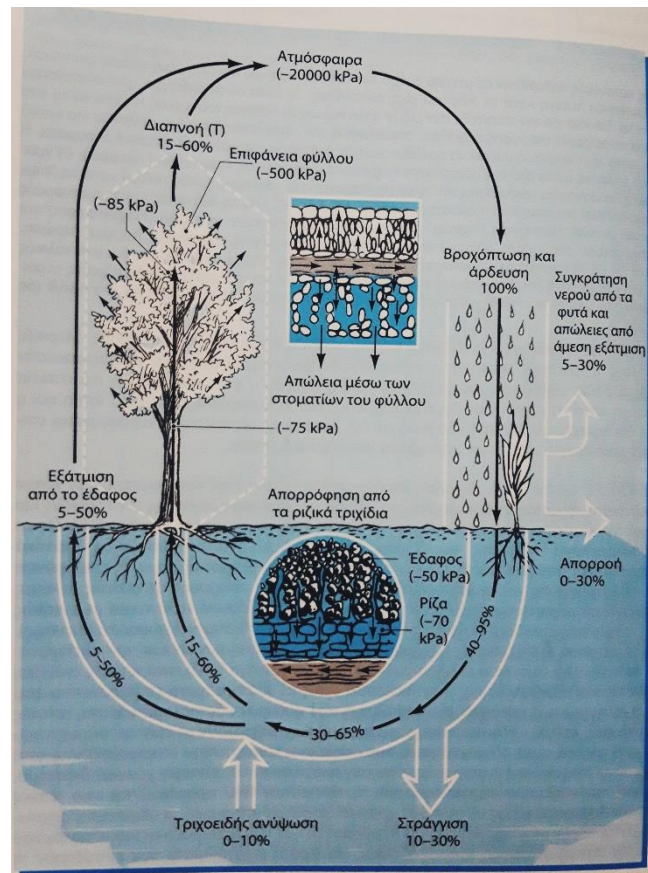
Με βάση μοντέλο υπολογισμού που προτείνει η Διεθνή Οργάνωση Τροφίμων και Γεωργίας (Food and Agriculture Organization, FAO) υπολογίζονται οι ανάγκες κάθε καλλιέργειας σε άρδευση λαμβάνοντας υπόψιν τις κλιματικές συνθήκες και το είδος του εδάφους (Πίνακας 3.5). Συγκεκριμένα, δίνονται οι ανάγκες της τυπικής καλλιέργειας του γρασιδιού σε mm/ημέρα συναρτήσει της κλιματικής ζώνης και της μέσης καθημερινής θερμοκρασίας.

Κλιματική ζώνη	Μέση ημερήσια θερμοκρασία		
	χαμηλή	μέτρια	υψηλή
	(<15°C)	(15-25°C)	(>15°C)
Άνυδρη/ ξηρή	4-6 mm	7-8 mm	9-10 mm
Ημιάνυδρη/ ημίξηρη	4-5 mm	6-7 mm	8-9 mm
Υπό-υγρή	3-4 mm	5-6 mm	7-8 mm
Υγρή	1-2 mm	3-4 mm	5-6 mm

Πίνακας 3.5: Μέση ημερήσια ανάγκη σε νερό της τυπικής καλλιέργειας γρασιδιού με βάση την κλιματική ζώνη [36]

Το είδος της καλλιέργειας σε συνδυασμό με την ημερήσια ανάγκη σε νερό προβλέπει και τη διάρκεια της περιόδου ανάπτυξης του φυτού. Η επιρροή του είδους στην ημερήσια άρδευση αφορά τις πλήρως αναπτυγμένες καλλιέργειες. Υπάρχουν όμως μικρής διάρκειας καλλιέργειες (90-100 ημέρες), όπως το μπιζέλι, το κολοκυθάκι, το φασόλι και μεγάλης διάρκειας (120-160 ημέρες), όπως η μπανάνα, το κρεμμύδι και το βαμβάκι [36].

Ένα τμήμα των κατακρημνισμάτων φτάνει μόνο μέχρι την κόμη του φυτού και διαπνέεται, δεν επιτρέπει δηλαδή την επαφή με το έδαφος. Το υπόλοιπο τμήμα φτάνει στο έδαφος και είτε εξατμίζεται είτε διεισδύει στο έδαφος. Σε περίπτωση χαλαρού και πορώδους τύπου εδάφους (π.χ. αμμώδες) η διαδικασία διήθησης γίνεται πιο εύκολα. Αν η ποσότητα που εισέρχεται στο έδαφος υπερβεί την ικανότητά του να συγκρατήσει νερό, σημειώνεται κατάκλυση της επιφάνειας, γεγονός που οδηγεί σε επιφανειακή απορροή, διάβρωση του εδάφους, ακόμα και σε απομάκρυνση θρεπτικών στοιχείων από το χώμα στην επιφάνεια. Η ποσότητα του νερού που διεισδύει στο έδαφος περνάει σταδιακά από βαθύτερα στρώματα μέχρι που δεν είναι διαθέσιμο στο επίπεδο του ενεργού ριζοστρώματος, λόγω του φαινομένου της στράγγισης. Το ποσοστό της στράγγισης, αν το έδαφος είναι ήδη υγρό μπορεί να φτάσει και στο 50% του νερού διήθησης. Βέβαια, μια ποσότητα του νερού στράγγισης αποθηκεύεται στα βαθύτερα στρώματα και σε επόμενες περιόδους έλλειψης υγρασίας ανεβαίνει στο ριζόστρωμα μέσω της τριχοειδούς ανύψωσης. Έτσι, η υποβοήθηση της διήθησης έναντι της επιφανειακής απορροής είναι δύο σημαντικά σημεία διαχείρισης των καλλιεργειών.



Σχήμα 3.7: Απεικόνιση συνεχούς συστήματος εδάφους-φυτού-ατμόσφαιρας [9]

Σύμφωνα με το Σχήμα 3.7, η διαδικασία του υδρολογικού κύκλου εφαρμόζονται όμοια είτε πρόκειται για την κίνηση του νερού στο έδαφος, στο φυτό και στην ατμόσφαιρα. Το νερό εντός του εδάφους κινείται προς την κατεύθυνση με το χαμηλότερο ενεργειακό δυναμικό. Αυτό ισχύει αντίστοιχα και για την κίνηση μεταξύ εδάφους-ριζώματος και φυτού-ατμόσφαιρας. Κατά την απορρόφηση του νερού από το έδαφος, θα πρέπει το υδατικό δυναμικό εντός της ρίζας να είναι χαμηλότερο σε σχέση με αυτό που επικρατεί στην επιφάνεια του εδάφους. Κατά τον ίδιο τρόπο διενεργείται η μετακίνηση του νερού από το υπέργειο στέλεχος του φυτού προς το φύλλωμα και από τα κύτταρα του φυλλώματος προς την ατμόσφαιρα [9], [30].

Το νερό που χρειάζονται οι καλλιέργειες εκτός από την άρδευση, παρέχεται και από τη βροχή. Η κατακρήμνιση μπορεί να είναι επαρκής σε ορισμένες περιπτώσεις όπου το κλίμα και το είδος της καλλιέργειας το επιτρέπουν και να μην υπάρχει καμία ανάγκη άρδευσης. Αν υπάρχει μερική κατακρήμνιση, τότε το νερό της βροχής χρησιμοποιείται για συμπληρωματική άρδευση σε συνδυασμό με την προγραμματισμένη. Σε οποιαδήποτε περίπτωση, το νερό της βροχής δεν χρησιμοποιείται στο σύνολο του, αλλά διατίθεται μέρος αυτού στο έδαφος και τις καλλιέργειες. Μέρος του νερού διαχέεται στο ριζικό σύστημα του φυτού, ενώ το υπόλοιπο απορρέει στην επιφάνεια του εδάφους. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα μέρος του νερού να μην είναι ωφέλιμο για την καλλιέργεια. Το υπόλοιπο της απορροής ονομάζεται αποτελεσματική (ή ωφέλιμη) βροχόπτωση (Effective Rainfall or Effective Precipitation) και η ποσότητά της εξαρτάται από το κλίμα, το είδος του εδάφους και το βάθος του ριζικού υποστρώματος. Προσεγγιστικές τιμές της ωφέλιμης βροχόπτωσης (Pe) σε σχέση με τη μηνιαία κατακρήμνιση (P) δίνονται από τον FAO και φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Βροχόπτωση (mm/μήνα)	Ωφέλιμη βροχόπτωση (mm/μήνα)
0	0
10	0
20	2
30	8
40	14
50	20
60	26
70	32
80	39
90	47
100	55
110	63
120	71
130	79
140	87
150	95
160	103
170	111
180	119
190	127
200	135
210	143
220	151
230	159
240	167
250	175

Πίνακας 3.6: Προσεγγιστικές τιμές μηνιαίας ωφέλιμης βροχόπτωσης για τις καλλιέργειες σε σχέση με τη μηνιαία βροχόπτωση [36]

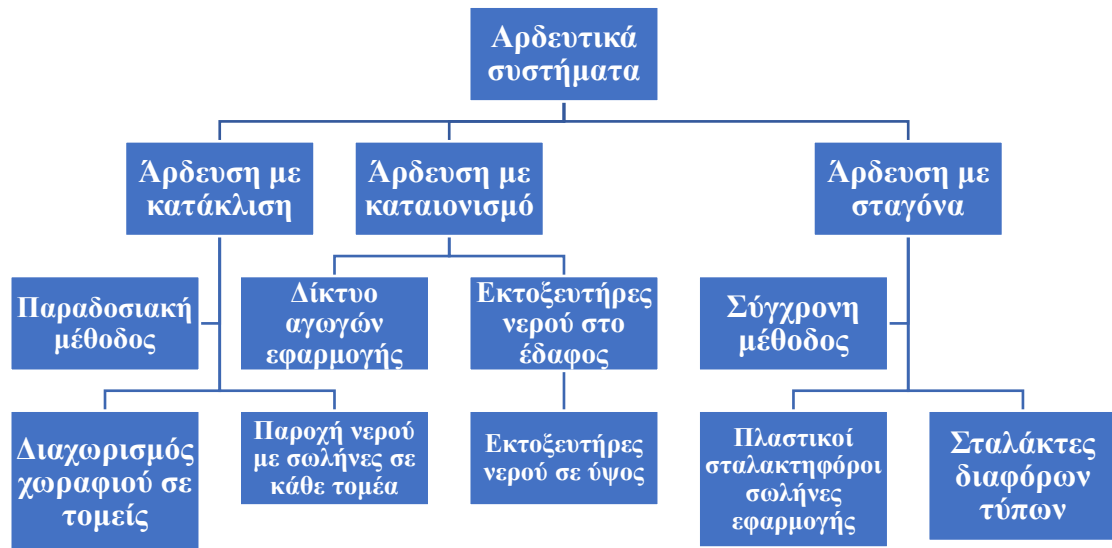
Όταν η ποσότητα νερού της βροχόπτωσης υπερβαίνει την ποσότητα νερού που μπορεί να συγκρατήσει το έδαφος, τότε υπάρχει απώλεια νερού μέσω της διήθησης. Οι απώλειες νερού λόγω διήθησης εξαρτώνται από την ποσότητα της βροχόπτωσης, την ποσότητα απορροής από το έδαφος – που οφείλεται στην κλίση του – την εξάτμιση, τον τύπο εδάφους και καλλιέργειας. Συγκεκριμένα, σε υγρές και εύκρατες περιοχές, το ποσοστό διείσδυσης του νερού στο έδαφος υπερβαίνει αυτό της εξατμισοδιαπνοής. Η φυσιολογική ανάπτυξη των καλλιεργειών δύναται στην περίπτωση που το έδαφος έχει αποθηκεύσει ποσότητα νερού κατά τη διάρκεια του χειμώνα και νωρίς την άνοιξη, ώστε να μπορεί να καλύψει τα ελλείματα τους καλοκαιρινούς μήνες.

Στην αποτελεσματικότητα των βροχοπτώσεων στην καλλιεργητική διαδικασία συμβάλλει και η διάρκεια και η έντασή τους. Κατά τη διάρκεια μιας βροχόπτωσης υψηλής έντασης που λαμβάνει χώρα ύστερα από ημέρες με καλές καιρικές συνθήκες, το νερό διεισδύει γρήγορα στο υπέδαφος, παρακάμπτοντας το μεγαλύτερο μέρος του εδαφικού όγκου. Αντιθέτως, μια βροχόπτωση μικρής έντασης με μεγάλη διάρκεια μπορεί να προσδώσει μεγαλύτερο όγκο νερού και να προσδίδεται έτσι στο νερό - τις χημικές ουσίες και του παθογόνους παράγοντες - μειωμένη ταχύτητα καθοδικής κίνησης [9].

Για την παροχή νερού σε παραγωγικές καλλιέργειες εφαρμόζονται διάφορα συστήματα άρδευσης, τα οποία αξιοποιούν διαφορετικό εξοπλισμό και τεχνικές. Τα κύρια χαρακτηριστικά των συστημάτων άρδευσης είναι:

- Η δυναμικότητα του συστήματος. Γενικά, αναφέρεται στη μέγιστη παροχή του, δηλαδή τον όγκο του νερού που παρέχει ανά μονάδα χρόνου. Για δεδομένες καλλιέργειες, ωστόσο, εκφράζει τον μέγιστο αριθμό ριζών που μπορούν να τροφοδοτηθούν ταυτόχρονα με νερό.
- Η ομοιομορφία του συστήματος άρδευσης. Επιτυγχάνεται όταν η παροχή ποσότητας νερού είναι ίδια σε όλα τα φυτά. Ο βαθμός εκπλήρωσης της ομοιομορφίας άρδευσης σε μια καλλιέργεια καθορίζει την αξιοπιστία του συστήματος.
- Η διάταξη του συστήματος άρδευσης [29].

Να σημειωθεί πως τα αρδευτικά συστήματα πρέπει να παρέχουν αρκετό νερό, ώστε να υφίσταται διήθηση, προκειμένου και να απομακρυνθεί η περίσσεια αλάτων από την εδαφοτομή [9]. Τα τρία βασικότερα συστήματα άρδευσης φαίνονται στο παρακάτω Σχήμα 3.8:



Σχήμα 3.8: Βασικοί τύποι αρδευτικών συστημάτων [30]

Η παραδοσιακή μέθοδος άρδευσης καλλιεργειών είναι με κατάκλιση ή με αυλάκια (Εικόνα 3.9). Οι τομείς στους οποίους χωρίζεται το χωράφι διαχωρίζονται μεταξύ τους σε μικρά αναχώματα. Στους τομείς παρέχεται νερό μέσω σωλήνων συνδεδεμένων με το δίκτυο άρδευσης ή απευθείας μέσω αγωγών άρδευσης. Η παροχή νερού διακόπτεται μόλις η επιφάνεια απορροφήσει επαρκή ποσότητα νερού. Η κλίση του εδάφους βοηθά στην διοχέτευση του νερού κατά μήκος των αυλακιών με ελεύθερη ροή. Το αποτέλεσμα αυτής της μεθόδου είναι η ανομοιόμορφη τροφοδοσία των φυτών. Πέραν αυτού, απαιτούνται πολλά εργατικά χέρια και σε θερμά-ξηρά κλίματα ο τρόπος παροχής οδηγεί σε εξάτμιση του νερού, που οδηγεί σε έως και 80% σπατάλη νερού. Τέλος, η άρδευση με κατάκλιση ευνοεί την ανάπτυξη ζιζανίων στις καλλιέργειες. Για τους παραπάνω λόγους, οι μέθοδος αυτή δεν χρησιμοποιείται συχνά και έχει σχεδόν εξαλειφθεί σε περιοχές με θερμό και ξηρό κλίμα.



Εικόνα 3.9: Άρδευση με κατάκλιση ή με αυλάκια [36]

Η άρδευση με κατακλιση γίνεται με την εγκατάσταση ενός δικτύου αγωγών – των τριτευόντων αγωγών - που μπορεί να βρίσκονται πάνω στο έδαφος, ελαφρώς υπερυψωμένοι (στο ύψος της κόμης του φυτού) ή τοποθετημένοι πάνω από το ύψος της κόμης του φυτού. Στην περίπτωση που οι τριτευόντες αγωγοί είναι τοποθετημένοι πάνω στο έδαφος, οι εκτοξευτήρες βρίσκονται είτε επάνω τους είτε πάνω σε ορθοστάτες. Όταν το σύστημα βρίσκεται πάνω σε ορθοστάτες, οι εκτοξευτήρες μπορούν να παρέχουν νερό στην καλλιέργεια από ψηλά, χωρίς να εμποδίζουν τα παρακείμενα φυτά. Ανάλογα με την έκταση της επιφάνειας διαβροχής και το είδος των φυτών, υπάρχουν διαφόρων τύπων εκτοξευτήρες. Στις καλλιέργειες λαχανικών χρησιμοποιούνται συνήθως μικροεκτοξευτήρες (microsprinklers) που λειτουργούν σε πίεση 1,5-3,5 bar και με παροχή 35-250 L/h. Η ακτίνα διαβροχής τους κυμαίνεται από 1-12 m και συνήθως τοποθετούνται σε τριγωνική ή τετραγωνική διάταξη. Για την καλύτερη απόδοση της άρδευσης με εκτοξευτήρες, πρέπει οι κύκλοι διαβροχής να αλληλεπικαλύπτονται μερικώς. Ωστόσο, λόγω των απωλειών που επιφέρει η εξάτμιση σε αυτή τη μέθοδο, η απόδοσή της στη χρήση του νερού ανέρχεται μόλις στα 75%, ενώ η διαβροχή του λαιμού και των φύλλων του φυτού μπορούν να προκαλέσουν μυκητολογικές και βακτηριολογικές ασθένειες στο φυτό [30].



Εικόνα 3.10: Σύστημα άρδευσης κηπευτικής καλλιέργειας με καταιονισμό μέσω αγωγών εφαρμογής στο έδαφος και ορθοστάτες [38]

Η Εικόνα 3.10 απεικονίζει την άρδευση καταιονισμού από πάνω με εκτοξευτήρες τοποθετημένους σε σταθερές και μόνιμες θέσεις – που εφαρμόζεται μονάχα στα θερμοκήπια – και εκτοξευτήρες εγκατεστημένους πάνω σε κινούμενη μεταλλική ράβδο. Οι καταιονιστήρες θα πρέπει να εκτοξεύουν σχετικά μεγάλου μεγέθους σταγόνες ώστε αυτές να μην εξατμίζονται και να φτάνουν στο έδαφος. Γενικώς όμως αποτελεί μία από τις πιο οικονομικές μεθόδους, καθώς κάθε εκτοξευτήρας τροφοδοτεί μεγάλο αριθμό φυτών. Ωστόσο, υστερεί στην αποτελεσματικότητα χρήσης νερού σε σχέση με τον καταιονισμό από το έδαφος και ταυτόχρονα με την πρόκληση ασθενειών στα φυτά, δημιουργεί στρώμα αλάτων στα φύλλα σε περιπτώσεις που το νερό άρδευσης περιέχει υψηλές συγκεντρώσεις ασβεστίου [30].



Εικόνα 3.11: Σύστημα άρδευσης καταιονισμού από πάνω μέσω κινούμενης μεταλλικής ράβδου 1/2 [38]



Εικόνα 3.12: Σύστημα άρδευσης με καταιονισμό από πάνω μέσω κινούμενης μεταλλικής ράβδου
2/2 [38]

Στο σύστημα άρδευσης με σταγόνα, πάνω στους πλαστικούς σωλήνες εφαρμογής σε σταθερές αποστάσεις μεταξύ τους τοποθετούνται οι σταλάκτες, ειδικές κατασκευές που φέρονται στα σημεία εκροής (Εικόνα 3.13). Οι σταλάκτες μπορεί να έχουν διάφορες μορφές, όπως μικροσωλήνες, τύπου στροβίλου, με ελικοειδή, σπειροειδή ή μαινδρική διαδρομή. Η λειτουργία τους, δηλαδή η παροχή νερού στην καλλιέργεια, στηρίζεται στις απώλειες πίεσης που δημιουργούν στο νερό που εισέρχεται στη διάταξή τους, με αποτέλεσμα αυτό να εξέρχεται από τους σταλάκτες με πολύ μικρή ταχύτητα, με ρυθμό σταγόνας. Οι αποστάσεις των σταλακτών πάνω στους σταλακτηφόρους σωλήνες ρυθμίζεται λαμβάνοντας υπόψη την ύπαρξη ενός σταλάκτη ανά φυτό. Βέβαια, η ποσότητα αυτή μπορεί να μεταβάλλεται ανάλογα με την πυκνότητα φύτευσης και την αξία του παραγόμενου προϊόντος.

Η άρδευση με σταγόνα στηρίζεται στη μικρή παροχή νερού (2-8 λίτρα/ ώρα) και στην αυξημένη συχνότητα άρδευσης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ο βαθμός αξιοποίησης του νερού από τα φυτά να είναι αυξημένος, καθώς το νερό δεν λιμνάζει – κάτι που προκαλεί την εξάτμιση του μεγαλύτερου μέρους – αλλά απορροφάται αμέσως από το έδαφος και χορηγείται ακριβώς στον ενεργό χώρο του ριζοστρώματος. Έτσι η καλλιέργεια αξιοποιεί ένα μεγάλο μέρος του παρεχόμενου νερού της τάξης 90-95% (Εικόνα 3.14). Η αυτοματοποίηση του συστήματος αυτού παρέχει ακόμα πιο αποδοτικές συνθήκες και χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο στη γεωργία. Άλλα πλεονεκτήματα αποτελούν η ομοιόμορφη παροχή νερού σε όλα τα σημεία της

καλλιέργειας, η επιλογή εφαρμογής υδρολίπανσης (παροχή λιπασμάτων μέσω της άρδευσης), η αποφυγή της διαβροχής του φυλλώματος άρα η αποφυγή ασθενειών του φυτού και η στεγνότητα του υπόλοιπου μέρους του χωραφιού για την αποφυγή ανάπτυξης ζιζανίων. Ένα μειονέκτημα της μεθόδου είναι οι συχνές αποφράξεις των σταλακτών που οφείλονται σε παράγοντες όπως η στερεοποίηση αλάτων Ca, κάτι το οποίο αντιμετωπίζεται με κατάλληλα φίλτρα [30].



