



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΜΕ

ΧΡΗΣΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΩΝ

ΕΦΑΡΜΟΓΗ IRRICAD ΚΑΙ MANNA IRRIGATION

Μητσούλη Κωνσταντίνα

Επιβλέπων: Ι. Λ. Τσιρογιάννης, Αναπληρωτής Καθηγητής

Άρτα, 2023

**DESIGN AND MANAGEMENT OF IRRIGATION SYSTEMS USING
SOFTWARE
IRRICAD AND MANNA IRRIGATION APPLICATION**

Εγκρίθηκε από τριμελή εξεταστική επιτροπή

Τόπος, Ημερομηνία

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

1. Επιβλέπων καθηγητής, Τσιρογιάννης Ιωάννης
2. Μέλος επιτροπής, Πατακιούτας Γεώργιος
3. Μέλος επιτροπής, Καριπίδης Χαράλαμπος

© Κωνσταντίνα Μητσούλη, 2023

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.

Μητσούλη Κωνσταντίνα

Υπογραφή

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία πραγματοποιήθηκε στο Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων στον κλάδο της Γεωπονίας και συγκεκριμένα στο τμήμα φυτικής παραγωγής. Η ολοκλήρωση της πτυχιακής αυτής εργασίας θα ήταν αδύνατη χωρίς την βοήθεια του υπεύθυνου καθηγητή μου, του κύριου Τσιρογιάννη Ιωάννη. Του εκφράζω ένα μεγάλο ευχαριστώ για την πολύτιμη βοήθεια του.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία γίνεται αναφορά σε σύγχρονα συστήματα σχεδιασμού αρδευτικών δικτύων (IRRICAD, WCADI, IrriWorks κοκ) καθώς και σε συστήματα υποβοήθησης λήψης αποφάσεων σχετικά με την άρδευση (CIMIS, IRMA_SYS, Manna Irrigation κοκ). Ένας οπωρώνας ακτινιδίων έκταση περίπου 10 (δέκα) στρεμμάτων στην Άρτα θα χρησιμοποιηθεί ως μελέτη περίπτωσης. Τα προβλήματα που σχετίζονται με το αρδευτικό σύστημα και τη διαχείριση του αρδευτικού δικτύου έχουν καταγραφεί μέσω συνεντεύξεων που πραγματοποιήθηκαν με τον υπεύθυνο γεωπόνο. Με την χρήση του ειδικού λογισμικού IRRICAD μελετήθηκε το υφιστάμενο σύστημα άρδευσης και μετά από δοκιμή εναλλακτικών λύσεων έγιναν προτάσεις βελτίωσης. Για τον ίδιο οπωρώνα και για την αρδευτική περίοδο 2021 έγινε εφαρμογή του λογισμικού για την παρακολούθηση της διαχείρισης της άρδευσης Manna Irrigation το οποίο αξιοποιεί παραμέτρους εδάφους, αρδευτικού συστήματος, νερού άρδευσης, καλλιέργειας και δορυφορικών εικόνων. Τέλος θα γίνεται συζήτηση σχετικά με την εμπειρία εφαρμογής σύγχρονου λογισμικού σχεδιασμού αρδευτικών συστημάτων και διαχείρισης της άρδευσης.

Λέξεις-κλειδιά: σχεδιασμός αρδευτικού δικτύου, βελτίωση συστήματος άρδευσης.

ABSTRACT

In the present thesis, reference is made to modern irrigation network planning software tools (IRRICAD, WCADI, IrriWorks) as well as decision support systems regarding irrigation management (CIMIS, IRMA_SYS, Manna Irrigation). A kiwifruit orchard of about 0.1 hectare located in Arta, Greece is used as a case study. The problems of the irrigation network have been recorded through interviews conducted with the responsible agronomist. Using the special IRRICAD software, the existing network will be mapped, and improved plans are proposed. For the same orchard and for the 2021 irrigation season, Manna Irrigation software that uses crop parameters and satellite imagery was applied to monitor irrigation management. Finally, the experience from using modern design software for the design and management of irrigation systems is discussed.

Keywords: irrigation network design, irrigation system improvement.

Πίνακας περιεχομένων

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	7
ABSTRACT	8
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ/ΕΙΚΟΝΩΝ	12
ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ.....	14
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	15
1 ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΑΡΔΕΥΤΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ.....	16
1.1 IRRICAD	16
1.1.1 Γενικά.....	16
1.1.2 Τι προσφέρει το IRRICAD.....	17
1.1.3 Σχεδιασμός στο IRRICAD	18
1.2 WCADI.....	19
1.2.1 Γενικά.....	19
1.2.2 Πλεονεκτήματα	20
1.2.3 Χαρακτηριστικά	21
1.3 IrriWorks	22
1.3.1 Γενικά.....	22
1.3.2 Ιστορία	24
1.3.3 Αποστολή.....	27
1.3.4 Όραμα.....	28

2	ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΥΠΟΒΟΗΘΗΣΗΣ ΛΗΨΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗΝ ΑΡΔΕΥΣΗ.....	29
2.1	CIMIS.....	29
2.1.1	Γενικά.....	29
2.1.2	Συλλογή, μετάδοση και επεξεργασία δεδομένων	29
2.1.3	Ανάκτηση δεδομένων από χρήστες	31
2.1.4	Χάρτες ΕΤο (Χωρική CIMIS)	33
2.1.5	Τάσεις για χρήστες δεδομένων CIMIS.....	33
2.2	IRMA_SYS.....	35
2.2.1	Γενικά.....	35
2.2.2	Το σύστημα και η ομάδα.....	35
2.2.3	Τεχνικά χαρακτηριστικά	36
2.3	Manna Irrigation Intelligence	41
2.3.1	Γενικά.....	41
2.3.2	Πλεονεκτήματα	43
2.3.3	Ιστορία	43
3	ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ-ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΑΚΤΙΝΙΔΙΟΥ ΣΤΗΝ ΑΡΤΑ.....	45
3.1	Σχεδιασμός αρδευτικού δικτύου, αξιολόγηση υφιστάμενης κατάστασης και προτάσεις για βελτιώσεις	45
3.1.1	Γενικά.....	45
3.1.2	Σχεδιασμός του υπάρχοντος αρδευτικού δικτύου στο IRRICAD	51

3.1.3	Εκ νέου σχεδιασμός βελτιωμένου σχεδίου στο IRRICAD	56
3.2	Διαχείριση αρδευτικού δικτύου με χρήση του Manna	60
3.2.1	Δορυφορικά δεδομένα σχετικά με Vegetation (δείκτης NDVI)	63
3.2.2	Δορυφορικά δεδομένα σχετικά με Plant Wetness (δείκτης NDMI)	64
3.2.3	Ισοζύγιο νερού – ετήσιες ανάγκες σε νερό – αρδεύσεις	65
3.2.4	Δορυφορικές εικόνες και δείκτες	67
4	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	71
5	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	72

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ/ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1 Ο διαδικτυακός τόπος του IRRICAD https://www.irricad.com/	17
Εικόνα 2 Ο διαδικτυακός τόπος του WCADI https://www.rivulis.com/wcadi/	19
Εικόνα 3 Ο διαδικτυακός τόπος του IRRIWORKS https://www.irriworks.com/	22
Εικόνα 4 Ο διαδικτυακός τόπος του CIMIS https://cimis.water.ca.gov/	30
Εικόνα 5 Ο διαδικτυακός τόπος του IRMA_SYS https://irmasys.com/	35
Εικόνα 6 Ο διαδικτυακός τόπος του Manna https://manna-irrigation.com/	41
Εικόνα 7 Απόψεις το κτήματος και του αρδευτικού συστήματος	47
Εικόνα 8 Απόψεις το κτήματος και του αρδευτικού συστήματος	48
Εικόνα 9 Απόψεις το κτήματος και του αρδευτικού συστήματος	49
Εικόνα 10 Απόψεις το κτήματος και του αρδευτικού συστήματος	50
Εικόνα 11 Σχεδιασμός ορίων συστήματος	51
Εικόνα 12 Σχεδιασμός κεντρικών αγωγών και βαλβίδων	52
Εικόνα 13 Σχηματισμός block	53
Εικόνα 14 Τοποθέτηση σωλήνων Cut Pipe	54
Εικόνα 15 Επιβεβαίωση συνδεσιμότητας συστήματος	54
Εικόνα 16 Υπολογισμός παροχής νερού	55
Εικόνα 17 Υπολογισμός παροχή νερού στο βελτιωμένο σχέδιο	56
Εικόνα 18 Αρδευτικό σύστημα χωρισμένο σε τρεις ίδιες στάσεις	57
Εικόνα 19 Αναφορές λειτουργίας συστήματος	58
Εικόνα 20 Λίστα του συνολικού κόστους	59
Εικόνα 21 Το υπό μελέτη κτήμα με ακτινίδια στο Manna	60
Εικόνα 22 Παρουσίαση χρονικής διακύμανσης καλλιεργητικού συντελεστή Kc στο Manna	61
Εικόνα 23 Υδατικό ισοζύγιο στο πλαίσιο Manna (Τσιρογιάννης και Μαλάμος, 2021)	62

Εικόνα 24 Τιμές NDVI ανάλογα με την κατάσταση της καλλιέργειας (EOS Data Analytics, 2023)	64
Εικόνα 25 Ισοζύγιο νερού στο Manna, στο τέλος της αρδευτικής περιόδου.....	66
Εικόνα 26 Παράμετροι ισοζυγίου νερού στο υπό μελέτη κτήμα κατά το 2021 σύμφωνα με το Manna.....	67
Εικόνα 27 Διακύμανση NDVI για το υπό μελέτη κτήμα κατά το 2021	67
Εικόνα 28 Δορυφορικά δεδομένα σχετικά με υδατική κατάσταση καλλιέργειας (αριστερά) και πυκνότητας φυλλώματος (δεξιά) στα μέσα Μαρτίου (η καλλιέργεια δεν είχε ακόμη φύλλωμα)	68
Εικόνα 29 Δορυφορικά δεδομένα σχετικά με υδατική κατάσταση καλλιέργειας (αριστερά) και πυκνότητας φυλλώματος (δεξιά) στα τέλη Απριλίου (η καλλιέργεια έχει αρχίσει να αναπτύσσει φύλλωμα).....	69
Εικόνα 30 Δορυφορικά δεδομένα σχετικά με υδατική κατάσταση καλλιέργειας (αριστερά) και πυκνότητας φυλλώματος (δεξιά) στα μέσα προς τέλη Ιουνίου (η καλλιέργεια έχει αναπτύξει πλήρως το φύλλωμα).....	69
Εικόνα 31 Δορυφορικά δεδομένα σχετικά με υδατική κατάσταση καλλιέργειας (αριστερά) και πυκνότητας φυλλώματος (δεξιά) στα μέσα τέλη Αυγούστου (η καλλιέργεια έχει αναπτύξει πλήρως το φύλλωμα).....	70
Εικόνα 31 Δορυφορικά δεδομένα σχετικά με υδατική κατάσταση καλλιέργειας (αριστερά) και πυκνότητας φυλλώματος (δεξιά) στις αρχές Οκτωβρίου – λίγο πριν τη συγκομιδή (το φύλλωμα έχει αρχίσει να μειώνεται)	70

