



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΑΝΑΓΚΕΣ ΣΕ ΝΕΡΟ, ΑΡΔΕΥΤΙΚΗ ΠΡΑΚΤΙΚΗ, ΥΔΑΤΙΚΟ
ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ ΚΑΙ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΕΞΥΠΝΗΣ
ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΓΙΑ ΑΡΔΕΥΟΜΕΝΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΑΜΠΕΛΟΥ ΣΤΟ
ΠΛΑΙΣΙΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ ΕΓΓΕΙΩΝ
ΒΕΛΤΙΩΣΕΩΝ**

Αικατερίνη-Γλαύκη Αποστολοπούλου

Επιβλέπων: Ιωάννης Τσιρογιάννης

Αναπληρωτής Καθηγητής

Άρτα, Ιανουάριος 2022

**WATER NEEDS, IRRIGATION PRACTICE, WATER FOOTPRINT
AND USE OF SMART AGRICULTURE SYSTEMS FOR
IRRIGATED VINEYARDS IN THE FRAMEWORK OF A LAND
RECLAMATION ORGANISATION**

Εγκρίθηκε από τριμελή εξεταστική επιτροπή

Τόπος, Ημερομηνία

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

1. Επιβλέπων καθηγητής
Τσιρογιάννης Ιωάννης, Αν. Καθηγητής

2. Μέλος επιτροπής
Πατακιούτας Γεώργιος, Αν. Καθηγητής

3. Μέλος επιτροπής
Καριπίδης Χαράλαμπος, Καθηγητής

© Αποστολοπούλου Αικατερίνη- Γλαύκη, 2021

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Δήλωση μη λογοκλοπής

Δηλώνω υπεύθυνα και γνωρίζοντας τις κυρώσεις του Ν. 2121/1993 περί Πνευματικής Ιδιοκτησίας, ότι η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία είναι εξ ολοκλήρου αποτέλεσμα δικής μου ερευνητικής εργασίας, δεν αποτελεί προϊόν αντιγραφής ούτε προέρχεται από ανάθεση σε τρίτους. Όλες οι πηγές που χρησιμοποιήθηκαν (κάθε είδους, μορφής και προέλευσης) για τη συγγραφή της περιλαμβάνονται στη βιβλιογραφία.

Αποστολοπούλου Αικατερίνη Γλαύκη

Υπογραφή

1. ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την περάτωση της παρούσας πτυχιακής εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Ιωάννη Τσιρογιάννη για την καθοδήγηση, υποστήριξη και εμπιστοσύνη που μου έδειξε στην εκπόνηση της παρούσας εργασίας. Επίσης θα ήθελα να τον ευχαριστήσω για την προθυμία του και τις γνώσεις που αποκόμισα σε όλη τη διάρκεια των φοιτητικών μου χρόνων.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την κα. Πηνελόπη Μπαλτζώη για τις συμβουλές και την πολύτιμη βοήθεια της καθώς και την κα. Κωνσταντίνα Φωτιά για την κατατόπιση στο αντικείμενο του υδατικού αποτυπώματος. Επιπλέον ευχαριστώ θερμά τον πρόεδρο του ΤΟΕΒ Γραμμενίτσας-Βλαχέρνας κ. Σταύρο Βίτσιο για τον χρόνο που αφιέρωσε στην απάντηση των ερωτήσεων μου. Επίσης ευχαριστώ τον παραγωγό κ. Τσώλη Αθανάσιο που φιλοξένησε στον αμπελώνα του την πειραματική διαδικασία με πνεύμα συνεργασίας..

Ακόμη θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την συνεχή υποστήριξη τους σε όλα τα στάδια της ζωής μου έως και σήμερα. Ευχαριστώ επίσης τους φίλους μου για την υπομονή τους όλο αυτό το διάστημα και τις ωραίες στιγμές που μου χάρισαν.

Τέλος ευχαριστώ εκ των προτέρων τους καθηγητές της επιτροπής αξιολόγησης κ. Γεώργιο Πατακιούτα και κ. Χαράλαμπο Καριπίδη για την ανάγνωση και αξιολόγηση αυτής της πτυχιακής εργασίας.

2. ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία πραγματεύεται την εφαρμογή προσεγγίσεων έξυπνης γεωργίας στο πλαίσιο της άρδευσης αμπελώνων στην Ελλάδα καθώς και της αξιοποίησης του δείκτη του Υδατικού Αποτυπώματος, με στόχο την ωφέλεια του περιβάλλοντος, του παραγωγού και των Οργανισμών Εγγείων Βελτιώσεων. Αρχικά δίνονται πληροφορίες για τους Οργανισμούς Εγγείων Βελτιώσεων και ειδικότερα για τον τρόπο λειτουργίας του τοπικού οργανισμού εγγείων βελτιώσεων (ΤΟΕΒ) Γραμμενίτσας – Βλαχέρνας, στην περιοχή της Άρτας. Έπειτα, αναλύεται η αρδευτική πρακτική της αμπέλου, οι ιδιαιτερότητες στην άρδευση στα βλαστικά της στάδια, τα συστήματα και οι τρόποι διαχείρισης της άρδευσης της. Επιπλέον, παρατίθεται η νομοθεσία για τα όρια χρήσης νερού για την άμπελο και με την βοήθεια ειδικής εφαρμογής υπολογίζονται τα όρια χρήσης νερού για την περίπτωση αμπελώνα αρδευόμενου από τον ΤΟΕΒ Γραμμενίτσας – Βλαχέρνας, τα οποία είναι $417-507 \text{ m}^3/\text{στρέμμα}$ για όλη την αρδευτική περίοδο. Στη συνέχεια, σύμφωνα με τα πρότυπα του FAO, υπολογίζονται με το πρόγραμμα CropWat οι ανάγκες σε νερό ενός αμπελώνα στην Άρτα, που βρέθηκαν ίσες με 273 mm (ή $\text{m}^3/\text{στρέμμα}$). Επιπρόσθετα, στο πλαίσιο πειράματος, χρησιμοποιείται το πρόγραμμα διαχείρισης άρδευσης IRMA_SYS για τον υπολογισμό της εδαφικής υγρασίας, του αριθμού και της ποσότητας των αρδεύσεων του αμπελώνα τα δεδομένα του χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό του Υδατικού Αποτυπώματος της καλλιέργειας με τη χρήση του CropWat για την καλλιεργητική περίοδο του 2021. Το συνολικό υδατικό αποτύπωμα είναι ίσο με $253,72 \text{ m}^3/\text{tn}$ παραγωγής. Το συμπέρασμα είναι ότι η ορθολογική διαχείριση του αρδευτικού νερού στην αμπελοκαλλιέργεια είναι απαραίτητη για την αύξηση των αποδόσεων, ενώ η χρήση συστημάτων έξυπνης γεωργίας και η ορθολογική λίπανση μπορεί να μειώσει το υδατικό αποτύπωμα της αμπελοκαλλιέργειας. Τέλος, η χρήση συμμετοχικών συστημάτων διαχείρισης της άρδευσης, όπως το IRMA_SYS, μπορεί να εφαρμοστεί στους ΤΟΕΒ διευκολύνοντας το έργο τους.

Λέξεις-κλειδιά: Υδατικό αποτύπωμα, άρδευση, άμπελος, έξυπνη γεωργία, ΤΟΕΒ

3. ABSTRACT

The present degree thesis concerns the contribution of Smart Agriculture into Greek vineyards and particularly their irrigation, using relevant management programs and the Water Footprint Index, under the scope of benefitting both the producer and the environment, as well as Land Reclamation Organizations. Initially, information is presented about Land Reclamation Organizations and more detail on the operation procedures of the local Grammenitsa / Vlacherna Land Reclamation Organization, in the ~~greater~~ Arta area, Greece. These are followed by analysis on vine irrigation practice and irrigation particularities during stemming stages, as well as about its irrigation management systems and methods. Additionally, current legislation is presented concerning water use limits for vines. Later, such limits are calculated and found within the range $4170 \text{ m}^3/\text{ha} - 5070 \text{ m}^3/\text{ha}$, by using a special application for the case of a specific vineyard irrigated by the Grammenitsa / Vlacherna local Land Reclamation Organization for the entire irrigation period. Continuing according to FAO Standards, the water irrigation needs of this vineyard in the Arta area, were calculated using CropWat software program and found equal to $27.3 \text{ mm} (\text{m}^3/\text{ha})$. Further, within experimental frame, the IRMA_SYS irrigation management software was used to calculate soil humidity and the water quantity and number of irrigation repetitions for the vineyard. Its relevant data were used to calculate the Water Footprint of this specific agricultural cultivation, through use of CropWat software for the 2021 agricultural period. The calculated total Water Footprint was found equal to $253.72 \text{ m}^3/\text{tn}$ of product.

Keywords: Water footprint, irrigation, vine, smart agriculture, Land Reclamation Organization

4. ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

1.	ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	6
2.	ΠΕΡΙΛΗΨΗ	7
3.	ABSTRACT	8
4.	ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	9
5.	ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	11
6.	ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ/ΕΙΚΟΝΩΝ	12
7.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	14
8.	ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ ΕΓΓΕΙΩΝ ΒΕΛΤΙΩΣΕΩΝ	16
8.1.	ΤΟΕΒ ΓΡΑΜΜΕΝΙΤΣΑΣ-ΒΛΑΧΕΡΝΑΣ	20
9.	ΑΡΔΕΥΤΙΚΗ ΠΡΑΚΤΙΚΗ ΑΜΠΕΛΟΥ	25
9.1.	ΥΔΑΤΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΒΛΑΣΤΙΚΑ ΣΤΑΔΙΑ	26
9.1.1.	ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΑΠΟ ΕΚΒΛΑΣΤΗΣΗ ΛΑΝΘΑΝΟΝΤΩΝ ΟΦΘΑΛΜΩΝ ΕΩΣ ΚΑΡΠΟΔΕΣΗ	29
9.1.2.	ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΑΠΟ ΑΡΧΗ ΩΡΙΜΑΝΣΗΣ ΕΩΣ ΠΛΗΡΗ ΩΡΙΜΑΝΣΗ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ	30
9.2.	ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΡΔΕΥΣΗΣ	32
9.2.1.	ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ	32
9.2.2.	ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗ ΑΡΔΕΥΣΗΣ	34
9.3.	ΟΡΙΑ ΧΡΗΣΗΣ ΝΕΡΟΥ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ	37
9.3.1.	ΕΦΑΡΜΟΓΗ IRMA_SYS ΟΡΙΑ	38
9.3.2.	ΣΧΕΔΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΥΔΑΤΩΝ ΤΟΥ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ ΗΠΕΙΡΟΥ	45
9.4.	ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΑΝΑΓΚΩΝ ΣΕ ΝΕΡΟ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΜΠΕΛΟ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ FAO	47
9.4.1.	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ CROPWAT	48
9.4.2.	ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ CLIMWAT	49
9.4.3.	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΡΔΕΥΤΙΚΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΓΙΑ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΟΙΝΟΠΟΙΗΣΙΜΗΣ ΑΜΠΕΛΟΥ ΣΤΗΝ ΑΡΤΑ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ CROPWAT	50

10. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΓΙΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΑΜΠΕΛΟΥ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΓΡΑΜΜΕΝΙΤΣΑΣ ΣΤΗΝ ΑΡΤΑ	56
10.1. ΧΡΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΞΥΠΝΗΣ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΣΥΜΒΟΥΛΗ ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΤΟΥ ΑΜΠΕΛΩΝΑ	58
10.2. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΑΡΔΕΥΤΙΚΗ ΠΡΑΚΤΙΚΗ ΠΟΥ ΑΚΟΛΟΥΘΗΘΗΚΕ	62
10.3. ΥΔΑΤΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ WF	64
10.4. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2021 ΓΙΑ ΑΜΠΕΛΩΝΑ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΑΡΤΑΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΕΞΥΠΝΗΣ ΓΕΩΡΓΙΑΣ	70
11. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ	75
12. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	78

5. ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Γενικοί Οργανισμοί Εργείων Βελτιώσεων (ΓΟΕΒ) στην Περιφέρεια Ηπείρου	16
Πίνακας 2: Τοπικοί Οργανισμοί Εργείων Βελτιώσεων (ΤΟΕΒ) στην Περιφέρεια Ηπείρου	17
Πίνακας 3: Ένταση υδατικής καταπόνησης των πρέμνων και υδατικό δυναμικό σε ΜΡα.....	28
Πίνακας 4: Ανάγκες σε m^3 /στρέμμα νερού ανά κατηγορία καλλιεργειών για το υδατικό διαμέρισμα Ηπείρου σύμφωνα με την Κ.Υ.Α. Φ16/6631/89 (ΦΕΚ 428 Β / 1989)	38
Πίνακας 5: Όρια χρήσης νερού στην άμπελο σύμφωνα με την εφαρμογή IRMA_SYS OPIA	45
Πίνακας 6: Ετήσιες εκτιμώμενες απολήψεις ύδατος για το υδατικό διαμέρισμα της Ηπείρου	46
Πίνακας 7: Μέσα ύψη βροχής ανά μήνα στην Άρτα.....	51
Πίνακας 8: Καλλιεργητικά δεδομένα για το πειραματικό αγροτεμάχιο.....	71

6. ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ/ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Περιοχές ΓΟΕΒ Πεδιάδας Άρτας, 3. ΤΟΕΒ Γραμμενίτσας- Βλαχέρνας	22
Εικόνα 2: Υδατικό διαμέρισμα Ηπείρου (ΕΛ05) και στη Λεκάνη Απορροής Ποταμού Αράχθου (ΕΛ0514)	23
Εικόνα 3: Η μια πλευρά της διπλής δεξαμενής στον ΤΟΕΒ Γραμμενίτσας- Βλαχέρνας	24
Εικόνα 4: Φράγμα ποταμού Αράχθου	25
Εικόνα 5:Υδροληψία ΤΟΕΒ (Αύλακας)	26
Εικόνα 6:Αντλίες στο αντλιοστάσιο του ΤΟΕΒ	26
Εικόνα 7: Υδροληψία στον ΤΟΕΒ Γραμμενίτσας- Βλαχέρνας	27
Εικόνα 8: Μικροάρδευση ελαιώνα στον ΤΟΕΒ Γραμμενίτσας- Βλαχέρνας	28
Εικόνα 9:Συσκευή μέτρησης υδατικού δυναμικού φύλλων	32
Εικόνα 10: Α: Μέθοδος PRD σε γλάστρες Β: Ομοιόμορφη κατανομή νερού (ΕΛΓΟ ΔΗΜΗΤΡΑ, 2019)	40
Εικόνα 11: Εφαρμογή IRMA_SYS ΟΡΙΑ	42
Εικόνα 12: Υδατικά διαμερίσματα	43
Εικόνα 13: Διαθέσιμες καλλιέργειες	44
Εικόνα 14: Μέθοδοι άρδευσης	44
Εικόνα 15: Είδος συλλογικού δικτύου άρδευσης	45
Εικόνα 16: Επιλογή είδους αγωγού	46
Εικόνα 17: Απώλειες νερού στην περίπτωση κλειστού αγωγού	47
Εικόνα 18: Πεδίο επιλογής αρδευτικής περιόδου	47
Εικόνα 19: Ετήσια κατανομή ζήτησης του διαμερίσματος της Ηπείρου	50
Εικόνα 20: Κατανομή ετήσιων απολήψεων ύδατος στη ΛΑΠ Αράχθου	50
Εικόνα 21: Πρόγραμμα CropWat του FAO	51
Εικόνα 22: Το πρόγραμμα ClimWat του FAO	53
Εικόνα 23: Κλιματικές ζώνες Ελλάδας	54
Εικόνα 24: Επιλογή σταθμού Κέρκυρας στο CLIMWAT	55
Εικόνα 25: Αρχείο μηνιαίων τιμών	56
Εικόνα 26: Δεδομένα βροχόπτωσης	57
Εικόνα 27: Κς για τα διάφορα στάδια ανάπτυξης οινοποιήσιμης ποικιλίας αμπέλου.	57
Εικόνα 28: Παράμετροι εδάφους	58
Εικόνα 29: Ανάγκες αμπέλου σε νερό	59
Εικόνα 30: Διάγραμμα αναγκών σε νερό	59
Εικόνα 31: Πειραματικός αμπελώνας ποικιλίας Βερτζαμί στην Γραμμενίτσα Άρτας	60
Εικόνα 32: Πρέμνα ποικιλίας Βερτζαμί	60
Εικόνα 33: Πρέμνα ποικιλίας Βερτζαμί	61
Εικόνα 34: Ρυθμιζόμενος σταλάκτης (0-70 Lh ⁻¹)	61
Εικόνα 35: Σύστημα υποστήριξης αποφάσεων σχετικά με τη διαχείριση της άρδευσης (IRMA_SYS)	
https://arta.irmasys.eu/	62
Εικόνα 36: Μετεωρολογικοί σταθμοί στην ευρύτερη περιοχή της Άρτας	63

<i>Εικόνα 37: Εγκατάσταση αισθητήρων στο αγροτεμάχιο</i>	64
<i>Εικόνα 38: Αισθητήρας τύπου 10HS, METER Group, Inc. και υδρόμετρο ακρίβειας 1L, τύπου DS-TRP, Madalena S.P.A., Italy</i>	65
<i>Διάγραμμα 1: Εδαφική υγρασία αισθητήρων και εδαφική υγρασία μοντέλου συστήματος, με βάση τις πραγματοποιηθείσες αρδεύσεις και την ενεργό βροχόπτωση</i>	66
<i>Διάγραμμα 2: Ενεργός βροχόπτωση, αρδεύσεις που πραγματοποιήθηκαν και εκτιμήσεις αρδευτικών αναγκών μαζί με την εδαφική υγρασία του μοντέλου του συστήματος.</i>	67
<i>Εικόνα 40: Τα τρία συστατικά που συνθέτουν το συνολικό Υδατικό Αποτύπωμα (Πράσινο Υδατικό Αποτύπωμα, Μπλε Υδατικό Αποτύπωμα, Γκρίζο Υδατικό Αποτύπωμα).</i>	69
<i>Εικόνα 41: Υπολογισμός του συνολικού υδατικού αποτυπώματος.</i>	70
<i>Εικόνα 42: Μετεωρολογικά δεδομένα για τον μήνα Δεκέβριο στο CropWat</i>	74
<i>Εικόνα 43: Μετεωρολογικά δεδομένα για όλο το έτος 2021 στο CropWat</i>	75
<i>Εικόνα 44: Τα χιλιοστά βροχής για όλο το έτος 2021 στο CropWat</i>	75
<i>Εικόνα 45: Καλλιεργητικοί συντελεστες για τα διάφορα στάδια της καλλιεργείας στο CropWat</i>	76
<i>Εικόνα 46: Δεδομένα εδάφους για το πειραματικό αγροτεμάχιο στο CropWat.</i>	76
<i>Εικόνα 47: Συνολικά αποτελέσματα από το CropWat</i>	77

7. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Με την ανάγκη για αύξηση της παραγωγής των τροφίμων κατά 70% έως το 2050 λόγω της αναμενόμενης αύξησης του παγκόσμιου πληθυσμού ενώ παράλληλα ο πλανήτης μαστίζεται από τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, η σύγχρονη γεωργία καλείται να αντιμετωπίσει προβλήματα καίριας σημασίας, όπως η έλλειψη νερού και η μείωση καλλιεργήσιμης γης. Συνεπώς, υπάρχει ανάγκη για ορθή επιλογή των καλλιεργειών, προσαρμοσμένη γεωργική πρακτική και βιωσιμότητα. Οι καλλιεργητικές φροντίδες, η προστασία από εχθρούς, ασθένειες και ζιζάνια και ιδιαίτερα η αρδευτική πρακτική χρειάζεται να εναρμονιστούν με τις μεταβαλλόμενες συνθήκες. Προκειμένου να αντιμετωπιστούν τα παραπάνω προβλήματα είναι αναγκαίο να χρησιμοποιηθούν τεχνικές Γεωργίας Ακριβείας (Precision Agriculture – PA) (Λαλούσης, 2019). Ως γεωργία ακριβείας ορίζουμε «την διαχείριση της χωρικής και χρονικής παραλλακτικότητας του εδάφους, του κλίματος και της καλλιέργειας με στόχο τη βελτίωση της αποδοτικότητας των καλλιεργειών, την καλύτερη αξιοποίηση των φυσικών πόρων και την προστασία του περιβάλλοντος.» (Ταγαράκης, 2014). Προσθέτοντας στην τεχνική της Γεωργίας Ακριβείας τεχνολογίες πληροφορικής και επικοινωνιών η ίδια εξελίσσεται σε έξυπνη γεωργία η οποία ορίζεται από τον Pavoτο και άλλους (2019) ως «Η χρήση τεχνολογιών πληροφορικής και επικοινωνίας στη διαχείριση των γεωργικών εκμεταλλεύσεων παράλληλα εστιασμένη στην παραγωγικότητα, αποδοτικότητα και την διαχείριση των φυσικών πόρων».

Με τις παραπάνω εξελίξεις να επηρεάζουν άμεσα και την Ελλάδα, οι μέθοδοι της Γεωργίας Ακριβείας έχουν αρχίσει να αναπτύσσονται και στην καλλιέργεια της αμπέλου (αμπελουργία ακριβείας- precision viticulture), μια από τις πιο παλιές και σημαντικές καλλιέργειες στη χώρα μας. Παρά την μικρή έκταση που καταλαμβάνει (μόλις 1.300.000 στρέμματα) η αμπελουργία εμπλέκεται σημαντικά στις εξαγωγές της χώρας, ειδικά σε επιτραπέζια σταφύλια και σταφίδες, με την παραγωγή των τελευταίων να έχει φέρει την Ελλάδα στην τέταρτη θέση παγκοσμίως. Ωστόσο ο κύριος όγκος παραγωγής σταφυλιών (50%-60%) αντιστοιχεί σε οινοποιήσιμες ποικιλίες, πολλές από αυτές γηγενείς (Ταγαράκης, 2014).

Είναι γνωστό πως η αρδευτική πρακτική επηρεάζει άμεσα την αναπτυξιακή και παραγωγική κατάσταση των πρέμων, καθώς και την ποιότητα της παραγωγής τους. Για την ανάπτυξη μιας ισορροπημένης διαχείρισης του νερού σε όλα τα στάδια της

καλλιέργειας με απώτερο στόχο την ποσοτική και ποιοτική άνοδο της παραγωγής είναι αναγκαία η παρακολούθηση της υδατικής κατάστασης των πρέμνων και η άρδευση με την απαιτούμενη ποσότητα νερού. Παράλληλα στο πλαίσιο της Αμπελουργία Ακριβείας δεν πρέπει να αγνοηθούν και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της χρήσης των υδάτινων πόρων για την παραγωγή των αμπελοκομικών προϊόντων. Η επίτευξη και των δύο αυτών στόχων μπορεί να γίνει με τη χρήση υπολογιστικών προγραμμάτων, κατάλληλου εξοπλισμού και τη χρήση δεικτών χρήσης νερού όπως το υδατικό αποτύπωμα. Τέλος, ιδιαίτερα σημαντική είναι και η κατανόηση του τρόπου λειτουργίας των υπηρεσιών διαχείρισης του αρδευτικού νερού, που είναι οι Οργανισμοί Εγγείων Βελτιώσεων (ΟΕΒ) και κατ' επέκταση και οι ΤΟΕΒ, οι οποίοι διαχειρίζονται την άντληση και διάθεση του αρδευτικού νερού στους παραγωγούς.

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι:

- Η βασική παρουσίαση της λειτουργίας των Οργανισμών Εγγείων Βελτιώσεων
- Η μελέτη της αρδευτικής πρακτικής της αμπέλου
- Ο υπολογισμός των αναγκών σε νερό της καλλιέργειας της αμπέλου
- Η χρήση συστημάτων έξυπνης γεωργίας για την άρδευση και τον υπολογισμό του δείκτη του Υδατικού Αποτυπώματος σε πειραματικό αμπελώνα

8. ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ ΕΓΓΕΙΩΝ ΒΕΛΤΙΩΣΕΩΝ

Το 80-85% της συνολικής κατανάλωσης ύδατος στην Ελλάδα σχετίζεται με την αγροτική παραγωγή, έτσι τα εγχειοβελτιωτικά έργα κρίνονται ως εξαιρετικά σημαντικά για την ελληνική γεωργία επιτρέποντας την αναμόρφωση εκτεταμένων περιοχών. Σύμφωνα με τους Δέρκα, Σκούρα και Ψαλτόπουλο (2021), τα συλλογικά αρδευτικά έργα, τα οποία αποτελούν σημαντική κατηγορία εγχειοβελτιωτικών έργων, εξυπηρετούν περίπου 6.000.000 στρέμματα, ήτοι το 45% της συνολικής αρδευόμενης έκτασης της χώρας. Οι Τοπικοί Οργανισμοί Εγγείων Βελτιώσεων ονομαζόμενοι ΤΟΕΒ, υποστηριζόμενοι από τους Γενικούς Οργανισμούς Εγγείων Βελτιώσεων (ΓΟΕΒ) είναι υποχρεωτικοί συνεταιρισμοί αγροτών που έχουν αναλάβει τα συγκεκριμένα έργα από το 1958, όταν θεσμοθετήθηκαν. Αρχικά οι ΓΟΕΒ και ΤΟΕΒ βρίσκονταν υπό την αιγίδα της Υπηρεσίας Εγγείων Βελτιώσεων (ΥΕΒ), η οποία ήταν ορθά στελεχωμένη και εξοπλισμένη ώστε να επιτελεί το έργο της. Αργότερα, το 1992 η ΥΕΒ συρρικνώθηκε και η διαχείριση των ΓΟΕΒ και ΤΟΕΒ έχει περάσει σήμερα στις περιφέρειες. Η κατάργηση της ΥΕΒ είχε ως αποτέλεσμα οι οργανισμοί να μείνουν χωρίς τεχνική υποστήριξη (Δέρκας, et al., 2021).