Εικόνα 3.13: Λειτουργία σταλάκτη σε σύστημα άρδευσης με σταγόνα [39]



Εικόνα 3.14: Σύστημα άρδευσης με σταγόνα [40]

Επιπροσθέτως, υπάρχουν τα συστήματα υπόγειας άρδευσης, τα οποία αποτελούνται από υπόγειους διάτρητους ή σταλακτηφόρους σωλήνες, όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.15. Η τοποθέτηση των σωλήνων μπορεί να γίνεται σε βάθος μικρό (10-25 m), μεσαίο (25-50 m) ή μεγάλο (50-90 m). Η βαθύτερη εγκατάσταση του συστήματος είναι πιο αποδοτική, καθώς το ετήσιο όργωμα του εδάφους δεν επηρεάζει τις διατάξεις και μειώνονται οι αποφράξεις στις οπές εκροής και τους σταλάκτες των σωλήνων, που οφείλονται στις ρίζες των φυτών. Το νερό άρδευσης παρέχεται στο ενεργό ριζόστρωμα μέσω τριχοειδούς ανύψωσης και η συχνότητα αρδευτικών δόσεων ανέρχεται στις δύο φορές εβδομαδιαία. Τέλος, βασικό πλεονέκτημα των υπογείων συστημάτων άρδευσης είναι η μεγάλη διάρκειας ζωής τους, γεγονός που την καθιστά εξαιρετικά οικονομική [30].



Εικόνα 3.15: Σύστημα υπόγειας άρδευσης [39]

Το μέτρο αποδοτικότητας της χρήσης νερού για άρδευση των συστημάτων μπορεί να συγκριθεί μέσω της απόδοσης (έξοδος) του συστήματος – δηλαδή η βιομάζα των καλλιεργειών, η εμπορευματική αξία των προϊόντων – συναρτήσει με την ποσότητα εισροής στο σύστημα. Μέσω του μέτρου αποτελεσματικότητας της εφαρμογής του νερού, το οποίο συγκρίνει τη συνολική ποσότητα νερού που ασκείται για άρδευση σε μια έκταση με την πραγματική διαπνοή των αρδευόμενων φυτών, διακρίνεται η υψηλή αποδοτικότητα των περισσότερων συστημάτων, καθώς μόλις το 10-30% του νερού που εφαρμόζεται, διαπνέεται. Παρακάτω δίνεται πίνακας με σύγκριση των χαρακτηριστικών των τριών βασικών συστημάτων άρδευσης:

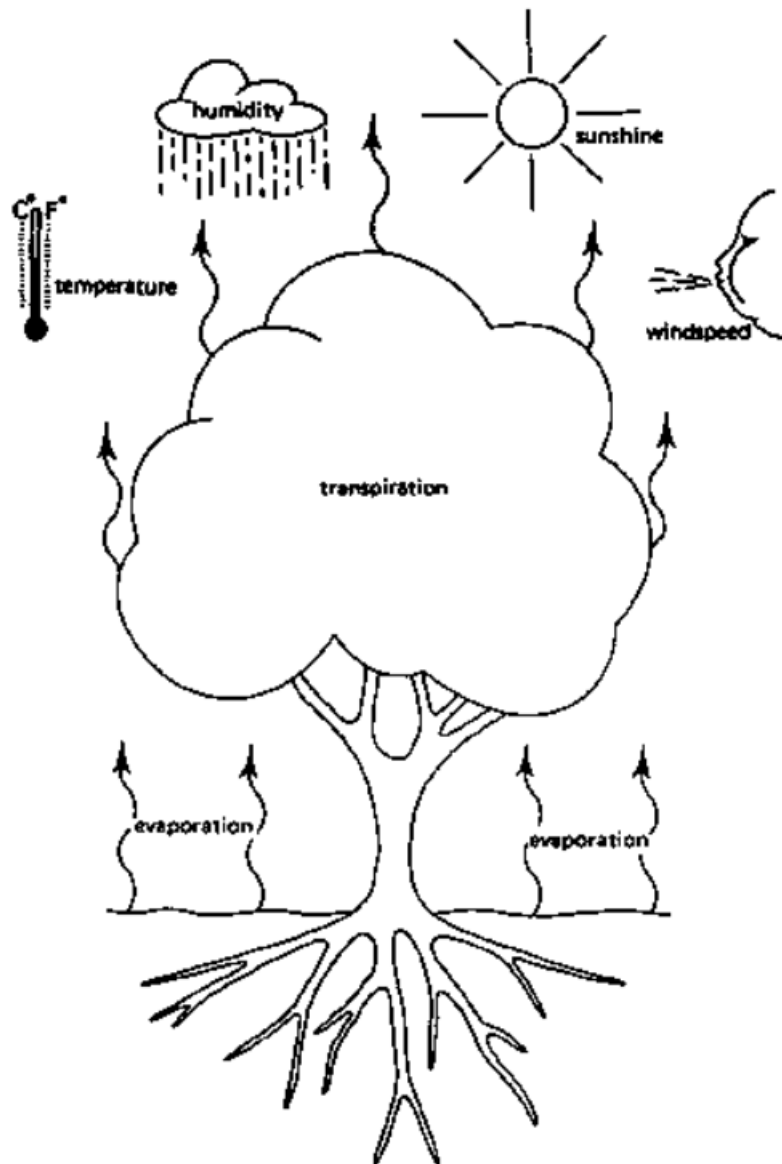
Μέθοδος	Απαιτήσεις εργατικών	Αποδοτική χρήση νερού, %	Καταλληλότητα εδαφών
Επιφανειακά συστήματα: αυλάκια, κατάκλιση	υψηλές έως λίγες	20-50	Επίπεδα, όχι αμμώδη ή βραχώδη
Συστήματα καταιονισμού	μέτριες	60-70	Επίπεδα έως μέτρια κλίση, όχι πολύ αργιλώδη
Συστήματα μικροάρδευσης: στάγδην, πορώδους ταινίας, μικροεκτοξευτές	λίγες	80-90	Απότομες πλαγιές – κλίσεις, όλα

Πίνακας 3.7: Χαρακτηριστικά των τριών κύριων μεθόδων άρδευσης [9]

Η βασική αρχή εφαρμογής άρδευσης είναι η αναπλήρωση του νερού που χάθηκε λόγω της εξατμισοδιαπνοής ή της στράγγισης σε βαθύτερα εδαφικά στρώματα από το προηγούμενο πότισμα. Με τον τρόπο αυτό, η περιεκτικότητα του εδάφους σε νερό μετά από κάθε πότισμα προσεγγίζει την περιεκτικότητα που είχε μετά το προηγούμενο. Για να επιτευχθεί αυτό θα πρέπει η υγρασία του εδάφους μετά από κάθε πότισμα να προσεγγίζει την υδατοϊκανότητα το εδάφους – χωρίς να την υπερβαίνει – και πριν την εφαρμογή νέας αρδευτικής δόσης να είναι σε επίπεδο υψηλότερο από το σημείο μόνιμης μάρανσης.

Εκτός από την ποσότητα ποτίσματος, εξίσου σημαντική είναι η συχνότητά του. Η συχνότητα άρδευσης μπορεί να υπολογιστεί εφόσον διαπιστωθεί ο χρόνος κατανάλωσης του διαθέσιμου νερού από την προηγούμενη εφαρμογή δόσης. Ο χρόνος κατανάλωσης εξαρτάται και από το είδος του φυτού και από τις επικρατούσες κλιματικές συνθήκες. Όσον αφορά την καλλιέργεια, ο χρόνος πρόσληψης του νερού έχει να κάνει με την έκταση της φυλλικής του επιφάνειας και παράγοντες όπως το είδος, το στάδιο ανάπτυξης και άλλες καλλιεργητικές επεμβάσεις. Για τις συνθήκες της ατμόσφαιρας, οι παράγοντες που επηρεάζουν τη συχνότητα είναι η υγρασία και η θερμοκρασία του αέρα [30]. Όσον αφορά, το μέγεθος της φυλλικής επιφάνειας, το

οποίο αυξάνεται σε συνδυασμό με τον δείκτη φυλλικής επιφάνειας, με την ανάπτυξη του φυτού, αυτό επηρεάζει στην αύξηση απορρόφησης του μεγαλύτερου μέρους της ηλιακής ακτινοβολίας από τη φυτοκομή, καθώς περιορισμένη ακτινοβολία φτάνει στο έδαφος. Αυτό φυσικά αυξάνει τη διαπνοή του νερού στη φυλλική επιφάνεια και μειώνει την εξάτμιση του νερού του εδάφους [9].



Σχήμα 3.9: Βασικοί κλιματικοί παράγοντες των αναγκών νερού των καλλιεργειών [36]

Κατά τη μέτρηση της υγρασίας του εδάφους, δίνονται καταστατικοί δείκτες, οι οποίοι συναρτήσκει του είδους καλλιέργειας και του εδάφους, δίνουν την ανάγκη που υπάρχει για άρδευση:

1. Επιτόπια ικανότητα/ Υδατοϊκανότητα-Field Capacity (FC): το όριο στράγγισης νερού λόγω της βαρύτητας. Είναι απαραίτητο ο δείκτης αυτός ποσοστιαία να είναι χαμηλότερος από την υγρασία του εδάφους, καθώς το παραπανήσιο νερό θα εισχωρήσει βαθύτερα στη γη και δεν θα είναι διαθέσιμο για την καλλιέργεια. Θεωρείται ως η ιδανική ποσότητα νερού για την ανάπτυξη του φυτού, οπότε η εδαφιαία υγρασία είναι κατάλληλη όταν λαμβάνει τιμή ίση με την καθορισμένη της επιτόπιας ικανότητας. Η τιμή του εξαρτάται από το είδος του εδάφους.

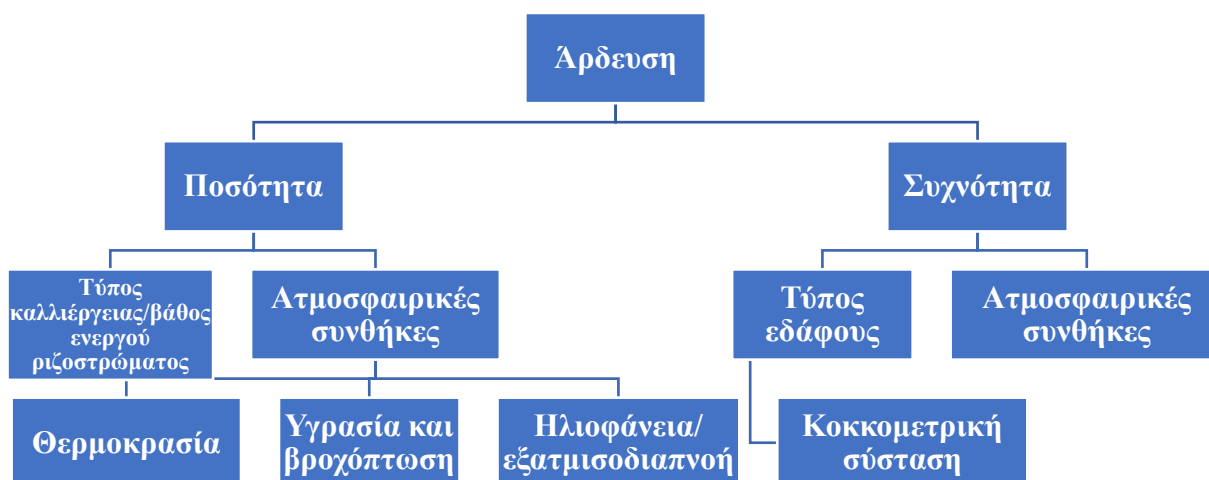
2. Όριο μόνιμου μαρασμού - Permanent Wilting Point (PWP): η ελάχιστη ποσότητα νερού στην οποία το φυτό διακόπτει όλες τις ζωτικές του διαδικασίες, όπως η διαπνοή, για να συγκρατήσει υγρασία, με αποτέλεσμα η καλλιέργεια να καταστραφεί. Όταν η υγρασία του εδάφους φτάνει σε αυτό το όριο, το φυτό δεν μπορεί εύκολα να προσλάβει νερό. Η υγρασία εδάφους πρέπει να είναι πάντοτε υψηλότερη από το όριο αυτό ή αν είναι χαμηλότερη να αποκαθίσταται μέσα σε λίγες ώρες. Εξαρτάται από το είδος του εδάφους [41].

Όταν η εδαφική υγρασία είναι χαμηλότερη της απαιτούμενης, το νερό αποβάλλεται από τα φύλλα μέσω της διαπνοής ταχύτερα από το νερό που εισέρχεται στις ρίζες. Τότε το φυτό εμφανίζει συμπτώματα υδατικής καταπόνησης που καταλήγουν σταδιακά σε μάρανση. Κατά την υδατική καταπόνηση, τα φυτά αρχικά αντιδρούν κλείνοντας τα στομάτια των φύλλων τους, ώστε να μειωθεί η διαπνοή. Ωστόσο, το κλείσιμο των στοματίων έχει ως συνέπειες την αναστολή ανάπτυξης των φυτών γιατί δεν προσλαμβάνουν αρκετό CO₂ και δεν φωτοσυνθέτουν και τη μείωση απώλειας υδρατμών από τη φυλλική επιφάνεια, μια λειτουργία η οποία λειτουργεί σαν ψυκτικός παράγοντας των φύλλων έναντι της υπερθέρμανσης από τη συνεχή ηλιακή ακτινοβολία. Η εκτίμηση της υδατικής καταπόνησης μπορεί να πραγματοποιηθεί με τη χρήση της τελευταίας επίδρασης, μετρώντας με υπέρυθρους αισθητήρες τη θερμοκρασία των φύλλων σε σχέση με του αέρα [9].

3. Όριο μέγιστης κατανάλωσης διαθέσιμης υγρασίας - Management allowable depletion (MAD): η ποσότητα νερού του φυτού που μπορεί μειωθεί πριν υπάρξει

επιβάρυνση και πιθανή μείωση της ανάπτυξής του. Η τιμή αυτού του ορίου εξαρτάται από το είδος της καλλιέργειας. Όσο πιο ευαίσθητο το φυτό, τόσο μικρότερη η τιμή του MAD.

4. Διαθέσιμο νερό – Total Available Water (TAW): η διαφορά μεταξύ της υδατοϊκανότητας του εδάφους και του σημείου μόνιμης μάρανσης [41].



Σχήμα 3.10: Παράγοντες καθορισμού αναγκών για άρδευση των φυτών [30]

3.5 Γεωργία ακριβείας

Οι ανάγκες για εξασφάλιση τροφής, βιωσιμότητας και αγροτικής ανάπτυξης οδήγησαν στην αναζήτηση ενός εκσυγχρονισμένου συστήματος γεωργίας με υψηλή παραγωγικότητα και προηγμένη τεχνολογία. Στις αναπτυσσόμενες χώρες και στις επαρχίες, όπου εφαρμόζονταν κατά κύριο λόγο παραδοσιακές μέθοδοι γεωργίας, η παραγωγή ήταν περιορισμένη, γεγονός που φαινόταν και σε άλλους τομείς της οικονομίας. Συνεπώς, ο ρόλος της αγροτικής δραστηριότητας έχει συνδεθεί άρρηκτα με την ανάπτυξη μιας περιοχής [42].

Ήδη από τη δεκαετία του '90, η επιστημονική κοινότητα αναζητούσε τρόπους να αυξήσει την αγροτική παραγωγή, μειώνοντας την αρδευτική ποσότητα νερού. Αρχικά μελετήθηκαν οι ιδιότητες του εδάφους των καλλιεργειών και πώς αυτές συμβάλλουν στην ανάπτυξή τους. Σταδιακά, άρχισε να υφίσταται ο όρος της γεωργίας ακριβείας. Σε μελέτη για αγροτεμάχια με καλλιέργειες δημητριακών σε ημίξηρες, τροπικές περιοχές, έγινε ανάλυση των εδαφών σε συγκεκριμένες κλίμακες για να βρεθεί πώς η διαφοροποίηση της σύστασης του εδάφους μπορεί να επηρεάσει την εφαρμογή γεωργίας ακριβείας [43], [44]. Με επαρκή δεδομένα για τις ιδιότητες του χώματος, της ανάπτυξης και ποικιλίας της σοδειάς κατά τη συγκομιδή των καλλιεργειών, η γεωργία ακριβείας θα μεγιστοποιούσε την γεωργική παραγωγή και το κέρδος των παραγωγών, μέσω της λήψης αποφάσεων [45].

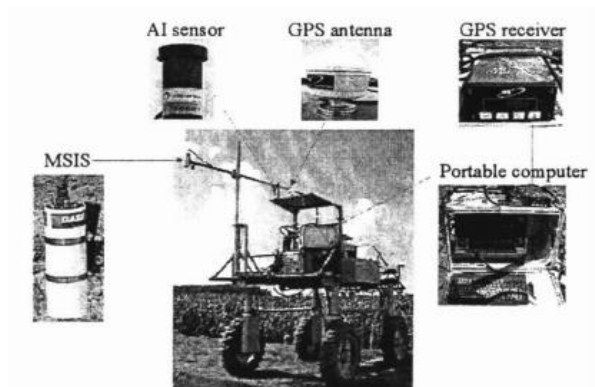
Ο αρχικός ορισμός που απέδιδε τη γεωργία ακριβείας (Precision Agriculture, PA) ήταν «η ηλεκτρονική παρακολούθηση και ο έλεγχος με εφαρμογή τη συλλογή δεδομένων, την επεξεργασία πληροφοριών και την υποστήριξη αποφάσεων για τον χωρικό καταμερισμό των δεδομένων εισόδου για την παραγωγή καλλιεργειών» [46]. Η γεωργία ακριβείας θεωρείτο ένα σύστημα που χρησιμοποιεί τεχνολογίες όπως το Παγκόσμιο Σύστημα Προσδιορισμού Θέσης, το Γεωγραφικό Σύστημα πληροφοριών, τη σύσταση βιομάζας, την παρακολούθηση καλλιεργειών και την προμήθεια θρεπτικών στοιχείων, με σκοπό να συνδέσει όλα αυτά τα δεδομένα, ώστε να δημιουργήσει μια σειρά πληροφοριών για ένα αγρόκτημα, όπως φαίνεται στον Πίνακα 3.8 [47].

Εργαλείο	Λειτουργίες
Παγκόσμιο Σύστημα Προσδιορισμού Θέσης (Global Positioning System, GPS)	Πληροφορίες για τη θέση, το υψόμετρο, την ταχύτητα και την κατεύθυνση κίνησης ενός σημείου.
Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (Geographical Information System, GIS)	Περιγραφή παραμέτρων με επιτόπιες παρατηρήσεις, πάντα σε σχέση με τη γεωγραφική θέση της περιοχής.
Σύστημα ενδοεπικοινωνίας στα αγροτεμάχια	Καταγραφή δεδομένων σχετικών με τη σύσταση του εδάφους.
Ανίχνευση καλλιεργειών και τηλεπισκόπηση	Φωτογραφίες για την εύρεση εμποδίων, όπως πέτρες, φυσικά εμπόδια κ.α.
Εφαρμογή διαφοροποιημένης δόσης	Ελεγχόμενες συσκευές αυξομείωσης της εφαρμογής άρδευσης και λίπανσης.
Καθοδήγηση και πλοήγηση	Συσκευές που χρησιμοποιούν το GPS για να μεταβούν σε σημεία για μέτρηση ή απομάκρυνση π.χ. μιας πέτρας.

Πίνακας 3.8: Τεχνολογίες και τεχνικές που χρησιμοποιούνται στα διάφορα στάδια της γεωργίας ακριβείας σε πρώιμο στάδιο [48]

Διαθέτοντας τα δεδομένα εισόδου από τους αισθητήρες μετρητών στο περιβάλλον, το έδαφος, τις καλλιέργειες, αυτά θα φιλτραριστούν, θα εκπεμφθούν στους δέκτες, ύστερα θα συγχωνευθούν και θα μειωθούν. Με την παρουσίασή και ανάλυση τους θα

μπορούν να ληφθούν αποφάσεις και διαγνωστικά. Η ιδέα ήταν υπό μελέτη να εφαρμοστεί συστηματικά πάνω σε φορητό όχημα για να υπάρχει δείγμα όλων των μεταβλητών όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.16 [49].



Εικόνα 3.16: Φορητό όχημα με μετρητές και υπολογιστή [49]

Στις αρχές του αιώνα καταγράφηκε η αξιολόγηση της εφαρμογής γεωργίας ακριβείας για τους παραγωγούς και το περιβάλλον. Οι αγρότες μέσω των μεθόδων ακριβείας ήταν ικανοί να προβλέψουν τη ζήτηση σε ποσότητα και συχνότητα σε νερό και αγροχημικά και να εκτιμήσουν με αποτελεσματικότητα το κόστος των αλλαγών που εφαρμόζαν. Με την προσαρμογή σε ένα ολικό σύστημα ακρίβειας στις αγροτικές μεθόδους, οι τεχνολογίες της γεωργίας ακριβείας φάνηκε να μπορούν να αποβούν κερδοφόρες. Όσον αφορά τη βιωσιμότητα για το περιβάλλον, λαμβάνοντας υπόψη τους περιορισμούς από την Ευρωπαϊκή Ένωση για μείωση των χημικών, η γεωργία ακριβείας φάνηκε να βοηθά, καθώς οι δόσεις νερού και αγροχημικών είναι μετρημένες με βάση τις πληροφορίες των μετρητών. Επιπρόσθετα, τα δεδομένα εισόδου των συστημάτων γεωργίας ακριβείας συνέβαλαν στη μείωση του λιπάσματος αζώτου σε ορισμένες καλλιέργειες, το οποίο είχε βρεθεί πως προκαλούσε αποσάθρωση του εδάφους [50]. Σε οικονομικό επίπεδο, η επένδυση για την εγκατάσταση ενός συστήματος γεωργίας ακριβείας σε σχέση με την εγκατάσταση ενός συμβατικού συστήματος, βρέθηκε να είναι πιο κερδοφόρα. Αυτό οφείλεται στην αλληλοεπικάλυψη των πληροφοριών που λαμβάνονται από τους μετρητές ακριβείας, κάτι που οδηγεί σε μείωση του κόστους εγκατάστασης, αφού τα δεδομένα συνδέονται μεταξύ τους και μπορούν να προσφέρουν ενημέρωση για κάθε περιοχή του αγροκτήματος [51].