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ

CIMIS.....California Irrigation Management Information System

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Μέχρι την δεκαετία του 1960 η άρδευση γινόταν με επιφανειακές μεθόδους. Σύμφωνα με αυτήν την πρακτική είτε κατακλύζονταν η επιφάνεια του εδάφους με νερό, είτε το νερό αφήνόταν να κυλήσει πάνω στην επιφάνεια του εδάφους, είτε το νερό βρισκόταν σε αυλάκια μεταξύ των γραμμών φύτευσης. Οι παραπάνω τρόποι απαιτούσαν τεράστιες ποσότητες νερού με αποτέλεσμα την σπατάλη υδατικών πόρων. Στις ημέρες συστήματα καταιωνισμού (τεχνητής βροχής) και τοπικής άρδευσης (με εξόδους μικροεκτοξευτήρες, σταλάκτες κλπ) μπορούν να βελτιώσουν σημαντικά την αποτελεσματικότητα χρήσης νερού. Σε κάθε περίπτωση, η μελέτη, ο σχεδιασμός και η κατασκευή ενός σωστού αρδευτικού δικτύου με την χρήση ειδικών και αξιόπιστων συστημάτων προσφέρει την καλύτερη δυνατή ανάπτυξη των φυτών, περιορίζοντας στο ελάχιστο τη χρήση των διαθέσιμων υδατικών πόρων. Οι ανάγκες σε νερό άρδευσης των καλλιεργειών μιας αρδευόμενης περιοχής είναι η βάση πάνω στην οποία στηρίζεται η μελέτη κάθε συλλογικού αρδευτικού δικτύου. Παρακάτω θα αναλυθούν κάποια από τα σημαντικότερα λογισμικά σχεδιασμού αρδευτικών δικτύων και θα εφαρμοστεί ένα από τα πιο γνωστά από αυτά για την δημιουργία ενός νέου βελτιωμένου αρδευτικού δικτύου για την περίπτωση που μελετάται. Ακόμη θα γίνει παρουσίαση των αποτελεσμάτων όσο αφορά τη διαχείριση της άρδευσης με χρήση ενός σύγχρονου σχετικού λογισμικού.

1 ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΑΡΔΕΥΤΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ

Η δημιουργία και ύπαρξη σύγχρονων λογισμικών για το σχεδιασμό αρδευτικών δικτύων είναι αναγκαία ώστε να επιλεγούν τα σωστά στοιχεία π.χ. διάμετροι αγωγών για το κάθε δίκτυο και να επιτευχθεί η καλύτερη δυνατή διανομή του νερού κ στον αγρό.

Στην συνέχεια παρουσιάζονται ορισμένα από τα πιο διαδεδομένα λογισμικά σχεδιασμού αρδευτικών δικτύου.

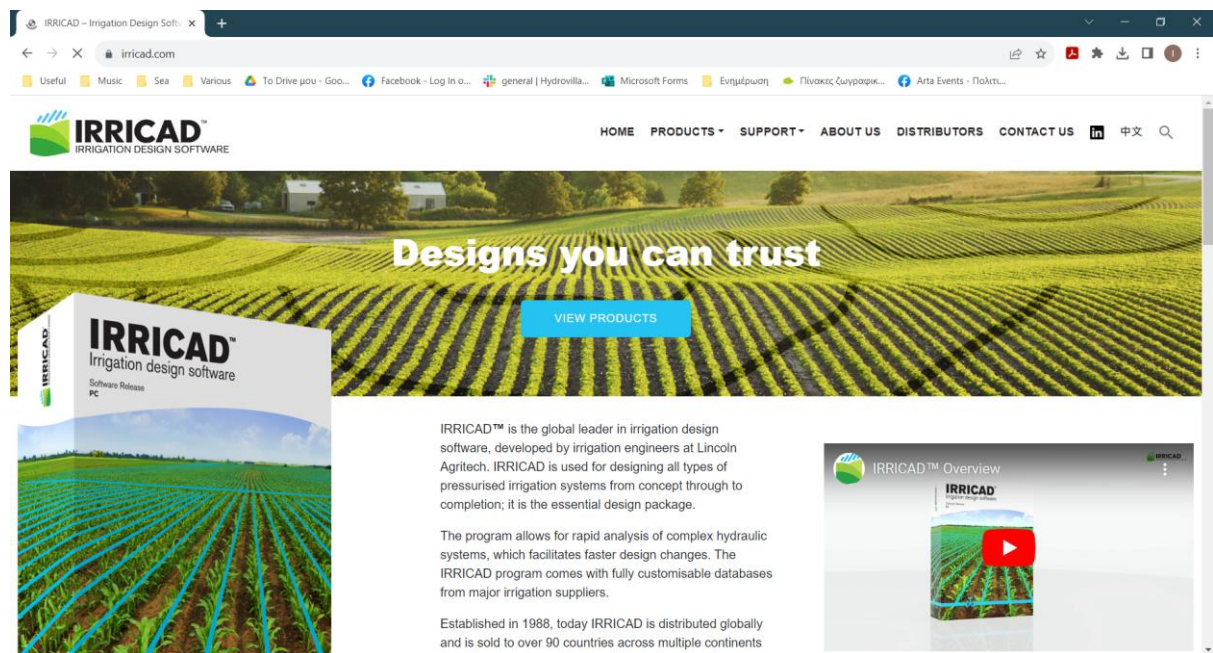
1.1 IRRICAD

1.1.1 Γενικά

Το IRRICAD είναι ένα πακέτο λογισμικού γραφικής σχεδίασης με τη βοήθεια υπολογιστή που αναπτύχθηκε για το σχεδιασμό συστημάτων άρδευσης ή παροχής νερού υπό πίεση. Το IRRICAD είναι κάτι περισσότερο από ένα απλό πακέτο σχεδίασης, καθώς συνδυάζει τα πλεονεκτήματα του σχεδιασμού CAD με ισχυρές τεχνικές υδραυλικού μεγέθους σωλήνων και ανάλυσης πλέγματος, και παρέχει επίσης αυτόματη επιλογή εξαρτημάτων σωλήνων, δημιουργώντας μια πλήρη λίστα υλικών. Διατίθεται ως αυτόνομο πρόγραμμα ή ως plug-in για AutoCAD® και BricsCAD (IRRICAD LINK). Τα πλεονεκτήματα περιλαμβάνουν πλήρως προσαρμόσιμα μενού, βελτιωμένη απόδοση γραφικών, οικείο περιβάλλον εργασίας και βελτιωμένο σχεδιασμό για το σχεδιασμό όλων των τύπων συστημάτων άρδευσης υπό πίεση από την αρχή μέχρι το τέλος. Είναι το βασικό πακέτο σχεδίασης. Το πρόγραμμα επιτρέπει την ταχεία ανάλυση σύνθετων υδραυλικών συστημάτων, διευκολύνοντας ταχύτερες αλλαγές σχεδιασμού.

Το πρόγραμμα IRRICAD συνοδεύεται από πλήρως κομμένες βάσεις δεδομένων από μεγάλους προμηθευτές άρδευσης.

Ιδρύθηκε το 1988, σήμερα το IRRICAD διανέμεται παγκοσμίως και πωλείται σε περισσότερες από 80 χώρες σε πολλές ηπείρους, συμπεριλαμβανομένης της Αυστραλίας, της Βόρειας και Νότιας Αμερικής, της Ευρώπης, της Μέσης Ανατολής, της Κίνας και της Ασίας.



Εικόνα 1 Ο διαδικτυακός τόπος του IRRICAD <https://www.irricad.com/>

1.1.2 Τι προσφέρει το IRRICAD

Βελτιωμένα σχέδια άρδευσης

Αυτές οι αποδεδειγμένες πλατφόρμες απόδοσης επιτρέπουν στους χρήστες να εξορθολογήσουν τα σχέδια άρδευσης και τις ροές εργασιών τεκμηρίωσης παρέχοντας περισσότερες εναλλακτικές σχεδιαστικές σε λιγότερο χρόνο

Λίστα υλικών

Δημιουργήστε έναν λογαριασμό υλικών για ένα ολόκληρο σχέδιο ή οποιοδήποτε μέρος ενός σχεδίου που καθορίσατε εσείς

Αποτελεσματική λήψη αποφάσεων

Δυνατότητα δημιουργίας εναλλακτικών συνδυασμών σχεδίων για ανάλυση και επίτευξη της πιο οικονομικής ή πρακτικής λύσης

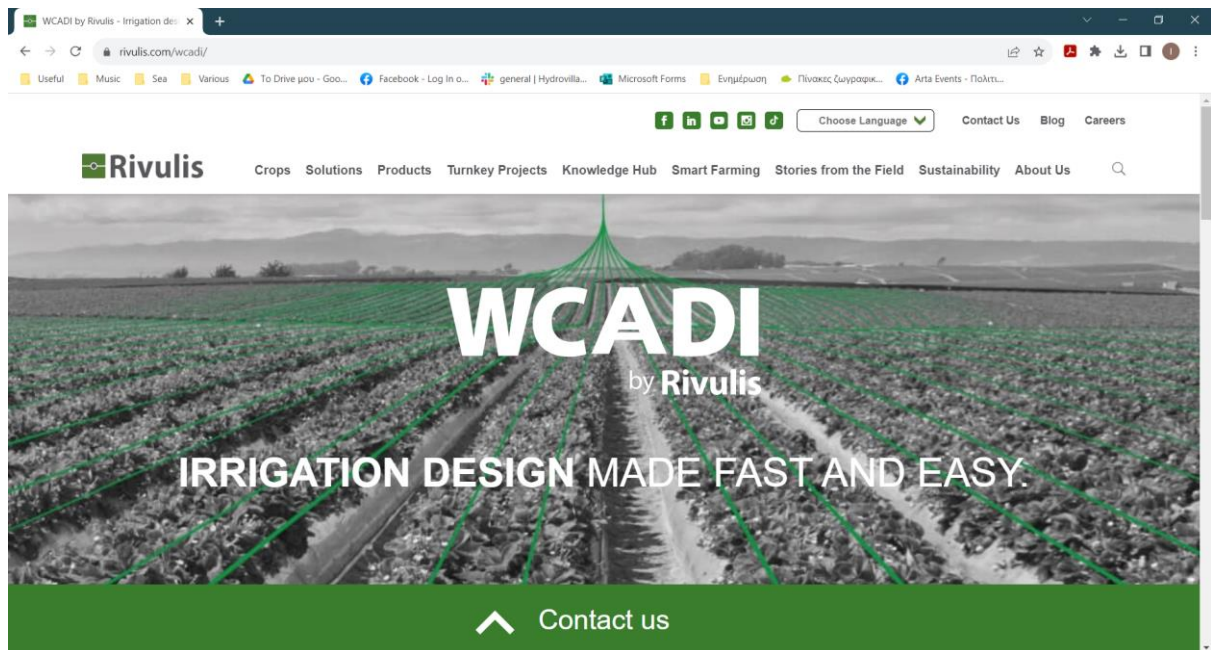
1.1.3 Σχεδιασμός στο IRRICAD

Θα αναλυθεί στο κεφάλαιο της πτυχιακής που μελετά την περίπτωση του αρδευτικού δικτύου οπωρώνα με ακτινίδια.