Εντός της περιφέρειας Ηπείρου και σύμφωνα με το έργο Εδαφικής Συνεργασίας IR2MA (Interreg V-A Greece-Italy Programme, 2014-2020) υπάρχουν 2 ΓΟΕΒ, με συνολική έκταση τα 55.387 ha και 33 ΤΟΕΒ (Πίνακας 1, Πίνακας 2). Και οι 2 ΓΟΕΒ καθώς και 17 από τους 33 ΤΟΕΒ έχουν άδειες χρήσης νερού. Μέσα σε αυτούς βρίσκεται και ο ΤΟΕΒ Γραμμενίτσας – Βλαχέρνας.

Πίνακας 1: Γενικοί Οργανισμοί Εγγείων Βελτιώσεων (ΓΟΕΒ) στην Περιφέρεια Ηπείρου

α/α	Περιφερειακή ενότητα	ΟΕΒ	Έκταση (ha)	Έκταση (στρ.)
1	ΠΕ Ιωαννίνων	ΓΟΕΒ Λεκανοπεδίου Ιωαννίνων (ΤΟΕΒ Κρύας Λαψίστας, ΤΟΕΒ Πόρου)	5456	54560
2	ΠΕ Άρτας	ΓΟΕΒ Πεδιάδας Άρτας	16523	165230

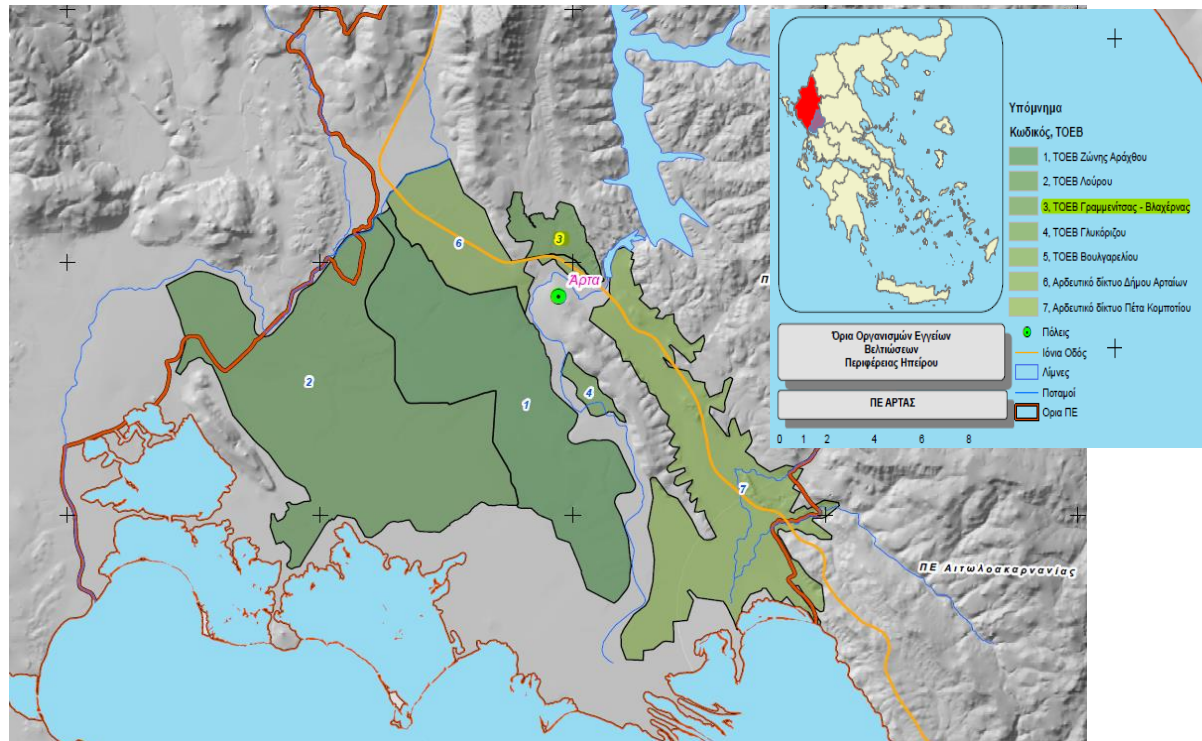
α/α	Περιφερειακή ενότητα	ΟΕΒ	Έκταση (ha)	Έκταση (στρ.)
		(ΤΟΕΒ Αράχθου, Λούρου, Λάμαρης)		

Πίνακας 2: Τοπικοί Οργανισμοί Εγγείων Βελτιώσεων (ΤΟΕΒ) στην Περιφέρεια Ηπείρου

α/α	Περιφερειακή ενότητα	ΟΕΒ	Έκταση (ha)	Έκταση (στρ.)
1	ΠΕ Άρτας	ΤΟΕΒ Αράχθου	5615	56150
2	ΠΕ Άρτας	ΤΟΕΒ Λούρου	8379	83790
3	ΠΕ Άρτας	ΤΟΕΒ Γραμμενίτσας - Βλαχέρνας	579	5790
4	ΠΕ Άρτας	ΤΟΕΒ Γλυκόριζου	222	2220
5	ΠΕ Άρτας	ΤΟΕΒ Βουλγαρελίου	55	550
6	ΠΕ Άρτας	Αρδευτικό δίκτυο Δήμου Αρταίων	1727	17270
7	ΠΕ Άρτας	Αρδευτικό δίκτυο Πέτα Κομποτίου	5382	53820
8	ΠΕ Ιωαννίνων	ΤΟΕΒ Ανατολής	823	8230
9	ΠΕ Ιωαννίνων	ΤΟΕΒ Βασιλικού	245	2450
10	ΠΕ Ιωαννίνων	ΤΟΕΒ Καλλιθέας	239	2390
11	ΠΕ Ιωαννίνων	ΤΟΕΒ Κλειδωνιάς	268	2680
12	ΠΕ Ιωαννίνων	ΤΟΕΒ Κόνιτσας	1362	13620

α/α	Περιφερειακή ενότητα	ΟΕΒ	Έκταση (ha)	Έκταση (στρ.)
13	ΠΕ Ιωαννίνων	ΤΟΕΒ Κουκλιών Μαζαρακίου	495	4950
14	ΠΕ Ιωαννίνων	ΤΟΕΒ Κρύας Λαψίστας	3551	35510
15	ΠΕ Ιωαννίνων	ΤΟΕΒ Λίθινου	229	2290
16	ΠΕ Ιωαννίνων	ΤΟΕΒ Πόρου	1906	19060
17	ΠΕ Ιωαννίνων	ΤΟΕΒ Γκρίμποβου	199	1990
18	ΠΕ Ιωαννίνων	ΤΟΕΒ Μελισσόπετρας Καλόβρυσης	192	1920
19	ΠΕ Ιωαννίνων	ΤΟΕΒ Άνω Καλαμά	1384	13840
20	ΠΕ Ιωαννίνων	ΤΟΕΒ Άνω Αχέροντα	227	2270
21	ΠΕ Θεσπρωτίας	ΤΟΕΒ Βρυσέλλας	112	1120
22	ΠΕ Θεσπρωτίας	ΤΟΕΒ Ελαίας	394	3940
23	ΠΕ Θεσπρωτίας	ΤΟΕΒ Παραποτάμου	213	2130
24	ΠΕ Θεσπρωτίας	ΤΟΕΒ Πεδιάδας Παραμυθιάς	2935	29350
25	ΠΕ Θεσπρωτίας	ΤΟΕΒ Ρίζιανης Κορίτιανης	286	2860
26	ΠΕ Θεσπρωτίας	ΤΟΕΒ Σαγιάδας Ασπροκκλησίου	586	5860
27	ΠΕ Θεσπρωτίας	ΤΟΕΒ Κεστρίνης Ραγίου	2488	24880
28	ΠΕ Θεσπρωτίας	ΤΟΕΒ Χαμηλής Σκάλας Φιλιατών	1114	11140

α/α	Περιφερειακή ενότητα	ΟΕΒ	Έκταση (ha)	Έκταση (στρ.)
29	ΠΕ Θεσπρωτίας	ΤΟΕΒ Υψηλής Σκάλας Φιλιατών	559	5590
30	ΠΕ Θεσπρωτίας	ΤΟΕΒ Αχέροντα Γλυκής	1267	12670
31	ΠΕ Θεσπρωτίας	Αρδευτικό δίκτυο Μαργαριτίου	753	7530
32	ΠΕ Πρέβεζας	ΤΟΕΒ Κερασώνα Παναγια	581	5810
33	ΠΕ Πρέβεζας	ΤΟΕΒ Λάμαρης	2872	28720
34	ΠΕ Πρέβεζας	ΤΟΕΒ Μπόιδα Μαυρή	2084	20840
35	ΠΕ Πρέβεζας	ΤΟΕΒ Αχέροντα	6132	61320

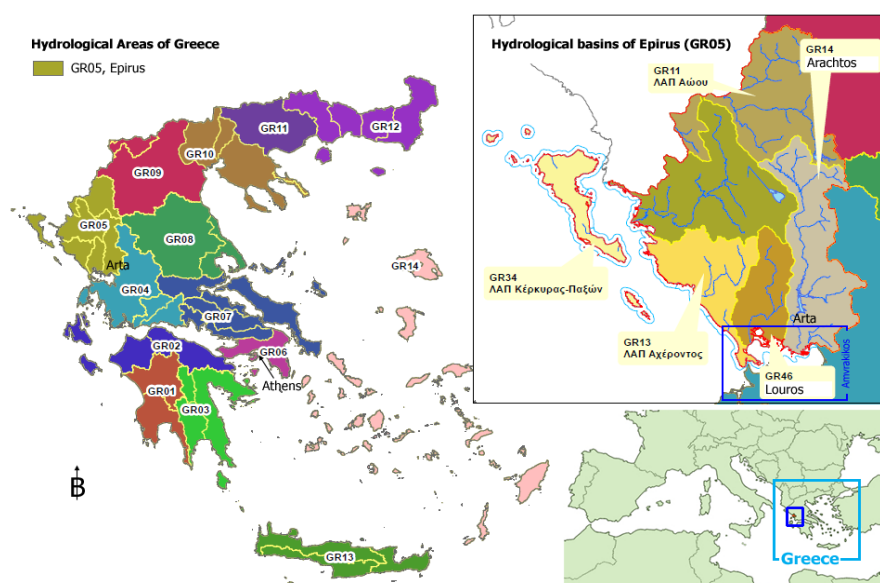


Εικόνα 1: Περιοχές ΓΟΕΒ Πεδιάδας Άρτας, 3. ΤΟΕΒ Γραμμενίτσας- Βλαχέρνας (IR2ΜΑ, 2014-2020)

8.1. ΤΟΕΒ ΓΡΑΜΜΕΝΙΤΣΑΣ-ΒΛΑΧΕΡΝΑΣ

Ο ΤΟΕΒ Γραμμενίτσας – Βλαχέρνας ιδρύθηκε το 1993, έχει έκταση 15.000 στρεμμάτων (1.500 ha) από τα οποία 5.500 στρέμματα (550 ha) εξυπηρετούνται από το υφιστάμενο δίκτυο και αριθμεί 800 μέλη.

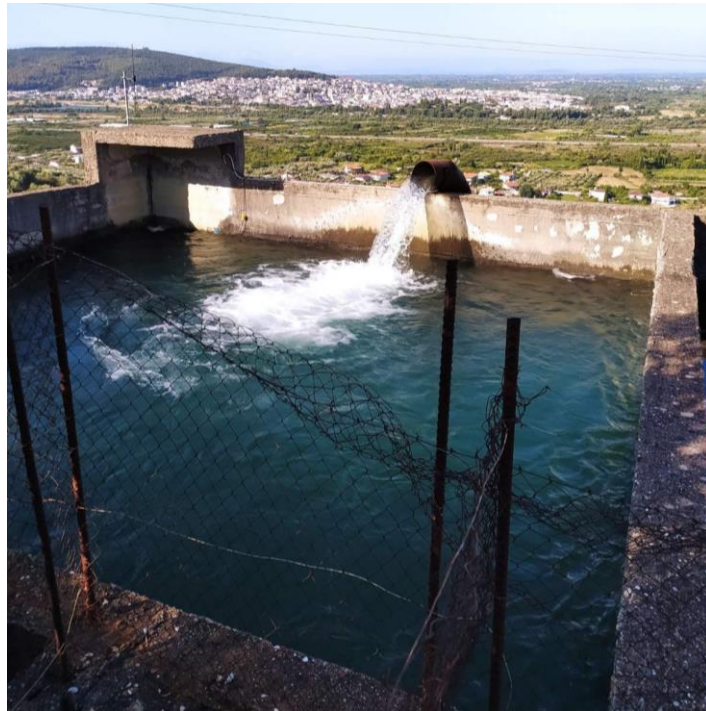
Σύμφωνα με την άδεια χρήσης νερού (ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ, 2019) η αρδευόμενη περιοχή αφορά σε καλλιεργήσιμες εκτάσεις των τοπικών κοινοτήτων Βλαχέρνας και Γραμμενίτσας, Δήμου Αρταίων, Π.Ε. Άρτας. Το σημείο υδροληψίας ποταμός Άραχθος - Άραχθος Π.2, ανήκει στο Υδατικό Διαμέρισμα Ηπείρου (EL05) και στη Λεκάνη Απορροής Ποταμού Αράχθου (EL0514) (Εικόνα 2). Η χρήση του νερού στην περιοχή καθορίζεται από το Σχέδιο διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Ηπείρου (ΥΠΕΚΑ, 2017).



Εικόνα 2: Υδατικό διαμέρισμα Ηπείρου (EL05) και στη Λεκάνη Απορροής Ποταμού Αράχθου (EL0514)

Η περίσσεια του νερού που δεν χρησιμοποιείται από το σύστημα καταλήγει ξανά στον ποταμό Άραχθο και από εκεί στη βόρεια ακτή του Αμβρακικού Κόλπου (περιοχή NATURA 2000). Η ευρύτερη περιοχή του Αμβρακικού κόλπου συνιστά ένα σύνολο οικοσυστημάτων υψηλής οικολογικής αξίας και φυσικού κάλλους, η οποία ανήκει στο δίκτυο προστατευόμενων περιοχών Natura 2000 (Τόπος Κοινοτικής Σημασίας GR2110001, Ζώνη Ειδικής Προστασίας GR2110004), εντάσσεται στο Εθνικό Πάρκο Υγροτόπων Αμβρακικού και τμήμα της συγκαταλέγεται ανάμεσα στους 10 υγροτόπους της συνθήκης Ramsar στη χώρα (3GR009).

Το έργο είναι ένα υφιστάμενο αρδευτικό δίκτυο προς άρδευση 5.500 στρεμμάτων μέσω τριών αντλιοστασίων. Ένα βρίσκεται στην περιοχή της Γραμμενίτσας και δύο αντλιοστάσια βρίσκονται στην περιοχή της Βλαχέρνας. Το δίκτυο διανομής αποτελείται από υπόγειο δίκτυο σωληνώσεων, διαστάσεων $\varnothing 75$ έως $\varnothing 400$ και είναι μήκους 21.400 μέτρων περίπου. Μέρος επίσης του δικτύου αποτελούν τέσσερις δεξαμενές εκ των οποίων οι δύο είναι διπλές με διαχωριστικό.



Εικόνα 3: Η μια πλευρά της διπλής δεξαμενής στον ΤΟΕΒ Γραμμενίτσας- Βλαχέρνας. Ακολουθεί η περιγραφή του δικτύου από το σημείο υδροληψίας μέχρι τα αντλιοστάσια και προς το δίκτυο διανομής, η οποία πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο του έργου IR2MA (Interreg V-A Greece Italy, 2014-2020):

- Από το φράγμα του ποταμού Αράχθου (Πουρνάρι 2) στη θέση με συντεταγμένες (σε ΕΓΣΑ 87) X:241293, Y:4339262 και συγκεκριμένα στο τμήμα του ποταμού Αράχθου με κωδικό σώματος EL0514R000200051N και ονομασία «Αραχθος Π.2», διοχετεύεται νερό στο αρδευτικό δίκτυο μέσω κεντρικού τσιμεντένιου αύλακα διαστάσεων 1μ X 0.90μ και μήκους 4χλμ, ο οποίος είναι υπόγειος σε μήκος 1.200μ (σε βάθος 2.5μ-3μ) και κατά το υπόλοιπο τμήμα επιφανειακός, με σιφόνια στη διέλευση των ρεμάτων.

- Από τον κεντρικό αύλακα τροφοδοτείται το αντλιοστάσιο Α με παρακαμπτήριο προς αυτό και σε περίπτωση πλεονάζοντος ποσότητας νερού (υπερχείλιση), αυτή επιστρέφει στον ποταμό Άραχθο με παρακείμενο αύλακα.
- Το αντλιοστάσιο Α περιλαμβάνει τρεις (3) αντλίες, παροχής 175κ.μ./ώρα και ισχύος 75hp ανά αντλία. Από το αντλιοστάσιο Α και με υπόγειο σωληνωτό δίκτυο διατομής Ø300 τροφοδοτείται το αντλιοστάσιο μετάγγισης γεμίζοντας αρχικά διπλή δεξαμενή χωρητικότητας 800 κ.μ. πλησίον αυτού και στη συνέχεια μέσω υπογείου σωληνωτού δικτύου διατομής Ø400 διπλή δεξαμενή χωρητικότητας 500 κ.μ. Από τις ανωτέρω δεξαμενές με φυσική ροή πλέον και λόγω της βαρύτητας τροφοδοτούνται με σωληνωτό δίκτυο διατομής από Ø75 έως Ø240 οι κρουνοί υδροληψίας για την άρδευση των καλλιεργειών.
- Το υπόλοιπο νερό από τον κεντρικό αύλακα μετά το αντλιοστάσιο Α, οδηγείται στο αντλιοστάσιο Β όπου γεμίζει δύο δεξαμενές (μία στη θέση «Διάσελο» και μία στη θέση «Καπνοτόπια» ή «Κωστήλιες») χωρητικότητας 250 κ.μ. εκάστη. Στο ύψος της θέσης του αντλιοστασίου Β και μετά την πλήρωση των δεξαμενών, το υπόλοιπο νερό επιστρέφει στον ποταμό Άραχθο μέσω παρακείμενου αύλακα. Το αντλιοστάσιο Β περιλαμβάνει τέσσερις αντλίες, παροχής 175κ.μ./ώρα και ισχύος 75hp ή 125 hp ανά αντλία.



Εικόνα 4: Φράγμα ποταμού Αράχθου



Εικόνα 5: Υδροληψία ΤΟΕΒ (Αύλακας)

Σε κάθε αντλία για τα αντλιοστάσια Α και Β έχει τοποθετηθεί ωρομετρητής λειτουργίας και η αντλούμενη ποσότητα από το κάθε αντλιοστάσιο είναι ίση με το γινόμενο του αθροίσματος των ενδείξεων των ωρομετρητών λειτουργίας επί την ωριαία παροχή της κάθε αντλίας, που είναι 175κ.μ./ώρα.



Εικόνα 6: Αντλίες στο αντλιοστάσιο του ΤΟΕΒ

Με βάση την άδεια χρήσης νερού (Ελληνική Δημοκρατία, 2019), η ποσότητα νερού που μπορεί να χρησιμοποιεί κυμαίνεται από 1.258.000κ.μ./έτος έως 1.884.000κ.μ./έτος (ελάχιστη και μέγιστη ετήσια ποσότητα). Η περίοδος χρήσης νερού ορίζεται από 1 Απριλίου έως 30 Σεπτεμβρίου.



Εικόνα 7: Υδροληψία στον ΤΟΕΒ Γραμμενίτσας- Βλαχέρνας

Τέλος, έπειτα από επαφή με τον πρόεδρο του ΤΟΕΒ Γραμμενίτσας – Βλαχέρνας κ. Βίτσιο Σταύρο, λήφθηκαν μερικές επιπλέον πληροφορίες σχετικά με την λειτουργία του, το έτος 2021.

- Ο ΤΟΕΒ Γραμμενίτσας – Βλαχέρνας λειτουργεί παρέχοντας τις υπηρεσίες του από τις 1 Ιουλίου έως τις 30 Σεπτεμβρίου
- Σε ποσοστό έως και 95% ο ΤΟΕΒ Γραμμενίτσας – Βλαχέρνας αρδεύει δενδρώδεις καλλιέργειες με την κυριότερη από αυτές να είναι η ελιά και δευτερεύοντος τα εσπεριδοειδή. Τα υπόλοιπα αφορούν χωράφια με καλαμπόκια, τριφύλλια και άλλου είδους ζωοτροφές. Τέλος, υπάρχει και ένα πολύ μικρό ποσοστό άλλων καλλιεργειών όπως τα αμπέλια.
- Τα κυριότερα συστήματα άρδευσης που χρησιμοποιούνται στην περιοχή ευθύνης του είναι η μικροάρδευση και η τεχνητή βροχή ενώ στην περίπτωση ζωοτροφών χρησιμοποιείται και η κατάκλυση.
- Στον Οργανισμό εργάζονται πλέον 3 εποχικοί υπάλληλοι και κανένας μόνιμος
- Η χρέωση του νερού γίνεται με βάση το κοστολόγιο που εκδίδεται κάθε έτος ανά στρέμμα ως εξής :
 - Πάγιο: 3€ / στρέμμα
 - Αύλακας: 10€ / στρέμμα
 - Παροχές έως 500m²: 40€
 - Παροχές: 80€ / στρέμμα
 - Μπεκάκια: 23€ / στρέμμα
 - Κατάκλυση: 35€ / στρέμμα
- Ο ΤΟΕΒ Γραμμενίτσας – Βλαχέρνας διοικείται από την Γενική Συνέλευση απαρτιζόμενη από 25 μέλη (έτος 2021: 16 από την Κοινότητα Γραμμενίτσας και

9 από την Κοινότητα Βλαχέρνας). Το Δ/Σ εκλέγεται από την Γενική Συνέλευση και αποτελείται από 5 μέλη.

- Ο Οργανισμός δεν παρέχει συμβουλές (άρδευσης, λίπανσης κλπ.) σε αγρότες και εκπαιδευτικά σεμινάρια λόγω μειωμένων πόρων και εξοπλισμού.
- Σύμφωνα με τον πρόεδρο και τους απασχολούμενους το κυριότερο πρόβλημα που αντιμετωπίζουν ως οργανισμός είναι οι απώλειες ύδατος (λόγω φθοράς, κλοπών του εξοπλισμού και υπεράρδευσης).



Εικόνα 8: Μικροάρδευση ελαιώνα στον ΤΟΕΒ Γραμμενίτσας- Βλαχέρνας

9. ΑΡΔΕΥΤΙΚΉ ΠΡΑΚΤΙΚΗ ΑΜΠΕΛΟΥ

Το αμπέλι είναι φυτό με υψηλή προσαρμοστικότητα στο ξηροθερμικό κλίμα, όπως αυτό της ευρύτερης περιοχής της Μεσογείου, η οποία είναι και η γενέτειρα των Ευρωπαϊκών ποικιλιών της αμπέλου. Προκειμένου να ανταπεξέλθουν σε αυτές τις συνθήκες, τα αμπέλια, διαμόρφωσαν διευρυμένο ριζικό σύστημα και προσάρμοσαν τους φυσιολογικούς τους μηχανισμούς (ωσμωρύθιση, λειτουργία στομάτων) καθώς και την ανατομία των φύλλων τους (πάχος μεσόφυλλου, χημική σύνθεση και ποσότητα του επιδερμικού κηρού). Ωστόσο, παρά τους μηχανισμούς άμυνας που ανέπτυξαν, η υπερβολική ανομβρία και η αυξημένη θερμοκρασία του αέρα στα κρίσιμα φαινολογικά στάδια ανάπτυξης είναι παράγοντες ανασταλτικοί της ποσότητας και ποιότητας των συγκομιζόμενων σταφυλιών. Συγκεκριμένα, οριακές τιμές αυτών των παραγόντων προκαλούν φυλλόπτωση και ξήρανση των φυτών. Πιθανώς, να ήταν οι συγκεκριμένες

συνθήκες που ώθησαν στην άρδευση των πρώτων περιοχών καλλιέργειας αμπέλου νότια του Καύκασου, για την παραγωγή σταφυλιών.

Γίνεται φανερό, πως η άρδευση των αμπελιών είναι εξαιρετικά σημαντική στα ξηρά και θερμά κλίματα για την παραγωγή ποιοτικών προϊόντων, σε αντίθεση με τις βορειότερες περιοχές, όπου η άρδευση μαζί με τις πολλές βροχοπτώσεις, τις χαμηλές θερμοκρασίες και την υψηλή υγρασία θα κατέληγε σε υψηλή παραγωγή μεν, μέτριας ποιότητας δε. Χαρακτηριστικό παράδειγμα χρήζει η περιοχή της Γαλλίας, όπου η άρδευση απαγορεύεται για την παραγωγή οίνων ΠΟΠ, και έτσι οι ξερικοί αμπελώνες έχουν θεωρηθεί συνώνυμοι της ποιότητας (Σταυρακάκης, 2019). Αντίθετα στη Μεσόγειο, ειδικά τους καλοκαιρινούς μήνες, οι αμπελώνες, λόγω του ξηρού και θερμού κλίματος εκτίθενται σε υδατική καταπόνηση (Χαρτζουλάκης, 2019).

Με την κλιματική αλλαγή να προκαλεί αύξηση της μέσης θερμοκρασίας κάθε έτος που περνάει, προβλέπεται να ενταθεί το φαινόμενο της ερημοποίησης και η ανομβρία θα γίνει ανασταλτικός παράγοντας για την καλλιέργεια της αμπέλου και της ποιότητας των προϊόντων της (Χαρτζουλάκης, 2019). Προβλέπεται επίσης πως τα βλαστικά στάδια της αμπέλου θα εμφανίζονται πρώιμα και ο χρόνος που θα μεσολαβεί ανάμεσα σε αυτά θα μειωθεί. Έτσι η άρδευση των αμπελώνων θα καταστεί αναγκαία σε αρκετές περιοχές (Τσέτουρας, 2009).