Πάραυτα, η αφομοίωση της γεωργίας ακριβείας από τους αγρότες παρέμεινε χαμηλή κατά τη δεκαετία των '00 και σε αυτό συνέβαλαν πολύ παράγοντες, όπως η

προσβασιμότητα της τεχνολογίας της γεωργίας ακριβείας και οι χαρακτήρες των εμπλεκόμενων. Συγκεκριμένα, το επίπεδο μόρφωσης είχε να κάνει με την προθυμία υιοθέτησης νέων μεθόδων γεωργίας [48]. Σε επόμενες μελέτες, η γεωργία ακριβείας συνέχιζε να έχει περιορισμένη εφαρμογή ανάμεσα στις αγροτικές πρακτικές, ωστόσο φαινόταν να είναι ελπιδοφόρα για το μέλλον, καθώς εξυπηρετεί τρεις βασικούς παράγοντες, στους οποίους και πρέπει να εστιάσουν οι ειδικοί του τομέα: τον οικονομικό, καθώς είναι αποδεδειγμένα μια κερδοφόρα επένδυση, τον τεχνικό, καθώς οι τεχνολογίες ακριβείας είναι πιο αποτελεσματικές και αυτόν της προσβασιμότητας, που αφορά στην εξειδίκευση, την εκπαίδευση και την καθοδήγηση πάνω στα εργαλεία και τις μεθόδους της [52].

Στα πλαίσια της γεωργίας ακριβείας, η χαρτογράφηση και τα δεδομένα για τη σύσταση του εδάφους, μπορούν να διαθέσουν πληροφορίες για περιοχές όπου εμποδίζεται η ομαλή ανάπτυξη της σοδειάς. Δίνεται κατ' αυτόν τον τρόπο η δυνατότητα δημιουργίας ενός προφίλ γόνιμου μέρους του καλλιεργημένου εδάφους, στο οποίο η άρδευση και η εφαρμογή χημικών θα γίνεται με βάση τις ακριβείς ανάγκες καθενός. Έτσι και στην περίπτωση αγροτεμαχίων στη δυτική Αυστραλία, όπου οι αγρότες αντιμετώπιζαν πρόβλημα χαμηλής επίδοσης συγκεκριμένων εκτάσεων, κατάφεραν να διαφοροποιήσουν την ποσότητα άρδευσης και λίπανσης ανάλογα με τις ανάγκες κάθε σημείου, γεγονός το οποίο τονίζει ένα ακόμα πλεονέκτημα στη χρήση εργαλείων γεωργίας ακριβείας [53].

Τα επόμενα χρόνια, το ζήτημα της ραγδαίας αύξησης του πληθυσμού αρχίζει να πιέζει ακόμα περισσότερο την αγροτική παραγωγή. Ταυτόχρονα, η κλιματική αλλαγή έχει προκαλέσει όλο και περισσότερα δείγματα ακραίων φαινομένων σε διάφορες περιοχές του πλανήτη, όπως κυκλώνες, ξηρασία και πλημμύρες. Όλα αυτά προκαλούν αυξημένη ζήτηση για πρόγνωση των καιρικών συνθηκών στη γεωργία αλλά και των καλλιεργειών που βρίσκονται υπό έντονη καταπόνηση. Οι τεχνολογίες της γεωργίας ακριβείας εκσυγχρονίζονται και γίνονται ακόμα πιο προσιτές σε χρήση προς τους παραγωγούς, με νέα εργαλεία να προστίθενται, όπως προηγμένα συστήματα παρακολούθησης της σοδειάς βάσει περισσότερων παραγόντων, ενσωμάτωση ηλιακών πάνελ για μεγαλύτερη ανθεκτικότητα στη λειτουργία των μηχανημάτων και δημιουργία βάσεων δεδομένων για σύγκριση των πληροφοριών με άλλες εκτάσεις ή παρελθοντικές μετρήσεις [54]. Σε συνδυασμό με τα παραπάνω, η αναγνώριση της

περιορισμένης ποσότητας γόνιμου εδάφους και αρδεύσιμου νερού, ενέτεινε την ανάπτυξη των τεχνικών της γεωργίας ακριβείας, καθώς αυτές υπόσχονται στη μεγιστοποίηση των αποθεμάτων πρώτων υλών με την ελαχιστοποίηση απωλειών και σπατάλης [55].

Στις μέρες μας, η υιοθέτηση νέων τεχνολογιών και η γεωργία ακριβείας παραμένει χαμηλή σε σχέση με το προσδοκώμενο. Συγκεκριμένα, στις επαρχιακές περιοχές είναι λίγοι οι παραγωγοί που προτιμούν τα εργαλεία ακρίβειας, λόγω της έλλειψης οικονομικών πόρων και κατασκευής ψηφιακών υποδομών προσβάσιμων σε όλους. Για τους λόγους αυτούς, η αποχή των αγροτών από την τεχνολογία τους απομακρύνει όλο και περισσότερο από την εγκατάσταση νέων συστημάτων στα χωράφια τους [56]. Η έλλειψη γνώσεων πάνω στην εξέλιξη των γεωργικών συστημάτων είναι κάτι που αφορά τις επαρχίες παγκοσμίως και ένα γεγονός που οι αγροτικές εταιρείες και τα έθνη πρέπει να λάβουν υπόψιν τους και να δράσουν για την εξάλειψή του. Μέσω επιμορφωτικών σεμιναρίων, εκπαιδευτικά εργαστήρια από οργανώσεις, ακόμα και οικονομικά οφέλη από τους κρατικούς φορείς, όλο και περισσότεροι άνθρωποι θα ενδιαφερθούν να μάθουν και να υιοθετήσουν τις νέες μεθόδους και δυνατότητες που προσφέρει η γεωργία ακριβείας [57].

Πλέον, η γεωργία ακριβείας ορίζεται ως μία μέθοδος καλλιέργειας ενταγμένη στο φάσμα δραστηριοποίησης των Έξυπνων Πόλεων και της Έξυπνης Γεωργίας, στο οποίο το έδαφος αντιμετωπίζεται ανάλογα με τις ανάγκες του ως προς την άρδευση, τα λιπάσματα, τους σπόρους που φυτεύονται. Κύριος στόχος αυτού του είδους της γεωργίας είναι η βελτίωση της ποιότητας και της ποσότητας εκροών από τις καλλιέργειες, με την αποδοτικότερη χρήση αγροχημικών να ακολουθεί και φυσικά την εξοικονόμηση νερού και ενέργειας και την προστασία του εδάφους.

Ένα αρδευτικό σύστημα ακριβείας (Precision Irrigation System, PISs) αποτελείται από έναν συνδυασμό διαδικτυακού λογισμικού και αισθητήρων, ενεργοποιητών για να ολοκληρωθεί ακριβής χαρτογράφηση των εκτάσεων που καλύπτονται και να καταγραφούν τα χαρακτηριστικά τους (γονιμότητα, ηλεκτρική αγωγιμότητα), χαρτογράφηση της παραγωγής σε διάφορα σημεία των εν λόγω εκτάσεων, τηλεπισκόπηση και ύπαρξη τεχνολογίας διαφοροποιούμενης δόσης ανάλογα με τις

ανάγκες κάθε περιοχής. Αναλυτικά, οι τεχνικές ενός συστήματος γεωργίας ακριβείας σήμερα φαίνονται παρακάτω:

Εργαλείο	Λειτουργίες
Παγκόσμιο Σύστημα Προσδιορισμού Θέσης (Global Positioning System, GPS)	Πληροφορίες για τη θέση, το υψόμετρο, την ταχύτητα και την κατεύθυνση κίνησης ενός σημείου.
Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (Geographical Information System, GIS)	Περιγραφή παραμέτρων με επιτόπιες παρατηρήσεις, πάντα σε σχέση με τη γεωγραφική θέση της περιοχής
Χαρτογράφηση παραγωγής	Συλλογή και καταγραφή δεδομένων παραγωγής.
Χαρτογράφηση εδαφικών ιδιοτήτων	Καταγραφή γονιμότητας αγρών.
Χαρτογράφηση ηλεκτρικής αγωγιμότητας εδάφους	Επηρεάζει παράγοντες όπως η περιεκτικότητα σε νερό του εδάφους, την οργανική ουσία κ.α.
Τηλεπισκόπηση	Αεροφωτογραφίες, δορυφορικές εικόνες μέσω ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.
Τεχνολογία διαφοροποιημένης δόσης	Υπολογισμός αναγκών του εδάφους είτε βασισμένος σε χάρτες είτε σε αισθητήρες.

Πίνακας 3.9: Σύγχρονες τεχνολογίες και τεχνικές που χρησιμοποιούνται στα διάφορα στάδια της γεωργίας ακριβείας [56]

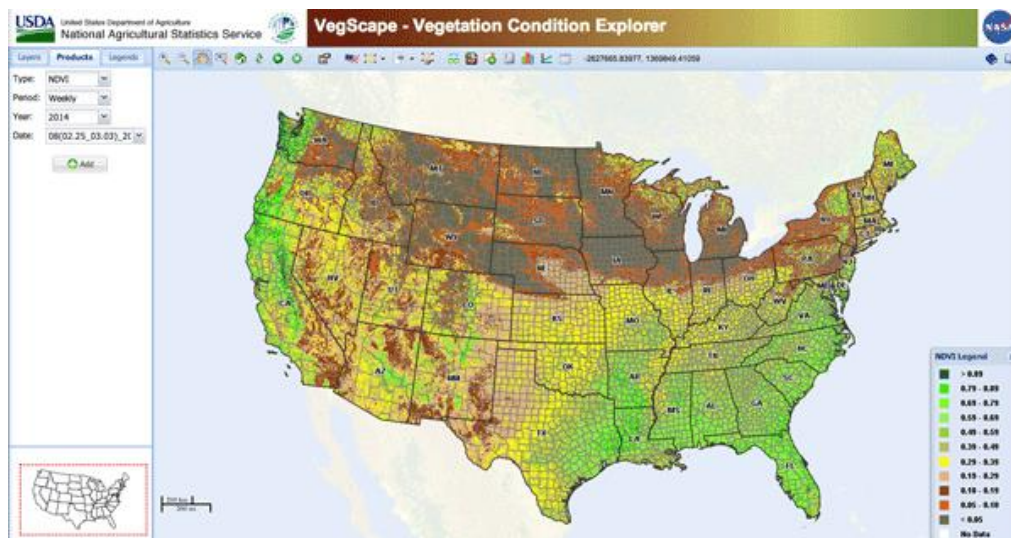
Σε πρώτο στάδιο, το Παγκόσμιο Σύστημα Προσδιορισμού Θέσης χρησιμοποιείται για την κατασκευή ενός εικονικού περιγράμματος της καλλιεργητικής περιοχής, τη

χαρτογράφηση του αγρού και της παραγωγής. Ύστερα από εργαστηριακή ανάλυση του εδάφους και μέσω αισθητήρων ροής σε μηχανήματα, που με τη σειρά τους περιλαμβάνουν σύστημα καταγραφής της ροής, του μεγέθους και της ταχύτητας εργασίας σε σχέση με τη θέση στον αγρό, δημιουργούνται χάρτες παραγωγής. Επίσης, μέσω του συστήματος GPS γίνεται αυτόματη καθοδήγηση των μέσων που εκτελούν εφαρμογή χημικών, όπως ελκυστήρες, φορτηγά και αεροπλάνα με σκοπό την αποφυγή επικαλύψεων, υπερ-εφαρμογής ή κενών στις διαδρομές τους.

Στη συνέχεια, τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών αποτελούν χάρτες που αποδίδουν τη μεταβλητότητα των παραγόντων που συντελούν στην αγροτική παραγωγή. Για την κατασκευή των εν λόγω χαρτών απαιτείται: εισαγωγή περιγράμματος χωραφιού (GPS), δεδομένων παραγωγής και επεξεργασία για τη δημιουργία συνεχούς επιφάνειας μέσω εκτιμήσεων. Οι εκτιμήσεις αυτές καθίστανται εύστοχες εφόσον ληφθούν υπόψη παράγοντες, όπως η τοποθεσία του αγρού, ο πληθυσμός των ζιζανίων και τα θρεπτικά στοιχεία στις καλλιέργειες, οι εδαφικοί τύποι καθώς και άλλοι, όπως χάρτες παραγωγής, αλλά και η περίοδος μεταβλητότητας για τον καθένα [56].

Ένα σύστημα πληροφοριών GIS αποτελείται από μια σειρά οργανωμένων βημάτων που χρησιμοποιούνται για τη διαχείριση πληροφοριών ή δεδομένων, με σκοπό την τελική χρήση τους για παραγωγή του προϊόντος μιας έκθεσης ή ενός χάρτη. Ένα GIS περιλαμβάνει τα εξής βήματα:

1. Συλλογή δεδομένων
2. Προεπεξεργασία
3. Διαχείριση δεδομένων
4. Επεξεργασία και ανάλυση δεδομένων
5. Παραγωγή προϊόντων [9]



Εικόνα 3.17: Χαρτογράφηση της βλάστησης των ΗΠΑ από εργαλείο GIS [57]

Όσον αφορά στην τηλεπισκόπηση, αυτή είναι μια οικονομική τεχνική παρατήρησης από απόσταση μέσω παθητικών και ενεργητικών αισθητήρων. Η τηλεπισκόπηση είναι ωφέλιμη καθώς μελετώνται -ακόμη και δύσβατες- επιφάνειες γρήγορα και τα στοιχεία που συλλέγονται μπορούν να συγκριθούν από διάφορες περιοχές μελέτης, δίνει τη δυνατότητα συνεχών μετρήσεων, οπότε μειώνεται το σφάλμα της διασποράς σε μετρήσεις και αποτελέσματα. Προπαντός λόγω της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που χρησιμοποιείται, καθίσταται δυνατή η ανίχνευση κάθε μεταβολής στη φυσιολογία του εδάφους των καλλιεργημένων χωραφιών. Κατ' αυτόν τον τρόπο υπολογίζονται εδαφικά χαρακτηριστικά, όπως το υψόμετρο, το χρώμα (που δίνει βασικές πληροφορίες για την καλλιέργεια), τη φασματική συμπεριφορά της χλωροφύλλης, το ποσοστό υγρασίας, τη θερμοκρασία, μεγέθη και σχήματα διαφόρων σημαντικών στοιχείων του φυτού (Εικόνα 3.17). Η εγκυρότητα των αποτελεσμάτων βασίζεται στην επίγνωση των περιβαλλοντικών συνθηκών που μπορούν να επηρεάσουν τις μετρήσεις και στην ορθή επεξεργασία μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή [58].

Οι αεροφωτογραφίες αξιοποιούνται για εδαφολογικές και άλλες έρευνες από το 1935 για την αύξηση της ταχύτητας και της ακρίβειας σχεδιασμού εδαφικών χαρτών. Το μεγαλύτερο μέρος αεροφωτογραφιών γίνεται με παγχρωματικό ασπρόμαυρο φιλμ που σαρώνει μήκη κύματος τα οποία αντιστοιχούν στο ορατό μήκος κύματος. Οι φωτογραφίες αυτές έχουν πολλές αποχρώσεις του γκριζου. Οι ασπρόμαυρες αυτές φωτογραφίες αποκαλύπτουν ποικιλία πληροφοριών σχετικές με τη μορφή του εδάφους, τη φυτοκάλυψη, τις ανθρωπογενείς επιρροές και το έδαφος. Για να

αναγνωριστούν, όμως, οι διαφορετικοί τόνοι του γκρι ως οι τύποι βλαστήσεων και υδρογραφικών δικτύων, χρειάζεται εμπειρία. Υπέρυθρα φιλμ σε αεροφωτογραφίες χρησιμοποιούνται συχνότερα σε δασικές εκτάσεις. Σήμερα χρησιμοποιούνται σε ψηφιακή μορφή με διάφορους τρόπους:

- παροχή χάρτη που χρησιμεύει ως βάση,
- ως πηγή βοηθητικών πληροφοριών και
- για την άμεση αποτύπωση εδαφολογικών ιδιοτήτων.

Ορισμένες ιδιότητες των ανώτερων στρωμάτων του εδάφους μεταβάλλουν τον τρόπο με τον οποίο ανακλούν τα διάφορα μήκη κύματος της ακτινοβολούμενης ενέργειας. Ένα ειδικό μονοχρωματικό όργανο ανιχνεύει την ανακλώμενη ενέργεια στο υπέρυθρο φάσμα ακτινοβολίας. Σε αυτά τα μήκη, οι μοριακοί δεσμοί κάθε τμήματος εδαφικού σύμπλοκου δημιουργεί ιδιαίτερες ταλαντώσεις από τις οποίες προκύπτει ένα ειδικό πρότυπο απορρόφησης. Στα πλαίσια της φασματοσκοπίας ανάκλασης (Reflectance Spectroscopy), ανάλογα με τα μήκη κύματος, μπορούν να ανιχνευθούν και να καταγραφούν διάφορες εδαφολογικές και άλλες ιδιότητες, όπως για παράδειγμα η περιεκτικότητα του εδάφους σε άργιλο, άμμο, οργανική ουσία, νερό κ.λπ.

Η εξέλιξη της τεχνολογίας, που συνδυάζει το σύστημα παγκόσμιας πλοήγησης (GPS) των δορυφόρων της γης, τα αυτοματοποιημένα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών (GIS) που μπορούν να δημιουργήσουν λεπτομερείς χάρτες με ποικίλες εδαφικές ιδιότητες και τις τεχνολογίες μεταβλητής ποσότητας (variable rate technologies), που επιτρέπουν στον αγροτικό εξοπλισμό τη μεταβολή ποσοτήτων άρδευσης, λιπασμάτων, χημικών ουσιών ή σπόρων κατά την κίνηση, καλείται γεωργία ακριβείας. Πριν την εμφάνιση των τεχνολογιών αυτών, οι αγρότες διαχειρίζονταν ολόκληρες τις καλλιεργητικές τους εκτάσεις με τον ίδιο τρόπο, ενώ οι εδαφολογικές ιδιότητες ανά τμήμα μπορούν να διαφέρουν. Η διαχείριση αυτή, χρησιμοποιώντας τον μέσο όρο των αναγκών και τα ιστορικά στοιχεία καιρικών συνθηκών, είναι πιθανό είτε να αποβεί ανεπαρκής, είτε να υπερβαίνει τα όρια του εδάφους και των καλλιεργειών, με αποτέλεσμα την περιβαλλοντική μόλυνση [9].

3.6 Έξυπνοι μετρητές στην άρδευση-Έξυπνη γεωργία

Ήδη από την αρχή του 21^{ου} αιώνα, ξεκίνησε η παραγωγή και η χρήση συστημάτων γεωργίας με αισθητήρες για τον υπολογισμό της κατάλληλης ποσότητας και συχνότητας άρδευσης στα πλαίσια της γεωργίας ακριβείας. Οι αισθητήρες αυτοί μετρούσαν την υγρασία του εδάφους. Ωστόσο, παρά το γεγονός ότι σκοπός της νέας τεχνολογίας ήταν η αποφυγή των απωλειών που επέφερε η καθυστέρηση στην εφαρμογή της άρδευσης, τα εργαλεία ήταν αρκετά ακριβά και απαιτούσαν πολλή ενέργεια για να λειτουργήσουν αλλά και να συντηρηθούν. Πιο συγκεκριμένα, οι μετρητές στα χωράφια συνηθιζόταν να είναι ενσύρματα συνδεδεμένοι με ένα κεντρικό μετρητή μετάδοσης. Κάτι τέτοιο, περιόριζε αρκετά τη διαδικασία των μετρήσεων σε συγκεκριμένα τμήματα του αγροτεμαχίου. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα, γύρω στο 2008 να μελετηθούν και να προταθούν πιο εξελιγμένα συστήματα, τα οποία ήταν πιο αποτελεσματικά και πιο οικονομικά [59].



Εικόνα 3.18: Κόμβος έξυπνου μετρητή με υψωμένο πομπό σε χωράφι φιστικιών [58]

Εκτός από τη δυνατότητα ασύρματης εγκατάστασης μετρητών με δυνατότητα εκπομπής δεδομένων, δημιουργήθηκε η ανάγκη για ευκολότερη πρόσβαση στα δεδομένα από τους αγρότες. Στην Ελλάδα συστάθηκαν δύο μοντέλα κατά τα οποία κάθε αγρότης μπορούσε να εφαρμόσει γεωργικές πρακτικές με γνώμονα τον σεβασμό προς το περιβάλλον και σκοπό την παραγωγή υγιεινών και ποιοτικών προϊόντων. Μετά το 2010 ξεκίνησε να ερευνάται η χρήση των ασύρματων συσκευών (κινητό τηλέφωνο, φορητοί υπολογιστές) στην παρακολούθηση της παραγωγής μέσω των μετρητικών

συστημάτων. Ταυτόχρονα, αναγνωρίστηκε η συμβολή των περιβαλλοντικών συνθηκών, όπως η ποιότητα του νερού και του εδάφους, η τοπογραφία, οι εποχιακές κλιματικές συνθήκες στη λειτουργία των γεωργικών τεχνολογιών [60].

Κατόπιν των νέων αυτών καινοτομιών, συστήνεται ο όρος έξυπνη γεωργία (Smart Agriculture) ως η σύσταση ομάδων αγροτών που χρησιμοποιούν προηγμένες τεχνολογίες πληροφορικής και επικοινωνίας για να αντιμετωπίσουν τις προκλήσεις της σύγχρονης εποχής. Στο πλαίσιο αυτό, οι αγρότες μπορούν - παράλληλα με τον έλεγχο των δεδομένων της σοδειάς τους και των εκτάσεών τους - να ανταλλάσσουν πληροφορίες για διάφορα θέματα των καλλιεργειών τους και για νέες μεθόδους γεωργίας μέσω μιας διαδικτυακής κοινότητας [61].

Στην έξυπνη γεωργία, αρχικά γίνεται η παράταξη των αισθητήρων και ύστερα η ρύθμιση του δικτύου, επιλέγοντας τα ζητούμενα μεγέθη που θα μετρούνται. Σε πρώτο στάδιο, κατασκευάζεται ένας πίνακας στον οποίο αναγράφονται τιμές-όρια με βάση το είδος του εδάφους για την εύρεση της κατάλληλης υγρασίας εδάφους. Η μέτρηση της εδαφικής υγρασίας σε συνάρτηση με τις οριακές τιμές καθορίζουν την ποσότητα νερού που απαιτείται ή όχι. Επομένως, πρώτα γίνεται η μέτρηση από τον αισθητήρα στο εδαφικό τμήμα της καλλιέργειας, δεύτερον η επεξεργασία του σε σχέση με τα όρια του εδάφους και την υδατοϊκανότητά του και τρίτον η εκπομπή της πληροφορίας στο δίκτυο. Τέλος, υπάρχει η φάση λήψης απόφασης κατά την οποία το λογισμικό συνδέει τα δεδομένα μεταξύ τους με αποτέλεσμα την απεικόνισή τους με τρόπο τέτοιο, ώστε ο αγρότης να μπορεί να επιλέξει με βάση τους υφιστάμενους παράγοντες για την άρδευση και τη λίπανση του αγροτεμαχίου του. Η απόφαση αυτή μπορεί να γίνεται και αυτοματοποιημένα με προεπιλογή της υγρασίας που επιθυμεί να πετύχει στο έδαφος [62].