1.2 WCADI

1.2.1 Γενικά

Το WCADI Irrigation Design Software είναι το κορυφαίο λογισμικό σχεδιασμού άρδευσης που χρησιμοποιείται από επαγγελματίες παγκοσμίως για γεωργικούς και περιβαλλοντικούς σκοπούς. Γνωστό για την ακρίβεια και την ευκολία χρήσης του, είναι η ομάδα σχεδιασμού της επιλογής για δεκαετίες για τη Rivulis, τον παγκόσμιο ηγέτη στα συστήματα μικροάρδευσης, και έχει αναπτυχθεί σύμφωνα με τις απαιτήσεις τους.



Εικόνα 2 Ο διαδικτυακός τόπος του WCADI <https://www.rivulis.com/wcadi/>

Το 2021, η WCADI εξαγοράστηκε από τη Rivulis. Ο σχεδιασμός μεγάλων, πολύπλοκων συστημάτων άρδευσης χρησιμοποιώντας στυλό και χαρτί, υπολογιστικά φύλλα ή άλλα βασικά εργαλεία είναι αργός, χρονοβόρος και μπορεί να είναι γεμάτος ανακρίβειες και λάθη. Αλλά με το λογισμικό σχεδιασμού άρδευσης WCADI, μπορείτε να καθορίσετε τη σχεδιαστική

σας λύση. Τα ενσωματωμένα πρότυπα και η μεγαλύτερη ακρίβεια αριθμομηχανής σημαίνουν ότι οι λύσεις είναι εγγυημένες για την αύξηση της αποδοτικότητας των πόρων, την εξοικονόμηση κόστους και τη βελτιστοποίηση της απόδοσης για τους πελάτες σας.

1.2.2 Πλεονεκτήματα

- Εξοικονομεί χρόνο
- Παρέχει γρήγορες λύσεις σε πολύπλοκα σχέδια, ακόμη και με δύσκολα εδάφη
- Γρήγορη σύγκριση/προσομοίωση εναλλακτικών
- Ταχεία παραγωγή έκθεσης υδραυλικού σχεδιασμού του συστήματος
- Σταθερή πλατφόρμα με αυτόματη αποθήκευση μετά από κάθε λειτουργία, επομένως ποτέ δεν χρειάζεται να ξαναδουλέψετε
- Δημιουργεί μια ολοκληρωμένη αναφορά ποσότητας (Bill of Materials) στο Excel
- Δημιουργία αναφορών στο Excel
- Πλήρης συμβατότητα με το Google Earth
- Εύκολο στην εκμάθηση
- Η αυτοματοποιημένη λειτουργικότητα το καθιστά ευκολότερο και πιο γρήγορο
- Τακτοποίηση μενού σύμφωνα με τον τρόπο που εργάζεστε
- Επαγγελματική υποστήριξη από μια ομάδα προγραμματιστών λογισμικού και ειδικών σχεδιασμού άρδευσης
- Αξιόπιστη ακρίβεια και αποτελέσματα
- 40 χρόνια μάθησης και εξέλιξης
- Χρησιμοποιείται και εμπιστεύονται κορυφαίες διεθνείς εταιρείες σχεδιασμού άρδευσης και προμηθευτές εξοπλισμού άρδευσης

- εξαιρετική αξία
- Ετήσια άδεια – πρώτο έτος 4.000 \$ ΗΠΑ (χωρίς ΦΠΑ), στη συνέχεια 1.000 \$ (χωρίς ΦΠΑ) ετησίως
- Περιλαμβάνει συνεχείς αναβαθμίσεις και τεχνική υποστήριξη, ώστε να εκτελείτε πάντα την πιο πρόσφατη έκδοση
- Κάθε νέα αγορά περιλαμβάνει 15 ώρες εκπαίδευσης

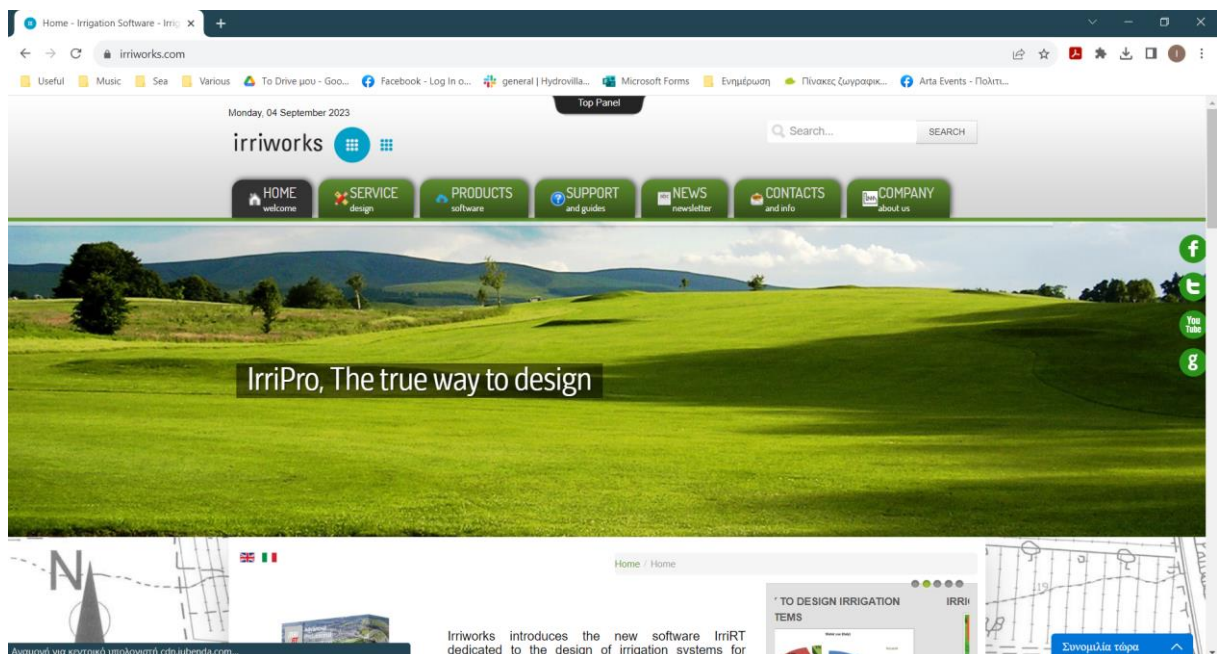
1.2.3 Χαρακτηριστικά

- Σχεδιασμός κύριου αγωγού και ανάλυση δικτύου
- Ειδικά χαρακτηριστικά
 1. Έρευνα
 2. Μέθοδος Clement για Δίκτυακή Ανάλυση
 3. Κατάλογος Υλικών
 4. Υπολογισμός και Προσομοίωση Κατά τη διάρκεια Πλευρική έκπλυση
 5. Αυτόματη τοποθέτηση PRV
 6. Πλευρικά κατά μήκος των υψομετρικών περιγραμμάτων
- Υδραυλικοί Υπολογισμοί, Μονάδες
- Γλώσσες: Αγγλικά, Γαλλικά, Ισπανικά, Πορτογαλικά, Ρωσικά

1.3 IrriWorks

1.3.1 Γενικά

Η IrriWorks είναι η εταιρεία που δημιούργησε το IrriPro, το πιο αποτελεσματικό λογισμικό σχεδιασμού άρδευσης σήμερα. Επιπλέον, η IrriWorks ασχολείται με το σχεδιασμό συστημάτων άρδευσης οποιουδήποτε τύπου, μεγέθους και σχήματος, διασφαλίζοντας πάντα την καλύτερη ομοιομορφία στην παροχή νερού και τη χαμηλότερη δυνατή κατανάλωση ενέργειας. Η άρδευση είναι ο πιο σημαντικός παράγοντας στη γεωργία γιατί εξασφαλίζει τη μεγαλύτερη αύξηση σε ποσότητα και ποιότητα στην παραγωγή, περισσότερες από τις ίδιες επεξεργασίες που υιοθετούνται για το έδαφος και τα φυτά. Ο σχεδιασμός είναι το κλειδί για να αποκτήσετε ένα αποτελεσματικό σύστημα άρδευσης και να μεγιστοποιήσετε την παραγωγικότητα της συγκομιδής.



Εικόνα 3 Ο διαδικτυακός τόπος του IRRIWORKS <https://www.irriworks.com/>

Η άρδευση με μικρό και με καταιονισμό είναι οι πιο διαδεδομένες τεχνικές άρδευσης. Ιδιαίτερα η μικροάρδευση μπορεί να αποφέρει τα μεγαλύτερα οφέλη όσον αφορά την απόδοση, την εξοικονόμηση νερού και την αγροτική παραγωγικότητα. Ωστόσο αυτή η προηγμένη τεχνική έχει ένα σημείο που απαιτεί μεγάλη προσοχή: χρειάζεται προσεκτικό και αυστηρό σχεδιασμό για τα συστήματα άρδευσης. Για να επιτευχθεί το μέγιστο όφελος για την άρδευση, είναι απολύτως απαραίτητο το νερό να φτάνει ομοιόμορφα στα φυτά. Σήμερα, πολύ συχνά, τα συστήματα άρδευσης έχουν χαμηλή ποιότητα και αυτό έχει τις εξής συνέπειες:

- περίσσεια νερού και λιπασμάτων σε ορισμένα μέρη
- διάφορες συνθήκες ανάπτυξης της καλλιέργειας, διαφορετικές ως προς το μέγεθος, την ωρίμανση και την ποιότητα των καρπών (με θέματα συγκομιδής
- μικρότερο ή μεγαλύτερο μέγεθος σωλήνων.