9.1. ΥΔΑΤΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΒΛΑΣΤΙΚΑ ΣΤΑΔΙΑ

Το νερό που χάνεται με την διαπνοή στην ατμόσφαιρα και το νερό που απορροφάται από το ριζικό σύστημα είναι αυτά που διαμορφώνουν την υδατική κατάσταση των αμπελιών. Η έλλειψη ή η περίσσεια εδαφικής υγρασίας επηρεάζουν διαφορετικά η κάθε μια τη ζωηρότητα μέσω των φυσιολογικών λειτουργιών και την ισορροπία βλάστησης προς καρποφορίας επιδρώντας αρνητικά στην παραγωγή των φυτών. Το σύνολο των επιπτώσεων αυτής της έλλειψης ή περισσειας νερού στην μορφολογία, ανατομία και φυσιολογία των αμπελιών ονομάζεται υδατική καταπόνηση (Σταυρακάκης, 2019).

Η άρδευση στοχεύει στην βελτίωση των φυσιολογικών λειτουργιών των φυτών μέσω της σωστής διαχείρισης του νερού, είτε με την επιπλέον παροχή νερού είτε με την στράγγιση του εδάφους, όταν το νερό είναι σε περίσσεια. Δηλαδή η άρδευση στοχεύει στην αποφυγή της υδατικής καταπόνησης των πρέμνων. Ωστόσο στην εύκρατη ζώνη ο όρος υδατική καταπόνηση ταυτίζεται με την έλλειψη νερού. Τα προβλήματα από την

περίσσεια νερού είναι δύσκολο να λυθούν κατά τη διάρκεια του καλλιεργητικού έτους με μόνο αποτελεσματικό τρόπο αντιμετώπισης να είναι ο συνδυασμός της κατάλληλης τοποθεσίας για καλλιέργεια, της ορθής επιλογής υποκειμένου και της αμπελοκομικής τεχνικής (Σταυρακάκης, 2019).

Ως διαθέσιμο νερό ορίζεται η ποσότητα νερού που υπάρχει μεταξύ της υδατοϊκανότητας (ή υδατοχωρητικότητας) και του σημείου μόνιμης μάρανσης και είναι το νερό που το φυτό μπορεί να εκμεταλλευτεί. Ωστόσο το φυτό δεν είναι ικανό να προσλάβει εύκολα ολόκληρη την ποσότητα του διαθέσιμου νερού, λόγω του ότι από ένα επίπεδο υγρασίας και κάτω, το οποίο σχετίζεται από τον τύπο του φυτού, η συγκράτηση του νερού από το έδαφος -εκφράζεται μέσω της τάσης ή δυναμικού συγκράτησης νερού από το έδαφος- είναι τόσο ισχυρή που το φυτό δυσκολεύεται να απορροφήσει νερό. Όταν δε, η υγρασία φτάσει στο επίπεδο της μόνιμης μάρανσης, το φυτό αδυνατεί να απορροφήσει νερό.

Γενικά το αμπέλι μπορεί να καλλιεργηθεί σε περιοχές με πολύ διαφορετικό βροχομετρικό ύψος με οριακή τιμή να μπορεί να θεωρηθούν τα 350 mm βροχής (Νικολάου , 2001).

Η αρδευτική πρακτική για έναν αμπελώνα είναι πολύ σημαντική τόσο για τον έλεγχο της ζοηρότητας των φυτών όσο και για το μέγεθος και τη ποιότητα των παραγόμενων σταφυλιών. Η υπερβολική άρδευση δρα αρνητικά στη ποιότητα του παραγόμενου καρπού και αυξάνει τις μυκητολογικές προσβολές. Στον αντίποδα, η έλλειψη νερού προκαλεί μείωση της παραγωγής τόσο της τρέχουσας όσο και της επόμενης καλλιεργητικής περιόδου (ΕΛΓΟ ΔΗΜΗΤΡΑ, 2019).

Η ορθή αρδευτική πρακτική του αμπελώνα έχει γνώμονα την γνώση των ιδιοτεροτήτων ανάπτυξης της βλάστησης και καρποφορίας της αμπέλου στο έτος. Ανάλογα με το βλαστικό και το φαινολογικό στάδιο που βρίσκονται τα πρέμνα οι ανάγκες τους σε νερό διαφοροποιούνται (Σταυρακάκης, 2019).

Σε σχέση με το νερό που καταναλώνεται έχει υπολογιστεί πως για μια αμπελοκαλλιέργεια με έδαφος εύφορο και βαθύ (σε αυτές τις συνθήκες τα πρέμνα είναι μεγάλου μεγέθους) το νερό που καταναλώνεται κατά τη βλαστική περίοδο φθάνει τα 1000-1500 L/φυτό. Για πρέμνα μικρότερου μεγέθους το νερό που καταναλώνεται φθάνει τα 500-600 L/φυτό. Δηλαδή, μια τυπική κατανάλωση για ένα έτος σε έναν αμπελώνα με 400 πρέμνα είναι 200-250 m³/στρέμμα (250mm). Οι παραπάνω τιμές ισοδυναμούν περίπου με 800-1000 kg/στρ. Οι τιμές που αναφέρθηκαν προηγουμένως αυξάνονται σε μεγαλύτερες

παραγωγές. Σαφώς θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι βροχές και η εξάτμιση κατά τη βλαστική περίοδο (Νικολάου , 2001).

Παραδοσιακά η διαχείριση των αμπελώνων ως προς το νερό γινόταν εμπειρικά και με την εκδήλωση συμπτωμάτων που φανέρωναν την έλλειψη νερού στα διάφορα μέρη των φυτών. Πλέον υπάρχουν πολλοί φυσιολογικοί δείκτες που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό της υδατικής κατάστασης των αμπελιών, ανάμεσα τους ο πιο εύκολος στη χρήση είναι το υδατικό δυναμικό του βλαστού και των φύλλων με χρήση ειδικού οργάνου μέτρησης με θάλαμο πίεσης (Εικόνα 9). Ειδικότερα μετρώνται:

- **Το πρωινό υδατικό δυναμικό Ψ_p των φύλλων:** Μετράται πάντα πριν την ανατολή του ηλίου και ταυτίζεται με το υδατικό δυναμικό του εδάφους διότι δεν έχει αρχίσει ακόμη η λειτουργία των στομάτων.
- **Το μεσημβρινό υδατικό δυναμικό Ψ_1 των φύλλων:** (Μετράται το ηλιακό μεσημέρι και δείχνει την υδατική κατάσταση του κάθε φύλλου.
- **Το μεσημβρινό υδατικό δυναμικό του βλαστού Ψ_s :** Μετράται το ηλιακό μεσημέρι σε ένα φύλλο ανά πρέμνο. Το υδατικό δυναμικό του βλαστού είναι αντιπροσωπευτικό για όλο το πρέμνο ακόμη και αν υπάρχει ανομοιογένεια στην εδαφική υγρασία. Η επιθυμητή υδατική κατάσταση σε κάθε στάδιο ανάπτυξης μεταβάλλεται ανάλογα την χρήση του συγκομιζόμενων προϊόντων και την ποικιλία τους. Στον Πίνακα 3 οι οριακές τιμές του υδατικού δυναμικού του φύλλου (Ψ_p, Ψ_1) και του βλαστού (Ψ_s) σε σχέση με την ένταση της υδατικής καταπόνησης. Όπως φαίνεται και από τον πίνακα όσο πιο αρνητικές οι τιμές του υδατικού δυναμικού τόσο μεγαλύτερη η υδατική καταπόνηση (Σταυρακάκης, 2019).

Πίνακας 3: Ένταση υδατικής καταπόνησης των πρέμνων και υδατικό δυναμικό σε MPa

Υδατική καταπόνηση	Ψ_p	Ψ_s	Ψ_1
Απουσία υδατικής καταπόνησης	>-0,2	>-0,6	>-0,9
Ήπια υδατική καταπόνηση	-0,2 έως -0,3	-0,6 έως -0,9	-0,9 έως -1,1
Ήπια έως μέτρια υδατική καταπόνηση	-0,3 έως -0,5	-0,9 έως -1,1	-1,1 έως -1,3
Μέτρια έως έντονη υδατική καταπόνηση	-0,5 έως -0,8	-1,1 έως -1,4	-1,3 έως -1,4
Έντονη υδατική καταπόνηση	< -0,8	< -1,4	<-1,4



Εικόνα 9: Συσκευή μέτρησης υδατικού δυναμικού φύλλων

9.1.1. ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΑΠΟ ΕΚΒΛΑΣΤΗΣΗ ΛΑΝΘΑΝΟΝΤΩΝ ΟΦΘΑΛΜΩΝ ΕΩΣ ΚΑΡΠΟΔΕΣΗ

Η χρονική διάρκεια ανάπτυξης του βλαστού και τα χαρακτηριστικά των ελίκων και της αυξανόμενης κορυφής του βλαστού αποτελούν αντικείμενα μακροσκοπικής παρατήρησης ως προς την υδατική κατάσταση των πρέμνων και την υδατική τους καταπόνηση.

Έκπτυξη λανθανόντων οφθαλμών

Κατά την έκπτυξη των λανθανόντων οφθαλμών, η υψηλή παροχή νερού στα αμπέλια προκαλεί ζωνή βλάστηση, αύξηση της φυλλικής επιφάνειας που καταλήγει τελικά σε αύξηση της διαπνοής. Αυτό καθιστά τα αμπέλια ευαίσθητα σε οποιαδήποτε επερχόμενη έλλειψη νερού.

Αντίθετα σε πρέμνα με πιο ισορροπημένη άρδευση, η αύξηση των βλαστών γίνεται εντός κανονικών χρονικών ορίων.

Επίσης η ξηρασία προκαλεί ανάσχεση και στην ανάπτυξη των ριζών. Να σημειωθεί πως ανάλογα την εποχή της έλλειψης και την ποσότητα του νερού που ήταν διαθέσιμο στην προηγούμενη περίοδο τα πρέμνα αντιδρούν και διαφορετικά. Σε περίπτωση που τα φυτά δέχονταν υπερβολικό νερό ο ρυθμός ανάπτυξης ελαττώνεται σημαντικά. Αν τα πρέμνα δέχονταν ισορροπημένες ποσότητες νερού η ελάττωση του ρυθμού ανάπτυξης είναι μηδαμινή (Νικολάου , 2001).

Τα μακροσκοπικά χαρακτηριστικά αυτού του μηχανισμού είναι τα κιτρινωμένα φύλλα με συστροφή του ελάσματος και τελικά η πτώση τους από το βασικό τμήμα του βλαστού. Συχνά τα μόνα εναπομείναντα φύλλα είναι αυτά της κορυφής, έτσι λιγοστεύει η φωτοσυνθετική επιφάνεια και ελαττώνεται η ταχύτητα της φωτοσύνθεσης (Σταυρακάκης, 2019).

Στην Ελλάδα οι περισσότερες περιοχές καλλιέργειας της αμπέλου έχουν επάρκεια εδαφικής υγρασίας στα πρώτα στάδια της βλαστικής ανάπτυξης και έτσι δεν εμφανίζονται ελλείψεις σε νερό (Σταυρακάκης, 2019).

Αρχή άνθισης έως καρπόδεση

Καίριας σημασίας για την αμπελοκομία είναι η περίοδος από την αρχή της άνθισης έως την καρπόδεση. Κατά την περίοδο αυτή πρέπει να αποφεύγεται οποιοδήποτε υδατικό στρες καθώς ακόμη και σε μικρή κλίμακα μπορεί να προκαλέσει μικρή ανάπτυξη των ταξιανθιών, πτώση ανθέων και σμίκρυνση ή και πτώση των καρπών. Σε αυτό το διάστημα υπάρχει και έντονη ανάπτυξη απορροφητικών ριζών και η υδατική καταπόνηση έχει επιπτώσεις στην ανάπτυξη τους (Τσέτουρας, 2009). Σε περίπτωση που υπάρξει ξηρασία και μη επαρκείς βροχοπτώσεις κρίνεται αναγκαία η άρδευση του αμπελώνα. Στόχος είναι το υδατικό δυναμικό των βλαστών να είναι μεγαλύτερο των $-0,6$ MPa (Σταυρακάκης, 2019).

9.1.2. ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΑΠΟ ΑΡΧΗ ΩΡΙΜΑΝΣΗΣ ΕΩΣ ΠΛΗΡΗ ΩΡΙΜΑΝΣΗ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ

Γενικά από την αρχή της ωρίμανσης έως την πλήρη ωρίμανση το υψηλό υδατικό στρες προκαλεί μαρασμό και πτώση των φύλλων στην βάση του βλαστού και μείωση της συγκέντρωσης σακχάρων, αρωματικών ουσιών και χρωστικών (Τσέτουρας, 2009).

Στάδια I και II της ανάπτυξης των ραγών

Στο στάδιο της πράσινης ράγας που διαρκεί 6-8 εβδομάδες και στο στάδιο ανάσχεσης της αύξησης των ραγών που διαρκεί 1-6 εβδομάδες, η επίδραση του υδατικού στρες εξαρτάται από την διάρκεια και την ένταση του.

Όταν η καταπόνηση είναι σοβαρή ($\Psi_s < -1,4$ MPa) και ιδιαίτερα όταν οι κυτταροδιαιρέσεις είναι εκτεταμένες, έχει ως αποτέλεσμα την παρεμπόδιση του ρυθμού ανάπτυξης και συνεπώς την σμίκρυνση των ραγών. Ελαττώνεται επίσης ο αριθμός των

μεσοκαρδίων, οι έλικες οδηγούνται σε μάρανση και ξήρανση, ο ακραίος οφθαλμός και κάποιες ράγες νεκρώνονται νωρίς, ενώ επιφέρει και αρνητικά αποτελέσματα στο χρονικό διάστημα ωρίμανσης και τους ποιοτικούς χαρακτήρες της παραγωγής.

Ένα ηπιότερο υδατικό στρες ($-1,1 \text{ MPa} < \Psi_a < -0,8 \text{ MPa}$) υπό ορισμένες συνθήκες μπορεί να προκαλέσει ποιοτική άνοδο (λόγω αύξησης της περιεκτικότητας των σακχάρων) και ταχύτερη ωρίμανση της παραγωγής των πρέμνων. Επίσης, στις ερυθρές ποικιλίες, λόγω του μικρότερου μεγέθους των σταφυλιών και την αύξηση της περιεκτικότητας τους σε ανθοκυανίνες παρατηρείται εντονότερος χρωματισμός στις ράγες και συνεπώς βελτίωση της εμφάνισης τους (Σταυρακάκης, 2019).

Έναρξη ωρίμανσης έως πλήρης ωρίμανση των ραγών

Γενικά τα αποτελέσματα του υδατικού στρες στην περιεκτικότητα των σακχάρων έχουν λιγότερη σημασία από αυτά της περιόδου της αύξησης του μεγέθους των ραγών. Πάντως ανάλογα την ένταση του υδατικού στρες παρατηρείται μικρή η μεγάλη μείωση των σακχάρων.

Σε θερμά και ξηρά κλίματα όπου οι απαιτήσεις σε άρδευση δεν καλύπτονται, τα φυτά καταπονούνται και υπάρχει ποιοτική υποβάθμιση της παραγωγής.

Ανάλογα την ποικιλία ένα μέτριας έντασης υδατικό στρες κατά την ωρίμανση μπορεί να αναβαθμίσει ποιοτικά τους οίνους. Ωστόσο η αύξηση και η βελτίωση της παραγωγής μιας ερυθρής οινοποιήσιμης ποικιλίας λόγω υδατικής καταπόνησης δεν ισχύει στην περίπτωση μιας λευκής οινοποιήσιμης ποικιλίας, αντιθέτως το υδατικό στρες μπορεί να προκαλέσει ποιοτική και ποσοτική υποβάθμιση (Σταυρακάκης, 2019).

Μετά τη συγκομιδή

Στην περίπτωση πρώιμων ποικιλιών, που το διάστημα συγκομιδής έως φυλλόπτωσης είναι μεγάλο και επικρατεί ανομβρία είναι πιθανό να απαιτηθεί άρδευση του αμπελώνα με λίγο νερό μετά το πέρας της συγκομιδής. Η υπερβολική άρδευση προκαλεί διατήρηση της βλάστησης και ελλειμματική ξυλοποίηση των κληματίδων (Τσέτουρας, 2009).

9.2. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

Στη χώρα μας έχει σχεδόν καθιερωθεί η συστηματική άρδευση των αμπελιών με συστήματα και μεθόδους που σκοπεύουν στην ποσοτική και ποιοτική αναβάθμιση αλλά και στην ορθολογική χρήση του νερού.

Η ποιότητα του αρδευτικού νερού είναι ένας πολύ σημαντικός παράγοντας που πρέπει να ληφθεί υπόψιν ασχέτως του συστήματος και της μεθόδου που θα ακολουθηθούν. Η υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα είναι πιθανόν να επιφέρει φυτοτοξικότητες και να αποφράξει το σύστημα άρδευσης στην περίπτωση της τεχνητής βροχής και της άρδευσης με σταγόνες. Η συγκέντρωση αυτή καθορίζεται μαζί με άλλα από τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του εδάφους, το πόσο βροχερό είναι το κλίμα της περιοχής και από το πόσο εντατικές είναι οι αρδεύσεις. Σοβαρές φυτοτοξικότητες προξενεί η υψηλή περιεκτικότητα χλωρίου και βορίου. Μεγάλες συγκεντρώσεις καλίου και νατρίου επιφέρουν υποβάθμιση της εδαφικής δομής μέσω της απόπλυσης μαγνησίου και ασβεστίου (Σταυρακάκης, 2019).

9.2.1. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

Άρδευση με ρηχές λεκάνες

Είναι από τις παλαιότερες μεθόδους άρδευσης. Εφαρμόζεται από τους καιρούς που η άρδευση της αμπέλου γινόταν εμπειρικά και στην Ελλάδα περιοριζόταν μόνο σε ποικιλίες επιτραπέζιες και σταφιδοποιίας. Ακόμη, επιλέγεται λόγω του χαμηλού της κόστους εγκατάστασης σε σχέση με τα συστήματα που θα αναφερθούν στη συνέχεια.

Ένα από τα αρνητικά αυτού του συστήματος άρδευσης είναι πως η δημιουργία αναχωμάτων με αλέτρι υπερβολικά κοντά στα πρέμνα ελλοχεύει μεγάλο κίνδυνο να κοπούν ρίζες και να πληγωθούν τα πρέμνα. Επίσης η άρδευση με λεκάνες είναι δύσκολη στις περιπτώσεις επικλινών αμπελώνων. Επιπλέον αν το νερό λιμνάσει σε κάποιο σημείο μπορεί να γίνει αιτία ξήρανσης των πρέμνων ή να διαμορφώσει τις κατάλληλες συνθήκες για προσβολή από περονόσπορο, οίδιο ή και άλλα παθογόνα που ευνοούνται από την υγρασία (Κούσουλας, 2002). Τέλος, ένα από τα κυριότερα αρνητικά της άρδευσης με λεκάνες είναι η σπατάλη αρδευτικού νερού.

Άρδευση με μικροεκτοξευτήρες

Σήμερα η άρδευση με μικροεκτοξευτήρες προτιμάται όταν ο αμπελώνας δεν είναι τέλεια ισοπεδωμένος. Η άρδευση με μικροεκτοξευτήρες παρέχει εξοικονόμηση και καλύτερη εφαρμογή του νερού και επιτρέπει την άρδευση σε μικρότερες ποσότητες. Ωστόσο προϋποθέτει πως τα ζιζάνια του αμπελώνα θα έχουν καταπολεμηθεί πλήρως (Κούσουλας, 2002).

Άρδευση με σταγόνες

Η στάγδην άρδευση είναι ίσως ο αποτελεσματικότερος τρόπος άρδευσης και ο πιο ευρέως διαδεδομένος. Στις καλλιέργειες αμπέλου της χώρας μας άρχισε να χρησιμοποιείται από το 1970.

Ένα σύστημα στάγδην άρδευσης αποτελείται από την κεφαλή νερού που ελέγχει την παροχή νερού, περιέχει φίλτρα για τον καθαρισμό από φερτά υλικά και μπορεί να φέρει όργανα που ελέγχουν την πίεση και την μεταφορά του νερού. Περιλαμβάνει επίσης τους κύριους και δευτερεύοντες αγωγούς, τους αγωγούς εφαρμογής και τους σταλάκτες, που βρίσκονται προσαρμοσμένοι στους αγωγούς εφαρμογής και έχουν συνήθως καθορισμένη παροχή. Στην άκρη κάθε γραμμής φύτευσης υπάρχουν συνήθως ελεγκτές/ρυθμιστές παροχής. Ο κύριος αγωγός μπορεί να βρίσκεται εντός του εδάφους ή πάνω στον σκελετό στήριξης των πρέμων. Οι αγωγοί εφαρμογής μπορεί να βρίσκονται πάνω στο σύρμα στήριξης και κάτω από τον οριζόντιο κορμό των πρέμων, πάνω στο έδαφος ή και εντός του εδάφους. Το που θα βρίσκονται οι αγωγοί εφαρμογής έχει να κάνει με την καλλιεργητική τεχνική που ακολουθείται, το οικονομικό υπόβαθρο και την λειτουργικότητα.

Πλεονεκτεί σε αρκετά σημεία σε σχέση με τις προηγούμενα συστήματα όπως στη περιορισμένη προσβολή από παθογόνα, τη καλύτερη κατανομή, κυκλοφορία και πιο εύκολη διήθηση του νερού στην γραμμή φύτευσης. Επίσης επιτυγχάνεται ορθολογική χρήση του νερού αφού η εξάτμιση του νερού είναι μηδαμινή και μείωση των εργατικών καθώς το σύστημα είναι αυτοματοποιημένο. Επιπλέον, η άρδευση με σταγόνες διευκολύνει την άρδευση επικλινών εδαφών ή με έντονες διαφορές στο ανάγλυφο τους και λόγω της χαμηλής πίεσης των σταλάκτων διευκολύνει και την άρδευση πολλών στρεμμάτων. Σε περίπτωση πετρωδών εδαφών που απαιτούν τακτικό πότισμα κρίνεται

ως ο πιο οικονομικός τρόπος άρδευσης. Τέλος, δίνει και την δυνατότητα υδρολίπανσης (Σταυρακάκης, 2019).

Ωστόσο, μειονεκτεί ως προς την ακριβή εγκατάσταση και συντήρηση, καθώς οι σταλάκτες και οι σωληνώσεις γεμίζουν συχνά με άλατα. Επιπρόσθετα, είναι δύσκολη η καταπολέμηση των ζιζανίων που αναπτύσσονται γύρω από τα πρέμνα κατά μήκος της γραμμή φύτευσης (Σταυρακάκης, 2019).

9.2.2. ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

Στην κοινή τεχνική αμπελοκομίας, σκοπός κάθε άρδευσης είναι η αναπλήρωση του εδαφικού νερού στο σημείο της υδατοϊκανότητας. Η απώλεια του εδαφικού νερού οφείλεται στην κατανάλωση του από τα αμπέλια, τα φυτά που βρίσκονται κοντά τους και της εξάτμισης του από το έδαφος.

Η διαπνοή του φυλλώματος των αμπελιών είναι ο κυριότερος παράγοντας που επηρεάζει την απώλεια του νερού. Η λειτουργία της εξαρτάται από τις κλιματολογικές συνθήκες, την ολική επιφάνεια και την έκθεση των φύλλων και από την κατάσταση των στομάτων των φύλλων. Η λειτουργία της διαπνοής είναι ανάλογη της αύξησης της επιφάνειας των φύλλων έως τα μέσα της βλαστικής περιόδου και έπειτα αντιστρόφως ανάλογη μέχρι της ωρίμανση του φυλλώματος και τελικά την πτώση του.

Εκτός από την παραδοσιακή μέθοδο άρδευσης τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί και άλλες τεχνικές που σκοπεύουν στην αύξηση της ποιότητας των σταφυλιών και στην αποτελεσματικότερη χρήση του αρδευτικού νερού που μάλιστα μπορεί να φτάσει από 30 έως 50% (Σταυρακάκης, 2019).

Οι υπερβολικές ποσότητες νερού άρδευσης στο αμπέλι έχουν ως αποτέλεσμα όχι μόνο τη σπατάλη νερού αλλά επιπλέον και την απώλεια θρεπτικών στοιχείων από το έδαφος ενώ ταυτόχρονα προάγουν την υπερβολική βλάστηση της αμπέλου σε βάρος της καρποφορίας. Για αυτό και πολλές φορές εφαρμόζεται η πρακτική της μέτρια ελλειμματικής άρδευσης η οποία έχει βρεθεί ότι είναι ευεργετική για τη ποιότητα και την ανάπτυξη των σταφυλιών (Qingtao, et al., 2014).

Ρυθμιζόμενη ελλειμματική άρδευση (Regulated Deficit Irrigation, RDI)

Η ανάπτυξη αυτής της καινοτομικής τεχνικής βασίστηκε στην διαπίστωση, τόσο σε επιστημονικό όσο και σε πρακτικό επίπεδο, πως μια μικρή υδατική καταπόνηση των

αμπελιών από τα τέλη της καρπόδεσης έως την αρχή της ωρίμανσης καθυστερεί την ανάπτυξη των βλαστών, των ραγών και γενικά μειώνει το φορτίο ενώ αυξάνει την περιεκτικότητα των σταφυλιών σε φαινόλες και αυξάνει την ταχύτητα ωρίμανσης. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται ιδιαίτερα στην παραγωγή ερυθρών ποικιλιών προς οινοποίηση.