Η γεωργία σχετίζεται με τη δημιουργία, τον έλεγχο και την παροχή καλύτερων αποτελεσμάτων. Η πρόκληση μετά τη βιομηχανική επανάσταση βρίσκεται στην αυτοματοποίησή της. Οι Jaraweh κ.α. ορίζουν την έξυπνη γεωργία ως μια έννοια που ασχολείται με την επίλυση ζητημάτων στον τομέα της αγροτικής δραστηριότητας μέσω προηγμένων τεχνολογικών μεθόδων, όπως τη χρήση υπολογιστικού νέφους (cloud computing), μεγάλων δεδομένων (big data), το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet of Things, IoT) και γενικότερα την αυτοματοποίηση και εξερεύνηση

διαφόρων εργασιών. Είναι μία μέθοδος στην οποία κατανοούνται βασικές προϋποθέσεις και τρέχοντα κλιματικά δεδομένα, διαμορφώνοντας τη λειτουργία αισθητήρων και ενεργοποιητών.

Σήμερα, ένα σύστημα συνδεδεμένων συσκευών (Internet of Things, IoT) προσφέρει μία μεγάλη γκάμα δυνατοτήτων, όπως επικοινωνιακά πλαίσια, αισθητήρες, κινητές συσκευές, οχήματα, υπηρεσίες διαχείρισης, ασφάλεια πληροφοριών, παρακολούθηση δεδομένων δικτύου, συστήματα λήψης αποφάσεων και συστήματα αγροτικής δραστηριότητας (Σχήμα 3.11). Στη γεωργία, χρησιμοποιούνται συσκευές μέτρησης για την κατάσταση του εδάφους, της σοδειάς, της ατμόσφαιρας. Οι αγρότες μπορούν να κάνουν χρήση αυτών των δεδομένων από απόσταση μέσω των κινητών τους συσκευών και να κατανοήσουν πληροφορίες που αφορούν την ανάπτυξη των καλλιεργειών. Επιπλέον, η δραστηριοποίηση μη επανδρωμένων σκαφών (drones) έχουν αναβαθμίσει το επίπεδο πληροφοριών και χαρτογράφησης των αγρών και έχουν δώσει τη δυνατότητα ενασχόλησης με άλλα θέματα που αφορούν την εργασία τους στους αγρότες. Με άλλα λόγια, η δουλειά που εκπονούσαν οι εμπλεκόμενοι στα χωράφια μειώνεται χρονικά μέσω των νέων τεχνολογιών που προσφέρει η έξυπνη γεωργία και τείνει να είναι αποτελεσματικότερη, καθώς το χρονοδιάγραμμά τους διανέμεται κυρίως σε ασχολίες αύξησης του κέρδους και της παραγωγής.

Η σύνδεση των πληροφοριών στα συστήματα γεωργικής καλλιέργειας μπορούν να μεγιστοποιήσουν τη σοδειά (λιπάσματα) και να ελαχιστοποιήσουν τη σπατάλη νερού. Ταυτόχρονα, η αναφορά και η κοινοποίηση των δεδομένων και τακτικών μεταξύ των αγροτών βοηθά στη μείωση των ανθρώπινων σφαλμάτων και στην βελτιωμένη αντιμετώπιση δυσκολιών, όπως μια απρόσμενη ξηρασία.

Ένα ακόμη χαρακτηριστικό της έξυπνης γεωργίας είναι η κατασκευή ενός συστήματος στα πλαίσια του οποίου κάθε αγρότης μπορεί να παρακολουθεί την κατάσταση των καιρικών συνθηκών, του εδάφους και των καλλιεργειών και να ρυθμίζει αναλόγως τον όγκο του νερού και τη συχνότητα που αρδεύει. Η ακριβής εφαρμογή νερού και αγροχημικών στις καλλιέργειες με βάση τα περιβαλλοντικά δεδομένα, τα δεδομένα του είδους και της υγρασίας εδάφους και το είδος της καλλιέργειας αποτελούν τη γεωργία ακριβείας, επομένως η γεωργία ακριβείας εντάσσεται στο φάσμα της έξυπνης γεωργίας [63].



Σχήμα 3.11: Τεχνολογίες και χαρακτηριστικά έξυπνης γεωργίας [64]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Για τη μελέτη του ζητήματος που αφορά στην αλληλεπίδραση Νερού-Ενέργειας-Τροφής στις περιιαστικές καλλιέργειες του Δήμου Ασπροπύργου, έλαβε χώρα πιλοτική εφαρμογή σε χωράφι ενός εκ των μελών του αγροτικού συνεταιρισμού Ασπροπύργου, κατά την οποία εγκαταστάθηκαν «έξυπνοι» μετρητές για τον υπολογισμό των αναγκών σε άρδευση. Βάσει των αρδευτικών απαιτήσεων που μετρούνται με μεγάλη ακρίβεια (Νερό) και του είδους καλλιεργειών (Τροφή), προκύπτει η αντίστοιχη απαιτούμενη ενέργεια λειτουργίας του φωτοβολταϊκού (Ενέργεια). Πέρα από τους μετρητές στον χώρο των καλλιεργειών, εγκαταστάθηκαν σταθμοί μέτρησης ατμοσφαιρικών παραγόντων και χρησιμοποιήθηκαν δείγματα ποιότητας νερού άρδευσης από τις καλλιέργειες, τα οποία λειτουργούν συνδυαστικά για να επιτευχθεί το καλύτερο αποτέλεσμα στα πλαίσια της γεωργίας ακριβείας που είναι ο στόχος της εργασίας. Απώτερος στόχος για τον αγροτικό συνεταιρισμό του Δήμου είναι η δημιουργία μιας ενεργειακής κοινότητας, μη κερδοσκοπικού χαρακτήρα, με άμεσα και έμμεσα πλεονεκτήματα για τους αγρότες και τον Δήμο, το φυσικό περιβάλλον και την πολιτιστική κληρονομιά της περιοχής. Για τον σκοπό αυτό και στα πλαίσια της εργασίας, πραγματοποιήθηκε και καταγράφηκε αλληλεπίδραση με ενδιαφερόμενο αγρότες αλλά και άλλους αρμόδιους παράγοντες της περιοχής, η οποία συνέβαλε καταλυτικά στην εκκίνηση της πιλοτικής εφαρμογής που μελετάται και στην όλη διαδικασία που θα ακολουθήσει εφόσον θεωρηθεί συμφέρουσα και επικερδής σε αυτή την περίπτωση.

Ερευνητικά ερωτήματα

- Ποια η υφιστάμενη κατάσταση και ποιες οι ανάγκες στον αγροτικό τομέα στην Ελλάδα;
- Ποια τεχνολογικά μέσα και πρακτικές μπορούν να βοηθήσουν τους αγρότες να συμβαδίσουν με τις αυξημένες απαιτήσεις παραγωγής τροφής στη σύγχρονη κοινωνία ταυτόχρονα με τη βιομηχανοποίηση;
- Πώς μπορεί να συνεχιστεί η αυξανόμενη ζήτηση παραγωγής στη γεωργία με την αύξηση της τιμής ενέργειας;

- Ποιος ο ρόλος της έξυπνης γεωργίας και της άρδευσης ακριβείας στην περιαστική γεωργική καλλιέργεια και πώς αυτά τα εργαλεία διευκολύνουν τους αγρότες;
- Ποιοι παράγοντες επηρεάζουν την απαιτούμενη ποσότητα άρδευσης των καλλιεργειών;
- Πόση εξοικονόμηση μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση ενός μοντέλου μείωσης της εφαρμοζόμενης δόσης άρδευσης μέσω του πλέγματος Ενέργειας-Νερού-Τροφής;
- Η εξοικονόμηση νερού και ενέργειας συμφέρει οικονομικά τους αγρότες ώστε να κινητοποιηθούν συλλογικά για τη συγκρότηση μιας Ενεργειακής Κοινότητας;

Μεθοδολογική προσέγγιση εργασίας

**Πρότυπη
μεθοδολογική
προσέγγιση
μελέτης
περίπτωσης**

Μέθοδος-Προπαρασκευαστικές πράξεις

Αναγνώριση περιαστικής καλλιεργητικής έκτασης-χωραφιού για διενέργεια πιλοτικής εφαρμογής

Επικοινωνία με τοπικούς ενδιαφερόμενους-πρωτόκολλο συμμετοχής

Αποτύπωση υφιστάμενης κατάστασης: συγκέντρωση δεδομένων μέσω ερωτηματολογίων, συλλογή δειγμάτων νερού

Εργαλεία-Πράξεις εκσυγχρονισμού-Καινοτόμες προσεγγίσεις

Επιλογή τοποθεσίας εγκατάστασης μετρητικών σταθμών: τοποθεσία σταθμού μέτρησης σε υψόμετρο και κτήριο με πρόσβαση, τοποθέτηση αισθητήρα στη ρίζα της καλλιέργειας

Εγκατάσταση μετεωρολογικού σταθμού

Εγκατάσταση έξυπνου μετρητή υγρασίας εδάφους

Παρουσίαση αποτελεσμάτων καταγραφών στην ιστοσελίδα

Διαδικασία-Πιλοτική εφαρμογή

Επεξεργασία δεδομένων-αποτελεσμάτων για τον υπολογισμό εξοικονόμησης

Εκτίμηση νέων αλληλεπιδράσεων Ενέργειας-Νερού στην άρδευση

Οικονομικό και περιβαλλοντικό αποτύπωμα

Σχήμα 4.1: Βήματα πρότυπης μεθοδολογικής προσέγγισης της μελέτης περίπτωσης γεωργίας ακριβείας στα πλαίσια της αλληλεπίδρασης Ενέργειας-Νερού-Τροφής στην περιαστική περιοχή του Ασπροπύργου.



Εικόνα 4.1: Συνάντηση με μέλη του αγροτικού συλλόγου στο Παλαιό Ρολόι Ασπροπύργου



Εικόνα 4.2: Εγκατάσταση σταθμού στο χωράφι της πιλοτικής εφαρμογής στον Ασπρόπυργο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5º: ΔΕΔΟΜΕΝΑ - ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΔΗΜΟΥ ΑΣΠΡΟΠΥΡΓΟΥ

Σε αυτό το κεφάλαιο θα καταγραφούν και θα αναλυθούν τα δεδομένα άρδευσης (πραγματική κατανάλωση νερού και ενέργειας) για την καλλιέργεια του κολοκυθιού στο υπό μελέτη χωράφι στον Ασπροπύργο για ένα τρίμηνο διάστημα καλλιέργειας. Ταυτόχρονα, γίνεται ο υπολογισμός των απαιτήσεων σε νερό και ενέργεια για άρδευση με βάση τις περιβαλλοντικές συνθήκες και το έδαφος του χωραφιού, χρησιμοποιώντας και αποτελέσματα από τους μετρητές, όπως το ύψος εξατμισοδιαπνοής και βροχόπτωσης που καταγράφηκαν. Με αυτόν τον τρόπο υπολογίζεται ένα εύρος εξοικονόμησης νερού και ενέργειας κατά την άρδευση, το οποίο στη συνέχεια αποτελεί τη βάση για την επιλογή κατάλληλου φωτοβολταϊκού πάρκου για ενεργειακή κάλυψη του χωραφιού. Ύστερα προτείνεται η σύσταση μιας ενεργειακής κοινότητας του αγροτικού συλλόγου Ασπροπύργου, κάνοντας αντίστοιχους υπολογισμούς για 15 αγρότες με αντίστοιχες καταναλώσεις, ώστε να δοθεί μια συνολική εξοικονόμηση που αφορά ένα σύνολο αγροτών. Δίνονται τιμές σύγκρισης ενεργειακής προμήθειας για τους αγρότες στα πλαίσια της Ενεργειακής Κοινότητας και των Φ/Β πάρκων σε σχέση με αυτές της Δημόσιας Επιχείρησης Ηλεκτρισμού.

Σε συνδυασμό με τα παραπάνω, στο κεφάλαιο αυτό γίνεται αναφορά στην εγκατάσταση των δύο μετρητών στον Ασπροπύργο και δίνονται πληροφορίες καθώς και τα αποτελέσματα των μετρήσεων-καταγραφών σε διαγράμματα, οι τιμές των οποίων δίνονται αναλυτικά στο Παράρτημα της εργασίας.

5.1 Δεδομένα πιλοτικού

Το πρώτο στάδιο της πιλοτικής εφαρμογής έγινε σε χωράφι 53 στρεμμάτων με μεθόδους άρδευσης τεχνητής βροχής και στάγδην στις καλλιέργειες. Για την εκπόνηση της εργασίας λήφθηκαν δεδομένα και μετρήσεις για τους καλοκαιρινούς μήνες Μάιος-Ιούλιος και για την καλλιέργεια του κολοκυθιού, που κάλυπτε περίπου 2.5 στρέμματα. Κάθε στρέμμα διαθέτει διαφορετικό αριθμό φυτών, ανάλογα με το είδος της καλλιέργειας. Στην περίπτωση του κολοκυθιού, κάθε στρέμμα διέθετε γύρω στις 1500 ρίζες κολοκυθιού.

Σύμφωνα με το Κεφάλαιο 3.4 της εργασίας, για τον υπολογισμό της απαιτούμενης δόσης άρδευσης μιας καλλιέργειας είναι απαραίτητο να λαμβάνονται υπόψη:

- η τιμή της εξατμισοδιαπνοής του φυτού,

- η υδατοϊκανότητα αγρού, η μέγιστη κατανάλωση διαθέσιμης υγρασίας του φυτού και το σημείο μόνιμου μαρασμού για τη ρύθμιση της υγρασίας του εδάφους,
- το είδος του εδάφους και οι ιδιότητές του
- την επίδραση των καιρικών συνθηκών και του κλίματος
- το στάδιο ανάπτυξης της καλλιέργειας

Αρχικά εγκαταστάθηκε ο σταθμός μετρήσεων περιβάλλοντος σε περιοχή του Ασπροπύργου, ώστε να ληφθούν υπόψη οι ατμοσφαιρικές συνθήκες στις ανάγκες άρδευσης και στη συνέχεια εγκαταστάθηκε τυπικά μετρητής υγρασίας εδάφους στη ρίζα ενός φυτού καλλιέργειας κολοκυθιού του χωραφιού. Υπολογίζοντας την υγρασία του εδάφους κατά την ανάπτυξη του φυτού με βάση την τυπική άρδευση που εφαρμόζουν οι αγρότες κατά τους εαρινούς μήνες, θα διαπιστωθεί εάν η κατανάλωση νερού είναι επαρκής ή υπερβαίνει το όριο, με αποτέλεσμα να υπάρξει περιθώριο για εξοικονόμηση. Η επικείμενη εξοικονόμηση νερού – άρα και ενέργειας – θα θέσει τα θεμέλια για τη σύσταση μιας ενεργειακής κοινότητας για τον αγροτικό σύλλογο της περιοχής, στην οποία θα εγκατασταθούν φωτοβολταϊκά για την κάλυψη των νέων μειωμένων αναγκών σε ενέργεια για άρδευση.

Για την περιοχή του Ασπροπύργου, έχει προαναφερθεί πως, επικρατεί θερμό και ημίξηρο κλίμα, οπότε από τον σχετικό πίνακα, λαμβάνουμε τιμή ανάγκης σε άρδευση για το γρασίδι 8-9 mm/day από το μοντέλο υπολογισμού του FAO [36]. Στη συνέχεια, σύμφωνα με το μοντέλο αυτό, οι ανάγκες άλλων καλλιεργειών υπολογίζονται με βάση την τιμή του γρασιδιού. Ανάλογα με τη χημική τους σύσταση και ευαισθησία, άλλες καλλιέργειες απαιτούν ίδια ποσότητα νερού με το γρασίδι, όπως τα καρότα, το μαρούλι κ.α., ενώ άλλα μειωμένη ή αυξημένη. Στην περίπτωση καλλιέργειας του κολοκυθιού, αυτό χρειάζεται 10% λιγότερο νερό από την καλλιέργεια του γρασιδιού. Άρα, υπολογίζοντας με βάση το εύρος τιμών για το γρασίδι, συμπεραίνεται ότι κάθε καλλιέργεια κολοκυθιού απαιτεί **7,2-8,1 mm/ημέρα αρδευτικού νερού**.

Το έδαφος των χωραφιών της υπό μελέτη περιοχής χαρακτηρίζεται ως αμμοαργιλοπηλώδες (Sandy Clay Loam) με κυρίαρχες ιδιότητες αυτές της άμμου και του αργίλου. Έχουν μέση ικανότητα συγκράτησης υγρασίας και η κίνηση του αέρα και

το νερού δυσχεραίνονται λόγω του αργίλου όχι όμως σε μεγάλο βαθμό λόγω των ιδιοτήτων της άμμου. Από τα παραπάνω, γίνεται αντιληπτό πως οι ανάγκες για άρδευση δεν είναι ίδιες για όλα τα στάδια ανάπτυξης της καλλιέργειας. Συγκεκριμένα, σε προχωρημένα στάδια ανάπτυξης χρειάζεται μεγαλύτερη ποσότητα άρδευσης. Οπότε είναι απαραίτητο να εφαρμόζονται διαφοροποιημένες ποσότητες νερού για να επιτευχθεί η οικονομική άρδευση, στα πλαίσια της γεωργίας ακριβείας.

Δόθηκε εύρος τιμών άρδευσης για τη συγκεκριμένη περίοδο, $18 \text{ m}^3/\text{ώρα}$ για 10-12 ώρες την ημέρα, άρα καταναλώνονται $180\text{-}216 \text{ m}^3/\text{ημέρα}$ νερού. Για την καλλιέργεια του κολοκυθίου που αρδεύεται στάγδην στην έκταση των 2.5 στρεμμάτων προκύπτει:

$$180/2.5= 72 \text{ m}^3/\text{ημέρα}/\text{στρέμμα και}$$

$$216/2.5= 86.4 \text{ m}^3/\text{ημέρα}/\text{στρέμμα}$$

Άρα χρησιμοποιούνται $72\text{-}86.4 \text{ m}^3/\text{ημέρα}/\text{στρέμμα}$ και για κάθε ρίζα κολοκυθίου:

$$72/1500= 0.048 \text{ m}^3/\text{ημέρα}/\text{φυτό και}$$

$$86.4/1500= 0.0576 \text{ m}^3/\text{ημέρα}/\text{φυτό}$$

Δηλαδή για κάθε ρίζα κολοκυθίου στα 2,5 στρέμματα καλλιεργειών χρησιμοποιούνται 0.048 έως και $0.0576 \text{ m}^3/\text{ημέρα}/\text{φυτό}$ ή **48 έως 57,6 mm/ημέρα/φυτό**.

Έχοντας υπολογίσει με βάση το μοντέλο υπολογισμού των αναγκών σε νερό του FAO, το εύρος τιμών αναγκών του κολοκυθίου σε ημίξηρο κλίμα (όπως αυτό του Ασπροπύργου): $7.2\text{-}8.1 \text{ mm}/\text{ημέρα}/\text{φυτό}$ αρδευτικού νερού.

Σε συνδυασμό με τα παραπάνω, καταγράφηκε η μέση τιμή εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας στα $5.09 \text{ mm}/\text{ημέρα}$. Προσθέτοντας την τιμή αυτή στο εύρος τιμών απαιτούμενης άρδευσης της καλλιέργειας προκύπτει ανάγκη σε νερό από την καλλιέργεια του κολοκυθίου στα **12.29-13.19 mm/ημέρα/φυτό**.

Η τιμή αυτή αυξομειώνεται διότι η εξατμισοδιαπνοή μεταβάλλεται ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν καθημερινά. Επεξηγηματικά, αν η μέρα είναι ηλιόλουστη τα επίπεδα εξατμισοδιαπνοής μπορεί να είναι μεγαλύτερα, με αποτέλεσμα να υπάρχει μεγαλύτερη ανάγκη σε νερό ανά φυτό. Αντίθετα, αν εμφανίζονται νέφη, η εξατμισοδιαπνοή θα είναι μειωμένη οπότε οι ανάγκες σε νερό θα είναι λιγότερες. Στην περίπτωση βροχόπτωσης, λαμβάνεται υπόψιν η ωφέλιμη βροχόπτωση από τον πίνακα του FAO που δίνεται στο κεφάλαιο 3.4, και αναλόγως μειώνεται η ανάγκη για άρδευση τη συγκεκριμένη ημέρα.

Παρατηρείται συμπερασματικά αφαιρώντας το εύρος τιμών των απαιτήσεων σε νερό (12.29-13.19 mm/ημέρα/φυτό) από την πραγματική κατανάλωση (48-57,6 mm/ημέρα/φυτό), η σπατάλη νερού:

$$\text{Ελάχιστη σπατάλη: } 48-13.19= 34.81 \text{ mm/ημέρα/φυτό}$$

$$\text{Μέγιστη σπατάλη: } 57.6-12.29= 45.31 \text{ mm/ημέρα/φυτό}$$

Ελάχιστη σπατάλη προκύπτει όταν απαιτείται η μέγιστη τιμή δόσης άρδευσης του εύρους (12.29-13.19 mm/ημέρα/φυτό) και η καλλιέργεια αρδεύεται σύμφωνα με την ελάχιστη τιμή κατανάλωσης νερού που εφαρμόζεται από τους αγρότες. Αντίστροφα, η μέγιστη σπατάλη αναφέρεται όταν έχουμε ελάχιστες απαιτήσεις, για παράδειγμα μια βροχερή ή υγρή ημέρα και εφαρμόζεται η μέγιστη κατανάλωση δόσης άρδευσης από τους αγρότες.

Από το εύρος τιμών αρδευτικού νερού που σπαταλιέται (34.81-45.31 mm/ημέρα/φυτό), μπορεί να υπολογιστεί ποσοστό σπατάλης αρδευτικού νερού ανά ημέρα ανά φυτό ως η απαιτούμενη ελάχιστη ή μέγιστη ποσότητα δόσης άρδευσης προς την ελάχιστη ή μέγιστη πραγματική κατανάλωση δόσης άρδευσης αντίστοιχα:

$$34.81/48= 0.6 \text{ ή } 60\%$$

$$45.31/57.6= 0.78 \text{ ή } 78\%$$

Επομένως, μπορεί να επιτευχθεί εξοικονόμηση της άρδευσης που εφαρμόζει ο αγρότης της τάξεως έως και 60% του νερού άρδευσης που χρησιμοποιείται το ποσοστό εξοικονόμησης να φτάσει και το 78% τις ημέρες με έντονες βροχοπτώσεις.