Ο σχεδιασμός άρδευσης είναι ο μόνος τρόπος για να υπάρξουν τα καλύτερα δυνατά αποτελέσματα άρδευσης, με βάση την IRRIWORKS. Ως αποτέλεσμα, προσφέρει προηγμένα τεχνολογικά εργαλεία και υπηρεσίες. Μία από αυτές τις υπηρεσίες εφαρμόζεται σε θέματα εξοικονόμησης νερού και ενέργειας. Χρειάζονται συνεχώς νέα εργαλεία ώστε οι επαγγελματίες να κάνουν τη δουλειά τους με μεγαλύτερη ακρίβεια και ταχύτητα. Η IRRIWORKS δημιουργεί νέες εφαρμογές και υπηρεσίες για τη γεωργία. Μια από αυτές είναι η άρδευση.

Η IrrigWorks επωφελείται από μια ομάδα ειδικών στην επεξεργασία δεδομένων, τη μηχανική και τη γεωπονία που εργάζονται τόσο στην ακαδημαϊκή έρευνα όσο και στην επαγγελματική διαβούλευση.

Τα προϊόντα της IrriWorks προέρχονται από εκτεταμένη πανεπιστημιακή έρευνα στη Σχολή Γεωργίας του Πανεπιστημίου του Παλέρμο. Στόχος της είναι η δημιουργία προϊόντων που βελτιώνουν τις γεωργικές και υδραυλικές εργασίες μέσω της συνεχούς καινοτομίας.

1.3.2 Ιστορία

Για περισσότερο από μια δεκαετία, στο τμήμα ITAF (Engineering and Agri-Forestry Technology) της Γεωπονικής Σχολής στο Πανεπιστήμιο του Παλέρμο, διεξάγονταν πειραματικές έρευνες υπό την υδραυλική διαστασιολόγηση της άρδευσης που αποτέλεσε τη βάση για την ανάπτυξη μεθοδολογιών για το σχεδιασμό συστημάτων άρδευσης. Συγκεκριμένα, οι μελέτες κατέστησαν δυνατή, πρώτον, την ανάπτυξη μεθοδολογιών για τον υπολογισμό των συνεχών και τοπικών απωλειών των συστημάτων και τους αλγόριθμους αναγνώρισης, που και οι δύο προσεγγίζουν τόσο αυστηρούς, με στόχο τον σχεδιασμό και τη δοκιμή των συστημάτων άρδευσης και τα αποτελέσματα είναι πλέον αναγνωρισμένα. από την εθνική και διεθνή επιστημονική κοινότητα.

Η έρευνα που ξεκίνησε στα τέλη της δεκαετίας του '80 συνέβαλε στον εντοπισμό κριτηρίων για την αξιολόγηση της συνεχούς και εντοπισμένης πτώσης πίεσης στις πλευρικές πλευρές όπου είναι εγκατεστημένοι εκπομποί on-line (Bagarello V., Ferro V., Provenzano G., Pumo D.) συνεχίστηκε κατά τη διάρκεια 2002 στους νέους για εν σειρά εκπομπούς συνεξώθησης, (Provenzano G., Pumo D., God P. M.), το 2003 επέτρεψαν την ανάπτυξη μιας απλοποιημένης διαδικασίας για το σχεδιασμό και την ανάλυση απλών πλευρικών πλευρών και, την άνοιξη του 2004, την ανάπτυξη αλγορίθμου που επιτρέπει, μέσω μιας αυστηρής προσέγγισης, τον σχεδιασμό και τη δοκιμή δικτύων άρδευσης.

Η αποκτηθείσα τεχνογνωσία, από τις θεωρητικές-πειραματικές έρευνες που διεξήχθησαν αυτά τα χρόνια έρευνας, οδήγησε σε στενές προσεγγίσεις υπολογιστικών και τεχνολογικών κενών που συνήθως γίνονται αποδεκτά, και ήταν απαραίτητη προϋπόθεση για να ξεπεραστεί η κατάσταση αστοχίας και έθεσε τις βάσεις για την δημιουργία νέων εργαλείων για τη γεωργία.

Οι θεωρητικές μελέτες που πραγματοποιήθηκαν στο ερευνητικό πανεπιστήμιο (τα έτη 1995 έως 2005) έχουν δημιουργήσει ένα αποτελεσματικό και ευέλικτο μέσο υπολογισμού για το σχεδιασμό οποιουδήποτε σύγχρονου συστήματος άρδευσης

Τέλος, η απλότητα του αλγορίθμου καθιστά δυνατή την εφαρμογή λογισμικού που μπορεί να επηρεάσει μια αγορά που επί του παρόντος δεν έχει προϊόντα με παρόμοια χαρακτηριστικά και που επιτρέπει τον ακριβή σχεδιασμό των συστημάτων άρδευσης, τόσο σε μια φάση έργου όσο και σε εφαρμογές εκτός, μειώνοντας τον υπολογιστικό φόρτο που περιλαμβάνει τέτοιος σχεδιασμός. Αναγνωρίζει επίσης την ευκαιρία να αξιοποιηθεί και να ενισχυθεί η επιστημονική εμπειρία, εξάγοντας από τις δημοσιεύσεις διαδικασίες που είναι ήδη ώριμες για να εισαχθούν στην αγορά των επαγγελματιών, εντοπίζοντας, για ορισμένα επιστημονικά αποτελέσματα, αλλά αναξιοποίητες δυνατότητες από εμπορική άποψη.

Η IrriWorks Ltd, που ιδρύθηκε τον Απρίλιο του 2006, είναι μια εταιρεία αφιερωμένη, από την αρχή, στην υλοποίηση εργαλείων και υπηρεσιών που εφαρμόζονται στα υδραυλικά και τη γεωργία. Αφού συμμετείχε και κέρδισε στο διαγωνισμό επιχειρηματικών ιδεών StartCup 2005 που διοργάνωσε το Πανεπιστήμιο του Παλέρμο και έτυχε ευνοϊκής αναγνώρισης ακόμη και κατά τα τελικά στάδια του διαγωνισμού PNI (Εθνικό Βραβείο Καινοτομίας, Πάδοβα, 2005), αυτή τη στιγμή η εταιρεία είναι κατοχυρωμένη στην κοινοπραξία εταιρειών Arca.

Η βασική δραστηριότητα της IrrigWorks είναι η ανάπτυξη και το επακόλουθο μάρκετινγκ του λογισμικού IrrigPro που βασίζεται σε έναν καινοτόμο αλγόριθμο που επιτρέπει:

1. σωστές διαστάσεις και επαλήθευση των συστημάτων άρδευσης οποιουδήποτε μεγέθους και γεωμετρίας·
2. την προστασία των υδάτινων πόρων και την εξοικονόμηση ενέργειας·
3. εγκατάσταση συστημάτων σε όλο και μεγαλύτερες επεκτάσεις, όπου οι τεχνικοί χρειάζονται πάντα ταχύτερα και ακριβέστερα εργαλεία.
4. να ανταποκριθεί στο αίτημα της εκβιομηχάνισης των τεχνικών άρδευσης για τις αναπτυσσόμενες χώρες με πολύ περιορισμένους υδάτινους πόρους·
5. χρήση τεχνολογίας για τον έλεγχο (μονάδα ελέγχου και αισθητήρες) με δυνατότητα αυτοματοποίησης, παρακολούθησης και διαχείρισης της άρδευσης.

Η εταιρεία IrrigWorks τα πρώτα χρόνια, είχε την ευκαιρία να πραγματοποιήσει επαφές με άλλες ιταλικές και ξένες εταιρείες, ιδίως σε σχέση με το εύρος της καλλιέργειας και της άρδευσης.

Η IrrigWorks παρακολούθησε το Exprobit 2007 (θεματικός τομέας "Περιβάλλον και Τεχνολογία") στην Κατάνια, το InnonAction 2008 στο Ούντινε και το διεθνές συνέδριο AgEng2008 που πραγματοποιήθηκε στην Κρήτη τον Ιούνιο του 2008. Κατά την παρουσίαση του έργου τους "IrrigPro, ένα ισχυρό λογισμικό για γραφικό και υδρολογικό σχεδιασμό του irrig φυτά» έλαβε το βραβείο «για την αριστεία στο σχεδιασμό και την καινοτομία στη γεωργική μηχανική».

Πιο πρόσφατα, η εταιρεία δεσμεύτηκε, μέσω συνεργασίας με τη Γεωπονική Σχολή του Παλέρμο, να συμβουλευτεί τον σχεδιασμό συστημάτων άρδευσης (έργο για την εταιρεία

Maison Shalom στο Ruyigi Nyamutobo στο Μπουρούντι), σε έρευνες πεδίου για επικύρωση υδραυλικών μοντέλων και δοκιμές νέων τοπογραφικών οργάνων.

Η IrriWorks της 7ης Αυγούστου 2010 συμμετείχε στην έκθεση "Italia degli Innovatori" στην Expo 2010 Shanghai, την τέχνη της τεχνολογικής ικανότητας και της καινοτομίας της Ιταλίας.

Το προϊόν Irripro, που προτείνεται από την IrriWorks, επιλέχθηκε από την τεχνική επιτροπή της «Italia degli Innovatori» η οποία έχει αποφασίσει για 265 έργα. Η IrriWorks ήταν μία από τις 60 ιταλικές εταιρείες που παρακολούθησαν την εκδήλωση. Σε αυτή την περίπτωση, η IrriWorks έλαβε το βραβείο "επιλεγμένος καινοτόμος έκθεση Shanghai 2010" από το Υπουργείο Παιδείας και Καινοτομίας.

Πρόσφατα η IrriWorks έχει υπογράψει αρκετές συμφωνίες και συνεργασίες με εταιρείες, ενώσεις και πανεπιστήμια (ιταλικά και ξένα).