Η RDI κρατάει τα πρέμνα σε επίπεδα έλλειψης, σε σχέση με το μέγιστο υδατικό δυναμικό αυτού του βλαστικού σταδίου. Στόχος της είναι η ορθολογική χρήση του νερού μαζί με την αύξησή της βλάστησης και της παραγωγής. Έτσι η επόμενη άρδευση του αμπελώνα σύμφωνα με αυτήν την τεχνική, θα γίνει λαμβάνοντας υπόψη την μείωση του υδατικού δυναμικού κάτω από ένα συγκεκριμένο επίπεδο. Η RDI χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της ανάπτυξης των βλαστών και για την ποιοτική αναβάθμιση των ραγών σε δύο αναπτυξιακές περιόδους των αμπελιών, με βάση την ποικιλία.

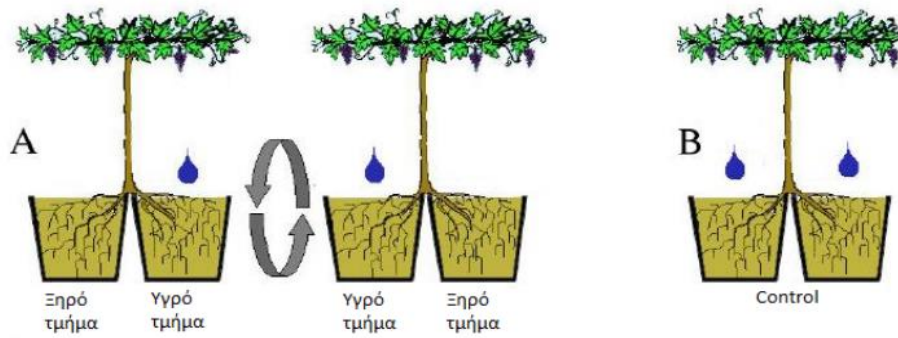
Στην περίπτωση των ερυθρών ποικιλιών η πρώτη ενέργεια λαμβάνει χώρα κατευθείαν μετά την καρπόδεση, τότε στα αμπέλια ασκείται μέτρια υδατική καταπόνηση (Ψ_s έως $-1,1$ MPa) σκοπεύοντας την παρεμπόδιση της ανάπτυξης του βλαστού και την ελάττωση των σταφυλιών. Η δεύτερη ενέργεια συμβαίνει μετά την έναρξη και κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης, σε αυτή την περίπτωση τα πρέμνα υφίστανται λιγότερο υδατικό στρες από την πρώτη έτσι αυξάνεται η περιεκτικότητα των ραγών σε ανθοκυανίνες και φαινόλες. Και οι δύο ενέργειες, ανεξαιρέτως του μεγέθους της υδατικής καταπόνησης, ελαττώνουν την ζωηρότητα των βλαστών και την παραγωγή και αυξάνουν την ποιότητα των κόκκινων κρασιών συγκριτικά με τους αμπελώνες που αρδεύονται παραδοσιακά. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η εφαρμογή της ελλειμματικής άρδευσης στην ποικιλία Syrah κατά τη διάρκεια της έναρξης έως τη πλήρη ωρίμανση, με αποτέλεσμα την χρωματική και ποιοτική αναβάθμιση των ραγών και των παραγόμενων κρασιών αντίστοιχα.

Στην περίπτωση των λευκών ποικιλιών η σχέση φλοιού-σάρκας δεν είναι τόσο σημαντική εφόσον οι φλοιοί των ραγών δεν περιλαμβάνονται στην οινοποίηση. Ακόμα και μέσης έντασης έλλειψη νερού είναι πιθανόν να ελαττώσει τον ποικιλιακό χαρακτήρα. Συνεπώς τα πρέμνα των λευκών ποικιλιών τίθενται σε πολύ μικρής έντασης υδατικό στρες, δηλαδή το πολύ $\Psi_s > -0,9$ MPa, ώστε να προστατευτούν τα ποικιλιακά χαρακτηριστικά και το pH και ο αλκοολικός βαθμός να μείνουν σταθερά (Σταυρακάκης, 2019).

Μερική ξήρανση της ριζόσφαιρας (Partial Root-Zone Drying, PRD)

Όπως και της προηγούμενης μεθόδου, κύριος σκοπός της μερικής ξήρανσης της ριζόσφαιρας είναι η ορθολογική χρήση του νερού και ο έλεγχος της βλαστικής ανάπτυξης. Οι δύο μέθοδοι διαφοροποιούνται στο ότι η RDI αρδεύει με βάση τον χρόνο ενώ η PRD με βάση το χώρο. Στην μέθοδο της ρυθμιζόμενης ελλειμματικής άρδευσης η αρδευτική έλλειψη συγκεντρώνεται γύρω από το πρέμνο, αντίθετα η μερική ξήρανση της ριζόσφαιρας εφαρμόζεται συνήθως σε όλη την βλαστική περίοδο (μπορεί ωστόσο να εφαρμοσθεί και σε συγκεκριμένο στάδιο ανάπτυξης, κάτι που γίνεται σπάνια). Συγκεκριμένα στο μισό τμήμα της ρίζας δεν εφαρμόζεται άρδευση ενώ ταυτόχρονα το άλλο μισό αρδεύεται με την ποσότητα νερού που χρειάζεται. Έπειτα οι πλευρές αντιστρέφονται ώστε το τμήμα της ρίζας που αρδευόταν τίθεται σε ξηρότητα, ενώ το άλλο αρδεύεται κατάλληλα. Ο χρόνος αλλαγής από την μία μεριά στην άλλη, συνήθως είναι δέκα με δεκαπέντε μέρες, σχετίζεται με την ποικιλία, το αν προορίζεται για επιτραπέζια χρήση, σταφιδοποίηση ή οινοποίηση, το πόσο ψηλός είναι ο κορμός των πρέμνων, την βροχή και τις θερμοκρασιακές μεταβολές.

Τα φύλλα των πρέμνων αντιδρούν με βάση το πότε η εναλλαγή ξηρασίας και υγρασίας γίνεται ορατή από το ριζικό σύστημα. Ενώ, αν τα επιφανειακά στρώματα του εδάφους είναι ξηρά και τα βαθύτερα στρώματα υγρά δεν επιτυγχάνεται ο έλεγχος της ζωηρότητας της βλάστησης αφού απλά οι ρίζες εισχωρούν βαθύτερα. Σε περίπτωση όμως που διαφορετικά τμήματα του ριζικού συστήματος του αμπελιού βρεθούν σε ξηρές και υγρές συνθήκες, τότε παρατηρείται μείωση της ζωηρότητας του βλαστού λόγω των αντιφατικών ερεθισμάτων που δέχεται το φυτό. Έτσι, το κομμάτι της ρίζας που ποτίζεται εφοδιάζει τα φύλλα με το απαιτούμενο νερό, ενώ ταυτόχρονα το ξηρό κομμάτι της ρίζας στέλνει χημικό σήμα (ABA) το οποίο προκαλεί κλείσιμο των στομάτων ως άμυνα κατά της ξηρασίας. Συνεπώς με την PRD μειώνεται μεν η ζωηρότητα της βλάστησης αφού το φυτό αναστέλλει της λειτουργίες του ως άμυνα στην «επερχόμενη ξηρασία» ενώ ταυτόχρονα αυξάνεται το μέγεθος των ραγών και η παραγωγή ωριμάζει κανονικά (Σταυρακάκης, 2019).



Εικόνα 10: Α: Μέθοδος PRD σε γλάστρες Β: Ομοιόμορφη κατανομή νερού (ΕΛΓΟ ΔΗΜΗΤΡΑ, 2019)

9.3. ΟΡΙΑ ΧΡΗΣΗΣ ΝΕΡΟΥ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ

Η Κοινή υπουργική απόφαση Φ16/6631/89 (Φ16/6631/89 ΦΕΚ 428 Β, 1989) προσδιορίζει τα όρια χρήσης νερού για την περίοδο από Απρίλιο έως Σεπτέμβριο, κατά καλλιέργεια στα υδατικά διαμερίσματα της Ελλάδας. Για τους εναπομείναντες μήνες του χρόνου δεν ορίζει όρια χρήσης νερού.

Τα όρια που αναγράφονται στον Πίνακα 4 εκφράζουν τις ανάγκες σε αρδευτικό νερό ανά κατηγορία καλλιεργειών σε κυβικά μέτρα ανά στρέμμα καλλιεργούμενης έκτασης για ολόκληρο τον αντίστοιχο μήνα. Η καλλιέργεια της αμπέλου βρίσκεται στην κατηγορία I. Οι κατηγορίες καλλιεργειών ορίζονται σύμφωνα με τον φυτικό συντελεστή K ως εξής:

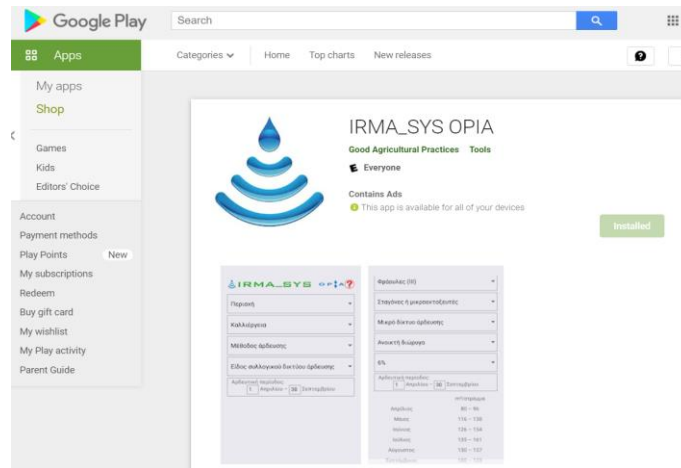
- **Κατηγορία I με $K = 0,55$** περιλαμβάνει ελιές, εσπεριδοειδή και **αμπέλια**
- **Κατηγορία II με $K = 0,60$** περιλαμβάνει καπνά ανατολικού τύπου και Σανό
- **Κατηγορία III με $K = 0,65$** περιλαμβάνει Οπωροφόρα, Ακρόδρυα, Όσπρια, Βαμβάκι, Φράουλες, Άνθη και Αβοκάντο
- **Κατηγορία IV με $K = 0,70$** περιλαμβάνει καπνά δυτικού τύπου κηπευτικά, πατάτες, ζαχαρότευτλα, ηλιάνθος και αραχίδα
- **Κατηγορία V με $K = 0,75$** περιλαμβάνει σιτηρά, αραβόσιτο, σόργο, λεύκες και γρασίδια
- **Κατηγορία VI με $K = 0,80$** περιλαμβάνει τριφύλλι και ακτινίδιο
- **Κατηγορία VII με $K = 0,85$** περιλαμβάνει τη μηδική
- **Κατηγορία VIII με $K = 1,20$** περιλαμβάνει το ρύζι

Πίνακας 4: Ανάγκες σε m³/στρέμμα νερού ανά κατηγορία καλλιεργειών για το υδατικό διαμέρισμα Ηπείρου σύμφωνα με την Κ.Υ.Α. Φ16/6631/89 (Φ16/6631/89 ΦΕΚ 428 Β, 1989).

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΜΗΝΑΣ	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	33-44	36-48	39-52	42-56	45-60	48-64	51-68	72-96
ΜΑΙΟΣ	63-80	69-87	75-94	80-101	86-109	92-116	98-123	138-174
ΙΟΥΝΙΟΣ	88-107	96-117	104-127	112-136	120-146	128-156	136-166	192-234
ΙΟΥΛΙΟΣ	102-121	111-132	120-143	129-154	139-165	148-176	157-187	222-264
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	96-115	105-126	114-136	122-147	131-157	140-168	149-178	210-252
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	52-69	57-75	62-81	66-87	71-84	76-100	81-106	114-150

9.3.1. ΕΦΑΡΜΟΓΗ IRMA_SYS ΟΡΙΑ

Η εφαρμογή (IRMA_SYS ΟΡΙΑ, 2018) έχει αναπτυχθεί από την Καλές Αγροτικές Πρακτικές ΑΜΚΕ με σκοπό να διευκολύνει την εκτίμηση των ποσοτήτων νερού για άρδευση με βάση την προσέγγιση που περιγράφεται στην Υπουργική απόφαση Φ.16/6631 (Φ16/6631/89 ΦΕΚ 428 Β, 1989) "Προσδιορισμός κατώτατων και ανώτατων ορίων των αναγκαίων ποσοτήτων για την ορθολογική χρήση νερού στην άρδευση". Η προσέγγιση αυτή βασίζεται στη μέθοδο των Blaney και Criddle. Το 1992 εκδόθηκε από το Υπουργείο Γεωργίας το έγγραφο "Εκσυγχρονισμός της μεθοδολογίας υπολογισμού των αναγκών των φυτών σε νερό που χρησιμοποιείται στις γεωργοτεχνικές μελέτες των εγγειοβελτιωτικών έργων και προσαρμογή στις Ελληνικές συνθήκες" (Αρ. Πρωτ. 120.344 11/2/1992), το οποίο πρότεινε τη χρήση νεότερων μεθόδων. Ακολουθεί υπολογισμός των ορίων χρήσης νερού μέσω της εφαρμογής για την καλλιέργεια της αμπέλου στην περιοχή της Ηπείρου.



Εικόνα 11: Εφαρμογή IRMA_SYS OPIA

Υπολογισμός ορίων χρήσης νερού με την εφαρμογή IRMA_SYS OPIA για την περίπτωση αμπελώνα στην περιοχή της Άρτας

Πραγματοποιήθηκε χρήση της εφαρμογής IRMA_SYS OPIA για να υπολογιστούν τα όρια χρήσης νερού για πειραματικό αμπελώνα στη περιοχή Γραμμενίτσα της Άρτας, αρδευόμενο από τον ΤΟΕΒ Γραμμενίτσας-Βλαχέρνας. Με βάση τη λειτουργία της εφαρμογής έγιναν τα παρακάτω βήματα:

Βήμα 1^ο: Επιλογή της περιοχής

Οι διαθέσιμες επιλογές περιοχών ταυτίζονται με τα υδατικά διαμερίσματα της Ελλάδας, σε παρένθεση δίπλα σε κάθε επιλογή εμφανίζεται και ο αριθμός του υδατικού διαμερίσματος. Επιλέγεται η **Ήπειρος**.

Δυτική Πελοπόννησος (1)	Ήπειρος (5)
Βόρεια Πελοπόννησος (2)	Αττική (6)
Ανατολική Πελοπόννησος (3)	Ανατολική Στερεά Ελλάδα (7)
Δυτική Στερεά Ελλάδα (4)	Θεσσαλία (8)
Ήπειρος (5)	Δυτική Μακεδονία (9a)
Αττική (6)	Αλιάκμονας & Πιερία (9b)
Ανατολική Στερεά Ελλάδα (7)	Κεντρική Μακεδονία (10)
Θεσσαλία (8)	Ανατολική Μακεδονία (11)
Δυτική Μακεδονία (9a)	Θράκη (12)
Αλιάκμονας & Πιερία (9b)	Κρήτη (13)
Κεντρική Μακεδονία (10)	Νότια Νησιά Αιγαίου (14a)
Ανατολική Μακεδονία (11)	Βόρεια Νησιά Αιγαίου (14b)

Εικόνα 12: Υδατικά διαμερίσματα

Βήμα 2^ο: Επιλογή της καλλιέργειας

Οι διαθέσιμες καλλιέργειες κατανέμονται αλφαβητικά, ενώ δίπλα από αυτές σε παρένθεση αναφέρεται και η κατηγορία φυτικού συντελεστή στην οποία ανήκουν. Επιλέγεται η **άμπελος**.

Καλλιέργεια	Μηδική (VII)
Αβοκάντο (III)	Μποστανικά (IV)
Ακρόδρυα (III)	Οπωροφόρα (III)
Ακτινίδιο (VI)	Όσπρια (III)
Αμπέλια (I)	Πατάτες (IV)
Άνθη (III)	Ρύζι (VIII)
Αραχίδα (IV)	Σανός (II)
Βαμβάκι (III)	Σιτηρά (V)
Γρασιδία (V)	Σόργο (V)
Ελιές (I)	Τεχν. λειμώνες (VI)
Εσπεριδοειδή (I)	Τριφύλλι (VI)
Ζαχαρότευτλα (IV)	Φράουλες (III)

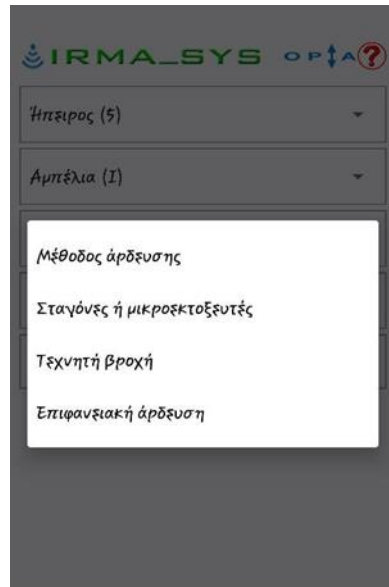
Εικόνα 13: Διαθέσιμες καλλιέργειες

Βήμα 3º: Επιλογή μεθόδου άρδευσης

Υπάρχουν τρεις επιλογές καταναμημένες σε φθίνουσα σειρά απόδοσης:

- Σταγόνες ή μικροεκτοξευτές: απόδοση 90%
- Τεχνητή βροχή: απόδοση 85%
- Επιφανειακή άρδευση: απόδοση 75%

Επιλέγεται η άρδευση με **σταγόνες ή μικροεκτοξευτές**



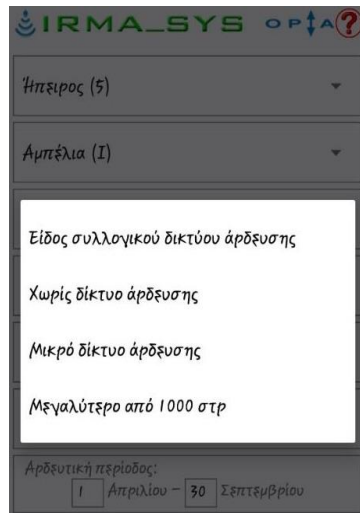
Εικόνα 14: Επιλογή μεθόδου άρδευσης

Βήμα 4º: Επιλογή συλλογικού δικτύου άρδευσης

Στο πεδίο αυτό εμφανίζονται τρεις επιλογές:

- Χωρίς δίκτυο άρδευσης: Που αφορά αγροτεμάχια που δεν βρίσκονται εντός συλλογικού δικτύου άρδευσης και λαμβάνουν νερό π.χ. από γεώτρηση ή άλλη πηγή νερού.
- Μικρό δίκτυο άρδευσης: Που αφορά δίκτυο μικρότερο των 1000 στρ σε έκταση
- Μεγαλύτερο από 1000 στρ

Για τη δική μας περίπτωση στη περιοχή της Άρτας επιλέγεται το **μικρό δίκτυο άρδευσης**.



Εικόνα 15: Είδος συλλογικού δικτύου άρδευσης

Βήμα 5^ο: Επιλογή αγωγού.

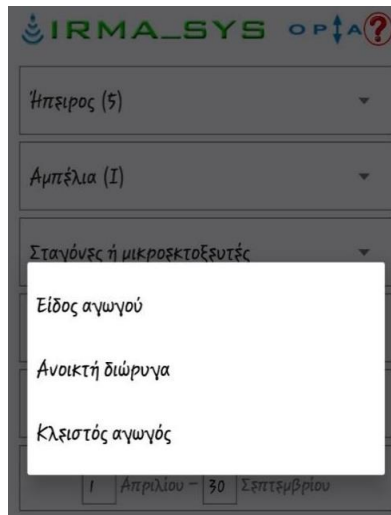
Σε αυτό το πεδίο ο χρήστης πρέπει να επιλέξει το είδος του αγωγού κατά τη μεταφορά του αρδευτικού νερού στην καλλιέργεια, ώστε η εφαρμογή να υπολογίσει τις απώλειες κατά την μεταφορά του.

Αν στο προηγούμενο βήμα έχει επιλεγθεί είτε μικρό δίκτυο άρδευσης είτε δίκτυο μεγαλύτερο των 1000 στρ τότε οι επιλογές είναι δύο:

- Ανοικτή διώρυγα
- Κλειστός αγωγός

Αν στο προηγούμενο βήμα είχε γίνει η επιλογή «χωρίς δίκτυο άρδευσης» το βήμα αυτό παραλείπεται καθώς οι απώλειες θεωρούνται μηδενικές.

Για τη περίπτωση μας επιλέγεται **ο κλειστός αγωγός**.



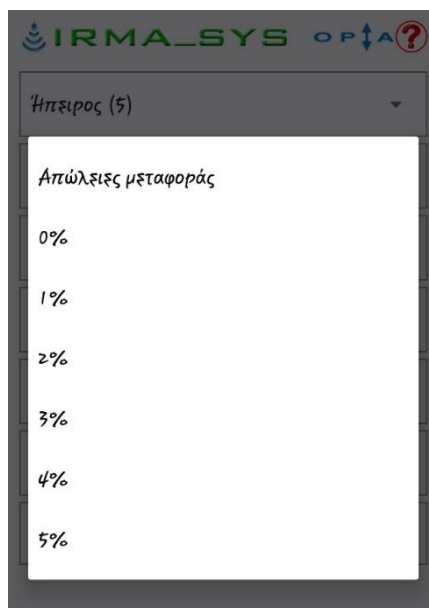
Εικόνα 16: Επιλογή είδους αγωγού

Βήμα 6ο: Επιλογή απωλειών νερού κατά τη μεταφορά

Κατά τη μεταφορά του νερού στο αγροτεμάχιο μια ποσότητα χάνεται λόγω απωλειών. Έτσι όσο αυξημένο είναι το ποσοστό των απωλειών μεταφοράς τόσο περισσότερο αρδευτικό νερό απαιτείται.

- Αν στο προηγούμενο βήμα έχει επιλεγθεί η ανοιχτή διώρυγα: οι απώλειες μεταφοράς κυμαίνονται από 0% έως 10%. Το ποσοστό επιλέγεται με βάση την εκτίμηση του χρήστη.
- Αν στο προηγούμενο βήμα έχει επιλεγθεί ο κλειστός αγωγός: οι απώλειες μεταφοράς μπορούν να κυμανθούν από 0% έως 5% και επιλέγονται με βάση την εκτίμηση του χρήστη.

Εφόσον στο προηγούμενο βήμα έχει επιλεγθεί ο κλειστός αγωγός, βρισκόμαστε στην 2^η περίπτωση και επιλέγονται απώλειες μεταφοράς στο 3% .



Εικόνα 17: Απώλειες νερού στην περίπτωση κλειστού αγωγού

Βήμα 7ο: Επιλογή αρδευτικής περιόδου

Το βήμα αυτό είναι προαιρετικό ωστόσο ο χρήστης μπορεί να επιλέξει την έναρξη και τη λήξη της περιόδου άρδευσης, επιλέγοντας τις αντίστοιχες ημέρες του Απριλίου και του Σεπτεμβρίου. Η εφαρμογή στη συνέχεια προσαρμόζει ανάλογα τις ποσότητες νερού που εφαρμόζονται σε αυτούς τους μήνες.

Με βάση τη καλλιέργεια της αμπέλου στη περιοχή της Άρτας, επιλέγεται η περίοδος από 29 Απριλίου έως 7 Σεπτεμβρίου.

The screenshot shows the irrigation period selection interface. It consists of four main sections:

- A dropdown menu with the text 'Μικρό δίκτυο άρδευσης' and a downward arrow.
- A dropdown menu with the text 'Κλειστός αγωγός' and a downward arrow.
- A dropdown menu with the text '3%' and a downward arrow.
- A section labeled 'Αρδευτική περίοδος:' containing two input fields. The first field contains '29' and is followed by the text 'Απριλίου'. The second field contains '7' and is followed by the text 'Σεπτεμβρίου'.

Εικόνα 18: Πεδίο επιλογής αρδευτικής περιόδου

Τελικά αποτελέσματα:

Η εφαρμογή εμφανίζει τον πίνακα που απεικονίζει τα όρια σε $m^3/στρέμμα$ ($1 m^3/στρέμμα = 1/m^2 = mm$), για κάθε μήνα από τον Απρίλιο έως τον Σεπτέμβριο. Στο κάτω μέρος της οθόνης η εφαρμογή δίνει την επιλογή στο χρήστη να μοιραστεί τα αποτελέσματα του μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου. Στο Πίνακα 5 απεικονίζονται τα όρια χρήσης νερού για την περίπτωση αμπελώνα στο υδατικό διαμέρισμα της Ηπείρου, για την αρδευτική περίοδο από 29 Απριλίου έως 7 Σεπτεμβρίου.

Πίνακας 5: Όρια χρήσης νερού στην άμπελο σύμφωνα με την εφαρμογή IRMA_SYS ΟΡΙΑ

Περίοδος	$m^3/στρέμμα$
Απρίλιος	3
Μάιος	72–92
Ιούνιος	101–123
Ιούλιος	117–139
Αύγουστος	110–132
Σεπτέμβριος	14–18
Σύνολο	417–507

9.3.2. ΣΧΕΔΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΥΔΑΤΩΝ ΤΟΥ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ ΗΠΕΙΡΟΥ

Σύμφωνα με το Σχέδιο Διαχείρισης του υδατικού διαμερίσματος της Ηπείρου που συντάχθηκε και το 2017 αναθεωρήθηκε από την Ειδική Γραμματεία Υδάτων του ΥΠΕΚΑ, (ΥΠΕΚΑ, 2017) το υδατικό διαμέρισμα της Ηπείρου είναι από τα πιο ορεινά διαμερίσματα της χώρας. Το 70% της συνολικής του έκτασης είναι ορεινές περιοχές, ενώ οι πεδινές καταλαμβάνουν μόνο το 15%. Το ανάγλυφο του είναι έντονο, με μεγάλες κλίσεις και βαθιές χαράδρες, όπως ο Βίκος, ο Άραχθος και ο Αχέροντας. Το υψηλότερο βουνό του είναι ο Σμόλικας (2,617 m υψόμετρο).