Για την άντληση νερού από πηγάδι στα 28 μέτρα βάθος χρησιμοποιείται υποβρύχια αντλία ισχύος 5.5 kW. Υπολογίζονται οι ώρες λειτουργίας (10-12 ώρες/ημέρα) συνολικά 3650-4380 ώρες/έτος και για το τρίμηνο Μάιος-Ιούλιος που μελετάται (92 ημέρες) 920-1104 ώρες λειτουργίας. Άρα για την περίοδο που έλαβε χώρα η πιλοτική εφαρμογή έγινε κατανάλωση:

$$920*5.5=5060 \text{ kWh έως και}$$

$$1104*5.5=6072 \text{ kWh}$$

Τυπικά, χρησιμοποιούνται ετησίως για άρδευση:

$$3650*5.5=20075 \text{ kWh (για 10 ώρες λειτουργίας καθημερινά) έως και}$$

$$4380*5.5=24090 \text{ kWh (για 12 ώρες λειτουργίας καθημερινά)}$$

Εφόσον υφίσταται εξοικονόμηση περίπου 60% στο αρδευόμενο νερό, οι ώρες λειτουργίας της αντλίας μπορούν να μειωθούν καθημερινά και ετησίως. Έτσι προκύπτει για την ίδια αντλία, κατανάλωση ετησίως για 2.5 στρέμματα:

$$60\% * 20075 = 12045 \text{ kWh έως και}$$

$$60\% * 24090 = 14454 \text{ kWh}$$

τιμή που μπορεί και να μειωθεί ακόμα περισσότερο σε περιπτώσεις μέγιστης εξοικονόμησης 78%, δηλαδή σε περιπτώσεις όπου οι καιρικές συνθήκες είναι για όλη τη διάρκεια του έτους ευνοϊκές. Παρόλα αυτά στο τρίμηνο μελέτης που αφορά θερινούς μήνες, η ωφέλιμη βροχή είναι ελάχιστη και δεν καλύπτει τις ανάγκες σε άρδευση της καλλιέργειας.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι για το υπό μελέτη χωράφι στον Ασπρόπυργο απαιτούνται ανά στρέμμα ετησίως:

$$12045 / 2.5 = 4818 \text{ kWh έως και}$$

$$14454 / 2.5 = 5781.6 \text{ kWh}$$

Για την εγκατάσταση Φ/Β πάρκου για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών των καλλιεργειών, πρέπει να διατεθούν γύρω στα 3 στρέμματα. Αυτό σημαίνει πως οι απαιτήσεις κατανάλωσης ενέργειας για άρδευση θα υπολογισθούν για 50 στρέμματα:

$$4818 * 50 = 240900 \text{ kWh ή } 240.9 \text{ MWh έως και}$$

$$5781.6 * 50 = 289080 \text{ kWh ή } 289.1 \text{ MWh}$$

Από έρευνα αγοράς, υπολογίζεται παραγωγή 300000 kWh ετησίως άρα τις ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια θα κάλυπτε φωτοβολταϊκό πάρκο 200 kW έκτασης 1-3 στρέμματα με κόστος εγκατάστασης 520000 €, καθώς υπολογίζεται ότι 100 kWp παράγουν περίπου 150000 kWh ετησίως.

Εφαρμόζοντας πρακτικές εξοικονόμησης μέσω της Γεωργίας Ακριβείας και της Έξυπνης Γεωργίας στα πλαίσια του πλέγματος Ενέργειας-Νερού-Τροφής και σε άλλα χωράφια της περιοχής με παρόμοιες ανάγκες σε νερό, θα μπορούσε να συσταθεί μια Ενεργειακή Κοινότητα για τον αγροτικό σύλλογο. Έστω ότι συμμετέχουν 15 αγρότες (ελάχιστο όριο συμμετοχής για δημιουργία ΕΚΟΙΝ) οι οποίοι διαθέτουν από 50 στρέμματα καλλιεργειών ο καθένας, σύμφωνα με τις μειωμένες ανάγκες που υπολογίστηκαν για το πιλοτικό χωράφι, θα έχουν 3613.5-4336.5 MWh ενεργειακή κατανάλωση, δηλαδή για τις ώρες λειτουργίας των αντλιών, περίπου 2.4-2.8 MW ετησίως. Σύμφωνα με το νέο θεσμικό καθεστώς για τις Ενεργειακές Κοινότητες, η τιμή πώλησης της MWh στο πλαίσιο Ενεργειακής Κοινότητας και για κατ' επάγγελμα αγρότες είναι 68.87 €. Για Φ/Β πάρκα ισχύος μεγαλύτερης του 1 MW προβλέπεται συμμετοχή σε ανταγωνιστικές διαδικασίες υποβολής προσφορών από τη Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας [ΡΑΕ] όπου καθορίζεται η αμοιβή των χρηστών έναντι στην τιμή αποζημίωσης παραγόμενης ενέργειας μόνο για Ενεργειακές Κοινότητες. Ουσιαστικά στην περίπτωση των πάρκων αυτών γίνεται διόρθωση της τιμής ώστε το τελικό ποσό να προσεγγίζει τη σταθερή τιμή αναφοράς 68.87 €/MWh. Άρα για την προβλεπόμενη κατανάλωση των χωραφιών του Ασπροπύργου υπολογίζεται ενεργειακό κόστος έως $68.87 \cdot 4336.5 = 298655$ € ετησίως με τη συμμετοχή σε Ενεργειακή Κοινότητα.

Συγκρίνοντας με την τιμή της Δημόσιας Επιχείρησης Ηλεκτρισμού που προβλέπει για τους κατ' επάγγελμα αγρότες τιμή 132 €/MWh, για τους 15 αγρότες υπολογίζεται ενεργειακό κόστος έως και 572418 € ετησίως.

Επομένως, οι αγρότες συμμετέχοντας σε μια Ενεργειακή Κοινότητα μπορούν να επωφεληθούν με $572418 - 298655 = 273763$ € συνολικά στις ενεργειακές καταναλώσεις τους για άρδευση ετησίως. Τα παραπάνω δεδομένα και υπολογισμοί συνοψίζονται στον ακόλουθο πίνακα:

Νερό-Τροφή	Εύρος τιμών πραγματικής κατανάλωσης νερού για άρδευση	Εύρος τιμών απαιτούμενης δόσης νερού για άρδευση	Εξοικονόμηση νερού
mm/ημέρα/φυτό	48-57.6	12.29-13.19	34.81-45.31
m ³ /ημέρα/στρέμμα	72-86.4	18.44-19.79	52.2-68
m ³ /ημέρα/50 στρέμματα	3600-4320	922-989.5	2610.5-3398
Ενέργεια-Τροφή	Εύρος τιμών πραγματικής κατανάλωσης ενέργειας για άρδευση	Εύρος τιμών απαιτούμενης ενέργειας για άρδευση	Εξοικονόμηση ενέργειας
kWh τριμήνου/2.5 στρέμματα	5060-6072	3036-3643.2	1416.8-3036
kWh έτους/ 2.5 στρέμματα	20075-24090	12045-14454	5621-12045
MWh έτους/50 στρέμματα	401.5-498	240.9-281.1	120.4-257.1

Πίνακας 5.1: Πραγματικές και απαιτούμενες καταναλώσεις Νερού-Ενέργειας στην άρδευση της καλλιέργειας κολοκυθίου στο πιλοτικό χωράφι

Όσον αφορά την εγκατάσταση Φ/Β πάρκων για την περίπτωση κάθε συμμετέχοντος προβλέπονται μέτρα στήριξης από τον Αναπτυξιακό Νόμο 4887/2022, στον οποίο μπορούν να συμμετάσχουν οι αγρότες σαν Κοινότητα Ανανεώσιμων Πηγών (ΚΑΕ) για χρηματοδότηση των έργων τους με πόρους της Ε.Ε και του Εθνικού Προγράμματος Ανάπτυξης του Υπουργείου Περιβάλλοντος. Επίσης ως ΚΑΕ μπορούν να επωφεληθούν από την απαλλαγή τελών υποβολής αιτήσεων και από τη μείωση κατά 50% των τελών δέσμευσης φυσικού χώρου εγκατάστασης, παράτασης εγκατάστασης και δέσμευσης ηλεκτρικού χώρου.

5.2 Εγκατάσταση σταθμών μέτρησης ποιότητας περιβάλλοντος και υγρασίας εδάφους

Σε αυτό το υποκεφάλαιο θα γίνει αναφορά της εγκατάστασης μέσω εικόνων, των καταγραφών και των μετρήσεων που ελήφθησαν από τους έξυπνους μετρητές. Οι μετρήσεις- καταγραφές δίνονται αναλυτικά στο Παράρτημα για το εξεταζόμενο χρονικό διάστημα καλλιέργειας.

Στη 1/10/2022 έλαβε χώρα η εγκατάσταση του σταθμού μέτρησης ποιότητας περιβάλλοντος της AGENSO στο Εργοτάξιο Ασπροπύργου, Τμήμα Περιβάλλοντος και Ενέργειας του Δημαρχείου. Το Εργοτάξιο βρίσκεται στην περιοχή Φούσα, στα βόρεια της περιοχής του Ασπροπύργου και νότια της 94^{ης} εξόδου της Αττικής Οδού.



Εικόνα 5.1: Δορυφορική φωτογραφία περιοχής Ασπροπύργου



Εικόνα 5.2: Εργοτάξιο Δήμου Ασπροπύργου



Εικόνα 5.3: Όψη από το Εργοτάξιο Ασπροπύργου 1/3



Εικόνα 5.4: Όψη από το Εργοτάξιο Ασπροπύργου 2/3



Εικόνα 5.5: Όψη από το Εργοτάξιο Ασπροπύργου 3/3

Ο σταθμός αποτελείται από έναν κεντρικό πίνακα με οθόνη όπου αναγράφονται αυτοματοποιημένα οι μετρήσεις, ενσωματωμένο ανεμόμετρο και φωτοβολταϊκό.



Εικόνα 5.6: Τμήματα του περιβαλλοντικού σταθμού μέτρησης



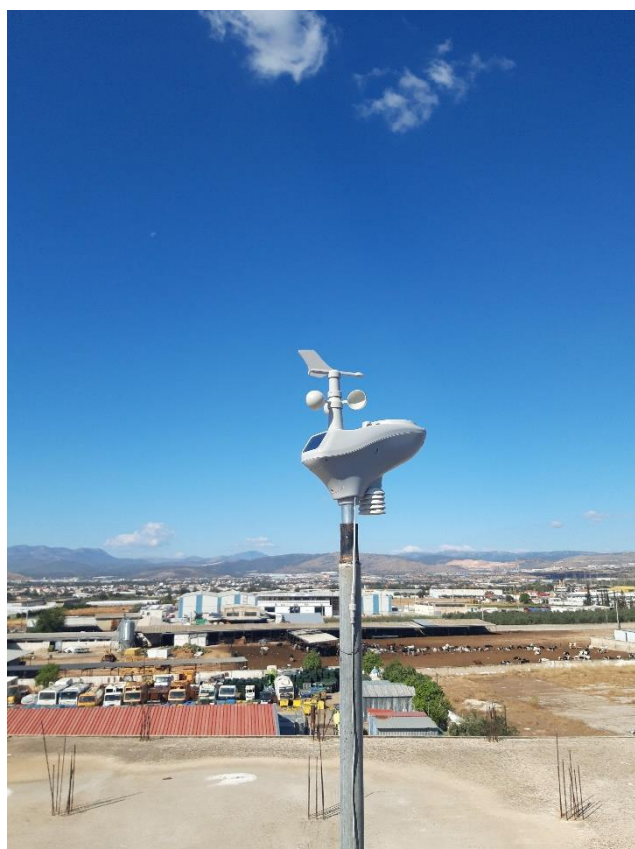
Εικόνα 5.7: Τόπος εγκατάστασης περιβαλλοντικού σταθμού μέτρησης 1/3



Εικόνα 5.8: Τόπος εγκατάστασης περιβαλλοντικού σταθμού μέτρησης 2/3



Εικόνα 5.9: Τόπος εγκατάστασης περιβαλλοντικού σταθμού μέτρησης 3/3



Εικόνα 5.10: Εγκατεστημένος περιβαλλοντικός σταθμός μέτρησης 1/2



Εικόνα 5.11: Εγκατεστημένος περιβαλλοντικός σταθμός μέτρησης 2/2

Λαμβάνονται μετρήσεις για τις παρακάτω περιβαλλοντικές συνθήκες ανά εικοσιτετράωρο, τα οποία αποδίδονται σε διαγράμματα ανά ώρα της ημέρας:

Περιβαλλοντικές συνθήκες	Μονάδα μέτρησης	Λεπτομέρειες
Θερμοκρασία (Temperature)	Βαθμοί Κελσίου (°C)	Ελάχιστη (Minimum) Μέγιστη (Maximum) Μέση (Average)
Υγρασία (Humidity)	%	Ελάχιστη (Minimum) Μέγιστη (Maximum) Μέση (Average)
Βροχόπτωση (Rainfall)	χιλιοστόμετρα (mm)	Ελάχιστη (Minimum) Μέγιστη (Maximum) Συνολική (Summary)
Ταχύτητα ανέμου (Wind speed)	χιλιόμετρα/ώρα (km/h)	Ελάχιστη (Minimum) Μέγιστη (Maximum) Μέση (Average)
Κατεύθυνση ανέμου (Wind direction)	μοίρες (degrees)	Ελάχιστη (Minimum) Μέγιστη (Maximum) Μέση (Average)
Ταχύτητα ριπών ανέμου (Gust speed)	χιλιόμετρα/ώρα (km/h)	Ελάχιστη (Minimum) Μέγιστη (Maximum) Μέση (Average)
Φωτεινότητα (Light intensity)	Watt/m ²	Ελάχιστη (Minimum) Μέγιστη (Maximum) Μέση (Average)
Δείκτης υπεριώδους ακτινοβολίας (UV index)		Ελάχιστη (Minimum) Μέγιστη (Maximum) Μέση (Average)
Πίεση (Pressure)	εκτοπασκάλ (hPa)	Ελάχιστη (Minimum) Μέγιστη (Maximum) Μέση (Average)
Στάθμη μπαταρίας (Battery level)	%	Ελάχιστη (Minimum) Μέγιστη (Maximum) Μέση (Average)

Πίνακας 5.2: Μετρήσεις περιβαλλοντικών και ατμοσφαιρικών συνθηκών

Στις 3/5/2023 έγινε η εγκατάσταση των έξυπνων μετρητών της AGENSO σε τμήμα του αγροτεμαχίου στον Ασπρόπυργο. Το τμήμα αντιστοιχεί σε 1 τ.μ. περίπου του χωραφιού με καλλιέργεια κολοκυθιού.



Εικόνα 5.12: Δορυφορική φωτογραφία τοποθεσίας αγροτεμαχίου στον Ασπρόπυργο 1/2



Εικόνα 5.13: Δορυφορική φωτογραφία τοποθεσίας αγροτεμαχίου στον Ασπρόπυργο 2/2



Εικόνα 5.14: Διάταξη έξυπνου μετρητή



Εικόνα 5.15: Εγκατάσταση έξυπνου μετρητή 1/3



Εικόνα 5.16: Εγκατάσταση έξυπνου μετρητή 2/3



Εικόνα 5.17: Εγκατάσταση έξυπνου μετρητή 3/3



Εικόνα 5.18: Καλλιέργεια κολοκυθιού στον Ασπρόπυργο

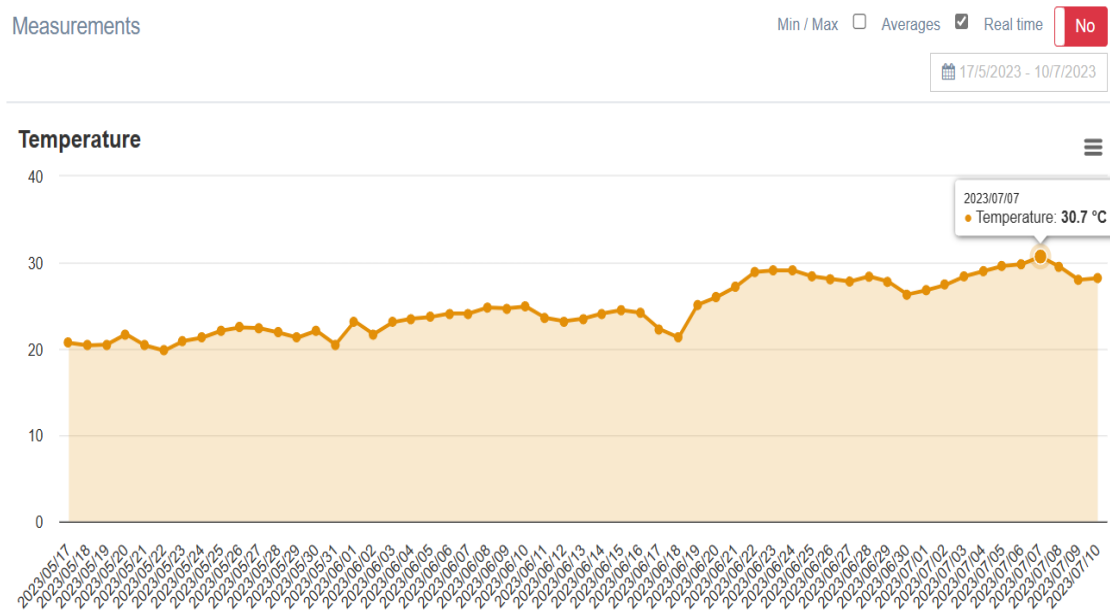
Από τον έξυπνο μετρητή λαμβάνουμε δεδομένα για την κατάσταση του εδάφους σε υγρασία, όπως επίσης και πληροφορίες για τις καιρικές συνθήκες ανά εικοσιτετράωρο:

Περιβαλλοντικές συνθήκες	Μονάδα μέτρησης	Λεπτομέρειες
Υγρασία Εδάφους	%	Ελάχιστη Μέγιστη Μέση
Δόση άρδευσης	m ³ /ha	-
Εξατμισοδιαπνοή	mm/day	Ελάχιστη Μέγιστη Μέση
Κατάσταση βαλβίδας άρδευσης	-	Ελάχιστη Μέγιστη Μέση
Επίπεδο μπαταρίας	%	Ελάχιστη Μέγιστη Μέση

Πίνακας 5.3: Μετρήσεις συνθηκών εδάφους

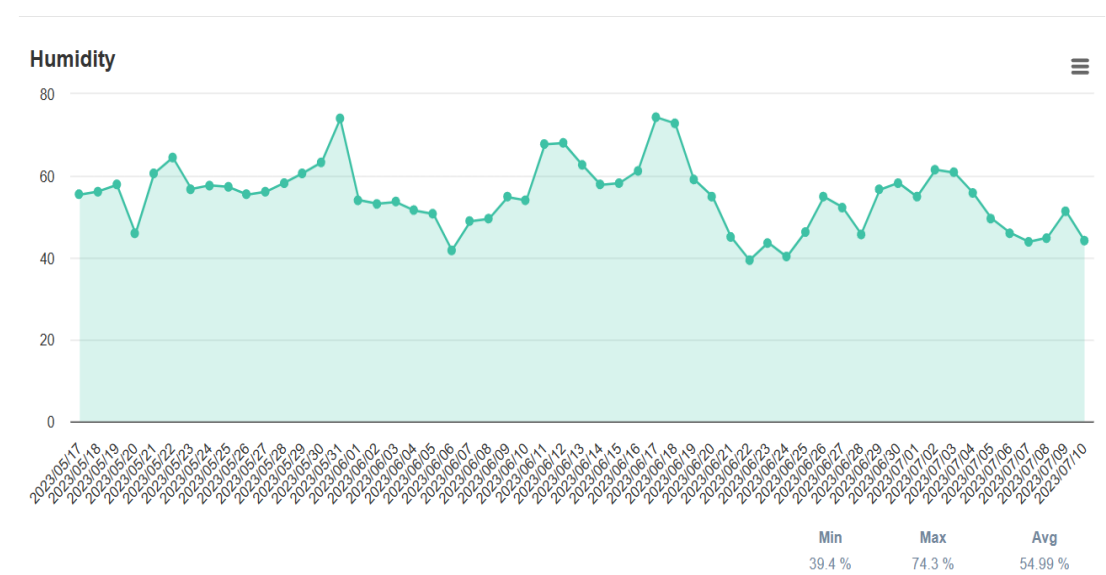
5.3 Αποτελέσματα μετρήσεων-καταγραφών

Για το διάστημα μετρήσεων 17/5/2023-10/7/2023, που αντιστοιχεί σε ημερομηνία λίγο μετά τη σπορά και ακριβώς κατά τη συγκομιδή των κολοκυθιών, έχουν αποδοθεί τα εξής δεδομένα σε διαγράμματα για την ατμόσφαιρα του Ασπροπύργου. Η εγκατάσταση του σταθμού μέτρησης περιβάλλοντος και του μετρητή υγρασίας εδάφους ήταν ετεροχρονισμένη, οπότε δεν μπορεί να μελετηθεί το διάστημα από την ακριβή ημερομηνία σποράς, που ήταν τον Απρίλιο. Έτσι, προκύπτουν:



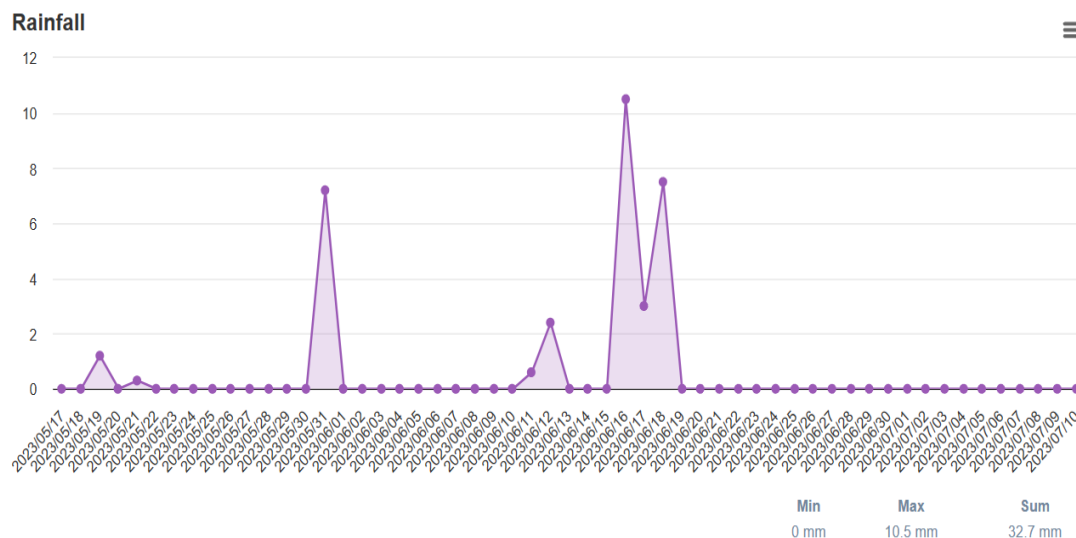
Σχήμα 5.1: Διάγραμμα θερμοκρασίας

Η θερμοκρασία της περιοχής του Ασπροπύργου στο εξεταζόμενο διάστημα ήταν κατά μέσο όρο στους 24.77°C. Η μέγιστη θερμοκρασία που καταγράφηκε ήταν 30.7°C στις 7/7/2023 και η ελάχιστη 19.8°C στις 22/5/2023.