Η εταιρεία ανέκαθεν ωθούσε τη διάδοση του λογισμικού της σε εκπαιδευτικά πλαίσια, επιτρέποντας τη δωρεάν διανομή του Irripro σε πανεπιστήμια και ερευνητικά κέντρα. Η IrriWorks σκοπεύει να διατηρήσει αυτήν την επιλογή στο μέλλον, δεδομένων των σχολίων που έλαβε.

Η επιτυχία που επιτεύχθηκε επιβεβαιώνεται από τους αριθμούς: περισσότεροι από 20.000 μηχανικοί και επαγγελματίες χρησιμοποιούν το Irripro ως εργαλείο σχεδιασμού για τις εγκαταστάσεις τους.

1.3.3 Αποστολή

Στόχος της IrriWorks είναι η εμπορευματοποίηση και η διάδοση του καλύτερου εργαλείου στον κόσμο για το σχεδιασμό συστημάτων άρδευσης που διασφαλίζει:

- Την ομοιόμορφη άρδευση της γεωργικής έκτασης καθώς και την εξασφάλιση της ποιότητας και της βεβαιότητας των αποτελεσμάτων σχεδιασμού εκεί που πριν δεν υπήρχαν εγγυήσεις
- Την βελτίωση των υπάρχοντων προϊόντων της, καθώς και την πρωτοπορία όσον αφορά νέες σειρές προϊόντων.
- Την προώθηση μιας βιώσιμης γεωργίας, την διαχείριση του νερού, την εξοικονόμηση των θρεπτικών ουσιών καθώς και την ενίσχυση του περιθωρίου κέρδους και της ποιότητας των καλλιεργειών.
- Ακόμη, η IrrigWorks ερευνά την εκπαίδευση ενός νέου ειδικευμένου και ανεξάρτητου επαγγελματία που φροντίζει μόνο το σχεδιασμό.

1.3.4 Όραμα

Η IrrigWorks επενδύει στη βιώσιμη ανάπτυξη και χρησιμοποιεί τεχνολογία για να κάνει τον σχεδιασμό της άρδευσης πιο ακριβή, αποτελεσματικό, ταχύτερο και ισχυρό. Στοχεύει επίσης, στην προώθηση της χρήσης τεχνολογιών που καταπολεμούν τον κίνδυνο ερημοποίησης κάνοντας άρδευση άνυδρων εκτάσεων. Ακόμη, πιστεύει στην κάλυψη των αυξημένων απαιτήσεων για πιο ισχυρά, ακριβή, αξιόπιστα και γρήγορα εργαλεία σχεδιασμού άρδευσης. Τέλος, η IrrigWorks φιλοδοξεί στην πρωτοπορία όσον αφορά τις νέες γεωργικές τεχνολογίες. Σκοπός της είναι να δημιουργήσει μια γεωπονική αναφορά που θα περικλείει πολλαπλά εργαλεία για κάθε πτυχή της γεωργίας. Σε αυτά τα εργαλεία περιλαμβάνονται η ανάλυση δεδομένων, ο σχεδιασμός και η διαχείριση, καθώς και οι τεχνικές άρδευσης.

2 ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΥΠΟΒΟΗΘΗΣΗΣ ΛΗΨΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗΝ ΑΡΔΕΥΣΗ

Η δυνατότητα υποστήριξης της λήψης αποφάσεων, παρουσιάζει αύξηση τα τελευταία έτη. Βασίζεται σε μαθηματικά εργαλεία προσομοίωσης και γνωσιακές βάσεις δεδομένων. Αποτελούν εξαιρετικά χρήσιμο εργαλείο για τους γεωπόνους.

2.1 CIMIS

2.1.1 Γενικά

Το Σύστημα Πληροφοριών Διαχείρισης Άρδευσης Καλιφόρνιας (CIMIS) είναι μια μονάδα εφαρμογής στον κλάδο χρήσης και απόδοσης νερού, Τμήμα Περιφερειακής Βοήθειας, Τμήμα Υδάτινων Πόρων της Καλιφόρνια (DWR) που διαχειρίζεται μια κοινότητα άνω των εκατό σαράντα πέντε (145) αυτόματων κλιματικών σταθμών στην Καλιφόρνια. Το CIMIS αναπτύχθηκε το 1982 χρησιμοποιώντας το DWR και το Πανεπιστήμιο της Καλιφόρνια, Davis (UC Davis). Σχεδιάστηκε για να βοηθήσει τους αρδευτές να διαχειρίζονται τις πηγές νερού τους πιο αποτελεσματικά. Η αποτελεσματική χρήση των πηγών νερού ωφελεί τους Καλιφορνέζους μέσω της εξοικονόμησης νερού, ενέργειας και χρημάτων.

2.1.2 Συλλογή, μετάδοση και επεξεργασία δεδομένων

Οι κλιματικοί σταθμοί CIMIS συγκεντρώνουν κλιματικά αρχεία ανά λεπτό. Τα ωριαία στατιστικά εμφανίζουν τα 60 λεπτά μετρήσεων της προηγούμενης ώρας. Οι ωριαίες και ημερήσιες τιμές υπολογίζονται και αποθηκεύονται στα καταγραφικά δεδομένων. Ένας φορητός υπολογιστής στα κεντρικά γραφεία της DWR στο Σακραμέντο καλεί κάθε σταθμό

ξεκινώντας από τα μέσα της νύχτας Τυπική Ώρα Ειρηνικού (PST) και ανακτά στατιστικά στοιχεία σε προκαθορισμένα χρονικά διαστήματα. Τη στιγμή που γράφονται αυτές οι γραμμές, τα αρχεία CIMIS ανακτώνται από τους σταθμούς κάθε ώρα. Όταν υπάρχει πρόβλημα λεκτικής ανταλλαγής μεταξύ του διακομιστή ψηφοφορίας και οποιουδήποτε σταθμού, ο διακομιστής παραλείπει αυτόν τον σταθμό και καλεί τον επόμενο σταθμό στη λίστα. Αφού έχουν αναφερθεί όλοι οι διαφορετικοί σταθμοί, ο διακομιστής ψηφοφορίας ψηφίζει για άλλη μια φορά τον σταθμό με το πρόβλημα συνομιλίας. Η ανάκριση συνεχίζεται και την επόμενη μέρα μέχρι να μεταδοθούν όλα τα γεγονότα του σταθμού.



Εικόνα 4 Ο διαδικτυακός τόπος του CIMIS <https://cimis.water.ca.gov/>

Η επεξεργασία πληροφοριών CIMIS συνεπάγεται τον έλεγχο της ακρίβειας των μετρούμενων κλιματικών στοιχείων για την ποιότητα, τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς (ET_o/ET_r) και των διαφορετικών ενδιάμεσων παραμέτρων, την επισήμανση των

μετρούμενων και υπολογισμένων παραμέτρων και την αποθήκευση των πληροφοριών στη βάση δεδομένων CIMIS. Η εξατμισοδιαπνοή (ET) είναι η απώλεια νερού στο οικοσύστημα με τη βοήθεια των μικτών μεθόδων εξάτμισης από το έδαφος και τις επιφάνειες των φυτών και της διαπνοής από τα φυτά. Η εξατμισοδιαπνοή αναφοράς είναι ET από τυποποιημένες επιφάνειες χόρτου ή μηδικής πάνω από τις οποίες βρίσκονται οι κλιματικοί σταθμοί. Η τυποποίηση των επιφανειών γρασιδιού ή μηδικής για έναν κλιματικό σταθμό απαιτείται λόγω του γεγονότος ότι το ET ποικίλλει ανάλογα με τα φυτά (τύπος, πυκνότητα, ύψος) και τα στοιχεία του εδάφους και είναι δύσκολο, αν όχι αδύνατο, να μετρηθούν οι κλιματικές παράμετροι κάτω από όλες τις μονάδες συνθήκες. Οι αρδευτές πρέπει να χρησιμοποιούν συντελεστές καλλιέργειας, που θεωρούνται συντελεστές καλλιέργειας (Kc), για να μετατρέψουν το ET από τις τυποποιημένες επιφάνειες αναφοράς σε μια αυθεντική εξατμισοδιαπνοή (ETc) μέσω μιας μοναδικής καλλιέργειας.

2.1.3 Ανάκτηση δεδομένων από χρήστες

Οι κλιματικοί σταθμοί CIMIS διανέμονται τυχαία στην πορεία της Καλιφόρνια. Είναι πολύ ζωτικής σημασίας οι πελάτες να επιλέγουν σταθμούς που συμβολίζουν το ίδιο μικροκλίμα με το μέρος ενδιαφέροντός τους. Οι πόροι που βοηθούν τους πελάτες στην επιλογή κλιματικών σταθμών συμβούλων αποτελούνται από τον ιστότοπο CIMIS, τις κοντινές υδάτινες περιοχές, τους συμβούλους αγροκτημάτων, τους συμβούλους και το προσωπικό της CIMIS.

Οι υπολογισμένες παράμετροι (όπως ET_o, ακτινοβολία Διαδικτύου και θερμοκρασία παράγοντα δρόσου) και μετρούμενες παράμετροι (όπως φωτοβολταϊκή ακτινοβολία, θερμοκρασία αέρα, σχετική υγρασία και ταχύτητα ανέμου) αποθηκεύονται στη βάση δεδομένων CIMIS για απεριόριστη δωρεάν είσοδο μέσω εγγεγραμμένοι χρήστες γεγονότων

CIMIS. Τα δεδομένα μπορούν να ανακτηθούν από τη χρήση του ιστότοπου CIMIS στο Διαδίκτυο [εδώ](#).

Τα δεδομένα μπορούν να παραδοθούν στους πελάτες μέσω e-mail σε συγκεκριμένο χρονοδιάγραμμα. Ο προγραμματισμός email είναι εύχρηστος σε δύο περιοχές του ιστότοπου μετά την εγγραφή και τη σύνδεση. Κάντε κλικ στη γραμμή πλοήγησης DATA, στη συνέχεια Οι αναφορές μου και, στη συνέχεια, κάτω από τις Προσαρμοσμένες αναφορές, κάντε κλικ στο κουμπί «Επεξεργασία» για να τροποποιήσετε τις ρυθμίσεις και να έχετε στοιχεία αποστολής CIMIS στο email σας. Επίσης, αφού συνδεθείτε, κάντε κλικ στη γραμμή πλοήγησης SPATIAL και στο Schedule Spatial Report για να ρυθμίσετε την αποστολή χωρικών δεδομένων μέσω email.