Εξαιτίας της πολυμορφίας του ανάγλυφου και της γεωγραφικής θέσης του, το διαμέρισμα παρουσιάζει ποικιλία κλίματος. Στην Κέρκυρα και στις ακτές του, το κλίμα είναι θαλάσσιο μεσογειακό, ενώ προχωρώντας προς το εσωτερικό του το κλίμα γίνεται όλο και πιο ηπειρωτικό, δηλαδή ανάμεσα στο μεσευρωπαϊκό και το μεσογειακό. Στις ορεινές περιοχές επικρατεί το ορεινό κλίμα.

Η μέση ετήσια θερμοκρασία του διαμερίσματος έχει την ελάχιστη τιμή στα ορεινά, 10°C, ενώ στα παράλια και τα νησιά φτάνει έως και 18°C. Ο θερμότερος μήνας είναι ο Αύγουστος και οι ψυχρότεροι Ιανουάριος και ο Φεβρουάριος.

Στις παραλιακές περιοχές το μέσο ετήσιο ύψος βροχής ταλαντεύεται από 1.000 έως 1.200 mm, ενώ στις ορεινές περιοχές μπορεί να φτάσει και τα 2.000 mm. Στις ορεινές περιοχές οι ημέρες βροχής είναι περισσότερες (70 έως 120) σε σχέση με το εσωτερικό.

Στο Πίνακα 6 ακολουθούν οι συνολικές ετήσιες απολήψεις ύδατος ανά υπηρεσία ύδατος.

Πίνακας 6: Ετήσιες εκτιμώμενες απολήψεις ύδατος για το υδατικό διαμέρισμα της Ηπείρου

Χρήση Ύδατος	Ετήσια Εκτιμώμενη Απόληψη (hm ³)
Άρδευση (σύνολο αρδεύσιμων εκτάσεων)	688
Άρδευση (εκτάσεις 2013)	376
Πόσιμο Νερό	58
Κτηνοτροφία	10
Βιομηχανία	4,5

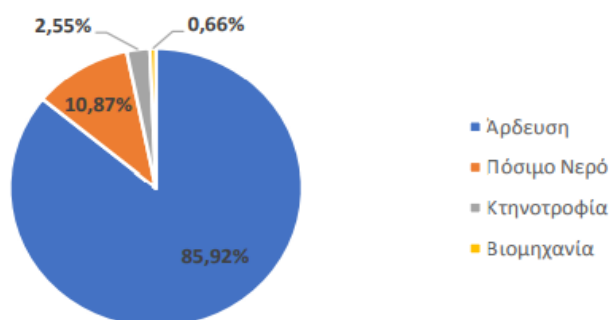
Ως προς την άρδευση, υπάρχουν δυο ποσότητες. Η πρώτη έχει να κάνει με όλες τις δηλωμένες αρδεύσιμες εκτάσεις. Η τιμή αυτή αποτελεί και ένα άνω όριο στην αρδευτική ζήτηση. Η δεύτερη αφορά στις εκτάσεις που το 2013 δηλώθηκε πως όντως αρδεύτηκαν. Η τιμή της είναι μειωμένη και αντικατοπτρίζει τη μείωση των εκτάσεων που αρδεύονται για λόγους τόσο δημογραφικούς όσο και οικονομικούς. (ΥΠΕΚΑ, 2017).

Στην Εικόνα 19 που ακολουθεί φαίνεται και η ετήσια κατανομή ζήτησης του διαμερίσματος της Ηπείρου. Όπως είναι προφανές το μεγαλύτερο μέρος της αφορά τη ΛΑΠ Καλαμά (127,2 hm³), και ακολουθεί με μικρή διαφορά η ΛΑΠ Λούρου (122,6 hm³), στη συνέχεια η ΛΑΠ Αράχθου (74,5 hm³) και η ΛΑΠ Αχέροντος (69,8 hm³) και με αρκετά μικρότερη ζήτηση η ΛΑΠ Κέρκυρας-Παξών (27,8 hm³) και η ΛΑΠ Αώου (26,1 hm³).



Εικόνα 19: Ετήσια κατανομή ζήτησης του διαμερίσματος της Ηπείρου

Συγκεκριμένα στην περίπτωση της Λεκάνης Απορροής του Αράχθου, όπως αναφέρεται στην ενότητα 5.4 της μελέτης, οι συνολικές εκτιμώμενες απολήψεις ανέρχονται σε 74,5 hm³. Από το σύνολο αυτό τα 64 hm³ χρησιμοποιούνται για άρδευση, τα 8,1 hm³ για πόσιμο νερό, οι απολήψεις για κτηνοτροφία είναι 1,9 hm³ και για την βιομηχανία 0,5 hm³. Ακολουθεί η κατανομή των διαφόρων χρήσεων στις απολήψεις για την ΛΑΠ Αράχθου (ΥΠΕΚΑ, 2017).



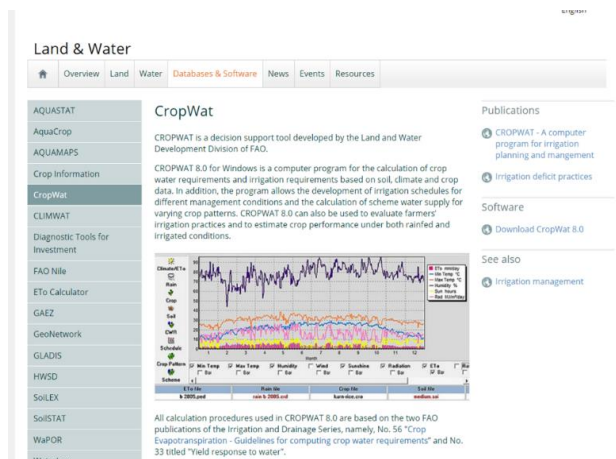
Εικόνα 20: Κατανομή ετήσιων απολήψεων ύδατος στη ΛΑΠ Αράχθου

9.4. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΑΝΑΓΚΩΝ ΣΕ ΝΕΡΟ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΜΠΕΛΟ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ FAO

Πλέον, γενικότερα αποδεκτή προσέγγιση εκτίμησης των αναγκών των καλλιεργειών σε νερό είναι μέσω του υπολογισμού της εξατμισοδιαπνοής μιας καλλιέργειας με την εξίσωση των Penman-Monteith, χρησιμοποιώντας τα απαραίτητα κλιματικά δεδομένα και του συντελεστές καλλιέργειας, σύμφωνα με την τεχνική αναφορά άρδευσης Νο 56 του FAO, (Allen, et al., 1998) στην οποία αναλύεται. Τα κλιματικά στοιχεία για τις διάφορες περιοχές της Ελλάδας είναι διαθέσιμα από διάφορους φορείς, όπως η σελίδα κλιματολογίας και ο "Κλιματικός Άτλαντας της Ελλάδας 1971-2000" της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας καθώς και η εφαρμογή ClimWat.

9.4.1. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ CROPWAT

Το CropWat (CropWat, FAO) είναι ένα εργαλείο υπολογισμού και υποστήριξης αποφάσεων άρδευσης το οποίο έχει αναπτυχθεί από το Land and Water Development Division του FAO και η πιο πρόσφατη έκδοση του είναι η 8.0. Είναι διαθέσιμο από την ιστοσελίδα του FAO Land and Water.



Εικόνα 21: Πρόγραμμα CropWat του FAO

Με το πρόγραμμα το οποίο είναι διαθέσιμο για Windows μπορούν να υπολογιστούν οι υδατικές ανάγκες καλλιεργειών με βάση κλιματικά, φυτικά και εδαφικά δεδομένα. Επίσης το πρόγραμμα έχει τη δυνατότητα ανάπτυξης προγραμμάτων άρδευσης σε διάφορες καλλιεργητικές και αρδευτικές πρακτικές. Τέλος, το CropWat 8.0 μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση της αρδευτικής πρακτικής του παραγωγού και τον υπολογισμό της παραγωγής κάτω από αρδευόμενες ή όχι συνθήκες.

Όλοι οι υπολογισμοί που εφαρμόζει το πρόγραμμα βασίζονται σε δύο δημοσιεύσεις της σειράς Irrigation and Drainage του FAO και συγκεκριμένα του «No. 33 – Yield response to water» (FAO, 1979) και του «No. 56 – Crop Evapotranspiration - Guidelines for computing CropWater requirements» (Allen, et al., 1998).

Ως σημείο εκκίνησης και μόνο σε περίπτωση που δεν είναι διαθέσιμα τοπικά δεδομένα, το CropWat 8.0 περιλαμβάνει τυπικά δεδομένα καλλιέργειας και εδάφους. Σε περίπτωση που είναι διαθέσιμα τοπικά δεδομένα, αυτά τα αρχεία δεδομένων μπορούν εύκολα να τροποποιηθούν ή να δημιουργηθούν νέα. Ομοίως, εάν δεν είναι διαθέσιμα τοπικά κλιματικά δεδομένα, αυτά μπορούν να ληφθούν για περισσότερους από 5.000 σταθμούς παγκοσμίως από το ClimWat, τη σχετική κλιματική βάση δεδομένων.

Η ανάπτυξη προγραμμάτων άρδευσης στο CropWat 8.0 βασίζεται σε μια ημερήσια ισορροπία εδάφους-νερού, χρησιμοποιώντας διάφορες επιλογές που καθορίζονται από τον χρήστη για συνθήκες παροχής νερού και διαχείρισης άρδευσης. Το πρόγραμμα παροχής νερού υπολογίζεται σύμφωνα με το πρότυπο καλλιέργειας που ορίζει ο χρήστης, το οποίο μπορεί να περιλαμβάνει έως και 20 καλλιέργειες.

Τα κυριότερα χαρακτηριστικά της έκδοσης 8.0 για Windows του CropWat είναι:

1. Ο υπολογισμός εξατμισοδιαπνοής αναφοράς (ET_o) με χρήση κλιματικών δεδομένων ανά μήνα, δεκαήμερου ή και ημέρας.
2. Η δυνατότητα εκτίμησης κλιματικών δεδομένων όταν δεν υπάρχουν διαθέσιμες σχετικές τιμές.
3. Δημιουργία προγραμμάτων άρδευσης σε σχέση με τη γεωργική εκμετάλλευση και τη περιοχή με πολλές δυνατότητες επιλογών και ρυθμίσεων από το χρήστη.
4. Αποτελέσματα υδατικού ισοζυγίου ανά ημέρα για όλη την καλλιεργητική περίοδο.
5. Γραφικές παρουσιάσεις δεδομένων και αποτελεσμάτων για τις ανάγκες των καλλιεργειών σε νερό και προγράμματα άρδευσης.
6. Εύκολη εισαγωγή και εξαγωγή δεδομένων μέσω του πρόχειρου (clipboard) των Windows ή αρχείων τύπου ASCII (Land and Water Development Division).

9.4.2. ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ CLIMWAT

Το ClimWat (Climwat, FAO) είναι μια κλιματική βάση δεδομένων που χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με το πρόγραμμα CropWat και επιτρέπει τον υπολογισμό των απαιτήσεων σε νερό των καλλιεργειών, την δόση και τον προγραμματισμό άρδευσης για διάφορες καλλιέργειες για ένα μεγάλο εύρος κλιματολογικών σταθμών παγκοσμίως.

Είναι αποτέλεσμα συνεργασίας των Climate Change and Bioenergy Unit του FAO και Water Development and Management Unit, περιλαμβάνει αγροκλιματικά δεδομένα για πάνω από 5.000 μετεωρολογικούς σταθμούς παγκοσμίως, από τους οποίους οι 24 βρίσκονται στην χώρα μας (η Άρτα δεν βρίσκεται ανάμεσα τους). Είναι διαθέσιμο από την ιστοσελίδα του FAO Land and Water.

Land & Water

Overview Land Water **Databases & Software** News Events Resources SOLAW 2021

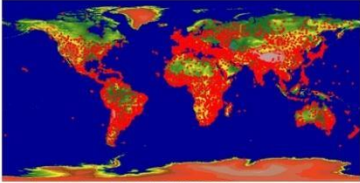
AQUASTAT
AquaCrop
AQUAMAPS
Crop Information
CropWat
CLIMWAT
Diagnostic Tools for Investment
FAO Nile
ETo Calculator
GAEZ
GeoNetwork
GLADIS
HWSD
SoiLEX
SoiSTAT
WaPOR
WaterLex

CLIMWAT

CLIMWAT is a climatic database to be used in combination with the computer program CROPWAT, and allows the calculation of crop water requirements, irrigation supply and irrigation scheduling for various crops for a range of climatological stations worldwide.

CLIMWAT 2.0 for CROPWAT is a joint publication of the **Water Development and Management Unit** and the **Climate Change and Bioenergy Unit** of FAO.

CLIMWAT 2.0 offers observed agroclimatic data of over 5000 stations worldwide distributed as shown below.



Location of stations included in CLIMWAT 2.0

CLIMWAT provides long-term monthly mean values of seven climatic parameters, namely:

- Mean daily maximum temperature in °C
- Mean daily minimum temperature in °C
- Mean relative humidity in %

Software

Download ClimWat for CropWat

See also

Climate Change and Bioenergy Unit

Εικόνα 22: Το πρόγραμμα ClimWat του FAO

Το ClimWat παρέχει μακροπρόθεσμες μηνιαίες τιμές των ακόλουθων κλιματικών παραμέτρων:

- Μέση μέγιστη ημερήσια θερμοκρασία (C°)
- Μέση ελάχιστη ημερήσια θερμοκρασία (C°)
- Μέση σχετική υγρασία σε %
- Μέση ηλιακή ακτινοβολία σε MJ/m²/day
- Μηνιαία βροχόπτωση σε mm/month
- Μέση ταχύτητα ανέμου σε km/day
- Μέσο ημερήσιο αριθμό ωρών ηλιοφάνειας σε h
- Μηνιαία ενεργή βροχόπτωση σε mm/month
- Δυνητική εξατμισοδιαπνοή αναφοράς (με βάση τη μέθοδο Penman-Monteith) σε mm/day

9.4.3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΡΔΕΥΤΙΚΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΓΙΑ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΟΙΝΟΠΟΙΗΣΙΜΗΣ ΑΜΠΕΛΟΥ ΣΤΗΝ ΑΡΤΑ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ CROPWAT

Στο παρακάτω κείμενο περιγράφεται ο τρόπος υπολογισμού των αρδευτικών αναγκών για τη καλλιέργεια της αμπέλου στη περιοχή της Άρτας, με τη χρήση του προγράμματος CropWat χρησιμοποιώντας την βάση δεδομένων που αναλύθηκε προηγουμένως.

Όπως αναφέρθηκε, το ClimWat περιλαμβάνει αγροκλιματικά δεδομένα μόνο για 24 μετεωρολογικούς σταθμούς στην Ελλάδα και η περιοχή της Άρτας δεν βρίσκεται ανάμεσα τους. Έτσι θα χρειαστεί να χρησιμοποιηθούν δεδομένα από κάποιον άλλο αγρομετεωρολογικό σταθμό του ClimWat με όσο το δυνατόν πλησιέστερα στοιχεία με την περιοχή μελέτης. Με βάση την τεχνική οδηγία για τα κλιματικά δεδομένα των Ελληνικών περιοχών (ΤΟΤΕΕ-ΥΠΕΚΑ, 2012), η Ελληνική Επικράτεια χωρίζεται σε τέσσερις κλιματικές ζώνες που παρουσιάζονται στην Εικόνα 23.

ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ	ΝΟΜΟΙ
ΖΩΝΗ Α	Ηρακλείου, Χανίων, Ρεθύμνου, Λασιθίου, Κυκλάδων, Δωδεκανήσου, Σάμου, Μεσσηνίας, Λακωνίας, Αργολίδας, Ζακύνθου, Κεφαλληνίας & Ιθάκης, Κύθηρα & νησιά Σαρωνικού (Αττικής), Αρκαδίας (πεδινή).
ΖΩΝΗ Β	Αττικής (εκτός Κυθήρων & νησιών Σαρωνικού), Κορινθίας, Ηλείας, Αχαΐας, Αιτωλοακαρνανίας, Φθιώπιδας, Φωκίδας, Βοιωτίας, Ευβοίας, Μαγνησίας, Λέσβου, Χίου, Κέρκυρας, Λευκάδας, Θεσσαρωτίας, Πρέβεζας, Άρτας.
ΖΩΝΗ Γ	Αρκαδίας (ορεινή), Ευρυτανίας, Ιωαννίνων, Λάρισας, Καρδίτσας, Τρικάλων, Πιερίας, Ημαθίας, Πέλλας, Θεσσαλονίκης, Κιλκίς, Χαλκιδικής, Σερρών (εκτός ΒΑ τμήματος), Καβάλας, Ξάνθης, Ροδόπης, Έβρου.
ΖΩΝΗ Δ	Γρεβενών, Κοζάνης, Καστοριάς, Φλώρινας, Σερρών (ΒΑ τμήμα), Δράμας.

Εικόνα 23: Κλιματικές ζώνες Ελλάδας (ΤΟΤΕΕ-ΥΠΕΚΑ, 2012)

Παρατηρούμε ότι η Άρτα ανήκει στη Β κλιματική ζώνη. Από την ιστοσελίδα της ΕΜΥ, στον Πίνακα 6 απεικονίζονται τα μέσα ύψη βροχής ανά μήνα για την Άρτα.

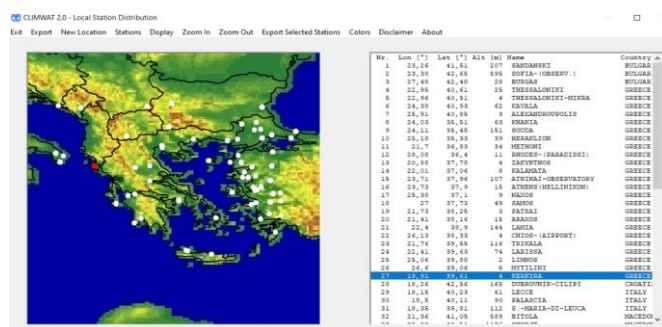
Πίνακας 7: Μέσα ύψη βροχής ανά μήνα στην Άρτα

Μήνας	Μέσο μηνιαίο ύψος βροχής
Ιανουάριος	129.6
Φεβρουάριος	125.4
Μάρτιος	91.6
Απρίλιος	81.3
Μάιος	44.8
Ιούνιος	19.8
Ιούλιος	13.4
Αύγουστος	14.7
Σεπτέμβριος	61.5
Οκτώβριος	128.3
Νοέμβριος	199.8
Δεκέμβριος	189.7

Προσθέτοντας τις τιμές της μέσης βροχόπτωσης του κάθε μήνα έχουμε συνολικά 1099.9 mm. Κάνοντας το ίδιο για τις περιοχές της Άρτας που ανήκουν στην ίδια ζώνη διαπιστώνουμε πως η τιμή της Κέρκυρας, 1111.3 mm. Ο μετεωρολογικός σταθμός της Κέρκυρας είναι αυτός που θα επιλεγεί.

Βήμα 1^ο

Αρχίζουμε ανοίγοντας το ClimWat και επιλέγοντας Ελλάδα. Έπειτα επιλέγεται η Κέρκυρα από τους 24 διαθέσιμους σταθμούς. Επιλέγεται το Export Selected Stations και έπειτα από την επιλογή φακέλου προορισμού, επιλέγεται το Export PEN and CLI files. Δημιουργούνται δύο αρχεία. Το PEN περιλαμβάνει μηνιαίους μέσους όρους κλιματικών παραμέτρων, συντεταγμένες θέσεις και υψόμετρο και το CLI περιλαμβάνει κλιματικά δεδομένα βροχόπτωσης και ενεργού βροχόπτωσης σε mm/month.



Εικόνα 24: Επιλογή σταθμού Κέρκυρας στο CLIMWAT

Βήμα 2^ο

Τα δεδομένα που αποθηκεύσαμε προηγουμένως πρέπει τώρα να εισαχθούν στο CropWat. Ανοίγουμε το πρόγραμμα και επιλέγουμε το Climate/ET₀ από την γραμμή εργαλείων στα αριστερά της οθόνης. Έπειτα επιλέγουμε το Open στην πάνω πλευρά της οθόνης και επιλέγουμε το αρχείο των κλιματικών δεδομένων που αποθηκεύσαμε από το ClimWat. Οι τιμές εμφανίζονται στο παράθυρο στο κέντρο της οθόνης και σε αυτές περιλαμβάνονται η μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία, η υγρασία, η ταχύτητα του ανέμου και οι ώρες ηλιοφάνειας. Στις δυο τελευταίες στήλες έχουν υπολογιστεί από το σύστημα, με βάση τα προηγούμενα δεδομένα η ενέργεια από την ηλιακή ακτινοβολία και η εξατμισοδιαπνοή αναφοράς σύμφωνα την προσέγγιση FAO Penman-Monteith (σε mm/ημέρα ή mm/period).

Month	Min Temp °C	Max Temp °C	Humidity %	Wind km/day	Sun hours	Rad MJ/m ² /day	ETo mm/day
January	5.1	13.9	72	233	3.1	6.4	1.42
February	5.7	14.2	71	259	3.5	8.6	1.74
March	6.8	16.2	72	233	4.4	12.1	2.19
April	9.3	19.2	72	199	6.5	17.4	2.97
May	12.9	23.8	68	164	8.5	21.8	4.05
June	16.4	27.9	61	173	10.0	24.6	5.18
July	18.3	30.9	56	164	11.6	26.4	5.92
August	18.6	31.1	57	156	10.5	23.2	5.35
September	16.5	27.8	67	156	8.0	17.3	3.81
October	13.4	23.2	72	181	5.9	11.7	2.50
November	9.8	18.8	74	233	3.4	7.0	1.77
December	6.7	15.4	77	242	2.4	5.3	1.34
Average	11.6	21.9	68	199	6.5	15.1	3.19

Εικόνα 25: Αρχείο μηνιαίων τιμών

Βήμα 3^ο

Επιλέγοντας στην αριστερή γραμμή εργαλείων το Rain και αμέσως μετά το Open στην πάνω πλευρά επιλέγουμε το αρχείο βροχοπτώσεων από το ClimWat. Το αρχείο ανοίγει σε παράθυρο στο κέντρο. Στην πρώτη στήλη βρίσκεται η βροχόπτωση σε mm ανά μήνα ενώ στην δεύτερη η ενεργός βροχόπτωση σε mm ανά μήνα. Η ενεργός βροχόπτωση μπορεί να υπολογιστεί από το σύστημα με διάφορες 4 διαφορετικές μεθόδους:

1. Μέθοδος σταθερού ποσοστού (Fixed percentage)
2. Εξαρτώμενη βροχόπτωση (εξίσωση Dependable rainfall, FAO/AGLW)
3. Εμπειρική μέθοδος (Empirical formula)
4. Μέθοδος του USDA Soil Conservation Service

Οι μέθοδοι είναι διαθέσιμοι στο πεδίο Options του προγράμματος. Στην προκειμένη περίπτωση επιλέγεται η μέθοδος του USDA.

Monthly rain - C:\Program Files (x86)\CLIMWAT 2.0 for CROPWAT V2.0\KERKYRA.cli

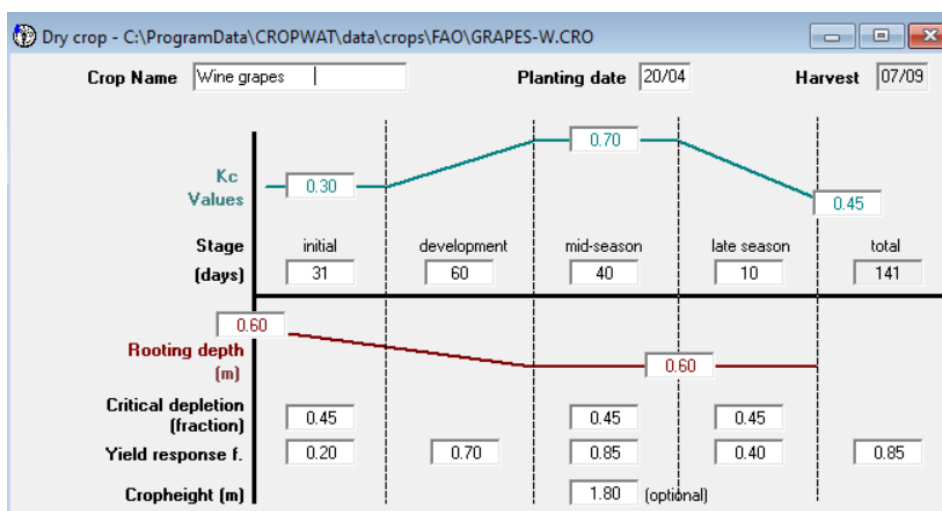
Station: KERKYRA Eff. rain method: USDA S.C. Method

	Rain	Eff rain
	mm	mm
January	131,7	103,9
February	136,1	106,5
March	98,4	82,9
April	61,8	55,7
May	36,3	34,2
June	14,3	14,0
July	7,4	7,3
August	17,8	17,3
September	74,9	65,9
October	148,1	113,0
November	180,5	128,4
December	180,0	128,2
Total	1087,3	857,2

Εικόνα 26: Δεδομένα βροχόπτωσης.

Βήμα 4^ο

Στην επιλογή Crop της αριστερής στήλης εισάγονται οι καλλιεργητικοί συντελεστές Kc για τα διάφορα καλλιεργητικά στάδια. Επιλέγοντας το Open το πρόγραμμα παρέχει μια λίστα αρχείων για κάποιες καλλιέργειες στον φάκελο FAO, σύμφωνα με το FAO paper 56. Να σημειωθεί πως σε περίπτωση που η καλλιέργεια αναφοράς δεν βρίσκεται στο πρόγραμμα ή στη λίστα του FAO, οι Kc θα χρειαστεί να αναζητηθούν στην βιβλιογραφία. Επιλέγουμε το αρχείο Wine grapes ωστόσο αλλάζουμε κάποιες παραμέτρους που διαπιστώθηκαν στην πράξη για τον συγκεκριμένο αμπελώνα, όπως η διάρκεια των καλλιεργητικών σταδίων, το βάθος ριζοστρώματος και το μέγιστο επιτρεπόμενο υδατικό έλλειμμα.