Σχήμα 5.2: Διάγραμμα υγρασίας

Παρατηρούμε από την καμπύλη της υγρασία πως στο διάστημα των πρώτων 2 μηνών η ατμόσφαιρα ήταν κατά μέσο όρο υγρή, χωρίς αυτό να σημαίνει πως δεν υπήρχαν και ξηρές ημέρες. Αυτό οφείλεται και στις συχνές βροχοπτώσεις που λάμβαναν χώρα τον Μάιο και τον Ιούνιο, όπως είναι εμφανές στο επόμενο διάγραμμα (Σχήμα 5.3). Από τις μετρήσεις προκύπτει μέγιστο ποσοστό υγρασίας 74.3%, ελάχιστο 39.4% και μέσο 55%. Οι τιμές αυτές είναι σχεδόν λογικές σε σχέση με τις αναμενόμενες, καθώς 70,2% υγρασία είναι χαρακτηριστική του Δεκεμβρίου (σε ημέρες χωρίς έντονες βροχοπτώσεις), ακόμα και τον Ιούλιο το ποσοστό υγρασίας δεν είναι κάτω των 47%.



Σχήμα 5.3: Διάγραμμα βροχόπτωσης

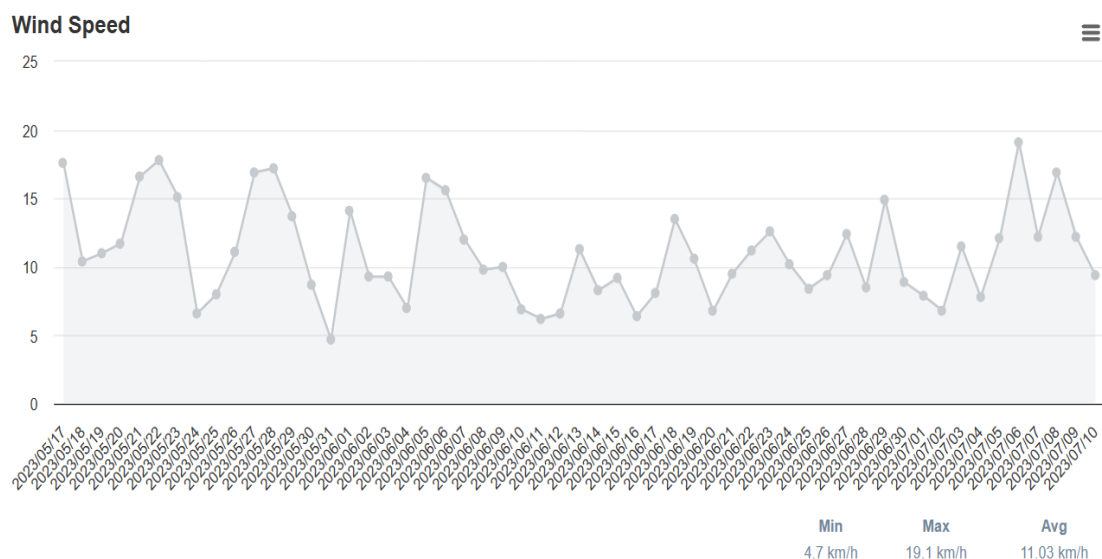
Στις δύο τελευταίες εβδομάδες του μήνα Μάιου σημειώθηκαν βροχοπτώσεις 3 ημέρες: στις 19/5/2023, 21/5/2023 και 31/5/2023. Το σύνολο της βροχόπτωσης ανήλθε στα 32.7 mm. Με βάση τον πίνακα 3.4, μπορεί να προσδιοριστεί προσεγγιστικά η τιμή της ωφέλιμης βροχόπτωσης στα 8-9 mm για 7 εβδομάδες, που είναι αμελητέο ποσό. Για τους καλοκαιρινούς μήνες είναι σίγουρο πως οι καλλιέργειες δεν μπορούν να επωφεληθούν από τη βροχή.

Τον Ιούνιο είχαμε 5 ημέρες με βροχόπτωση, που στο σύνολό τους ήταν πιο έντονες. Η υγρασία πέρα από τη βροχόπτωση εξαρτάται και από τη θερμοκρασία και ηλιοφάνεια, οι οποίες ήταν υψηλότερες τον Ιούνιο σε σχέση με τον Μάιο, όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.1. Ωστόσο τις ημέρες 11/6/2023, 12/6/2023 και 16/6-19/6/2023 που τελείωσε η κατακρήμνιση η θερμοκρασία ήταν πιο χαμηλή σε σχέση με τον υπόλοιπο Ιούνιο.

Έτσι, η αύξηση της θερμοκρασίας είναι εμφανής με μικρές μειώσεις, οι οποίες δεν διαρκούν για πολλές ημέρες. Από την άλλη, η υγρασία φαίνεται να έχει μια μειωτική τάση με την πάροδο του χρόνου. Επομένως, γίνεται αντιληπτό πως σε διάστημα σχεδόν δύο μηνών οι παράγοντες της θερμοκρασίας και υγρασίας έχουν αντίστροφες μεταβολές. Αυτό επίσης φαίνεται στο γεγονός ότι τις ημέρες που η υγρασία φτάνει τις μέγιστες τιμές της, η θερμοκρασία μειώνεται σε έναν βαθμό και αντίστροφα.

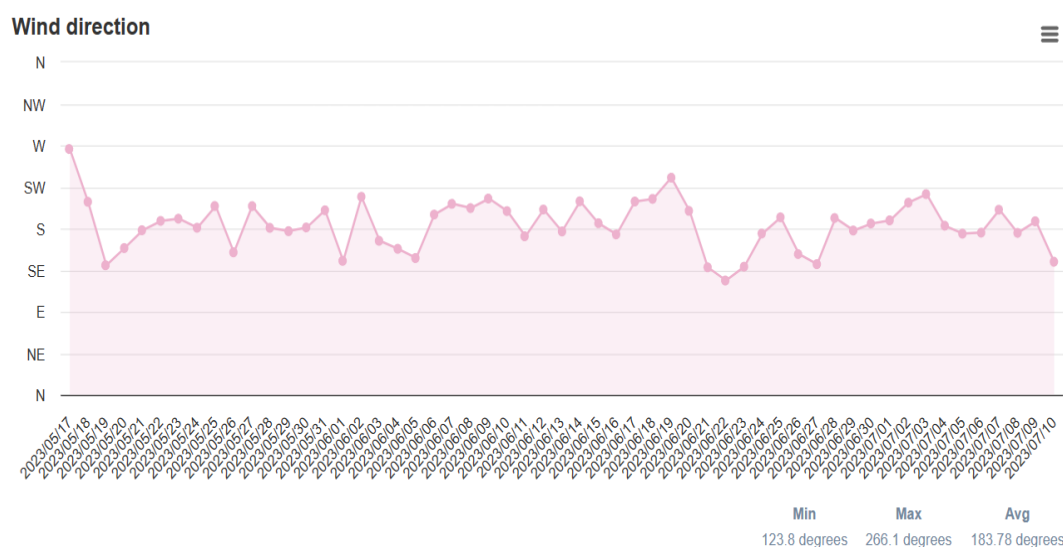
Οι τιμές της θερμοκρασίας με αυξητική τάση να λαμβάνουν τις ελάχιστες τιμές τους τις βροχερές ημέρες. Αυτό είναι αναμενόμενο γιατί τα μεγέθη της βροχόπτωσης και

της υγρασίας είναι ανάλογα, επομένως εφόσον η υγρασία και η θερμοκρασία συμπεριφέρονται αντιστρόφως ανάλογα, προκύπτει η αντιστρόφως ανάλογη συμπεριφορά θερμοκρασίας-βροχόπτωσης. Με άλλα λόγια, η αύξηση της θερμοκρασίας λόγω της εποχιακής αλλαγής επιφέρει μείωση στην ατμοσφαιρική υγρασία, ενώ η τελευταία παρουσιάζει αυξήσεις σε περίπτωση βροχοπτώσεων.



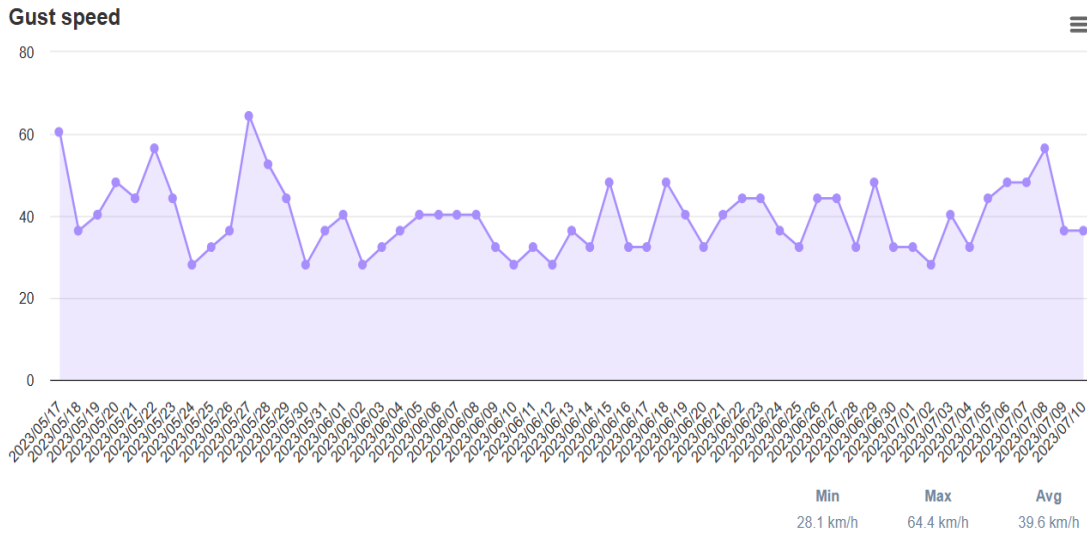
Σχήμα 5.4: Διάγραμμα ταχύτητας ανέμου

Ο ζεστός και ξηρός άνεμος απομακρύνει συνεχώς τους υδρατμούς από μια υγρή επιφάνεια, δημιουργώντας μια απότομη κλίση της τάσης των υδρατμών, οπότε αυξάνεται η εξατμισοδιαπνοή. Αυτό πρακτικά για τις καλλιέργειες σημαίνει πως τις ημέρες όπου φυσούν δυνατοί άνεμοι, απαιτείται μεγαλύτερη ποσότητα άρδευσης. Στην περίπτωση της περιοχής του Ασπροπύργου βλέπουμε κατά μέσο όρο φυσούν άνεμοι στα 11 χιλιόμετρα την ώρα, γεγονός που τους καθιστά ασθενείς. Αυτής της τάξης ο άνεμος επηρεάζει τις καλλιέργειες καθώς τα φύλλα κινούνται διαρκώς, με αποτέλεσμα να υπάρχει αυξημένη διαπνοή. Αυτό πρακτικά για τις καλλιέργειες σημαίνει πως τις ημέρες όπου φυσούν δυνατοί άνεμοι, απαιτείται μεγαλύτερη ποσότητα άρδευσης. Υπάρχουν βέβαια και αρκετές ημέρες όπου οι άνεμοι φτάνουν και τα 19 km/h χωρίς να αλλάζει όμως την κατηγορία χαρακτηρισμού. Εξακολουθούν να είναι ασθενείς άνεμοι με μεγαλύτερη ένταση. Η ελάχιστη ταχύτητα ανέμου που εμφανίζεται στην περιοχή είναι περίπου 5 km/h δηλαδή υποπνέοντες άνεμοι, που δεν επηρεάζουν τις καλλιέργειες.



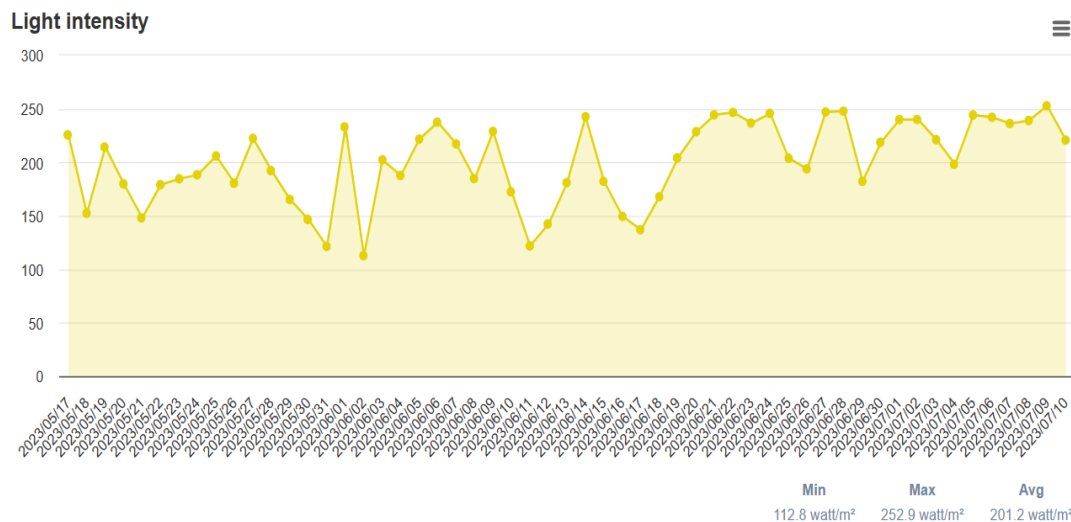
Σχήμα 5.5: Διάγραμμα κατεύθυνσης ανέμου

Η κατεύθυνση του ανέμου χαρακτηρίζεται από το σημείο του ορίζοντα απ' όπου πνέει ο άνεμος. Έτσι στην περίπτωση της περιοχής του Ασπροπύργου, φαίνεται ότι πνέουν πολλοί νοτιοανατολικοί άνεμοι (135°) από τη Μέση Ανατολή και την έρημο Σαχάρα της Αφρικής, οι οποίοι μεταφέρουν σκόνη και είναι πολύ δυνατοί. Από σκοπιάς θερμοκρασίας, είναι η κατηγορία του ανέμου που χαρακτηρίζεται ως θερμός και ξηρός. Λόγω της απόστασης που διανύει πάνω από θαλάσσια επιφάνεια προσλαμβάνει όλο και μεγαλύτερα ποσά υγρασίας με αποτέλεσμα να προσδίδει και υγρασία στην ατμόσφαιρα. Επίσης, στο σημείο έπνεαν και αρκετοί νότιοι άνεμοι (180°) οι οποίοι προέρχονται από τις ακτές της Β. Αφρικής και η μόνη διαφορά τους από τους νοτιοανατολικούς είναι ότι είναι πιο ήπιοι σε ταχύτητα και πιο υγροί. Τέλος βλέπουμε σε ορισμένες περιπτώσεις και αρκετούς νοτιοδυτικούς (225°) αλλά και πιο σπάνια δυτικό άνεμο (270°). Οι νοτιοδυτικοί άνεμοι συνδέονται με αύξηση της θερμοκρασίας μιας περιοχής γιατί εμφανίζονται τους καλοκαιρινούς μήνες στη Μεσόγειο. Δεν περιέχουν υγρασία οπότε ευνοούν την αφυδάτωση των καλλιεργειών. Από την άλλη οι δυτικοί άνεμοι είναι υγροί οπότε βοηθούν τις καλλιεργείες. Από τα παραπάνω φαίνεται πως η κατεύθυνση του ανέμου δίνει πληροφορίες για τα ποσοστά υγρασίας που προσδίδει στην ατμόσφαιρα και στην καλλιέργεια. Στον Ασπρόπυργο πνέουν κυρίως νότιοι άνεμοι η οποίοι διαθέτουν ποσοστά υγρασίας, οπότε σε έναν βαθμό εξισορροπεί την απομάκρυνση υδρατμών – άρα και μείωση υγρασίας – που προκαλεί στο φυτό.



Σχήμα 5.6: Διάγραμμα ταχύτητας ριπών ανέμου

Στο Σχήμα 5.6 φαίνεται το διάγραμμα καταγραφών των ριπών ανέμου στον Ασπρόπυργο. Οι ριπές του ανέμου είναι οι μικρής διάρκειας και απότομες αυξήσεις στην ταχύτητα του ανέμου οι οποίες προσδοκούνται να ξεπερνούν τα 30 km/h. Κάτι τέτοιο φαίνεται και στην περίπτωση της υπό μελέτη περιοχής με μερικές πολύ έντονες ριπές που επηρεάζουν στιγμιαία τις καλλιέργειες, απομακρύνοντας τα υγραντικά τους στοιχεία.



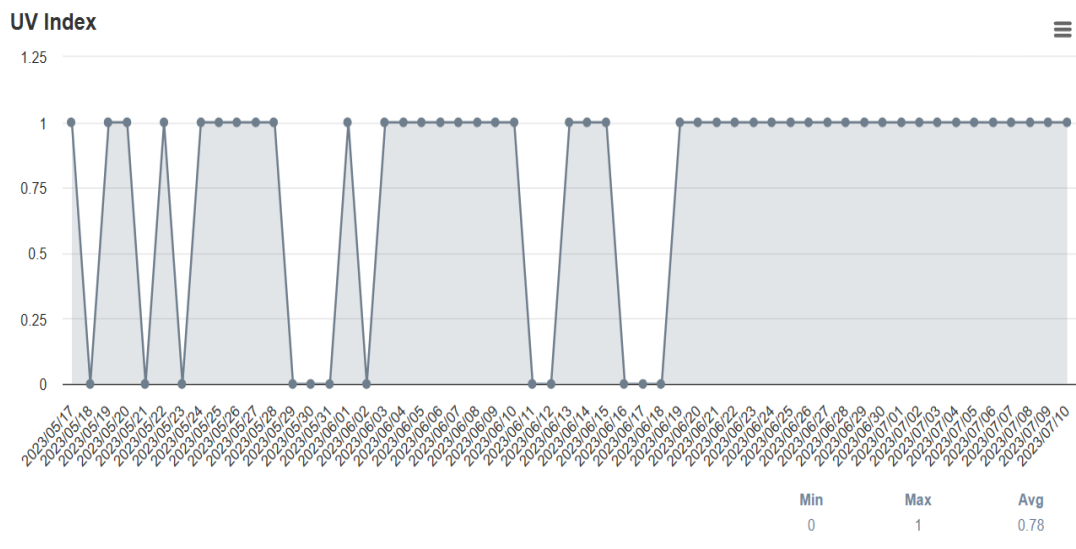
Σχήμα 5.7: Διάγραμμα φωτεινότητας

Η ένταση της φωτεινής ακτινοβολίας από τον ήλιο είναι ένας παράγοντας που επηρεάζει άμεσα την καλλιέργεια μέσω της φωτοσύνθεσης και της διαπνοής. Παρατηρείται στο Σχήμα 5.7, αρχικά, η μείωση των αιχμών με την πάροδο των

ημέρων, που οφείλεται στην αύξηση της διάρκειας της ημέρας και τη μείωση της νυκτερινής διάρκειας. Στις 20 Ιουνίου, ημέρα αλλαγής στο θερινό ηλιοστάσιο, η μεταβολή της καμπύλης είναι εμφανής. Επίσης, ημέρες όπου δεν υπάρχουν αιχμές μπορεί κανείς να θεωρήσει πως υπήρχε χαμηλή ένταση φωτεινότητας λόγω νεφών ή/και βροχοπτώσεων. Αυτό παρατηρείται για παράδειγμα για τον Ιούνιο και τις 5 χαρακτηριστικές ημέρες βροχοπτώσεων (Σχήμα 5.3).

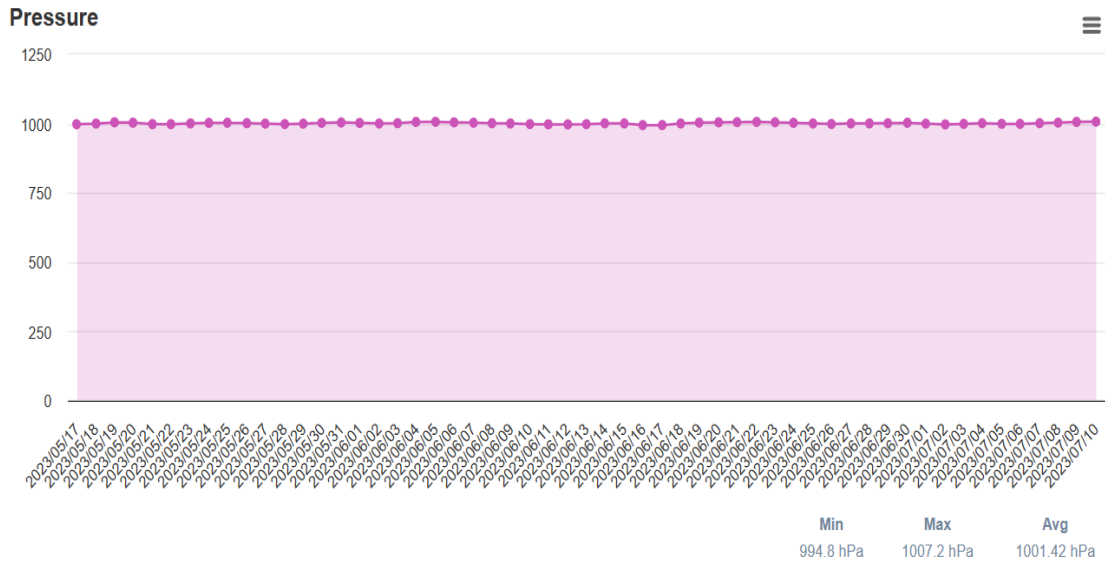
Κατά την παρουσίαση μεγάλης φωτεινότητας τα επίπεδα εξατμισοδιαπνοής αυξάνονται καθώς μεγαλύτερες ποσότητες νερού ατμοποιούνται με τη συμβολή του ηλίου και την αυξημένη θερμοκρασία και χάνονται από το φυλλικό μέρος και το έδαφος στην ατμόσφαιρα, γεγονός που μεγαλώνει την ανάγκη για άρδευση της καλλιέργειας.