Εκτός από τον Ιστό, το CIMIS παρουσιάζει έναν [ιστότοπο FTP](#) και δικτυακές προσφορές για αυτούς που ασχολούνται με την εισαγωγή δεδομένων μέσω υπολογιστή. Ο διαδικτυακός ιστότοπος ftp προσφέρει ωριαία και καθημερινά γεγονότα για τις προηγούμενες 7 ημέρες και τους προηγούμενους 12 μήνες. Ο διαδικτυακός ιστότοπος ftp είναι επίσης προσβάσιμος σε ένα χρόνο που αξίζει να κυκλοφορούν καθημερινά δεδομένα ΕΤο, τα οποία μπορούν να ενισχύουν τις ημερομηνίες δημιουργίας και λήξης αυτών των αρχείων μέσω μιας ημέρας κάθε μέρα.

Οι Υπηρεσίες Ιστού για το CIMIS αποτελούνται από το [CIMIS Web API](#). Αυτή η πλατφόρμα παρουσιάζει δωρεάν γεγονότα CIMIS μέσω πρωτοκόλλων SOAP και REST. Οι προσφορές RESTful έχουν σχεδιαστεί με μια απλοποιημένη διεπαφή που επιτρέπει την αναζήτηση πληροφοριών μέσω ακριβών κλιματικών σταθμών, ταχυδρομικών κωδίκων, γεωγραφικών συντεταγμένων, ακόμη και διευθύνσεων δρόμων. Οι νέες προσφορές δίνουν τη δυνατότητα στους πελάτες να λαμβάνουν αρχεία σταθμών CIMIS ως μια ολοκληρωμένη λίστα των

υποστηριζόμενων ταχυδρομικών κωδίκων για τα συστήματα χωροταξίας και σταθμών. Μεταβείτε στον ιστότοπο του CIMIS Web API για περισσότερες λεπτομέρειες.

2.1.4 Χάρτες ETo (Χωρική CIMIS)

Ο [χάρτης ζωνών ETo](#) επιτρέπει στους πελάτες να δουν τις ζώνες αναφοράς εξατμισοδιαπνοής (ETo) για την Πολιτεία της Καλιφόρνια. Αυτός ο χάρτης χωρίζει το κράτος σε 18 ζώνες, βασιζόμενες κυρίως σε μακροπρόθεσμες, από μήνα σε μήνα, κοινές τιμές ETo που υπολογίζονται με τη χρήση γεγονότων από κλιματικούς σταθμούς CIMIS.

Πολλές περιοχές της Καλιφόρνια δεν είναι πλέον επαρκώς καλυμμένες μέσω της κοινότητας των τυχαία τοποθετημένων σταθμών CIMIS. Αναγνωρίζοντας αυτά τα κενά χωρικών αρχείων, το CIMIS σε συνεργασία με το UC Davis ανέπτυξε έναν καθημερινό χάρτη ETo που αναγνωρίζεται ως Spatial CIMIS. Δίνει καθημερινά ETo σε πλέγματα 2 χιλιομέτρων για ολόκληρη την Πολιτεία. Οι χάρτες ETo δημιουργούνται με τη χρήση πολύπλοκων μονάδων μοντέλων. Οι παράμετροι εισαγωγής σε αυτές τις μόδες είναι συνδυασμοί γεγονότων από δορυφόρους και μετρήσεις δαπέδου. Το χωρικό CIMIS καλύπτει στατιστικά στοιχεία από τις 20 Φεβρουαρίου 2003 και είναι προσβάσιμο [εδώ](#).

2.1.5 Τάσεις για χρήστες δεδομένων CIMIS

Παρόλο που το CIMIS σχεδιάστηκε αρχικά για να βοηθήσει τους γεωργούς να ενισχύσουν τους προϋπολογισμούς του νερού για να αποφασίσουν πότε θα ποτίσουν και πώς θα χρησιμοποιούσαν πολύ νερό, η βάση ατόμων έχει αυξηθεί με τα χρόνια. Οι τρέχοντες πελάτες του CIMIS περιλαμβάνουν τοπικούς φορείς, υπηρεσίες νερού της γειτονιάς, τζάκια,

διοικητικό συμβούλιο διαχείρισης αέρα, διαχειριστές παρασίτων, ερευνητές κολεγίων, καθηγητές σχολών, φοιτητές, μηχανικούς ανάπτυξης, συμβούλους, υδρολόγους, αρχές, υπηρεσίες κοινής ωφέλειας, δικηγόρους, υπηρεσίες κλιματισμού και πολλά άλλα .

Η ποικιλία των εγγεγραμμένων πελατών CIMIS έχει επιπλέον αναπτυχθεί βήμα προς βήμα όλα αυτά τα χρόνια. Επί του παρόντος, υπάρχουν περισσότεροι από 40.000 εγγεγραμμένοι χρήστες στατιστικών στοιχείων CIMIS. Αυτός ο αριθμός αντικατοπτρίζει αποκλειστικά αυτούς τους εγγεγραμμένους πελάτες που είναι βασικοί πελάτες των δεδομένων CIMIS. Όλοι οι πελάτες που είναι εγγεγραμμένοι στο CIMIS και έχουν πρόσβαση στις αρχειοθετημένες πληροφορίες CIMIS θεωρούνται πρωταρχικοί χρήστες. Έχει εγκατασταθεί ότι πολλοί περισσότεροι πελάτες λαμβάνουν στατιστικά στοιχεία CIMIS από πρωταρχικούς χρήστες. Παραδείγματα αποτελούν οι κοντινές υδάτινες περιοχές και οι σύμβουλοι που προσφέρουν αρχεία CIMIS στους πελάτες τους, οι εφημερίδες που προσφέρουν στατιστικά στοιχεία ΕΤο στους συνδρομητές τους και οι ιστότοποι που παρουσιάζουν στατιστικά στοιχεία CIMIS στους πελάτες τους. Οι χρήστες που λαμβάνουν τα στατιστικά τους στοιχεία από πηγές διαφορετικές από τη βάση δεδομένων CIMIS αναφέρονται ως δευτερεύοντες ή τριτογενείς χρήστες.

2.2 IRMA_SYS

2.2.1 Γενικά

Το IRMA_SYS είναι ένα ολοκληρωμένο σύστημα ευφυούς άρδευσης που συμβάλλει στη σωστή εφαρμογή και τεκμηρίωση των αγροτικών πρακτικών σχετικά με τη χρήση του αρδευτικού νερού. Το 2019 το IRMA_SYS καταχωρήθηκε ως μελέτη περίπτωσης στην αναφορά του UN-FAO “Digital Technologies in agriculture and rural areas“, ενώ το 2021 καταχωρήθηκε ως “Good Practice in Europe and Central Asia” από τον ITU-FAO.



Εικόνα 5 Ο διαδικτυακός τόπος του IRMA_SYS <https://irmasys.com/>

2.2.2 Το σύστημα και η ομάδα

Έχοντας τις ρίζες του σε μία πιλοτική (πρότυπη) εφαρμογή του 2008, και αξιοποιώντας πακέτα κώδικα που αναπτύχθηκαν ως ανοικτό λογισμικό στο πλαίσιο έργων που χρηματοδοτήθηκαν από την ΕΕ, το IRMA_SYS έχει φθάσει να είναι ένα εξελιγμένο σύστημα

ευφυούς άρδευσης το οποίο όμως παραμένει απλό στη χρήση. Αξιοποιεί δωρεάν αγρο-μετεωρολογικά δεδομένα από το Δίκτυο Ανοιχτής Πληροφορίας Υδροσυστημάτων και πρόβλεψη καιρού από το openweathermap.org και με βάση κατοχυρωμένη μεθοδολογία (OBI), δημιουργεί εικονικούς αγρο-μετεωρολογικούς σταθμούς για κάθε αγροτεμάχιο. Στην συνέχεια χρησιμοποιεί εξελιγμένα μοντέλα εξατμισοδιαπνοής και υγρασίας εδάφους βασισμένα στα πρότυπα του FAO Irrigation and Drainage, ώστε να παράγει συμβουλές άρδευσης προσαρμοσμένες σε κάθε αγροτεμάχιο και καλλιέργεια. Για τη συνεχή εξέλιξη του IRMA_SYS, συνεργάζεται μία ομάδα εξειδικευμένων επιστημόνων που αποτελείται από γεωπόνους, μηχανικούς, φυσικούς και επιστήμονες πληροφορικής.

2.2.3 Τεχνικά χαρακτηριστικά

- Το IRMA_SYS βασίζεται σε ελεύθερο λογισμικό, με άδεια χρήσης από το Open Source Initiative και υλοποιείται σε γλώσσα Python.
- Χρησιμοποιεί χαρτογραφικά υπόβαθρα που είναι δωρεάν διαθέσιμα όπως το Open Cycle Map, το Google Satellite και το Ελληνικό Κτηματολόγιο.
- Διαχειρίζεται χάρτες μέσω της υπηρεσίας WebGIS που βασίζεται σε λογισμικό ανοικτού κώδικα (MapServer).
- Έχει τη δυνατότητα να παρουσιάζει διαθέσιμους χάρτες με τα κύρια στοιχεία τόσο του αρδευτικού όσο και του αποστραγγιστικού δικτύου της καλυπτόμενης περιοχής.
- Αξιοποιεί δεδομένα πρόβλεψης καιρού για τουλάχιστον τρεις ημέρες (θερμοκρασία και σχετική υγρασία αέρα, ένταση ηλιακής ακτινοβολίας, ταχύτητα ανέμου και ύψος βροχής) που παρέχονται από την υπηρεσία openweathermap.org.