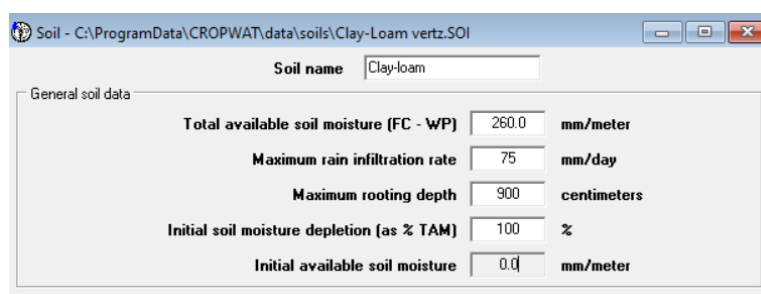
Εικόνα 27: Kc για τα διάφορα στάδια ανάπτυξης οиноποιήσιμης ποικιλίας αμπελού.

Βήμα 5^ο

Για την εισαγωγή των εδαφικών παραμέτρων επιλέγουμε το πεδίο Soil στην αριστερή πλευρά της οθόνης. Τα δεδομένα (ολική διαθέσιμη υγρασία, διηθητικότητα, μέγιστο βάθος ριζοστρώματος και αρχική κατανάλωση υγρασίας εδάφους) μπορούν εφόσον είναι διαθέσιμα να εισαχθούν και από το χρήστη είτε να περαστούν στο παράθυρο έτοιμα, πατώντας την επιλογή Open και επιλέγοντας τον τύπο του εδάφους του αγροτεμαχίου.

Με βάση τα δεδομένα αυτά υπολογίζεται από το CROPWAT η αρχική διαθέσιμη υγρασία εδάφους.

Εισάγουμε τις γνωστές εδαφικές παραμέτρους για το συγκεκριμένο αγροτεμάχιο.



The screenshot shows a window titled 'Soil - C:\ProgramData\CROPWAT\data\soils\Clay-Loam vertz.SOI'. The 'Soil name' field contains 'Clay-loam'. Below this, under 'General soil data', there are several input fields with their respective values and units:

Parameter	Value	Unit
Total available soil moisture (FC - WP)	260.0	mm/meter
Maximum rain infiltration rate	75	mm/day
Maximum rooting depth	900	centimeters
Initial soil moisture depletion (as % TAM)	100	%
Initial available soil moisture	0.0	mm/meter

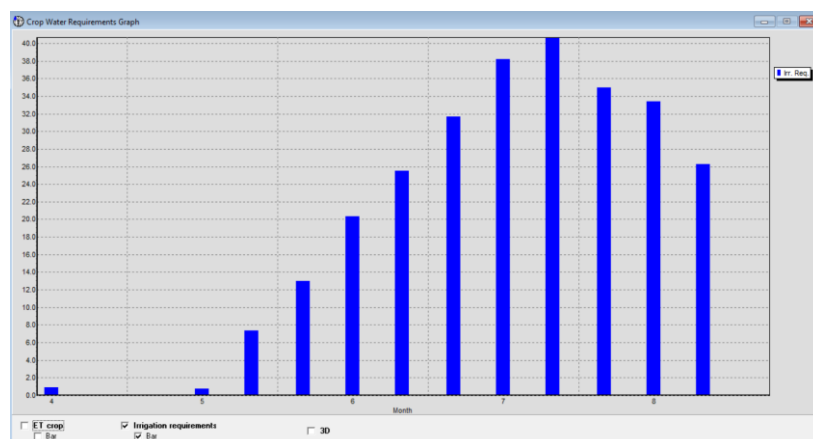
Εικόνα 28: Παράμετροι εδάφους

Τελικά αποτελέσματα

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως η άμπελος έχει ιδιαίτερη ανάγκη για άρδευση από την αρχή της άνθισης έως την καρπόδεση, αυτό επιβεβαιώνεται από τις ανάγκες άρδευσης σύμφωνα με το CropWat για τους αντίστοιχους μήνες ειδικά τους καλοκαιρινούς. Η μεγαλύτερη ανάγκη για άρδευση υπάρχει στο 3^ο δεκαήμερο του Ιουλίου, προφανής συνδυασμός του βλαστικού σταδίου των πρέμνων και των υψηλών θερμοκρασιών. Στην Εικόνα 29 παρουσιάζονται η συνολική εξατμισοδιαπνοή (ETc) για το διάστημα αυτό στα 368,7 mm, η συνολική ενεργός βροχόπτωση (Eff rain) 102,7 mm και οι συνολικές αρδευτικές ανάγκες (Irr. Req) στα 273 mm. Στην Εικόνα 30 δίνεται το διάγραμμα των αναγκών σε νερό προς τους αντίστοιχους μήνες.

Month	Decade	Stage	Kc	ETc	ETc	Eff rain	Irr. Req.
			coeff	mm/day	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Apr	2	Init	0.30	0.89	0.9	1.8	0.9
Apr	3	Init	0.30	1.00	10.0	16.0	0.0
May	1	Init	0.30	1.11	11.1	13.8	0.0
May	2	Init	0.30	1.21	12.1	11.4	0.7
May	3	Deve	0.34	1.50	16.5	9.2	7.3
Jun	1	Deve	0.41	1.95	19.5	6.5	13.0
Jun	2	Deve	0.47	2.44	24.4	4.1	20.3
Jun	3	Deve	0.53	2.90	29.0	3.5	25.5
Jul	1	Deve	0.60	3.44	34.4	2.7	31.7
Jul	2	Mid	0.66	3.99	39.9	1.7	38.2
Jul	3	Mid	0.69	3.97	43.7	3.0	40.7
Aug	1	Mid	0.69	3.84	38.4	3.5	35.0
Aug	2	Mid	0.69	3.74	37.4	4.0	33.4
Aug	3	Late	0.67	3.29	36.2	10.0	26.3
Sep	1	Late	0.51	2.18	15.3	11.6	0.0
					368.7	102.7	273.0

Εικόνα 29: Ανάγκες αμπέλου σε νερό



Εικόνα 30: Διάγραμμα αναγκών σε νερό

10. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΓΙΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΑΜΠΕΛΟΥ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΓΡΑΜΜΕΝΙΤΣΑΣ ΣΤΗΝ ΑΡΤΑ

Η αξιολόγηση πραγματοποιήθηκε κατά την αρδευτική περίοδο του 2021 (από 29/4 έως 8/9), σε έναν αμπελώνα ποικιλίας «Βερτζαμί», ο οποίος βρίσκεται στην πεδιάδα της Άρτας, στην περιοχή της Γραμμενίτσας (39,18584° N, 20,97479° E (WGS84), με υψόμετρο 45m. Το κλίμα στη περιοχή της Γραμμενίτσας μπορεί να θεωρηθεί αντιπροσωπευτικό αυτού των περιοχών της Ελλάδας που καλλιεργείται η ποικιλία «Βερτζαμί» (EMY, 2021)



Εικόνα 31: Πειραματικός αμπελώνας ποικιλίας Βερτζαμί στην Γραμμενίτσα Άρτας

Η ποικιλία Βερτζαμί προέρχεται από την Λευκάδα, είναι εξαιρετικά προσαρμοστική και αποδίδει ακόμα και σε πετρώδη, αβαθή, ξηρά και μεγάλης κλίσης εδάφη. Έχει υψηλή ζωηρότητα και παραγωγή (κάθε βλαστός φέρει δυο με τρία σταφύλια κατά μέσο όρο). Η ωρίμανση της ξεκινά από τις 20 Σεπτεμβρίου συνήθως, ενώ στα μεγαλύτερα υψόμετρα (αντέχει έως και 850m) η ωρίμανση της ξεπερνά και τα τέλη Οκτωβρίου. Η απόδοση της σε παραγωγή αρχίζει από τα 600-700 kg/στρ και μπορεί να φτάσει έως και τα 1500 kg/στρ. Οι οίνοι που παράγει έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε χρωστικές και ταννίνες, κατηγοριοποιούνται στα «κρασιά αναμίξεως» και αναμιγνύονται με φτωχούς σε χρώμα οίνους ώστε να ενισχύσουν αυτό το χαρακτηριστικό. Η ποικιλία Βερτζαμί είναι συνήθως κόκκινη ωστόσο υπάρχει και η άσπρη παραλλαγή της το Ασπροβέρτζαμο (Σταύρακας, 1998).



Εικόνα 32: Πρέμνα ποικιλίας Βερτζαμί

Η περιοχή της αξιολόγησης είχε έκταση 0,08 ha και το έδαφος ήταν αργιλοπηλώδες (clay-loam). Τα πρέμνα ήταν ηλικίας έξι ετών, διατεταγμένα σε 13 σειρές με 16 φυτά η κάθε μία (208 σε σύνολο) και υποστηλωμένα σε ύψος 1,20 m. Ο αμπελώνας αρδευόταν

με σύστημα στάγδην άρδευσης και αποτελούταν από ένα ρυθμιζόμενο εκτοξευτήρα ανά φυτό (0-70 Lh⁻¹). Η επιθεώρηση άρδευσης έδειξε πώς η μέση παροχή ανά εκτοξευτήρα ήταν 12,5 Lh⁻¹ (τυπικό σφάλμα 3,5 Lh⁻¹). Το νερό στο αγροτεμάχιο παρεχόταν από τον Τοπικό Οργανισμό Εγγείων Βελτιώσεων Γραμμενίτσας - Βλαχέρνας και το pH του ήταν ίσο με 8,4, ενώ η ηλεκτρική του αγωγιμότητα (EC) ήταν ίση με 0.44 dS m⁻¹.



Εικόνα 33: Πρέμνα ποικιλίας Βερτζαμί



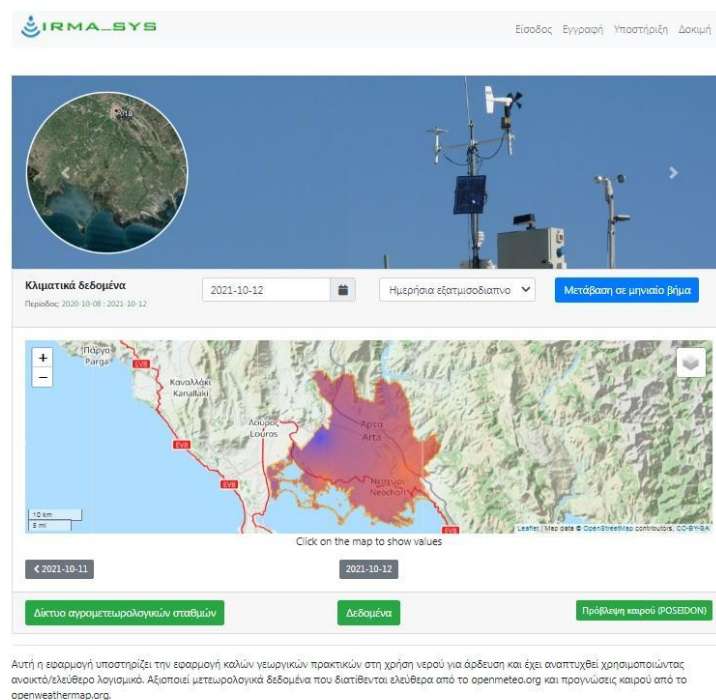
Εικόνα 34: Ρυθμιζόμενος σταλάκτης (0-70 Lh⁻¹)

10.1. ΧΡΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΞΥΠΝΗΣ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΣΥΜΒΟΥΛΗ ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΤΟΥ ΑΜΠΕΛΩΝΑ

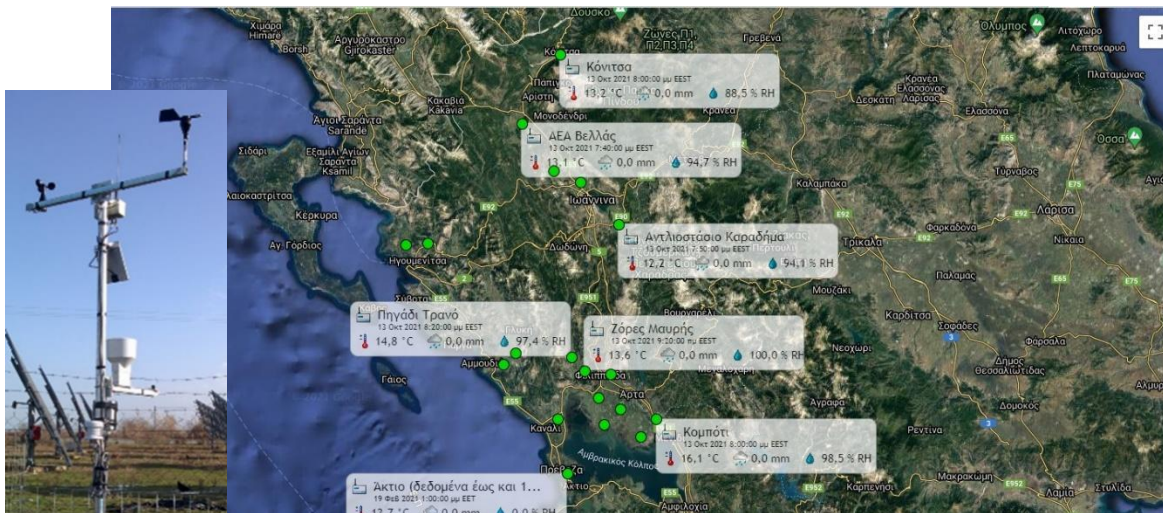
Οι συμβουλές άρδευσης για τον αμπελώνα παρέχονταν από το Σύστημα Υποστήριξης Αποφάσεων σχετικά με τη διαχείριση της άρδευσης (IRMA_SYS) που καλύπτει 46432.5

ha στην πεδιάδα της Άρτας και λειτουργεί στην περιοχή από το 2015 (<https://arta.irmasys.eu/>). Η φιλοσοφία του συστήματος στηρίζεται στην αλληλεπίδραση μιας ομάδας τελικών χρηστών, όπου γεωπόνοι και ειδικοί άρδευσης συνεισφέρουν σε μία αμφίδρομη ροή πληροφοριών ώστε να υπάρχει μια συνεχής βελτίωση του συστήματος. Το σύστημα παρέχει πρόβλεψη εδαφικής υγρασίας και παράγει συμβουλές για μελλοντικές αρδεύσεις, βασισμένες στα αποτελέσματα ενός υδατικού ισοζυγίου που ακολουθεί τις αρχές του FAO's paper 56 (Allen, et al., 1998). Το IRMA_SYS λαμβάνει επίσης υπόψιν του την πιθανή χρήση της εδαφικής υγρασίας πέρα από την Υδατοϊκανότητα. Επίσης έχει καταχωρηθεί επίσημα ως «Ορθή Πρακτική» του 2021 στην Ευρώπη και στην Ασία από τους οργανισμούς ITU και FAO. Ειδικότερα, το σύστημα λαμβάνει υπόψιν:

- 1) Μετρήσεις καιρικών παραμέτρων από αγρομετεωρολογικούς σταθμούς στην περιοχή
- 2) Μετρήσεις καιρικών παραμέτρων από αγρομετεωρολογικούς σταθμούς στην περιοχή
- 3) Χρόνο πραγματοποίησης άρδευσης και όγκος αρδευτικού νερού
- 4) Δεδομένα πρόβλεψης καιρού



Εικόνα 35: Σύστημα υποστήριξης αποφάσεων σχετικά με τη διαχείριση της άρδευσης (IRMA_SYS, 2021) <https://arta.irmasys.eu/>



Εικόνα 36: Μετεωρολογικοί σταθμοί στην ευρύτερη περιοχή της Άρτας

Ο υπό μελέτη αμπελώνας ποικιλίας Βερτζαμί καταχωρήθηκε στο σύστημα και λάμβανε τις συμβουλές άρδευσης. Κατά τη καταχώρηση του αγροτεμαχίου χρησιμοποιήθηκαν οι γενικοί παράμετροι που πρότείνει το σύστημα ως βάση και άλλαξαν αυτοί που μπορούσαν να υπολογιστούν.

Συγκεκριμένα, έπειτα από λήψη δείγματος χώματος και ανάλυση ο κορεσμός (S) τέθηκε στο 45% v/v , η υδατοϊκανότητα (FC) στο 38% (v/v) και το σημείο μόνιμης μάρανσης (PWP) στο 8% (v/v), όπως πρότείνει το σύστημα σύμφωνα με τον (Twarakani, et al., 2009). Η διαβρεχόμενη έκταση μετρήθηκε ίση με 0,025 ha. Το βάθος ριζοστρώματος τέθηκε ίσο με 0,60 m και το μέγιστο επιτρεπόμενο υδατικό έλλειμμα (MAD) ίσο με 0,45, ήταν τιμή που προτάθηκε από το σύστημα για τα οινοποιήσιμα αμπέλια σύμφωνα με τον (Allen, et al., 1998). Ως ημερομηνία φύτευσης θεωρήθηκε η 20/4 και αρχίζοντας από τότε η διάρκεια των σταδίων ανάπτυξης (πρώιμα στάδια, καρπόδεσης, μέση- εποχή, τελική-εποχή) ήταν 30,60,40 και 10 ημέρες αντίστοιχα. Η τιμές που πήρε η Kc για τα στάδια ανάπτυξης προτάθηκαν από το σύστημα σύμφωνα με τον (Allen, et al., 1998) και ήταν $K_{c_{ini}}=0.30$, $K_{c_{mid}}=0.70$, $K_{c_{end}}=0.45$. Η αρδευτική αποδοτικότητα θεωρήθηκε ίση με 0,75, ο συντελεστής ενεργούς βροχόπτωσης ίσος με 0,80 και ο συντελεστής επαναπλήρωσης $R_f=1$.

Το σύστημα προτείνει άρδευση όταν η εδαφική υγρασία εκτιμάται πως έχει φτάσει στο κατώτερο επίπεδο του εύκολα διαθέσιμου νερού. Ο συντελεστής επαναπλήρωσης θέτει το επίπεδο αναπλήρωσης της εδαφικής υγρασίας μετά από 1 άρδευση, $R_F = 1$ σημαίνει

ότι ο στόχος κάθε συμβουλής άρδευσης είναι η αναπλήρωση της εδαφικής υγρασίας έως το επίπεδο της υδατοϊκανότητας.

Ο καλλιεργητής είχε πρόσβαση στο σύστημα και λάμβανε τις συμβουλές άρδευσης, όμως είχε τη δυνατότητα να ακολουθεί τις δικές του αποφάσεις σχετικά με την εφαρμογή άρδευσης. Όλες οι αρδεύσεις που πραγματοποίησε ο καλλιεργητής καταγράφηκαν χειροκίνητα στο σύστημα.

Τοποθετήθηκαν 3 αισθητήρες υγρασίας εδάφους (τύπου 10HS, METEER Group, Inc. USA) σε απόσταση 0,1 m από τους σταλάκτες, σε βάθος 0,2 m ώστε να παρακολουθείται η εδαφική υγρασία. Χρησιμοποιήθηκε η γενική εξίσωση που δίνεται από τον κατασκευαστή για τον υπολογισμό όγκου νερού σε ορυκτά εδάφη (με ακρίβεια $\pm 0.03 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$). Η υγρασία του εδάφους θεωρήθηκε ομοιόμορφη σε όλο το υπό εξέταση βάθος του. Γινόταν καταγραφή του αρδευτικού νερού με υδρόμετρο (ακρίβεια 1L, τύπος DS-TRP, Madalena S.P.A., Italy)



Εικόνα 37: Εγκατάσταση αισθητήρων στο αγροτεμάχιο



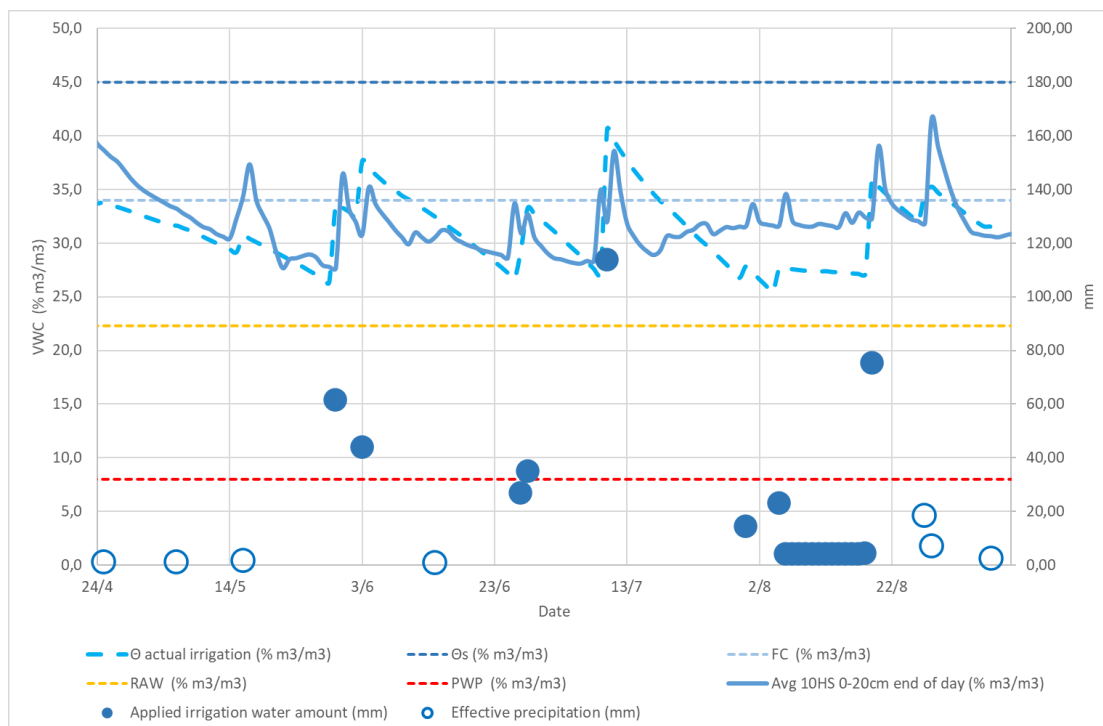
Εικόνα 38: Αισθητήρας τύπου 10HS, METER Group, Inc. και υδρόμετρο ακρίβειας 1L, τύπου DS-TRP, Madalena S.P.A., Italy

10.2. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΑΡΔΕΥΤΙΚΗ ΠΡΑΚΤΙΚΗ ΠΟΥ ΑΚΟΛΟΥΘΗΘΗΚΕ

Για την αξιολόγηση του συστήματος υποστήριξης αποφάσεων σχετικά με τη διαχείριση της άρδευσης: α) Το μοντέλο του συστήματος λειτουργούσε χρησιμοποιώντας τις πραγματικές αρδεύσεις που πραγματοποιήθηκαν κατά την αρδευτική περίοδο και έπειτα Οι χρονοσειρές της εδαφικής υγρασίας που προέκυψαν από το μοντέλο του συστήματος συγκρίθηκαν με αυτές που καταγράφηκαν από τους αισθητήρες υγρασίας εδάφους και β) Στη συνέχεια, αφού διαπιστώθηκε η καλή συσχέτιση των δύο χρονοσειρών, έγινε σύγκριση του αριθμού αρδεύσεων που πραγματοποιήθηκε και του αντίστοιχου ύψους άρδευσης (mm) με τις αντίστοιχες τιμές που προτάθηκαν από το σύστημα.

Το Διάγραμμα 1 αναπαριστά τις παραμέτρους του υδατικού ισοζυγίου ενεργός βροχόπτωση, εφαρμογές άρδευσης, επίπεδα εδαφικής υγρασίας (FC, MAD and PWP) τη μέση διαφορά μεταξύ της πρόβλεψης του μοντέλου και της μέσης τιμής των μετρήσεων της εδαφικής υγρασίας στο τέλος κάθε μέρας. Ο καλλιεργητής εφάρμοσε οκτώ αρδεύσεις

από τις οποίες τρεις θα μπορούσαν να θεωρηθούν ζεύγη, ενώ κατά τη διάρκεια των δύο πρώτων εβδομάδων του Αυγούστου έγινε μια συνεχόμενη χρήση του αρδευτικού λόγω βλάβης στην βαλβίδα ελέγχου.