Έχουμε $259,9 \text{ Watt/m}^2$ μέγιστη ηλιακή ακτινοβολία που είναι υψηλότερη από την αναμενόμενη και ελάχιστη $112,8 \text{ Watt/m}^2$ λόγω των νυκτερινών ωρών και των νεφώσεων τις βροχερές ημέρες του Ιουνίου.



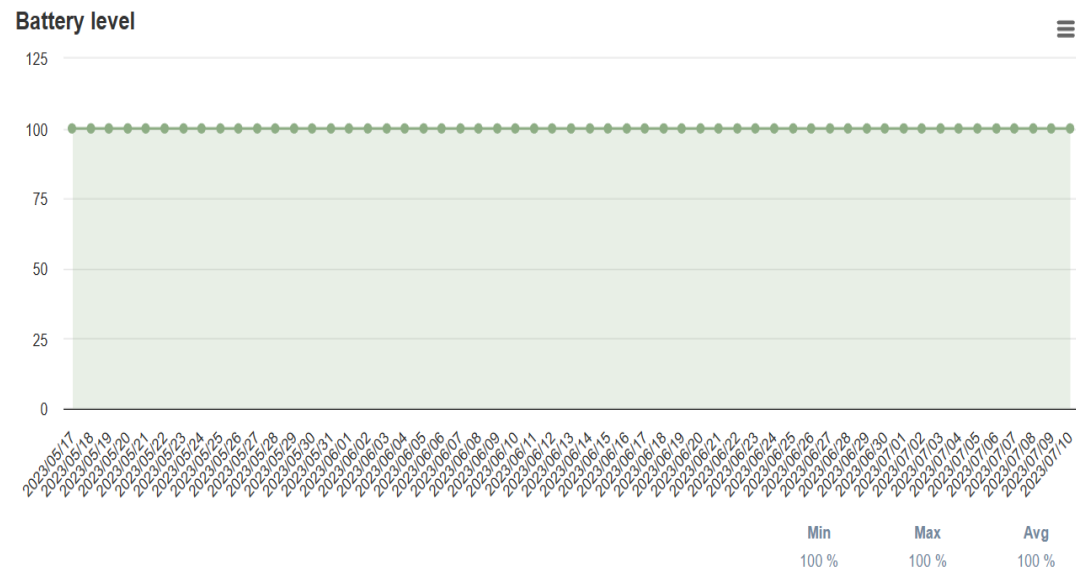
Σχήμα 5.8: Διάγραμμα δείκτη υπεριώδους ακτινοβολίας

Στο Σχήμα 5.8 δίνονται οι τιμές του δείκτη υπεριώδους ακτινοβολίας που αποδίδει την επικινδυνότητά της και είναι σε φυσιολογικό επίπεδο (<2.9), οπότε δεν χρειάζεται κάποια προστασία. Αντίστοιχα με το Σχήμα 5.7, τις ημέρες όπου ο δείκτης μειώνεται και μηδενίζεται, οι ημέρες πιθανότατα να ήταν συννεφιασμένες ή/και βροχερές.



Σχήμα 5.9: Διάγραμμα ατμοσφαιρικής πίεσης

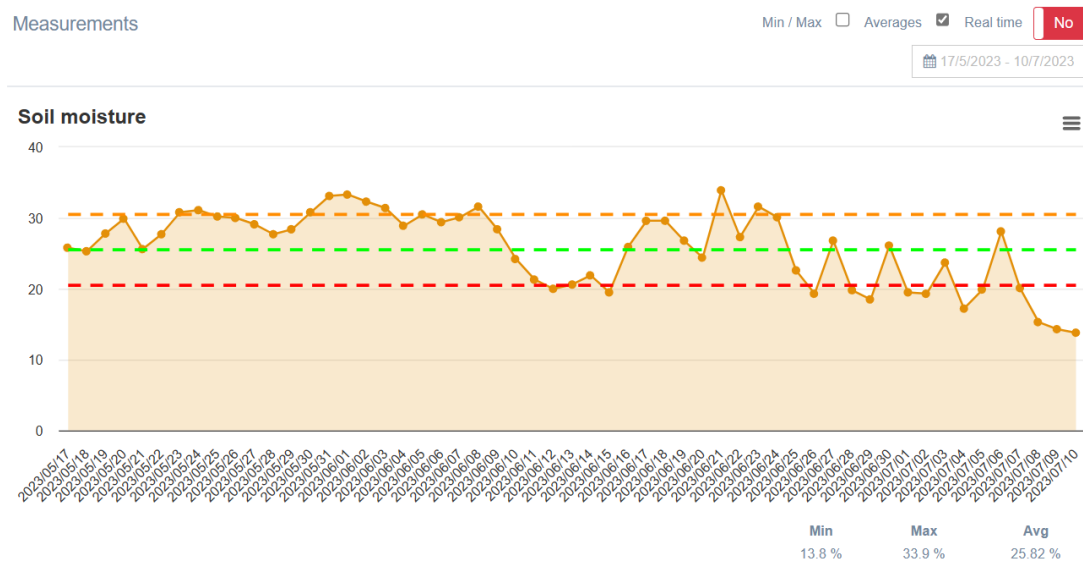
Στο Σχήμα 5.9 που αποδίδεται η ατμοσφαιρική πίεση, οι τιμές είναι αναμενόμενες στα 1000 hPa και δεν ασκούν κάποια επιρροή στην καλλιέργεια.



Σχήμα 5.10: Διάγραμμα επιπέδου μπαταρίας του περιβαλλοντικού σταθμού

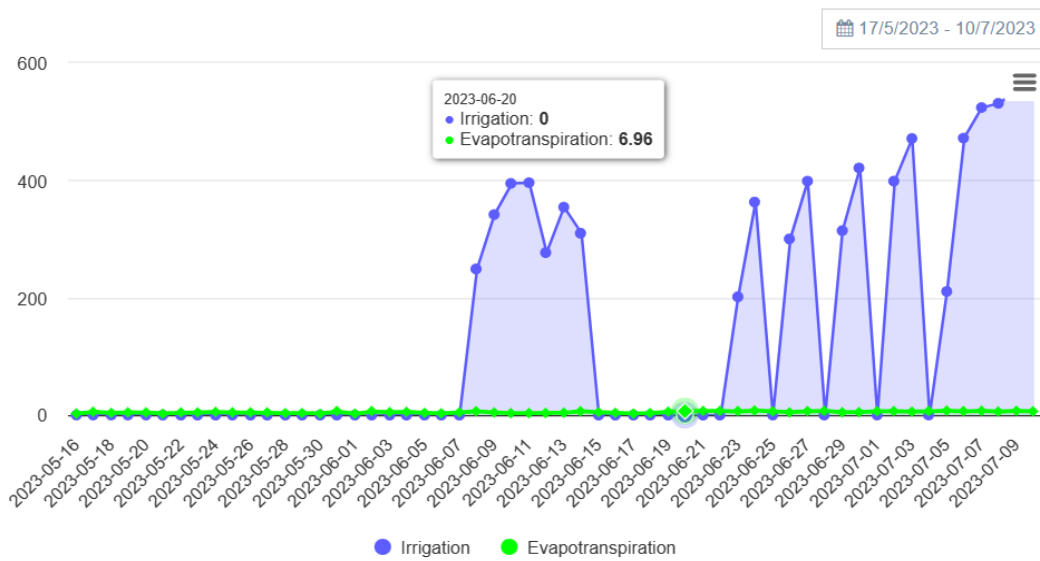
Στο Σχήμα 5.10, η μπαταρία του μετρητή για το διάστημα της ανάπτυξης των καλλιεργειών, όπου ελήφθησαν οι περιβαλλοντικές μετρήσεις ήταν πάντα γεμάτη, μέσω της ηλιακής ενέργειας που μετατρέπει το εγκατεστημένο μικρό Φ/Β.

Από τον δεύτερο μετρητή στην καλλιέργεια έχουμε το διάγραμμα υγρασίας εδάφους, εξαμυσοδιαπνοής και συμπληρωματικής δόσης άρδευσης, όπως επίσης η στάθμη της μπαταρίας του μετρητή και επιλογή έναρξης και διακοπής ποτίσματος. Για το διάστημα 17/05/2023-10/07/2023 έχουμε τα εξής δεδομένα:



Σχήμα 5.11: Διάγραμμα υγρασίας εδάφους

Στο Σχήμα 5.11 φαίνεται η καμπύλη υγρασίας του εδάφους για το χρονικό διάστημα ανάπτυξης των φυτών μέχρι και τη συγκομιδή τους. Παρατηρείται ότι στο διάστημα 17/5-9/6/2023, οι συνθήκες υγρασίας που επικρατούσαν στο έδαφος μέσω της άρδευσης και ελάχιστα των βροχοπτώσεων, βρίσκονταν πάντοτε πάνω από το όριο μέγιστης κατανάλωσης υγρασίας (25.5%) του φυτού και ορισμένες μέρες έφταναν ή υπερέβαιναν την υδατοϊκανότητα του εδάφους (30.5%). Τις ημέρες υπέρβασης δηλαδή στις 31/5-3/6/2023, 8/6/2023, 21/6/2023 και 24/6/2023 έγινε σπατάλη ποσότητας νερού. Επίσης, έγινε λανθασμένη εφαρμογή άρδευσης ή οι καλλιέργειες δεν ποτίστηκαν καθόλου στο διάστημα 11/6-15/6/2023 όπου το έδαφος έφτασε για αρκετές μέρες το όριο μάρανσης (20.5%). Αυτό σημαίνει πως οι καλλιέργειες απαιτούσαν ύστερα μεγαλύτερη ποσότητα νερού από την προβλεπόμενη για να επανέλθουν. Στο πλαίσιο της οικονομικής άρδευσης, 26/6-8/7/2023 είχαμε μια καλή εικόνα στο προφίλ της άρδευσης, όπου η καμπύλη υγρασίας προσέγγιζε το όριο μέγιστης κατανάλωσης υγρασίας και για μικρό χρονικό διάστημα το όριο μάρανσης, γεγονός που δεν επηρεάζει την καλλιέργεια. Τέλος, είναι εμφανές πως τις 3 τελευταίες μέρες πριν τη συγκομιδή, η καλλιέργεια δεν αρδευόταν.



Σχήμα 5.12: Διάγραμμα εξατμισοδιαπνοής και επιπλέον απαιτούμενης ποσότητας σε άρδευση

Στο Σχήμα 5.12, έχουμε τιμές της εξατμισοδιαπνοής σε συνάρτηση με την ανάγκη για συμπληρωματική άρδευση, με βάση τις τιμές υγρασίας του εδάφους. Η μέση τιμή εξατμισοδιαπνοής για το συγκεκριμένο διάστημα ήταν 5.09 mm/ημέρα. Η εξατμισοδιαπνοή εξαρτάται και από την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας και από το νερό που εφαρμόζεται κατά την άρδευση. Για παράδειγμα, αν έχουμε έντονη ηλιοφάνεια, τα επίπεδα εξατμισοδιαπνοής θα είναι αυξημένα, όπως και αν έχουμε έντονη βροχόπτωση, όποτε υπερβαίνει κατά πολύ την υδατοϊκανότητα του χώματος και το νερό λιμνάζει και τελικά εξατμίζεται.

Τις ημέρες όπου η υγρασία του εδάφους βρισκόταν στο όριο μάρανσης παρουσιάζεται ανάγκη αρδευτικής δόσης ως και 395 m³/ha (ή 39,5 m³/στρέμμα). Οι καλλιέργειες είχαν μείνει πάνω από 1 ημέρα στο όριο μόνιμης μάρανσης με αποτέλεσμα να απαιτείται μεγαλύτερο ποσό νερού για να επανέλθει στην υδατοϊκανότητα του η υγρασία του εδάφους. Από τις 22/6 και έπειτα η συχνότητα άρδευσης γινόταν στα πλαίσια της οικονομικής άρδευσης χωρίς να έχει προγραμματιστεί από τους αγρότες. Αυτό σημαίνει ότι η ποσότητα νερού πρόσδιδε υγρασία που κυμαινόταν ανάμεσα στο όριο μέγιστης κατανάλωσης και το όριο μάρανσης. Το τελευταίο όταν διαρκεί για μικρό χρονικό διάστημα π.χ. μιας μέρας δεν δημιουργεί πρόβλημα στην καλλιέργεια και το έδαφος. Ωστόσο ο μετρητής είναι ρυθμισμένος ώστε η υγρασία του εδάφους να φτάνει μέχρι την υδατοϊκανότητά του ώστε προτεινόταν παραπάνω δόση άρδευσης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Κατά τη λήψη και ανάλυση των μετρήσεων ατμοσφαιρικών συνθηκών και υγρασίας εδάφους για την περιοχή του Ασπροπύργου και συγκεκριμένα για το χωράφι όπου λαμβάνει χώρα το πιλοτικό έργο της μελέτης περίπτωσης, προέκυψαν στοιχεία για την επιρροή του περιβάλλοντος της καλλιέργειας στην ανάπτυξη και απόδοσή της. Συγκεκριμένα, οι καιρικές συνθήκες είναι ανάλογες και αντιστρόφως ανάλογες μεταξύ τους με αποτέλεσμα να δημιουργούν ένα αναμενόμενο προφίλ τιμών, για παράδειγμα η θερμοκρασία αυξάνεται όταν υπάρχει εκτεταμένη ηλιακή ακτινοβολία, ενώ μειώνεται όταν υπάρχουν νέφη και βροχόπτωση. Η αλληλοεπικάλυψη των συνθηκών αυτών φαίνεται στην υγρασία του εδάφους, η οποία πέρα από την άρδευση εξαρτάται και από τη βροχόπτωση (ωφέλιμη βροχή) αλλά και από τη θερμοκρασία και την ένταση ηλιακής ακτινοβολίας, που επηρεάζουν την τιμή της εξατμισοδιαπνοής, δηλαδή της ποσότητας του νερού που εξέρχεται από τα στομάτια των φυτών προς την ατμόσφαιρα και από το έδαφος, με αποτέλεσμα να ελαττώνει το ποσοστό υγρασίας στο χώμα. Ο παράγοντας του κλίματος επίσης, συνιστά μία μέθοδο «πρόβλεψης» των απαιτήσεων σε νερό ανά περιοχή. Σε ένα ημίξηρο κλίμα, όπως αυτό του Ασπροπύργου, οι καλλιέργειες δεν επωφελούνται ιδιαίτερα από βροχοπτώσεις παρά μόνο τον χειμώνα και τους καλοκαιρινούς μήνες χαρακτηρίζονται από υψηλά επίπεδα εξατμισοδιαπνοής λόγω της έντονης ηλιοφάνειας και υψηλής θερμοκρασίας.

Ταυτόχρονα στις ανάγκες της καλλιέργειας για άρδευση, καθοριστικός είναι ο τύπος του εδάφους, από τον οποίο καθορίζονται η υδατοϊκανότητα του αγρού και το σημείο μόνιμης μάρανσης, όπως επίσης έχει να κάνει και με την απορροφητικότητα του χώματος. Στην περίπτωση του εδάφους του υπό μελέτη χωραφιού η απορροφητικότητά του επιτρέπει την ανεμπόδιστη κίνηση του νερού, γεγονός ενθαρρυντικό για την εφαρμογή της άρδευσης. Το είδος της καλλιέργειας είναι εξίσου σημαντικό στην εφαρμογή κατάλληλης ποσότητας νερού, καθώς τα φυτά ανάλογα με το βάθος της ρίζας τους έχουν διαφορετικές απαιτήσεις σε υγρασία.

Η επικοινωνία και συνεννόηση με τον τοπικό αγροτικό σύλλογο οδήγησε στην εύρεση μιας λύσης στα ζητήματα που αντιμετωπίζουν οι αγρότες. Όσον αφορά την αύξηση της τιμής ενέργειας που τους επιβαρύνει οικονομικά, μελετήθηκε η σχέση μεταξύ νερού και ενέργειας, στα πλαίσια της γεωργίας ακριβείας, κατά την οποία υπολογίστηκαν οι ανάγκες της καλλιέργειας κολοκυθιού σε νερό και ενέργεια. Μέσω της παρακολούθησης των καλλιεργειών και των περιβαλλοντικών συνθηκών με

έξυπνους μετρητές μπορεί να υπολογιστεί η ακριβής απαίτηση ανά φυτό και συνολικά. Αποδόθηκε έτσι, η εξοικονόμηση νερού στην άρδευση που θα επιφέρει υγρασία εδάφους ιδανική για την καλλιέργεια και το έδαφος. Οι μετρήσεις υγρασίας στο συγκεκριμένο χωράφι ενδείκνυνται για εφαρμογή οικονομικής άρδευσης, δηλαδή άρδευσης κατά την οποία η υγρασία του εδάφους θα κυμαίνεται μεταξύ του ορίου Μέγιστης Κατανάλωσης Υγρασίας (MAD) και του ορίου Μόνιμης Μάρανσης (PWP). Υπολογίστηκε κατ' αυτόν τον τρόπο, με βάση και την πραγματική κατανάλωση νερού άρδευσης, η εξοικονόμηση που μπορεί να πετύχει ο αγρότης, ποτίζοντας με βάση μια τιμή αναφοράς, που είναι η πραγματική ανάγκη της καλλιέργειας σε νερό. Η εξοικονόμηση που μπορεί να επιτευχθεί και στην ενέργεια μπορεί να συμβάλει στην συγκρότηση μιας Ενεργειακής Κοινότητας από ένα μέρος των αγροτών που θα επωφεληθούν από την πώληση ενέργειας μέσω εγκατάστασης ενός Φ/Β πάρκου. Επιτυγχάνεται συνεπώς, μεγαλύτερη βιωσιμότητα στη γεωργική καλλιέργεια μέσω χαμηλότερου λειτουργικού κόστους. Η συνεργασία επομένως των προοπτικών ενός συστήματος Γεωργίας Ακριβείας λαμβάνοντας υπόψη την αλληλεπίδραση του Πλέγματος Ενέργειας-Νερού-Τροφής και το χαρακτηριστικό της εγγύτητας στο αστικό κέντρο της Αθήνας λόγω της περιιαστικής της ιδιότητας, μπορεί να βοηθήσει τους αγρότες να συνυπάρξουν αρμονικά με τη βιομηχανική δραστηριότητα της περιοχής απέναντι στις αυξημένες ανάγκες παραγωγής του πληθυσμού.

Σε συνέχεια αυτής της πιλοτικής εφαρμογής, αναμένεται να εγκατασταθούν περισσότεροι μετρητές στο χωράφι που μελετήθηκε αλλά και σε χωράφια και άλλων αγροτών του Ασπροπύργου, με σκοπό την ανάδειξη της αλληλεπίδρασης Νερού-Ενέργειας και σε άλλα είδη καλλιέργειας. Κατ' αυτόν τον τρόπο, οι αγρότες θα μπορούν να επωφεληθούν από την εφαρμογή γεωργίας ακριβείας στα χωράφια τους, καθώς η ενημέρωση για την υγρασία των καλλιεργειών θα είναι άμεσα προσβάσιμη σε αυτούς και αυτοματοποιημένα θα μπορούν να ρυθμίσουν τη δόση άρδευσης που χρειάζεται το χωράφι τους, βάσει των απαιτήσεων που υπολογίζονται λαμβάνοντας υπόψη τον τύπο καλλιέργειας και εδάφους και τις καιρικές συνθήκες. Η συλλογή στοιχείων άρδευσης από διαφορετικά χωράφια της περιοχής θα είναι ακόμα ενδεικτικότερη της εξοικονόμησης ενέργειας και νερού που μπορεί να επιτευχθεί στην περιοχή για του ενδιαφερόμενους αγρότες, με απώτερο σκοπό τη σύσταση μιας Ενεργειακής Κοινότητας Ασπροπύργου και την εγκατάσταση Φ/Β πάρκων για την ενεργειακή κάλυψη των αναγκών των χωραφιών τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Ding, T.; Fang, L.; Chen, J.; Ji, J.; Fang, Z.; Exploring the relationship between water-energy-food nexus sustainability and multiple ecosystem services at the urban agglomeration scale. *Sustainable Production and Consumption* 35 (2023), 184-200
- [2] Gulati, M.; Jacobs, I.; Jooste, A.; Naidoo, D.; Fakir, S.; The water-energy-food security nexus: Challenges and opportunities for food security in South Africa. *Aquatic Procedia* 1 (2013), 150-164
- [3] Simeng, C.; Mengyang, W.; Xuan, H.; Xiaojun, W.; Xinchun, C.; Sustainability and assessment of factors driving the water-energy-food nexus in pumped irrigation systems. *Agricultural Water Management* 2022, 272.
- [4] El-Gafy, I.; Water-food-energy nexus index: analysis of water-energy-food nexus of crop's production system applying the indicators approach. *Applied Water Sciences* (2017), 7, 2857-2868 DOI 10.1007/s13201-017-0551-3
- [5] Scott, A., C.; Pierce, A., S.; Pasqualetti, J., M.; Jones, L., A.; Montz, E., B.; Hoover, H., J; Policy and institutional dimensions of the water-energy nexus. *Energy Policy* 39 (2011), 6622-6630
- [6] Ringler, C.; Bhaduri, A.; Lawford, R.; The nexus across water, energy, land and food (WELF): potential for improved resource use efficiency. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 5 (2013), 617-624
- [7] Bazilian, M.; Rogner, H.; Howells, M.; Hermann, S.; Arent, D.; Gielen, D.; Steduto, P.; Mueller, A.; Komor, P.; Tol, S., J., R.; Yumkella, K., K.; Considering the energy, water and food nexus: Towards an integrated modelling approach. *Energy Policy* 39 (2011), 7896-7906
- [8] Singh, A., A.; Chapter 6 – Climatic controls on water resources and its management: challenges and prospects of sustainable development in Indian perspective. *Water Conservation in the Era of Global Climate Change* (2021), 121-145
- [9] Brady, C., N.; Weil, R., R.; *Εδαφολογία: η φύση και οι ιδιότητες των εδαφών*. 14^η έκδοση, Pearson Education, Inc. και Εκδόσεις Έμβρυο στην ελληνική μετάφραση (2011)