- Αξιοποιεί δεδομένα από διαθέσιμους εδαφολογικούς χάρτες για την καλυπτόμενη περιοχή με σκοπό την παροχή προτάσεων σχετικά με τις αρδευτικές παραμέτρους του εδάφους για το σύνολο της περιοχής, μέσω αντίστοιχων χαρτών που έχουν δημιουργηθεί.
- Με χρήση μεθόδων χωρικής παρεμβολής, δημιουργεί χάρτες με ημερήσιες τιμές αγρομετεωρολογικών παραμέτρων (θερμοκρασία, σχετική υγρασία αέρα, ένταση ηλιακής ακτινοβολίας, ταχύτητα ανέμου και ύψος βροχής) καθώς και χάρτες εδαφικών παραμέτρων της περιοχής μελέτης με ανάλυση (μέγεθος φατνίου) τουλάχιστον 200 x 200 m.
- Με βάση τους χάρτες θερμοκρασίας, σχετικής υγρασίας αέρα, έντασης ηλιακής ακτινοβολίας και ταχύτητας ανέμου, το σύστημα παράγει χάρτες εξαμισοδιαπνοής αναφοράς (υπολογισμένης σύμφωνα με το FAO Irrigation), τις τιμές της οποίας παρουσιάζει σε χάρτες με ημερήσια και μηνιαία χρονική κλίμακα.
- Παρέχει μέσω των χαρτών που αναφέρθηκαν τη δυνατότητα δημιουργίας απεριόριστου αριθμού εικονικών αγρο-μετεωρολογικών σταθμών που δίνουν ιστορικές χρονοσειρές με αντίστοιχο χρονικό βήμα (η συγκεκριμένη λειτουργία δίνει τη δυνατότητα όταν επιλέγεται οποιοδήποτε σημείο των χαρτών των παραμέτρων (θερμοκρασία και σχετική υγρασία αέρα, ένταση ηλιακής ακτινοβολίας, ταχύτητα ανέμου, ύψος βροχής και εξαμισοδιαπνοή αναφοράς), να εμφανίζεται η συνοπτική πληροφορία για τις τιμές τους εντός του αντίστοιχου φατνίου.
- Αξιοποιεί διεθνώς αναγνωρισμένα βιβλιογραφικά δεδομένα για την παροχή προτάσεων όσο αφορά τις παραμέτρους των βασικών συστημάτων άρδευσης, των καλλιεργειών και του εδάφους που απαντώνται στην καλυπτόμενη περιοχή.

- Η εδαφική υγρασία στη θέση κάθε εικονικού αγρο-μετεωρολογικού σταθμού εκτιμάται σε ημερήσια βάση με βάση το ισοζύγιο αρδευτικού νερού χρησιμοποιώντας διεθνώς αναγνωρισμένα μοντέλα και ερευνητικά δεδομένα σχετικά με τις καλλιέργειες σε Ελληνικές ή/και παρόμοιες συνθήκες. Το μοντέλο ακολουθεί τις βασικές αρχές για το υδατικό ισοζύγιο που περιλαμβάνονται στο FAO Irrigation and Drainage.
- Επιτρέπει σε κάθε ενδιαφερόμενο χρήστη να μπορεί να δημιουργήσει λογαριασμό στο σύστημα παρέχοντας βασικά στοιχεία αναγνώρισης, να επιλέγει εάν θα είναι διαθέσιμος και ως επιτηρητής / σύμβουλος και να επιλέγει τον προσωπικό του επιτηρητή / σύμβουλο.
- Μέσω του λογαριασμού ο κάθε χρήστης μπορεί να δημιουργεί απεριόριστο αριθμό εικονικών αγρο-μετεωρολογικών σταθμών κάθε ένας από τους οποίους θα αντιστοιχεί σε ένα αγροτεμάχιο / στάση αρδευτικού συστήματος.
- Τα δεδομένα των εικονικών αγρο-μετεωρολογικών σταθμών καθώς και στοιχεία σχετικά με τις αρδεύσεις που πραγματοποιήθηκαν, την ποσότητα νερού που εφαρμόστηκε αλλά και τις σχετικές συμβουλές για το σύνολο της αρδευτικής περιόδου είναι διαθέσιμα δωρεάν στον χρήστη και τον σύμβουλό του και θα μπορούν να ληφθούν σε μορφή αρχείου
- Για κάθε αγροτεμάχιο, παρέχονται από το χρήστη ή τον επιτηρητή / σύμβουλό του όλες οι παράμετροι που σχετίζονται με τη διαχείριση άρδευσης (τουλάχιστον αποτελεσματικότητα άρδευσης και συντελεστής βελτιστοποίησης άρδευσης), την καλλιέργεια (κατ' ελάχιστο καλλιεργητικοί συντελεστές, βάθος ριζοστρώματος και συντελεστής επιτρεπόμενης κατανάλωσης διαθέσιμης υγρασίας) και το έδαφος (κατ' ελάχιστο υγρασία κορεσμού, υδατοϊκανότητα και σημείο μόνιμης μάρανσης), οι οποίες είναι απαραίτητες για τον υπολογισμό του υδατικού ισοζυγίου. Εάν δεν

υπάρχει διαθέσιμη αυτή η πληροφορία θα μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι σχετικές προτάσεις του συστήματος.

- Η καταγραφή των αρδεύσεων μπορεί να γίνεται από τους χρήστες αξιοποιώντας στοιχεία επιθεώρησης του αρδευτικού συστήματος ή εγκατεστημένα υδρόμετρα χωρίς την ανάγκη εγκατάστασης επιπλέον εξοπλισμού.
- Σε κάθε περίπτωση επειδή η χρήση καταγραφικών χρήσης νερού που τροφοδοτούν αυτόματα το σύστημα με σχετική πληροφορία αυξάνει την ακρίβεια του συστήματος, το σύστημα είναι προετοιμασμένο ώστε να μπορεί να συμπεριλάβει τη δυνατότητα λήψης δεδομένων από σχετικές συσκευές.
- Διαθέτει αυτοματοποιημένο μηχανισμό συμβουλών άρδευσης (πότε συστήνεται να γίνουν αρδεύσεις και πόσο νερό να χορηγηθεί) με βάση το μοντέλο για τη θέση κάθε εικονικού αγρο-μετεωρολογικού σταθμού, ενώ παράλληλα παρέχει πληροφορία σχετικά με την αναμενόμενη υδατική καταπόνηση της καλλιέργειας σε περίπτωση χρονικής καθυστέρησης της άρδευσης.
- Το σύστημα διαθέτει στο χρήστη και τον επόπτη / σύμβουλό του, συνοπτική και αναλυτική συμβουλή άρδευσης για την τρέχουσα ημέρα και για τουλάχιστον τις τρεις ημέρες που έπονται αυτής. Η αναλυτική συμβουλή θα περιλαμβάνει εκτίμηση της υδατικής υγρασίας στην περιοχή του ριζοστρώματος, του συντελεστή καταπόνησης, της ενεργού βροχόπτωσης και της δόσης άρδευσης, όπως έχουν υπολογιστεί από το μοντέλο υδατικού ισοζυγίου.
- Οι συμβουλές άρδευσης αποστέλλονται μέσω email στον χρήστη και στον επόπτη / σύμβουλό του.
- Το σύστημα παρουσιάζει στο χρήστη και τον επόπτη / σύμβουλό του, δεδομένα σχετικά με την ενεργό βροχόπτωση, τις προτεινόμενες αρδεύσεις και τις αρδεύσεις

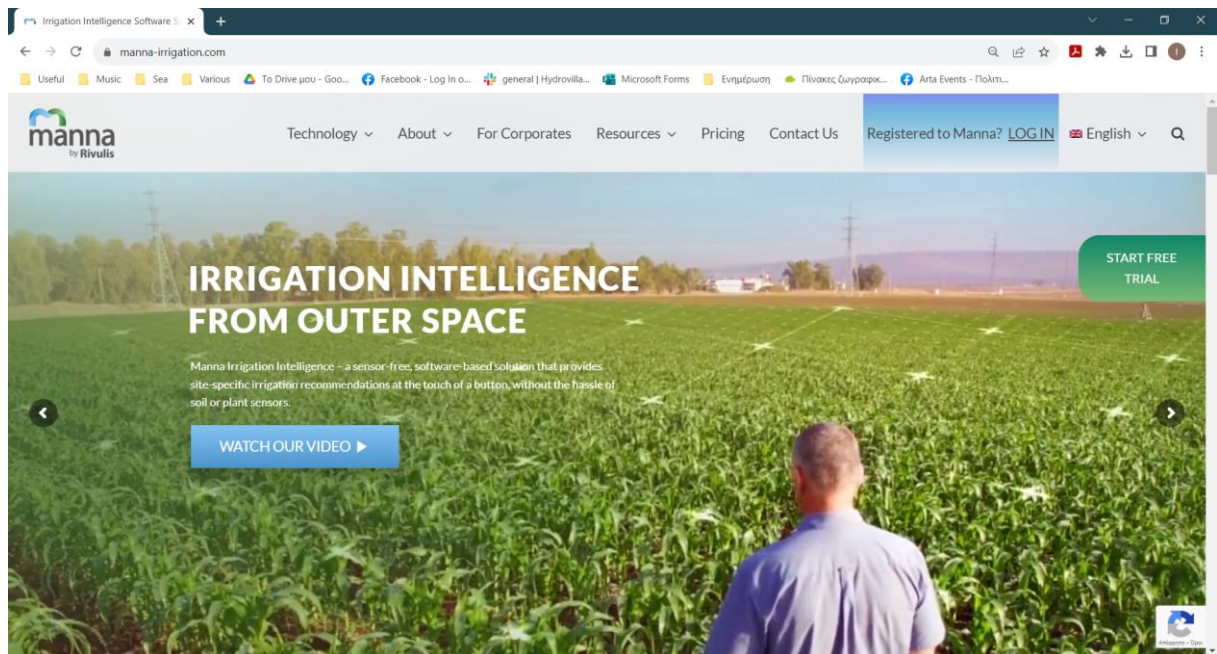
που πραγματοποιήθηκαν σε κάθε αγροτεμάχιο / στάση αρδευτικού καθ' όλη τη διάρκεια της αρδευτικής περιόδου. Τα σχετικά δεδομένα μπορούν να ληφθούν σε μορφή αρχείου.

- Είναι διαθέσιμο στην Ελληνική και Αγγλική γλώσσα.
- Είναι προσβάσιμο μέσω διαδικτυακού τόπου συμβατού με τους πιο κοινούς browsers (Firefox, MS Edge, Google Chrome κ.α.) σε ηλεκτρονικό υπολογιστή, tablet ή smartphone.

2.3 Manna Irrigation Intelligence

2.3.1 Γενικά

Η Manna έχει την έδρα της στο Ισραήλ, ένα παγκόσμιο θερμοκήπιο καινοτομίας ag-tech, και υποστηρίζεται από την Rivulis Irrigation, κορυφαίο πάροχο λύσεων στάγδην και μικροάρδευσης για περισσότερα από 50 χρόνια. Είναι ένας ηγέτης πληροφοριών άρδευσης, που παρέχει στους καλλιεργητές σε όλο τον κόσμο τις χρήσιμες πληροφορίες που χρειάζονται για να λάβουν καλύτερα ενημερωμένες και πιο σίγουρες αποφάσεις άρδευσης.