Διάγραμμα 1: Εδαφική υγρασία αισθητήρων και εδαφική υγρασία μοντέλου συστήματος, με βάση τις πραγματοποιηθείσες αρδεύσεις και την ενεργό βροχόπτωση

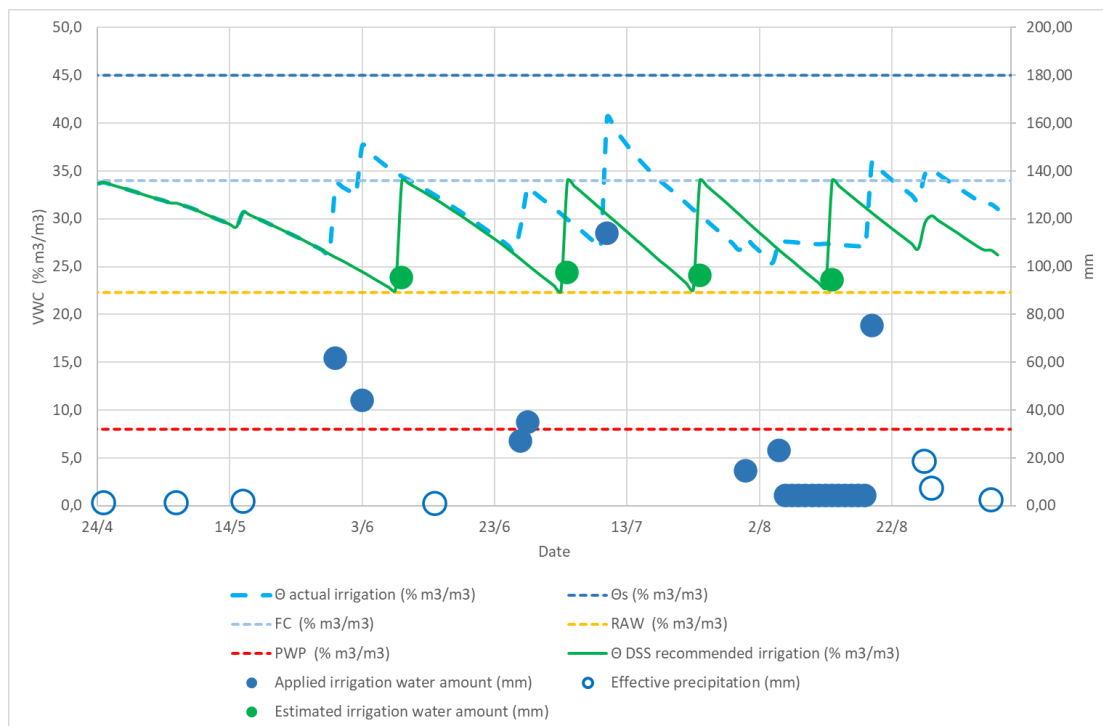
Για την περίοδο 20 Απριλίου έως 7 Σεπτεμβρίου, η συνολική ενεργός βροχόπτωση ήταν στα 33.01 mm, ενώ ο παραγωγός εφάρμοσε 448.05 mm νερού (δηλαδή 112,01 m³).

Η συγκομιδή πραγματοποιήθηκε στις 7 Σεπτεμβρίου και η συνολική παραγωγή ήταν 900 κιλά σταφυλιών.

Ειδικότερα, όσον αφορά την εδαφική υγρασία η μέση διαφορά μεταξύ της πρόβλεψης του μοντέλου και της μέσης τιμής των μετρήσεων της εδαφικής υγρασίας στο τέλος κάθε μέρας ήταν 2.74% m³/m³ (τυπικό σφάλμα 0.17).

Για την περίοδο 20 Απριλίου έως 7 Σεπτεμβρίου το σύστημα πρότεινε τέσσερις αρδεύσεις (Διάγραμμα 2) που είχαν συνολικό άθροισμα τα 383,19 mm (95.80 m³) νερού. Προέκυψε ότι ο παραγωγός εφάρμοσε 17% περισσότερο νερό απ'ότι πρότεινε το σύστημα. Σε κάθε περίπτωση και οι δυο ποσότητες ήταν πολύ μικρότερες από τα σχετικά όρια χρήσης αρδευτικού νερού της περιοχής (Φ16/6631/89 ΦΕΚ 428 Β, 1989). Σχετικά

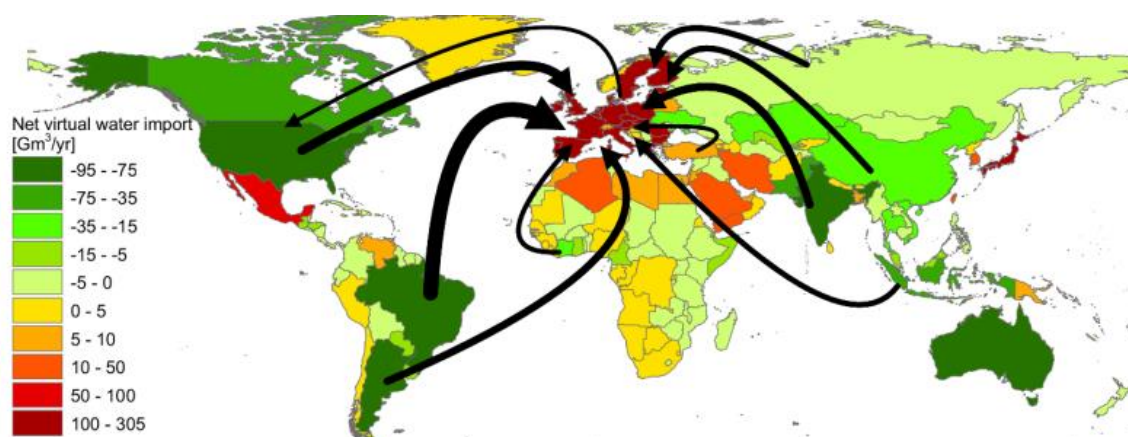
με τον αριθμό των αρδεύσεων, αν θεωρήσουμε πως ο παραγωγός εφάρμοσε 6 από αυτές ως 3 ζεύγη, (29/5 και 2/6, 26/6 και 27/6, 30/7 και 4/8 (Διάγραμμα 2) τότε εφάρμοσε μια επιπλέον άρδευση σε σχέση με τις προτάσεις του συστήματος στήριξης αποφάσεων. Είναι πολύ εύκολο για τον χειριστή του συστήματος να αλλάξει την συχνότητα των αρδεύσεων προσαρμόζοντας την τιμή του μέγιστου επιτρεπόμενου υδατικού ελλείματος (MAD). Οι συμβουλές μπορούν επίσης να αλλάξουν προσαρμόζοντας και την τιμή του συντελεστή επαναπλήρωσης (RF).



Διάγραμμα 2: Ενεργός βροχόπτωση, αρδεύσεις που πραγματοποιήθηκαν και εκτιμήσεις αρδευτικών αναγκών μαζί με την εδαφική υγρασία του μοντέλου του συστήματος.

10.3. ΥΔΑΤΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ WF

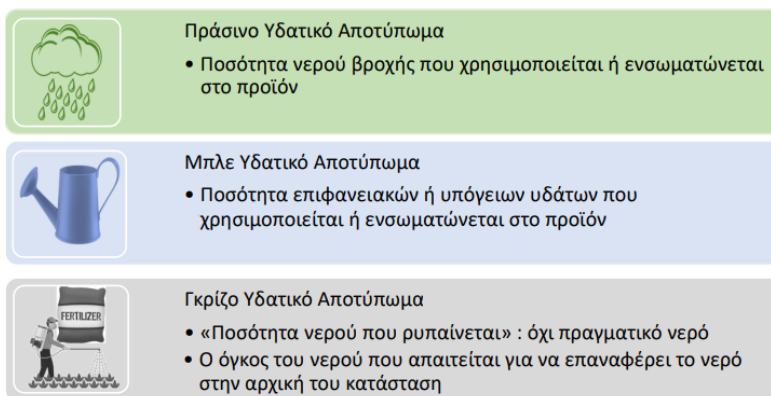
Το 1997 ο Allan εισήγαγε πρώτος τον όρο «εικονικό νερό» (Virtual Water), έννοια με την οποία περιγράφεται και υπολογίζεται το νερό που διακινείται μέσω των τελικών προϊόντων (Allan, 1997). Το νερό λοιπόν εφόσον υπάρχει μέσα στα προϊόντα προφανώς και μεταφέρεται με τη διακίνηση των προϊόντων. Με την παγκοσμιοποίηση της αγοράς ο καταναλωτής έχει αποσυνδεθεί χωρικά από την κατανάλωση και ρύπανση νερού. Έτσι όταν αγοράζουμε ένα μπλουζάκι που έχει παρασκευαστεί στην Ινδία, μαζί με το μπλουζάκι αυτό παίρνουμε και 2.700 λίτρα νερό από την Ινδία.



Εικόνα 39: Το ισοζύγιο «εικονικού» νερού ανά χώρα και ανά κατεύθυνση διακίνησης/ροής μέσω του εμπορίου των αγροτικών και βιομηχανικών προϊόντων το διάστημα 1995-2005 (το πάχος του βέλους απεικονίζει και το μέγεθος της διακίνησης/ροής) (Mekonnen & Hoekstra, 2011)

Η έννοια του Υδατικού Αποτυπώματος -ΥΑ (Water Footprint – WF) προέκυψε σχετικά πρόσφατα από τους (Hoekstra & Hung, , 2002). Στη συνέχεια το «Δίκτυο Υδατικού Αποτυπώματος» (Water Footprint Network-WFN), μια μη κυβερνητική οργάνωση (NGO), υιοθέτησε τον όρο και τον ανέπτυξε περαιτέρω σε ένα μεθοδολογικό οδηγό (Hoekstra, et al., 2011). Σύμφωνα με αυτό **“το Υδατικό Αποτύπωμα ενός ατόμου, μιας κοινότητας ή μιας εταιρείας ορίζεται ως ο συνολικός όγκος φρέσκου (γλυκού) νερού που καταναλώνεται (χρησιμοποιείται ή ρυπαίνεται) για την παραγωγή αγαθών και υπηρεσιών από το άτομο, την κοινότητα ή παράγεται από την εταιρεία”**. Η έννοια του υδατικού αποτυπώματος εκφράζει την ποσότητα νερού που καταναλώνεται και ρυπαίνεται άμεσα ή έμμεσα για την παραγωγή προϊόντων (ή υπηρεσιών).

Όπως σημειώθηκε και παραπάνω το Υδατικό Αποτύπωμα είναι ένας δείκτης νερού που αναφέρεται όχι μόνο στην άμεση χρήση νερού από τον παραγωγό ή τον καταναλωτή αλλά και στην έμμεση χρήση νερού. Το Υδατικό Αποτύπωμα μπορεί να θεωρηθεί δείκτης της εκμετάλλευσης/χρήσης των υδατικών πόρων μαζί με άλλους δείκτες χρήσης νερού που μετρούν την άντληση των υδάτινων πόρων. Αποτελείται από τρία συστατικά: πράσινο, μπλε και γκριζο υδατικό αποτύπωμα.



Εικόνα 40: Τα τρία συστατικά που συνθέτουν το συνολικό Υδατικό Αποτύπωμα (Πράσινο Υδατικό Αποτύπωμα, Μπλε Υδατικό Αποτύπωμα, Γκρίζο Υδατικό Αποτύπωμα).

Το Πράσινο Υδατικό Αποτύπωμα αναφέρεται στην κατανάλωση των πόρων «πράσινου» νερού (η βροχόπτωση πριν γίνει απορροή) σε όλο το μήκος της εφοδιαστικής αλυσίδας ενός προϊόντος.

Το Μπλε Υδατικό Αποτύπωμα αναφέρεται στην κατανάλωση καθαρού νερού (επιφανειακά ή υπόγεια ύδατα) σε όλο το μήκος της εφοδιαστικής αλυσίδας ενός προϊόντος.

Ο όρος «κατανάλωση» αναφέρεται στις απώλειες νερού από τη διαθέσιμη δεξαμενή νερού σε μια λεκάνη απορροής. Οι απώλειες συμβαίνουν όταν το νερό:

- εξατμίζεται
- επιστρέφει σε άλλη λεκάνη απορροής ή στη θάλασσα
- ενσωματώνεται σε ένα προϊόν

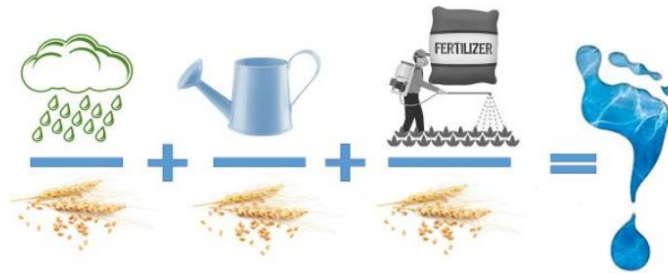
Το Γκρίζο Υδατικό Αποτύπωμα αναφέρεται στη ρύπανση και ορίζεται ως ο όγκος του καθαρού νερού που απαιτείται για να αφομοιωθεί το φορτίο των ρυπαντών με δεδομένες τις συγκεντρώσεις τους στη φύση και τα υφιστάμενα περιβαλλοντικά πρότυπα ποιότητας υδάτων στην περιοχή.

Υπολογισμός Υδατικού Αποτυπώματος Καλλιέργειας

Το συνολικό υδατικό αποτύπωμα μιας καλλιεργητικής διαδικασίας (YA ή WF) είναι το άθροισμα των πράσινων, μπλε και γκρίζων συστατικών και εκφράζεται ανά μονάδα προϊόντος, δηλαδή όγκος νερού προς μάζα παραγόμενου προϊόντος.

$$WF = WF_{green} + WF_{blue} + WF_{grey}$$

Το Υδατικό Αποτύπωμα, και αυτό αποτελεί και μια από τις καινοτομίες του, συνδέει την ποσότητα νερού που καταναλώνεται ή ρυπαίνεται με την τελική παραγωγή (συγκομιζόμενη ποσότητα) της καλλιέργειας. Έτσι όταν υπολογίζουμε τα επιμέρους αποτυπώματα (πράσινο, μπλε γκρίζο αποτύπωμα) δεν αρκεί να υπολογίσουμε ή να μετρήσουμε ή να εκτιμήσουμε μόνο την ποσότητα του νερού βροχής, άρδευσης ή ρύπανσης που καταναλώνεται από την καλλιέργειά μας αλλά και την τελική παραγωγή (συγκομιζόμενη ποσότητα) της καλλιέργειας μας, με την οποία διαιρούνται τα παραπάνω μεγέθη. Θέλουμε δηλαδή να γνωρίζουμε την ποσότητα του βρόχινου νερού ή του νερού άρδευσης ή του ρυπασμένου νερού που καταναλώθηκε ανά τη συνολική ποσότητα τελικού προϊόντος που συγκομίζεται.



Εικόνα 41: Υπολογισμός του συνολικού υδατικού αποτυπώματος.

Υπολογισμός Πράσινου Υδατικού Αποτυπώματος (WF_{green})

Το Πράσινο Υδατικό Αποτύπωμα (WF_{green}) μιας καλλιέργειας συνδέεται με την κατανάλωση των πόρων «πράσινου» νερού. Το «πράσινο» νερό αναφέρεται στη βροχόπτωση που δεν απορρέει ή επαναφορτίζει (τροφοδοτεί) τα υπόγεια ύδατα, αλλά αποθηκεύεται στο έδαφος ή παροδικά παραμένει στην επιφάνεια του εδάφους ή στη βλάστηση. Τελικά αυτό το τμήμα της βροχόπτωσης εξατμίζεται ή διαπνέεται μέσω των φυτών (Hoekstra, et al., 2011). Ουσιαστικά σχετίζεται με το νερό της βροχής που παραμένει διαθέσιμο στο έδαφος προς κατανάλωση από τις καλλιέργειες.

Το Πράσινο Υδατικό Αποτύπωμα υπολογίζεται ως το πηλίκο του πράσινου νερού (νερό βροχής) που καταναλώθηκε από την καλλιέργεια (CWU_{green} , Crop Water Use green) προς την παραγωγή (Y , Yield). Το CWU_{green} ισούται με το άθροισμα των ημερήσιων «πράσινων» εξατμισοδιαπνοών (ET , mm/day) όλης την καλλιεργητικής περιόδου (lgr , length of growing period).

$$WF_{green} = \frac{CWU_{green}}{Y} = \frac{10 \times \sum_{d=1}^{l_{gp}} ET_{green}}{Y}$$

Όπου το ET_{green} ισούται με το ελάχιστο μεταξύ της εξατμισοδιαπνοής καλλιέργειας (ET_c) και της αποτελεσματικής βροχόπτωσης (P_{eff}):

$$ET_{green} = \min (ET_c, P_{eff})$$

Υπολογισμός Μπλε Υδατικού Αποτύπωμα (WF_{blue})

Το Μπλε Υδατικό Αποτύπωμα (WF_{blue}) αναφέρεται στην κατανάλωση των πόρων «μπλε» νερού (επιφανειακό και υπόγειο) κατά μήκος της αλυσίδας παραγωγής ενός προϊόντος. Η «κατανάλωση» αναφέρεται στην απώλεια νερού από το διαθέσιμο υπόγειο ή επιφανειακό υδάτινο σώμα σε μια λεκάνη απορροής. Οι απώλειες συμβαίνουν όταν το νερό εξατμίζεται, επιστρέφει σε μια άλλη λεκάνη απορροής ή στη θάλασσα, ή ενσωματώνεται σε ένα προϊόν (Hoekstra, et al., 2011). Πρακτικά σχετίζεται με το νερό που αντλείται για άρδευση από επιφανειακά υδάτινα σώματα ή τον υπόγειο υδροφόρο.

Το Μπλε Υδατικό Αποτύπωμα υπολογίζεται ως το πηλίκο του μπλε νερού (νερό άρδευσης) που καταναλώθηκε από την καλλιέργεια (CWU_{blue} , Crop Water Use blue) προς την παραγωγή (Y , Yield). Το CWU_{blue} ισούται με το άθροισμα των ημερήσιων «μπλε» εξατμισοδιαπνοών (ET , mm/day) όλης την καλλιεργητικής περιόδου (l_{gp} , length of growing period).

$$WF_{blue} = \frac{CWU_{blue}}{Y} = \frac{10 \times \sum_{d=1}^{l_{gp}} ET_{blue}}{Y}$$

Όπου το ET_{blue} ισούται με το μέγιστο μεταξύ του 0 και της διαφοράς μεταξύ της εξατμισοδιαπνοής καλλιέργειας (ET_c) και της αποτελεσματικής βροχόπτωσης (P_{eff}):

$$ET_{blue} = \max (0, ET_c - P_{eff})$$

Για το μπλε υδατικό αποτύπωμα αξίζουν να σημειωθούν τα παρακάτω:

- Ο παράγοντας 10 χρησιμοποιείται για τη μετατροπή του βάθους νερού από mm σε όγκο νερού ανά επιφάνεια καλ/μης γης: m^3 /ha .

- Με τον όρο αποτελεσματική βροχόπτωση (Peff) εννοούμε την ποσότητα εκείνη της βροχόπτωσης που φτάνει στο φυτό, αφαιρώντας τις απώλειες. Υπάρχουν διάφοροι τρόποι για τον υπολογισμό της.
- Στην ποσότητα του Μπλε Αποτυπώματος προστίθεται επίσης και η ποσότητα νερού που καταναλώθηκε για την παρασκευή λιπασμάτων και φυτοπροστατευτικών σκευασμάτων.

Επίσης γενικά για τον υπολογισμό του πράσινου και μπλε υδατικού αποτυπώματος πρέπει να αναφερθεί και μια ακόμη καινοτομία. Όπως παρατηρούμε από τους υπολογισμούς δεν λαμβάνονται υπόψη οι απόλυτες ποσότητες του νερού που εισάγεται στην καλλιέργεια αλλά οι ποσότητες που πραγματικά κατανάλωσε η καλλιέργεια, θεωρώντας ως καλλιέργεια το σύστημα έδαφος - φυτό. Αυτό συμβαίνει γιατί ακόμα και αν η καλλιέργεια (σύστημα έδαφος – φυτό) δέχθηκε ποσότητα νερού ή άρδευσης μεγαλύτερη από τις ανάγκες της, το νερό αυτό δε μπορούμε να θεωρήσουμε ότι χάνεται αλλά επιστρέφει στην υδρολογική λεκάνη εμπλουτίζοντας πχ τα υπόγεια ύδατα και είναι διαθέσιμο για χρήση ξανά.

Για παράδειγμα για τον υπολογισμό του πράσινου νερού δεν λαμβάνουμε υπόψη την απόλυτη ποσότητα του νερού της αποτελεσματικής βροχόπτωσης που δέχτηκε η καλλιέργεια αλλά υπολογίζουμε μόνο το ποσό από την βροχόπτωση που χρησιμοποιήθηκε για να καλύψει τις ανάγκες της καλλιέργειας σε νερό (εξατμισοδιαπνοή). Αντίστοιχα για το μπλε νερό δεν υπολογίζουμε όλη την ποσότητα της αποτελεσματικής άρδευσης που δέχτηκε η καλλιέργεια αλλά υπολογίζουμε μόνο την ποσότητα αποτελεσματικής άρδευσης που χρησιμοποιήθηκε για να καλύψει τις ανάγκες της καλλιέργειας σε νερό (εξατμισοδιαπνοή).

Για αυτό το λόγο ενδιαφερόμαστε και υπολογίσουμε την **εξατμισοδιαπνοή** καλλιέργειας (ETc) καθώς αυτό είναι το μόνο μέτρο των υδατικών αναγκών μιας καλλιέργειας. Την εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας αυθαίρετα τη διακρίνουμε σε «πράσινη» και «μπλε» συνδέοντας τη αντίστοιχα με τη βροχόπτωση και την άρδευση.

Υπολογισμός Γκριζού Υδατικού Αποτυπώματος (WFgrey)

Το γκριζο υδατικό αποτύπωμα (WFgrey) αναφέρεται στη ρύπανση που προκαλεί μια παραγωγική διαδικασία και καθορίζεται ως ο όγκος του καθαρού νερού που απαιτείται για να αφομοιωθεί το φορτίο των ρυπαντών με δεδομένες τις συγκεντρώσεις τους στη

φύση και τα υφιστάμενα περιβαλλοντικά πρότυπα ποιότητας υδάτων (Hoekstra, et al., 2011). Το γκρίζο υδατικό αποτύπωμα μια διαδικασίας δεν αναφέρεται σε πραγματικό νερό αλλά είναι ένας δείκτης του βαθμού ρύπανσης του νερού που συνδέεται με τη συγκεκριμένη διαδικασία.

Το Γκρίζο Υδατικό Αποτύπωμα υπολογίζεται διαιρώντας το ρυπαντικό φορτίο (L) με τη διαφορά μεταξύ των περιβαλλοντικών υδατικών προτύπων για το συγκεκριμένο ρυπαντή (μέγιστη αποδεκτή συγκέντρωση c_{max}) και της φυσικής του συγκέντρωσης στο υδατικό σώμα αποδέκτη (c_{nat}). Υπολογίζεται πρακτικά ως το πηλίκο της εφαρμοζόμενης ποσότητας του χημικού στον αγρό (AR) επί το τμήμα απορροής-έκπλυσης (α) δια τη διαφορά της μέγιστης επιτρεπόμενης συγκέντρωσης (c_{max}) μείον τη φυσική συγκέντρωση του ρυπαντή (c_{nat}) προς την παραγωγή (Y).

$$WF_{grey} = \frac{L}{c_{max} - c_{nat}} = \frac{\alpha \times AR}{c_{max} - c_{nat}} \times Y$$

10.4. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΤΟ ΕΤΟΣ 2021 ΓΙΑ ΑΜΠΕΛΩΝΑ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΑΡΤΑΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΕΞΥΠΙΝΗΣ ΓΕΩΡΓΙΑΣ

Μετεωρολογικά δεδομένα

Σύμφωνα με τα παραπάνω, για τον υπολογισμό του υδατικού αποτυπώματος (υπολογισμό εξατμισοδιαπνοής) απαιτούνται κάποια κλιματικά δεδομένα και συγκεκριμένα οι ημερήσιες μέσες τιμές της θερμοκρασίας (C°), σχετικής υγρασίας (%), ηλιακής ακτινοβολίας (W/m²), ταχύτητας ανέμου (m/s) και βροχόπτωσης (mm) για όλο το έτος 2021. Τα δεδομένα αυτά λήφθηκαν από το πρόγραμμα συμβουλών άρδευσης (IRMA_SYS, 2021) που αναλύθηκε προηγουμένως, το οποίο διαθέτει ιστορικό καιρού. Από το IRMA_SYS λήφθηκε επίσης και το ιστορικό των αρδεύσεων καθώς και ο όγκος του αρδευτικού νερού που καταναλώθηκε.

Καλλιεργητικά δεδομένα

Τα δεδομένα αυτά συλλέχθηκαν μετά από επικοινωνία με τον αμπελουργό. Για τον υπολογισμό του υδατικού αποτυπώματος πρέπει να είναι γνωστό το είδος και η ποσότητα της εφαρμοζόμενης λίπανσης, η έκταση του αγροτεμαχίου και η ποσότητα του

συγκομιζόμενου προϊόντος. Να σημειωθεί πως τα φυτοπροστατευτικά σκευάσματα δεν λαμβάνονται υπόψη κατά τον υπολογισμό.

Πίνακας 8: Καλλιεργητικά δεδομένα για το πειραματικό αγροτεμάχιο

Καλλιεργητικά δεδομένα	
Έκταση αγροτεμαχίου	0,08ha
Λίπασμα	24-8-13, (0,2kg/πρέμνο)
Συγκομιδή	900 kg(δηλαδή 11,25tn/ha)

Χρήση του CropWat για υπολογισμό της πράσινης και μπλε εξατμισοδιαπνοής

Τα δεδομένα από τον εικονικό αγρομετεωρολογικό σταθμό του IRMA_SYS για το αγροτεμάχιο για κάθε μήνα του 2021 εισάγονται στο CropWat από την καρτέλα Climate/ET_o στα αριστερά του παραθύρου. (Η ηλιακή ακτινοβολία μετατρέπεται σε ώρες ηλιοφάνειας).