- [10] Roo, A. D.; Trichakis, I.; Bisselink, B.; Gelati, E.; Pistocchi, A.; Gawlik, B.; The Water-Energy-Food-Ecosystem Nexus in the Mediterranean: Current Issues and Future Challenges. *Frontiers in Climate* (2021)
- [11] Mukherji, A.; The energy-irrigation nexus and its impact on groundwater markets in eastern Indo-Gangetic basin: Evidence from West Bengal, India. *Energy Policy* 35 (2007), 6413-6430
- [12] Stylianopoulou, G., K.; Papapostolou, M., C.; Kondili, M., E.; Water-Energy-Food Nexus: A Focused Review on Integrated Methods. *Environmental Sciences Proceedings* 2 (2020)
- [13] Biggs, M., E.; Bruce, E.; Boruff, B.; Duncan, M., A., J.; Horsley, J.; Pauli, N.; McNeill, K.; Neef, A.; Ogtrop, V., F.; Curnow, J.; Haworth, B.; Duce, S.; Imanari, Y.; Sustainable development and the water-energy-food nexus: A perspective on livelihoods. *Environmental Science & Policy* 54 (2015), 389-397
- [14] WEF NEXUS Index. Διαδικτυακά: <https://wefnexusindex.org/GRC> (πρόσβαση στις 18/09/2023)
- [15] Καρτσιαφλέκης, Α.Δ.; Οικονομική ανάλυση ενεργειακών και αντιπροσωπευτικών καλλιεργειών στην Κεντρική Ελλάδα. Μεταπτυχιακή εργασία, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, 46.190.7.104 (2015)
- [16] Κωδουνάς, Χ.; Η παγκόσμια οικονομική κρίση στην Ελλάδα, μελέτη βασικών τομέων και μεγεθών της ελληνικής οικονομίας. Μεταπτυχιακή εργασία, Πανεπιστήμιο Μακεδονίας (2010)
- [17] Γκιόφη, Α.; Η συμβολή του αγροτικού τομέα στη διαμόρφωση του ΑΕΠ την τελευταία 25ετία. Πτυχιακή εργασία, Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο (2020)
- [18] Μπέσσα, Κ.; Εξέλιξη αστικών περιοχών και περιιαστικού χώρου: Σύστημα παρακολούθησης και αξιολόγησης των αλλαγών τω χρήσεων γης με έμφαση στα οδικά αναπτυξιακά έργα. Διδακτορική διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας-Πολυτεχνική Σχολή (2010)
- [19] Population Division-World Urbanization Prospects 2018 (United Nations). Διαδικτυακά: <https://population.un.org/wup/country-profiles/> (πρόσβαση στις 18/09/2023)
- [20] Τσαγκαλίδου, Ο.; Προοπτικές αστικής βιωσιμότητας. Διπλωματική εργασία, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας (2013)

- [21] Αλεξάνδρου, Ο.; Μελέτη της εσωτερικής μετανάστευσης στις δυναμικές/περιαστικές περιοχές της υπαίθρου: Η περίπτωση της Βόχας του νομού Κορινθίας. Πτυχιακή εργασία, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο (2010)
- [22] Δημουλέα Α. Ε.; Στρατηγικές ανθεκτικότητας για την περιαστική γεωργία: Η περίπτωση των παραγωγών της Δυτικής Αττικής. Μεταπτυχιακή εργασία, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών (2018)
- [23] Καραμπέλα, Α.; Καραμπάτου, Α.; Αστικό παρατηρητήριο στον Δήμο Ασπροπύργου. Μελέτη, Ανώτατο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πειραιά (2019)
- [24] Selected Indicators in Greece. Διαδικτυακά: <https://www.fao.org/faostat/en/#country/84> (πρόσβαση στις 18/09/2023)
- [25] Agricultural and rural development. Διαδικτυακά: https://agriculture.ec.europa.eu/common-agricultural-policy/cap-overview/cap-2023-27/key-policy-objectives-cap-2023-27_el (πρόσβαση στις 18/09/2023)
- [26] Τσακαμή Π. Ξ.; Διερεύνηση των παραγόντων που επηρεάζουν τη διατήρηση της γεωργικής χρήσης της γης σε περιαστικές περιοχές. Μεταπτυχιακή εργασία, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών (2012)
- [27] Άρθρο 21 – Κατηγορίες Χρήσεων Γης. Διαδικτυακά: <http://www.opengov.gr/minenv/?p=5476> (πρόσβαση στις 18/09/2023)
- [28] Αγγελίδης Ι., Γιαννάκου Α., Μαμούνη, Γ., Σ.; Σχεδιασμός ζωνών χρήσεων γης σε περιοχές Γ.Π.Σ. Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος, Τμήμα Κεντρικής Μακεδονίας (2005)
- [29] Ελληνικό Κτηματολόγιο - Χρήσεις Γης. Διαδικτυακά: <https://gis.ktimanet.gr/wms/ktbasemap/default.aspx> (πρόσβαση στις 18/09/2023)
- [30] Σάββας Δ. Γενική Λαχανοκομία. Εκδόσεις Πεδίο, Αθήνα (2016)
- [31] Κατερτζής Η.; Εξατμισοδιαπνοή φυτών – Χρήση προγράμματος H/Y για τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς με τρεις διαφορετικές μεθόδους. Πτυχιακή εργασία, Ανώτατο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Καλαμάτας (2015)
- [32] Μονογραφίες Θαλάσσιων Επιστημών. Διαδικτυακά: <http://11gym-acharn.att.sch.gr/autosch/joomla15/images/files/ne.pdf> (πρόσβαση στις 18/09/2023)

- [33] Υπηρεσία Φυτοπροστασίας, Plant Protection. Διαδικτυακά: <https://plantpro.gr/> (πρόσβαση στις 18/09/2023)
- [34] MP energy. Διαδικτυακά: <https://www.mpenergy.gr/> (πρόσβαση στις 18/09/2023)
- [35] Αποθέματα φωτογραφιών Dreamstime. Διαδικτυακά: <https://gr.dreamstime.com/photos-images> (πρόσβαση στις 19/09/2023)
- [36] Brouer, C.; Heibloem, M.; Irrigation Water Management. Διαδικτυακά: <https://www.fao.org/> (πρόσβαση στις 19/09/2023)
- [37] Σύγχρονη αγροτική ενημέρωση. Διαδικτυακά: <https://agravia.gr> (πρόσβαση στις 18/09/2023)
- [38] WIKIFARMER MARKET. Διαδικτυακά: <https://wikifarmer.com/market/el/> (πρόσβαση στις 18/09/2023)
- [39] Φυτοκομία. Διαδικτυακά: <https://fytokomia.gr/> (πρόσβαση στις 18/09/2023)
- [40] Χρήση Άρδευση. Υ.Π.Ε.Θ.Ε. Διαδικτυακά: <https://www.ypethe.gr/archive/hrisi-ardeysi> (πρόσβαση στις 18/09/2023)
- [41] Datta, S.; Taghaeian, S.; Stivers, J.; Understanding Soil Water Content and Thresholds for Irrigation Management. Oklahoma Cooperative Extension Service (2017)
- [42] Thapa, R.B., Murayama, Y.; Land evaluation for peri-urban agriculture using analytical hierarchical process and geographic information system techniques: A case study of Hanoi (2007)
- [43] Maohua, W.; Possible adoption of precision agriculture for developing countries at the threshold of the new millennium. Computers and Electronics in Agriculture 30 (2001), 45-50
- [44] Gandah, M.; Stein, A.; Brouwer, J.; Bouma, J.; Dynamics of spatial variability of millet growth and yields at three sites in Niger, West Africa and implications for precision agriculture research. Agricultural Systems 63 (2000), 123-140
- [45] Zhang, Q.; Han, S.; Reid, J. F.; Agricultural infotronics systems for precision crop production. IFAQ Bio-Robotics (2000)
- [46] Aubert, A. B.; Schroeder, A.; Grimaudo, J.; IT as enabler of sustainable farming: An empirical analysis of farmers' adoption decision of precision agriculture technology. Decision Support Systems 54 (2012), 510-520

- [47] Kim, Y.; Reid, J. F.; Zhang, Q.; Hansen, A.; Infotronic decision-making for a field crop sensing system in precision agriculture. IFAC Bio-Robotics (2000)
- [48] Zhang, N.; Wang, M.; Wang, N.; Precision agriculture-a worldwide overview. Computers and Electronics in Agriculture 36 (2002), 113-132
- [49] Tozer, R., P.; Uncertainty and investment in precision agriculture- Is it worth the money? Agricultural Systems 100 (2009), 80-87
- [50] Allahyari, S., M.; Mohammadzadeh, M.; Nastis, A., S.; Agricultural experts' attitude towards precision agriculture: Evidence from Guilan Agricultural Organization, Northern Iran. Information Processing in Agriculture 3 (2016), 183-189
- [51] Oliver, Y., M.; Robertson, M., J.; Wong, M., T., F.; Integrating farmer knowledge, precision agriculture tools, and crop simulation modelling to evaluate management options for poor-performing patches in cropping fields. European Journal of Agronomy 32 (2010), 40-50
- [52] Srivastana, K.; Bhutoria, J., A.; Sharma, K., J.; Sinha, A.; UAVs technology for the development of GUI based application for precision agriculture and environmental research. Remote Sensing Applications: Society and Environment 16 (2019)
- [53] Cisternas, I.; Velásquez, I.; Caro, A.; Rodríguez, A.; Systematic literature review of implementations of precision agriculture. Computers and Electronics 176 (2020)
- [54] Cui, M.; Qian, J.; Cui, L.; Developing precision agriculture through creating information processing capability in rural China. Journal of Rural Studies 92 (2022), 237-252
- [55] Puppala, H.; Peddinti, R., T., P.; Tamvada, P.; J.; Ahuja, J.; Kim, B.; Barriers to the adoption of new technologies in rural areas: The case of unmanned aerial vehicles for precision agriculture in India. Technology in Society 74 (2023)
- [56] Λαλάκης Γ.; Έξυπνοι αισθητήρες για την παρακολούθηση υπαίθριων καλλιεργειών. Μεταπτυχιακή εργασία, ΤΕΙ Κρήτης (2019)
- [57] GIS Lounge. Διαδικτυακά: <https://www.gislounge.com/> (πρόσβαση στις 18/09/2023)

- [58] Vellidis, G.; Tucker, M.; Perry, C.; Kvien, C.; Bednarz, C.; A real time wireless smart sensor array for scheduling irrigation. *Computers and Electronics in Agriculture* 61 (2008), 44-50
- [59] Tsakalidi, L., A.; Tsolis, D.; Barouchas, P.; Chantzi, E., A.; Koulopoulos, A.; Malamos, N; Application of Mobile Technologies through an Integrated Management System for Agricultural Production. *Procedia Technology* 8 (2013), 165-170
- [60] Janc, K.; Czapiewski, K.; Wójcik, M.; In the starting blocks for smart agriculture: The internet as a source of knowledge in transitional agriculture. *NJAS – Wageningen Journal of Life Sciences* 90-91 (2019)
- [61] AGRO: A smart sensing and decision-making mechanism for real-time agriculture monitoring. *Journal of King Saud University – Computer and Information Sciences* 34 (2022), 7059-7069
- [62] Jararweh, Y.; Fatima, S.; Jarrah, M.; AlZu'bi, S.; Smart and sustainable agriculture: Fundamentals, enabling technologies and future directions. *Computers and Electrical Engineering* 110 (2023)
- [63] Opitz, I.; Berges, R.; Piorr, A.; Krikser, T.; Contributing to food security in urban areas: differences between urban agriculture and peri-urban agriculture in the Global North. *Agric Hum Values* (2016), DOI 10.1007/s10460-015-9610-2
- [64] Zasada, I; Multifunctional peri-urban agriculture - A review of societal demands and the provision of goods and services by farming. *Land Use Policy* 28 (2011), 639-648

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Στον παρακάτω πίνακα παρατίθενται τα δεδομένα που λήφθηκαν από τις καταγραφές του μετεωρολογικού σταθμού για το διάστημα 17/05/2023-10/07/2023:

Category	Temperature	Humidity	Rainfall	Wind Speed	Wind direction	Gust speed	Light intensity	UV Index	Pressure	Battery level
5/17/2023	20.7	55.4	0	17.6	266.1	60.5	225.7	1	997.7	100
5/18/2023	20.4	56.2	0	10.4	209	36.4	152.4	0	1000.2	100
5/19/2023	20.5	57.8	1.2	11	140.3	40.3	214.3	1	1004.9	100
5/20/2023	21.7	45.9	0	11.7	158.9	48.2	179.9	1	1003.4	100
5/21/2023	20.4	60.6	0.3	16.6	178.2	44.3	148.1	0	998.3	100
5/22/2023	19.8	64.5	0	17.8	188.3	56.5	179.1	1	998.2	100
5/23/2023	20.9	56.8	0	15.1	190.7	44.3	184.6	0	1000.8	100
5/24/2023	21.3	57.7	0	6.6	180.9	28.1	188.4	1	1002.8	100
5/25/2023	22.1	57.3	0	8	204.4	32.4	206	1	1003.2	100
5/26/2023	22.5	55.4	0	11.1	154.3	36.4	180.5	1	1001.9	100
5/27/2023	22.4	56.1	0	16.9	204.3	64.4	222.4	1	1000.1	100
5/28/2023	21.9	58.3	0	17.2	180.8	52.6	192.3	1	998.5	100
5/29/2023	21.3	60.7	0	13.7	177.2	44.3	165.3	0	1000	100
5/30/2023	22.1	63.3	0	8.7	181.2	28.1	146.6	0	1002.7	100
5/31/2023	20.5	73.9	7.2	4.7	199.8	36.4	121.4	0	1004.2	100
6/1/2023	23.2	54.1	0	14.1	145.1	40.3	233.1	1	1002.5	100
6/2/2023	21.7	53.2	0	9.3	214.4	28.1	112.8	0	1000.6	100
6/3/2023	23.1	53.6	0	9.3	166.8	32.4	202.4	1	1001.7	100
6/4/2023	23.5	51.5	0	7	158.1	36.4	187.7	1	1006.1	100
6/5/2023	23.7	50.7	0	16.5	148.1	40.3	221.7	1	1006.6	100
6/6/2023	24.1	41.8	0	15.6	195.2	40.3	237.6	1	1004.7	100
6/7/2023	24.1	48.9	0	12	206.8	40.3	217.3	1	1003.4	100
6/8/2023	24.8	49.5	0	9.8	202.2	40.3	184.8	1	1001.4	100
6/9/2023	24.7	54.8	0	10	212.5	32.4	228.9	1	1000.6	100
6/10/2023	24.9	54	0	6.9	198.9	28.1	172.5	1	998.4	100
6/11/2023	23.6	67.7	0.6	6.2	171.7	32.4	121.9	0	997.5	100
6/12/2023	23.2	68	2.4	6.6	200.6	28.1	142.4	0	997.3	100
6/13/2023	23.5	62.7	0	11.3	176.9	36.4	180.9	1	998.2	100
6/14/2023	24.1	57.8	0	8.3	209.5	32.4	242.7	1	1001.2	100
6/15/2023	24.5	58.2	0	9.2	185.8	48.2	182.3	1	1000.8	100
6/16/2023	24.2	61.2	10.5	6.4	173.7	32.4	149.5	0	994.8	100
6/17/2023	22.3	74.3	3	8.1	209.3	32.4	137	0	994.8	100
6/18/2023	21.3	72.8	7.5	13.5	212.1	48.2	167.9	0	1000.5	100
6/19/2023	25.1	59.2	0	10.6	235.1	40.3	204.1	1	1003.8	100
6/20/2023	26	55	0	6.8	199.2	32.4	228.7	1	1004.8	100
6/21/2023	27.2	45.1	0	9.5	138.1	40.3	244.4	1	1005.4	100
6/22/2023	28.9	39.4	0	11.2	123.8	44.3	246.7	1	1006.3	100
6/23/2023	29.1	43.7	0	12.6	138.8	44.3	236.8	1	1005	100
6/24/2023	29.1	40.2	0	10.2	174.6	36.4	245.8	1	1003.1	100
6/25/2023	28.4	46.3	0	8.4	192.2	32.4	203.8	1	1000.7	100
6/26/2023	28.1	54.9	0	9.4	152.4	44.3	193.9	1	998.9	100
6/27/2023	27.8	52.3	0	12.4	141.5	44.3	247.1	1	1000.8	100
6/28/2023	28.4	45.8	0	8.5	191.4	32.4	247.9	1	1000.8	100
6/29/2023	27.8	56.6	0	14.9	177.9	48.2	182.3	1	1001.4	100
6/30/2023	26.3	58.3	0	8.9	185.5	32.4	218.8	1	1003.2	100
7/1/2023	26.8	54.9	0	7.9	188.9	32.4	240	1	1000.1	100
7/2/2023	27.4	61.5	0	6.8	208.1	28.1	240.1	1	997.2	100
7/3/2023	28.4	60.8	0	11.5	217.3	40.3	221.2	1	999.2	100
7/4/2023	29	55.9	0	7.8	183.1	32.4	198.2	1	1001.6	100
7/5/2023	29.6	49.6	0	12.1	174.5	44.3	244.3	1	999.5	100
7/6/2023	29.8	46.1	0	19.1	175.6	48.2	242.2	1	999.3	100
7/7/2023	30.7	43.9	0	12.2	200.4	48.2	236.3	1	1001.7	100
7/8/2023	29.5	44.9	0	16.9	175.3	56.5	239.1	1	1003.6	100
7/9/2023	28	51.4	0	12.2	187.9	36.4	252.9	1	1006.3	100
7/10/2023	28.2	44.2	0	9.4	144.1	36.4	220.8	1	1007.2	100

Παρατίθενται τα δεδομένα που λήφθηκαν από τις καταγραφές του έξυπνου μετρητή υγρασίας εδάφους για το διάστημα 17/05/2023-10/07/2023:

Category	Soil moisture	FC	PWP	MAD	Battery level	Irrigation	Evapotranspiration
5/17/2023	25.8	30.5	20.5	25.5	100	0	2.57
5/18/2023	25.3	30.5	20.5	25.5	100	0	5.6
5/19/2023	27.8	30.5	20.5	25.5	100	0	3.72
5/20/2023	29.9	30.5	20.5	25.5	100	0	4.68
5/21/2023	25.6	30.5	20.5	25.5	100	0	4.29
5/22/2023	27.7	30.5	20.5	25.5	100	0	3.15
5/23/2023	30.8	30.5	20.5	25.5	100	0	3.78
5/24/2023	31.1	30.5	20.5	25.5	100	0	4.6
5/25/2023	30.2	30.5	20.5	25.5	100	0	5.43
5/26/2023	30	30.5	20.5	25.5	100	0	4.3
5/27/2023	29.1	30.5	20.5	25.5	100	0	4.38
5/28/2023	27.7	30.5	20.5	25.5	100	0	3.74
5/29/2023	28.4	30.5	20.5	25.5	100	0	3.27
5/30/2023	30.8	30.5	20.5	25.5	100	0	3.44
5/31/2023	33.1	30.5	20.5	25.5	100	0	2.88
6/1/2023	33.3	30.5	20.5	25.5	100	0	5.88
6/2/2023	32.3	30.5	20.5	25.5	100	0	2.42
6/3/2023	31.4	30.5	20.5	25.5	100	0	5.89
6/4/2023	28.9	30.5	20.5	25.5	100	0	5.08
6/5/2023	30.5	30.5	20.5	25.5	100	0	5.51
6/6/2023	29.4	30.5	20.5	25.5	100	0	3.85
6/7/2023	30.1	30.5	20.5	25.5	100	0	2.96
6/8/2023	31.6	30.5	20.5	25.5	100	0	4.62
6/9/2023	28.4	30.5	20.5	25.5	100	248.88	6.48
6/10/2023	24.2	30.5	20.5	25.5	100	341.52	4.42
6/11/2023	21.3	30.5	20.5	25.5	100	394.62	3.27
6/12/2023	20	30.5	20.5	25.5	100	395.94	3.49
6/13/2023	20.6	30.5	20.5	25.5	100	276.78	3.63
6/14/2023	21.9	30.5	20.5	25.5	100	354.24	4.04
6/15/2023	19.5	30.5	20.5	25.5	100	309.78	6.63
6/16/2023	25.9	30.5	20.5	25.5	100	0	4.84
6/17/2023	29.6	30.5	20.5	25.5	100	0	4.02
6/18/2023	29.6	30.5	20.5	25.5	100	0	2.5
6/19/2023	26.8	30.5	20.5	25.5	100	0	3.37
6/20/2023	24.4	30.5	20.5	25.5	100	0	5.72
6/21/2023	33.9	30.5	20.5	25.5	100	0	6.96
6/22/2023	27.3	30.5	20.5	25.5	100	0	7.05
6/23/2023	31.6	30.5	20.5	25.5	100	0	7.09
6/24/2023	30.1	30.5	20.5	25.5	100	201.12	6.02
6/25/2023	22.6	30.5	20.5	25.5	100	362.82	7.97
6/26/2023	19.3	30.5	20.5	25.5	100	0	6.33
6/27/2023	26.8	30.5	20.5	25.5	100	300.66	5.11
6/28/2023	19.8	30.5	20.5	25.5	100	398.58	6.43
6/29/2023	18.5	30.5	20.5	25.5	100	0	7.23
6/30/2023	26.1	30.5	20.5	25.5	100	314.22	4.87
7/1/2023	19.5	30.5	20.5	25.5	100	420.96	5.16
7/2/2023	19.3	30.5	20.5	25.5	100	0	6.63
7/3/2023	23.7	30.5	20.5	25.5	100	399.12	6.52
7/4/2023	17.2	30.5	20.5	25.5	100	471.12	6.02
7/5/2023	19.9	30.5	20.5	25.5	100	0	6.36
7/6/2023	28.1	30.5	20.5	25.5	100	210.6	7.6
7/7/2023	20.1	30.5	20.5	25.5	100	472.74	6.29
7/8/2023	15.3	30.5	20.5	25.5	100	523.8	7.3
7/9/2023	14.3	30.5	20.5	25.5	100	531	6
7/10/2023	13.8	30.5	20.5	25.5	100	553.56	7.26