Day	Avg Temp °C	Humidity %	Wind m/s	Sun hours	Rad MJ/m ² /day	ET _o mm/day
1	6.7	98	0.2	7.2	9.4	0.49
2	10.9	97	0.3	0.9	4.4	0.52
3	13.0	98	0.8	0.0	3.7	0.52
4	10.8	96	0.2	3.4	6.3	0.54
5	10.4	92	0.3	6.1	8.4	0.55
6	12.4	99	0.8	0.0	3.6	0.49
7	10.4	97	0.3	0.9	4.3	0.50
8	7.3	90	0.2	6.4	8.6	0.46
9	12.6	94	1.3	2.0	5.1	0.58
10	9.9	99	0.7	0.0	3.6	0.45
11	11.4	99	1.5	0.0	3.6	0.44
12	10.0	99	0.2	2.0	5.1	0.48
13	8.2	86	0.3	6.5	8.5	0.47
14	6.3	86	0.2	6.9	8.8	0.41
15	7.7	83	0.3	6.7	8.7	0.45
16	7.1	81	0.2	6.3	8.3	0.42
17	6.2	83	0.3	6.6	8.6	0.42
18	7.4	56	0.8	6.8	8.7	0.74
19	5.2	61	0.4	7.1	8.9	0.46
20	4.8	85	0.1	6.5	8.4	0.36
21	5.5	87	0.2	7.2	9.0	0.38
22	4.6	90	0.1	2.6	5.5	0.39
23	4.5	78	0.1	6.9	8.8	0.34
24	4.3	96	0.0	0.0	3.5	0.40
25	8.4	99	0.1	0.0	3.5	0.45
26	12.7	99	0.5	0.0	3.5	0.50
27	13.0	99	0.6	0.0	3.5	0.50
28	11.6	99	0.2	0.0	3.6	0.50
29	9.1	96	0.0	1.8	4.9	0.47
30	10.2	79	0.4	7.3	9.2	0.55
31	11.9	77	0.5	6.6	8.7	0.64
Average	0.0	89	0.4	3.7	6.4	0.48

Εικόνα 42: Μετεωρολογικά δεδομένα για τον μήνα Δεκέμβριο στο CropWat

Month	Avg Temp	Humidity	Wind	Sun	Rad	ETo
	°C	%	m/s	hours	MJ/m ² /day	mm/day
January	0,0	90	0,5	3,4	6,8	0,62
February	0,0	85	0,5	6,4	11,6	1,18
March	0,0	81	0,6	7,3	15,6	1,85
April	0,0	78	0,6	7,9	19,3	2,76
May	0,0	81	0,6	10,7	25,0	4,11
June	0,0	76	0,6	11,0	26,0	4,81
July	0,0	74	0,7	11,0	25,6	5,20
August	0,0	74	0,7	9,6	22,1	4,46
September	0,0	76	0,7	7,9	17,3	3,06
October	0,0	82	0,6	5,7	11,6	1,65
November	0,0	86	0,4	4,3	8,0	0,92
December	0,0	89	0,4	3,7	6,4	0,48
Average	0,0	81	0,6	7,4	16,3	2,59

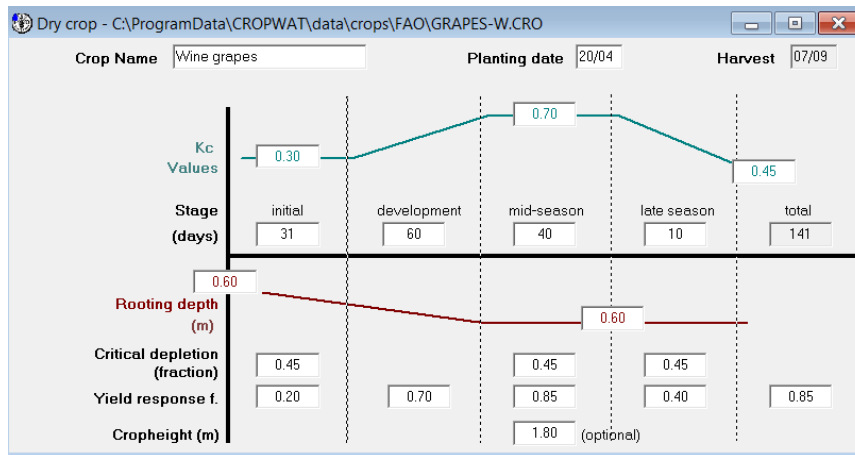
Εικόνα 43: Μετεωρολογικά δεδομένα για όλο το έτος 2021 στο CropWat

Στο τέλος κάθε μήνα το CropWat μας δίνει το μέσο όρο ηλιακής ακτινοβολίας (σε MJ/m²/day) και εξατμισοδιαπνοής αναφοράς (mm/day). Στην καρτέλα “Year” εμφανίζει τους μέσους όρους αυτών των μεγεθών ως προς όλο το έτος. Έχουμε μέση ετήσια ηλιακή ακτινοβολία Rad=16,3 MJ/m²/day και μέση ετήσια εξατμισοδιαπνοή αναφοράς ET_o=2,59.

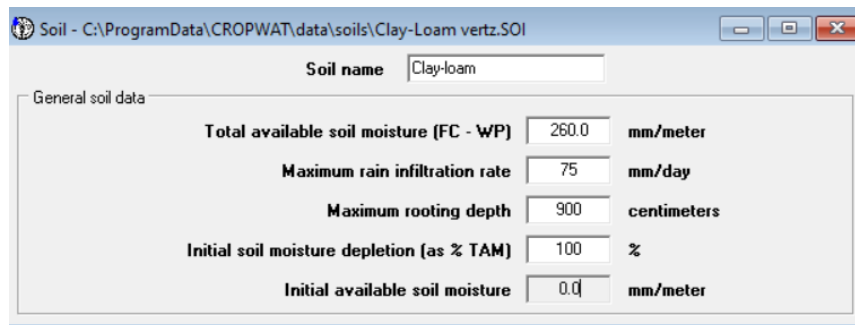
Day	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	Total Rain	Tot Eff Rain	
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	
January	0,9	8,1	1,8	20,4	5,7	0,0	6,9	0,8	3,4	0,0	0,0	0,0	0,1	14,0	8,2	33,1	11,4	10,8	36,9	0,0	0,0	1,3	1,1	5,8	242,5	134,4	
February	3,8	5,3	0,3	11,5	0,0	11,2	10,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	64,0	54,2	
March	0,0	0,0	6,3	0,0	0,0	0,0	0,0	7,7	0,8	0,0	0,0	0,0	11,3	19,3	6,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,0	53,2	47,8	
April	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	12,0	0,5	0,1	0,0	0,4	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,1	14,3	
May	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,1	13,3	
June	0,0	0,0	0,1	0,0	0,3	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	1,5	
July	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	
August	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	23,0	8,9	0,0	0,0	0,0	0,0	31,9	27,0	
September	0,0	0,8	0,1	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	5,0	4,9	
October	22,6	1,9	8,8	20,3	11,1	0,7	22,5	16,9	1,8	0,0	1,0	0,1	0,0	0,7	1,9	2,6	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	163,6	103,6	
November	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8	0,0	0,0	0,2	0,6	0,0	0,0	11,3	17,1	0,0	0,0	18,8	7,4	20,2	18,3	3,8	0,0	111,6	65,3	
December	0,0	6,9	19,6	46,4	14,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,0	0,0	0,3	2,2	2,6	8,5	20,8	0,4	0,1	0,0	179,2	122,3	
Total																										881,8	588,8

Εικόνα 44: Τα χιλιοστά βροχής για όλο το έτος 2021 στο CropWat

Στις δυο τελευταίες στήλες το πρόγραμμα δίνει την συνολική βροχόπτωση και την συνολική αποτελεσματική βροχόπτωση σε mm.



Εικόνα 45: Καλλιεργητικοί συντελεστές για τα διάφορα στάδια της καλλιέργειας στο CropWat



Εικόνα 46: Δεδομένα εδάφους για το πειραματικό αγροτεμάχιο στο CropWat.

Στη καρτέλα Crop εισάχθηκαν τα δεδομένα που αφορούν το συντελεστή καλλιέργειας ανά στάδιο και οροθετήθηκαν χρονικά τα στάδια της καλλιέργειας σε 4 επιμέρους διαστήματα με αντίστοιχο αριθμό ημερών από την έναρξη της καλλιέργειας (Εικόνα 45).

Η συμπλήρωση των εδαφικών παραμέτρων (Soil) είναι απαραίτητη για τον υπολογισμό των δύο συνιστωσών της εξατμισοδιαπνοής καθώς το μοντέλο λειτουργεί με ισοζύγιο εδαφικής υγρασίας. Στο CropWat εισάγονται επίσης και οι αρδεύσεις που πραγματοποιήθηκαν από τον παραγωγό ώστε να ληφθεί υπόψη από το σύστημα και το αρδευτικό νερό που καταναλώθηκε προς υπολογισμό της μπλε εξατμισοδιαπνοής.

Μετά τη συμπλήρωση όλων των παραπάνω δεδομένων, και αφού έχει τρέξει το υδατικό ισοζύγιο του μοντέλου και μας έχει δώσει δεδομένα στη καρτέλα Schedule, μπορούμε να κατεβάσουμε το σύνολο των καταχωρήσεων από το μοντέλο με τη μορφή αρχείου txt. Από το αρχείο αυτό παρατηρούμε τα Totals στην ενότητα Crop Irrigation Schedule. Ειδικότερα, η συνολική εξατμισοδιαπνοή (ET_a) κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου είναι η τιμή που το μοντέλο ονομάζει πραγματική ποσότητα νερού που

χρησιμοποιήθηκε από την καλλιέργεια «**Actual water use by crop**». Η μπλε εξατμισοδιαπνοή (ET_{blue}) είναι ίση με το ελάχιστο της συνολικής άρδευσης (**Total net irrigation**) και της πραγματικής ανάγκης για άρδευση (**Actual irrigation requirements**). Η πράσινη εξατμισοδιαπνοή (ET_{green}) προκύπτει από την αριθμητική αφαίρεση ET_{blue} από την ET_a (Hoekstra, et al., 2011).

Totals					
Total gross irrigation	426.4	mm	Total rainfall	53.0	mm
Total net irrigation	298.5	mm	Effective rainfall	52.9	mm
Total irrigation losses	0.0	mm	Total rain loss	0.1	mm
Actual water use by crop	245.5	mm	Moist deficit at harvest	50.1	mm
Potential water use by crop	246.3	mm	Actual irrigation requirement	193.4	mm
Efficiency irrigation schedule	100.0	%	Efficiency rain	99.8	%
Deficiency irrigation schedule	0.3	%			

Εικόνα 47: Συνολικά αποτελέσματα από το CropWat

Όπως φαίνεται από την Εικόνα 47 η συνολική εξατμισοδιαπνοή υπολογίστηκε ET_a=245,5mm και η μπλε εξατμισοδιαπνοή ET_{blue}=193,4mm. (Αφού το Total net irrigation=298,5 mm). Έτσι με βάση τα παραπάνω δεδομένα υπολογίζουμε και την πράσινη εξατμισοδιαπνοή: ET_{green}= ET_a-ET_{blue}=52,1mm

Υπολογισμός Πράσινου Υδατικού Αποτύπωματος (WF_{green}) για τον αμπελώνα

Όπως ειπώθηκε νωρίτερα το πράσινο υδατικό αποτύπωμα υπολογίζεται ως εξής

$$WF_{green} = \frac{CWU_{green}}{Y} = \frac{10 \times \sum_{d=1}^{l_{gp}} ET_{blue}}{Y} = \frac{521}{11,25}$$

Έτσι το πράσινο υδατικό αποτύπωμα είναι ίσο με **WF_{green}=46,31 m³/tn**

Υπολογισμός Μπλε Υδατικού Αποτύπωματος (WF_{blue}) για τον αμπελώνα

Το μπλε υδατικό αποτύπωμα υπολογίζεται ως εξής:

$$WF_{blue} = \frac{CWU_{blue}}{Y} = \frac{10 \times \sum_{d=1}^{l_{gp}} ET_{blue}}{Y} = \frac{193,4}{11,25}$$

Έτσι το μπλε υδατικό αποτύπωμα είναι ίσο με **WF_{blue}=171,91 m³/tn**

Υπολογισμός του Γκριζου Υδατικό Αποτύπωματος (WFgrey) για τον αμπελώνα

Το γκριζο υδατικό αποτύπωμα υπολογίζεται ως εξής:

$$WF_{grey} = \frac{L}{c_{max} - c_{nat}} = \frac{a \times AR}{Y} = \frac{0,1 \times 39,936}{11,25 - 0}$$

- AR (Application Rate): η συνολική ποσότητα αζώτου που εφαρμόστηκε όλο το έτος: Για ένα λίπασμα 24_8_13 από το οποίο εφαρμόστηκαν 0,2 kg/πρέμνο στο αγροτεμάχιο που περιείχε 208 πρέμνα είναι $AR = 0,24 \times 0,2 \times 208 = 39,936$
- α: βαθμός έκπλυσης λιπάσματος: δεχόμαστε με βάση τη βιβλιογραφία (Hoekstra, et al., 2011) μια τιμή 10% = 0,1 για το άζωτο.
- Cmax: η μέγιστη επιτρεπόμενη ποσότητα με βάση τα περιβαλλοντικά πρότυπα της περιοχής: δεχόμαστε μια τιμή 0,01 Kg/m³ νερού (Hoekstra, et al., 2011)
- Cnat: η ποσότητα του ρυπαντή που βρίσκεται στη φύση χωρίς την επίδραση του ανθρώπου: δεχόμαστε την τιμή 0 (Hoekstra, et al., 2011)

Έτσι το γκριζο υδατικό αποτύπωμα είναι ίσο με **WFgrey=35,50 m³/tn**

11. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Θεωρείται πια δεδομένο πως η διαχείριση του αρδευτικού νερού στην αμπελοκαλλιέργεια είναι επιβεβλημένη, τόσο για την αύξηση της ποιότητας και ποσότητας παραγωγής, όσο και για τη προστασία των υδατικών πόρων. Στη παρούσα εργασία εφαρμόστηκαν εργαλεία υποστήριξης αποφάσεων σχετικά με την άρδευση με στόχο τη καλύτερη διαχείριση του αρδευτικού νερού για τη καλλιέργεια της αμπέλου.

Η υπερβολική άρδευση της αμπέλου δρα αρνητικά στη ποιότητα του παραγόμενου καρπού και αυξάνει τις μυκητολογικές προσβολές. Στον αντίποδα, η έλλειψη νερού προκαλεί μείωση της παραγωγής τόσο της τρέχουσας όσο και της επόμενης καλλιεργητικής περιόδου. Το βέλτιστο σύστημα άρδευσης της αμπέλου και πιο συχνά χρησιμοποιούμενο, είναι η άρδευση με σταγόνες. Στην άμπελο συχνά εφαρμόζεται η μέθοδος της «ρυθμιζόμενης ελλειμματικής άρδευση» αλλά και της «μερικής ξήρανσης της ριζόσφαιρας» με στόχο την αύξηση τόσο της περιεκτικότητας των σταφυλιών σε φαινόλες όσο και της ταχύτητας ωρίμανσης του καρπού.

Σύμφωνα με την εφαρμογή IRMA SYS OPIA, για αρδευόμενο αμπελώνα με σύστημα στάγδην άρδευσης στη περιοχή της Άρτας, προκύπτει ότι οι υψηλότερες αρδευτικές ανάγκες της αμπέλου εντοπίζονται τους μήνες Μάιο έως και Αύγουστο ενώ συνολικά για όλη την αρδευτική περίοδο απαιτούνται 417–507 m³ νερού/στρέμμα.

Υπολογίστηκαν με το εργαλείο υπολογισμού και υποστήριξης αποφάσεων άρδευσης Cropwat για το έτος 2021 για τη καλλιέργεια αμπέλου στη περιοχή της Άρτας οι αντίστοιχες αρδευτικές ανάγκες της καλλιέργειας. Στο Cropwat εισήχθησαν κλιματικά (Climwat), φυτικά και εδαφικά δεδομένα. Προέκυψε ότι η συνολική ET ήταν 368,7 mm, η ενεργός βροχόπτωση (Eff rain) ήταν 102,7 mm και οι συνολικές αρδευτικές ανάγκες (Irr. Req) ήταν 273 mm.

Κατά τη χρήση του διαδικτυακού συμμετοχικού συστήματος διαχείρισης της άρδευσης, IRMA_SYS, σε πειραματικό αμπελώνα ποικιλίας «Βερτζαμί», την αρδευτική περίοδο του 2021, έγινε η αξιολόγηση του συστήματος ως προς τον υπολογισμό της εδαφικής υγρασίας και του αριθμού και της ποσότητας των αρδεύσεων. Τα αποτελέσματα ήταν πολύ ενθαρρυντικά όσον αφορά τη δυνατότητα του μοντέλου του συστήματος να υπολογίζει την εδαφική υγρασία στον αγρό. Ειδικότερα, η μέση διαφορά μεταξύ της πρόβλεψης του μοντέλου και της μέσης τιμής των μετρήσεων της εδαφικής υγρασίας στο τέλος κάθε μέρας ήταν 2.74% m³/m³ (τυπικό σφάλμα 0,17). Όσον αφορά τη σύγκριση του αριθμού των αρδεύσεων και του αντίστοιχου ύψους άρδευσης (mm), ο παραγωγός εφάρμοσε 17% περισσότερο νερό απ'ότι πρότεινε το σύστημα εφαρμόζοντας μια επιπλέον άρδευση σε σχέση με τις προτάσεις του IRMA_SYS. Τόσο η προτεινόμενη από το σύστημα ποσότητα αρδευτικού νερού όσο και αυτή που ο παραγωγός τελικά εφάρμοσε είναι πολύ μικρότερες από αυτές που βρέθηκαν ως όρια χρήσης νερού για το αμπέλι μέσω της εφαρμογής IRMA_SYS OPIA. Με δεδομένη τη καλή συσχέτιση του υπολογισμού της εδαφικής υγρασίας προέκυψε ότι ακολουθώντας τις συμβουλές άρδευσης του συστήματος, για αυτό το αγροτεμάχιο, αυτό θα μπορούσε να οδηγήσει σε λιγότερες αρδεύσεις και χαμηλότερη κατανάλωση νερού ανά έτος, συγκρινόμενο με την εφαρμοσμένη πρακτική.

Το Υδατικό Αποτύπωμα (WF) αποτελεί έναν αποδεκτό περιβαλλοντικό δείκτη αναφορικά με το νερό και είναι ένα σημαντικό εργαλείο για την ορθολογική

διαχείριση του αρδευτικού νερού. Στόχος είναι η μείωση του WF με μείωση των απωλειών νερού μέσω της διαχείρισης της άρδευσης. Κατά τον υπολογισμό του Υδατικού Αποτυπώματος του πειραματικού αμπελώνα, με τη χρήση του μοντέλου Cropwat, βρέθηκαν οι τρεις συνιστώσες αυτού και συγκεκριμένα: $Wf_{green} = 46,31 \text{ m}^3/\text{tn}$, $Wf_{blue} = 171,91 \text{ m}^3/\text{tn}$ και $Wf_{grey} = 35,50 \text{ m}^3/\text{tn}$. Το συνολικό Υδατικό Αποτύπωμα για το πειραματικό αγροτεμάχιο για το έτος 2021 προκύπτει από το άθροισμα των τριών επιμέρους αποτυπωμάτων, δηλαδή $WF = 253,72 \text{ m}^3/\text{tn}$. Από τις τρεις συνιστώσες του WF παρατηρούμε πως τη μεγαλύτερη τιμή έχει το μπλε, Wf_{blue} , γεγονός που υποδηλώνει τη μεγάλη συμμετοχή της αρδευτικής πρακτικής στη χρήση του νερού.

Το Wf_{grey} μπορεί να μειωθεί με μείωση της χρήσης λιπασμάτων και βελτίωση του τρόπου εφαρμογής τους. Τα Wf_{green} και Wf_{blue} μπορούν να μειωθούν με τη χρήση συστημάτων γεωργίας ακριβείας και ειδικότερα εργαλείων υποστήριξης λήψης αποφάσεων σχετικών με την άρδευση (DSS tools), όπως το IRMA_SYS. Τέλος η χρήση συστημάτων έξυπνης γεωργίας, όπως το IRMA_SYS, μπορεί να εφαρμοστεί στους ΤΟΕΒ δίνοντας λύση σε ένα από τα κυριότερα προβλήματα τους, αυτό της αποτελεσματικότερης χρήσης και της εξοικονόμησης ύδατος.

12. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Allan, T., 1997. Virtual water: a long term solution for water short Middle Eastern economies?.

Allen, R., Pereira, L., Raes, D. & Smith, M., 1998. Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements. *FAO Irrigation and drainage paper 56*. FAO.

Climwat, FAO. *Food and Agriculture Organization*. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://www.fao.org/land-water/databases-and-software/climwat-for-cropwat/en/>

CropWat, FAO. *Food and Agriculture Organization*. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://www.fao.org/land-water/databases-and-software/cropwat/en/>

FAO, 1979. 33 – Yield response to water.

Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K. & Maite, M. A., 2011. *The Water Footprint Assessment Manual Setting the Global Standard*. s.l.:Water footprint network .

Hoekstra, . A. Y. & Hung, , P., 2002. VIRTUAL WATER TRADE: A QUANTIFICATION OF VIRTUAL WATER FLOWS BETWEEN NATIONS IN RELATION TO INTERNATIONAL CROP TRADE..

IR2MA, 2014-2020. *Programme, Interreg V- A Greece-Italy*. s.l.:s.n.

IRMA_SYS OPIA, 2018. *Good Agricultural Practices*. [Ηλεκτρονικό]

Available at:

https://play.google.com/store/apps/details?id=org.goodagro.irmasysoria&hl=en_US

IRMA_SYS, 2021. *IRMA_SYS*. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://arta.irmasys.eu/>

Land and Water Development Division, χ.χ. FAO. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://www.fao.org/land-water/databases-and-software/cropwat/en/>

Mekonnen, M. & Hoekstra, A., 2011. *National water footprint accounts: the green, blue and grey water footprint of production and consumption*, Delft, The Netherlands: s.n.

Pavoto, D. και συν., 2019. Factors influencing the adoption of smart farming by Brazilian grain farmers. *International Food and Agribusiness Management Review*. *International Food and Agribusiness Management Review*, 9 August, p. 588.

Qingtao, Z. και συν., 2014. Effects of mulching and sub-surface irrigation on vine growth, berrysugar content and water use of grapevines.. *Agricultural Water Management*.

Twarakavi, N., Sakai, M. & Šimůnek, J., 2009. An objective analysis of the dynamic nature of field capacity. *Water Resources Research* 45.

Δέρκας, Ν., Σκούρας, Δ. & Ψαλτόπουλος, Δ., 2021. *Οι αναγκαίες μεταρρυθμίσεις του θεσμικού, οργανωτικού και λειτουργικού πλαισίου των συλλογικών δικτύων άρδευσης στην Ελλάδα*, σ.λ.: Διανέοσις.

ΕΛΓΟ ΔΗΜΗΤΡΑ, 2019. *ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΑΜΠΕΛΟΥ ΣΤΑ ΠΛΑΙΣΙΑ ΤΗΣ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗΣ ΚΑΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ.*, ΗΡΑΚΛΕΙΟ: ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΜΠΕΛΟΥΡΓΙΑΣ. ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΕΛΙΑΣ, ΥΠΟΤΡΟΠΙΚΩΝ ΦΥΤΩΝ ΚΑΙ ΑΜΠΕΛΟΥ. ΤΜΗΜΑ ΑΜΠΕΛΟΥ, ΛΑΧΑΝΟΚΟΜΙΑΣ, ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ ΚΑΙ ΦΥΤΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ..

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ, Α. Δ. Η.-Δ. Μ. Γ. Δ. Χ. Π. Δ. Υ. Η. Τ. Α. Δ. Σ., 2019. *Χορήγηση Άδειας Χρήσης Ύδατος για αγροτική χρήση υφιστάμενου αρδευτικού δικτύου, άρδευση 5.500 στρεμμάτων στην περιοχή δικαιοδοσίας του ΤΟΕΒ Γραμμενίτσας- Βλαχέρνας, Δήμου Αρταίων, Π.Ε. Αρτας, από επιφανειακό νερό-ποταμό Άραχθο(Άραχθος Π.2).* σ.λ.:Αρ.Πρωτ: 174845, 19/11/2019.

ΕΜΥ, 2021. ΕΜΥ. [Ηλεκτρονικό]

Available at: [Κλιματικά Δεδομένα ανά Πόλη- ΜΕΤΕΩΓΡΑΜΜΑΤΑ, ΕΜΥ, Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία \(emy.gr\)](#)

Κούσουλας, Κ. Ι., 2002. *Αμπελουργία*. 2η επιμ. Αθήνα: Εκδοτική Αγροτεχνική& Εμπορική Α.Ε.

Λαλούσης, Ν., 2019. *Μελέτη τεχνολογιών δικτύωσης και συλλογής πληροφορίας του διαδικτύου των Πραγμάτων για εφαρμογές στην γεωργία ακριβείας*, Πάτρα: σ.η.

Νικολάου, Ν., 2001. *Θέματα και τεχνικές καλλιέργειας της αμπέλου*. Θεσσαλονίκη: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης - Υπηρεσία δημοσιευμάτων .

Σταυρακάκης, Μ., 2019. *Αμπελουργία*. Αθήνα: ΕΜΒΡΥΟ.

Σταύρακας, Δ. Ε., 1998. *Μαθήματα αμπελογραφίας*. Θεσσαλονίκη : Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης- Τμήμα Γεωπονίας.

Ταγαράκης, Α., 2014. Σύγχρονη διαχείριση αμπελώνων με χρήση συστημάτων πληροφορικής και τηλεπικοινωνιών στο πλαίσιο εφαρμογής γεωργίας ακριβείας, Βόλος: s.n.

ΤΟΤΕΕ-ΥΠΕΚΑ, 2012. Κλιματικά δεδομένα Ελληνικών περιοχών. Τεχνικό επιμελητήριο Ελλάδας.

Τσέτουρας, Π., 2009. Η τέχνη της Αμπελουργίας- Αμπέλι οινοποιίας. s.l.:Αθ. Σταμούλης.

ΥΠΕΚΑ, Ε. Γ. Υ., 2017. 1η Αναθεώρηση Σχεδίου Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών Υδατικού Διαμερίσματος Ηπείρου. [Ηλεκτρονικό]

Available at: [EL05_SDLAP_APPROVED.pdf \(ypeka.gr\)](#)

Φ16/6631/89 ΦΕΚ 428 Β (1989).

Χαρτζουλάκης, Κ., 2019. Η άρδευση των καλλιεργειών. Αθήνα: Αγρότυπος.