Εικόνα 6 Ο διαδικτυακός τόπος του Manna <https://manna-irrigation.com/>

Η προσέγγισή του χωρίς αισθητήρες και μόνο με λογισμικό αξιοποιεί δεδομένα υψηλής ανάλυσης, συχνά ανανεωμένα δορυφορικά δεδομένα και υπερτοπικές πληροφορίες καιρού για να προσφέρει εξαιρετικά προσιτές και προσβάσιμες λύσεις για συστάσεις άρδευσης σε συγκεκριμένες τοποθεσίες. Στο επίκεντρο της λύσης βρίσκονται οι αλγόριθμοι

τηλεπισκόπησης, οι οποίοι ανιχνεύουν αυτόματα την πραγματική πρόσληψη νερού των καλλιεργειών (εξατμισοδιαπνοή) και υπολογίζουν τις προτάσεις άρδευσης για κάθε ζώνη, βαλβίδα ή βάρδια. Παρέχει επίσης ένα εξελιγμένο εργαλείο προϋπολογισμού για τον προγραμματισμό και την παρακολούθηση της εποχιακής χρήσης του νερού – μια μέθοδος για την ακριβέστερη παραγγελία νερού εκ των προτέρων-. Επιπλέον, οι δορυφορικές εικόνες θα τονίσουν εάν υπάρχουν περιοχές με υπερβολική ή μη ανάπτυξη σε ένα χωράφι, κάτι που επιτρέπει στον καλλιεργητή να διερευνήσει εάν υπάρχουν, παράσιτα, ασθένειες, επαρκής άρδευση ή άλλα ζητήματα που πρέπει να αντιμετωπιστούν. Οι καλλιεργητές έχουν πρόσβαση στα δεδομένα είτε μέσω μιας διεπαφής χρήστη ιστού είτε μέσω εφαρμογής κινητού, η οποία έχει σχεδιαστεί για ευκολία στη χρήση, χωρίς να απαιτείται εγκατάσταση υλικού ή λογισμικού στην υποδομή του αγροκτήματος τους. Με την αφαίρεση της ανάγκης για αισθητήρες, δεν υπάρχει καμία δαπάνη κεφαλαίου και εξοπλισμός για συντήρηση, κάτι που είναι ένα κοινό πρόβλημα με τους ανιχνευτές υγρασίας, για παράδειγμα. Η προσέγγιση βάσει αισθητήρων στον προγραμματισμό άρδευσης περιορίζεται συχνά από τον αριθμό των ανιχνευτών και το μοναδικό προφίλ εδάφους που περιβάλλει κάθε καθετήρα, γεγονός που οδηγεί σε μεμονωμένες, ανόμοιες μετρήσεις που δεν αντιπροσωπεύουν τις συνθήκες ολόκληρου του αγρού. Η Manna έχει την εξειδικευμένη εμπειρία, τη γνώση και την πρόσβαση στην αγορά για να παρέχει προηγμένες λύσεις σε καλλιεργητές σε όλο τον κόσμο – σήμερα, αύριο και στο μέλλον. Το Manna Irrigation Intelligence είναι ένα πρόγραμμα το οποίο διευκολύνει τους καλλιεργητές όσον αφορά τις ανάγκες του κάθε φυτού σε νερό αλλά και την συχνότητα του ποτίσματος. Και τα δύο αυτά ζητήματα είναι ζωτικής σημασίας για την βιωσιμότητα και την βελτιστοποίηση της απόδοσης και της ποιότητας των καλλιεργειών. Ακόμη με την χρήση του προγράμματος αυτού μπορεί να ελαχιστοποιηθεί η χρήση περιττού νερού . Χρησιμοποιώντας προηγμένη τεχνολογία δορυφορικής απεικόνισης, σε συνδυασμό

με υπερτοπικές καιρικές συνθήκες σε πραγματικό χρόνο, το Manna Irrigation Intelligence πραγματοποιεί σύνθετους γεωπονικούς και περιβαλλοντικούς υπολογισμούς για να παρέχει συστάσεις άρδευσης, να προσδιορίζει πιθανές περιοχές υπο/υπεράρδευσης και, τελικά, να διαχειρίζεται καλύτερα την καλλιέργεια σας. Το Manna Irrigation λοιπόν προσφέρει μια ολοκληρωμένη άποψη υψηλής ανάλυσης ολόκληρου του αγρού αντί για μετρήσεις από απομονωμένες διαφορετικές τοποθεσίες. Με το προσιτό και φιλικό προς τον χρήστη λογισμικό της Manna, οι καλλιεργητές λαμβάνουν δυναμικές συστάσεις άρδευσης για τις καλλιέργειες και την τοποθεσία οπουδήποτε και οποτεδήποτε.

2.3.2 Πλεονεκτήματα

Τα οφέλη που προσφέρει η χρήση του προγράμματος Manna είναι τα εξής:

- Η ακριβής γνώση για την κατάσταση κάθε ρίxel στο πεδίο σας.
- Η εμπιστοσύνη μέσω των δυναμικώς προτάσεων και των ακριβών δεδομένων που προσφέρουν τη δυνατότητα λήψεων έξυπνων αποφάσεων.
- Είναι προσιτό και χωρίς προβλήματα. Δεν διαθέτει δαπανηρό εξοπλισμό, ούτε χρήζει συντήρησης.

2.3.3 Ιστορία

Η ιδέα της ίδρυσης της εταιρίας ξεκινά το 2005 όταν ο Shay Mey-Tal ίδρυσε την Agam Advanced Agronomy που αποτελεί τον κορυφαίο πάροχο υπηρεσιών ακριβείας και τηλεπισκόπησης στο Ισραήλ. Ωστόσο το 2016 η Rivulis Irrigation -που ιδρύθηκε το 1966 και εξειδικεύετε στην παροχή ολοκληρωμένων προτάσεων μικροάρδευσης για όλες τις ανάγκες

των καλλιεργητών, από τον πιο μεμονωμένο καλλιεργητή έως τις μεγάλες εταιρικές φυτείες στους τομείς της γεωργίας, της κηπουρικής, του θερμοκηπίου και της εξόρυξης- εξαγόρασε Agam και ίδρυσε την Manna Irrigation. Ακόμη, το 2016 πραγματοποιήθηκε το πρώτο δημόσιο ντεμπούτο σε Ευρώπη και ΗΠΑ, με την έκθεση EIMA στην Μπολόνια(Bologna,Italy) καθώς και το πρόγραμμα του αρδευτικού συλλόγου στο Λας Βέγκας (Las Vegas). Μετά το δημόσιο ντεμπούτο που πραγματοποιήθηκε και στην Αυστραλία το 2017 ξεκίνησαν και οι πρώτοι χρήστες σε Αυστραλία και Βραζιλία να το λειτουργούν με γνώμονα τις προτάσεις που προσέφερε το πρόγραμμα. Το 2018 η Manna Irrigation γιορτάζει τους πρώτους 100(εκατό) πελάτες της και κυκλοφορεί την εφαρμογή της στα ηλεκτρονικά καταστήματα των κινητών (play store). Τον Φεβρουάριο του 2019 το Manna εξαπλώνεται και διαδίδεται στην Ινδία, ενώ τον Μάιο ανοίγουν οι πλατφόρμες για την ηλεκτρονική εγγραφή των χρηστών. Πριν το τέλος του έτους οι χρήστες του του Manna ανέρχονται στους 1000 (χίλιους). Στα τέλη του 2019 με αρχές 2020 το Manna αποκτά Agricam το οποίο αποτελεί Υπηρεσία Πλατφόρμας Ακριβείας Γεωργίας Βασισμένη στο υπολογιστικό νέφος (cloud computing), που υποστηρίζεται από δορυφορικά δεδομένα και παρέχει έξυπνα αναλυτικά εργαλεία υποστήριξης αποφάσεων για εύκολη παρακολούθηση, κατανόηση και βελτιστοποίηση της απόδοσης του αγρού και της απόδοσης των καλλιεργειών.

3 ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ-ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΑΚΤΙΝΙΔΙΟΥ ΣΤΗΝ ΑΡΤΑ

3.1 Σχεδιασμός αρδευτικού δικτύου, αξιολόγηση υφιστάμενης κατάστασης και προτάσεις για βελτιώσεις

3.1.1 Γενικά

Το κτήμα για το οποίο θα μελετηθεί ο σχεδιασμός του αρδευτικού συστήματος μέσω του προγράμματος IRRICAD έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

1. Έχει μήκος 360 μέτρα και πλάτος 24 μέτρα.
2. Οι αποστάσεις μεταξύ των σειρών είναι 4 μέτρα.
3. Το κτήμα είναι χωρισμένο σε δυο μέρη, το ένα μέρος χωρίζεται στα 170 μέτρα το οποίο θα το ονομάσουμε για ευκολία 'αριστερό μέρος', ενώ τα υπόλοιπα 190 μέτρα αποτελούν το 'δεξί μέρος'.
4. Ο κεντρικός αγωγός αποτελείται από δύο τμήματα. Ο πρώτος αγωγός επεκτείνεται μέχρι τα πρώτα 85 μέτρα, ενώ ο δεύτερος στα 265 μέτρα. Οι δυο κεντρικοί αγωγοί είναι της κατηγορίας Φ90.
5. Στο αριστερό μέρος οι μικροεκτοξευτές έχουν απόσταση μεταξύ τους 2.5 μέτρα, συνεπώς κάθε σειρά έχει 68 ενώ στο σύνολο είναι 408. Οι σωλήνες σύνδεσης (μακαρόνια) του αριστερού μέρους είναι Φ7 ενώ οι σωλήνες στους οποίους είναι συνδεδεμένα είναι Φ40 . όσον αφορά το δεξί μέρος, οι μικροεκτοξευτήρες απέχουν μεταξύ τους 1.5 μέτρα. Ο αριθμός ανά σειρά είναι 114 ενώ το σύνολό τους αποτελείται από 684 εκτοξευτήρες. Οι σωλήνες σύνδεσης (μακαρόνια) έχουν σωλήνα Φ7 ενώ ο σωλήνας στον οποίο είναι συνδεδεμένα είναι Φ32. Η παροχή των σωλήνων είναι 90 λίτρα ανά ώρα και βαλβίδα που χρησιμοποιείται για την ένωση του κεντρικού σωλήνα με την πηγή του νερού(η οποία βρίσκεται έξω από το κτήμα) είναι 3.5 ίντσες.

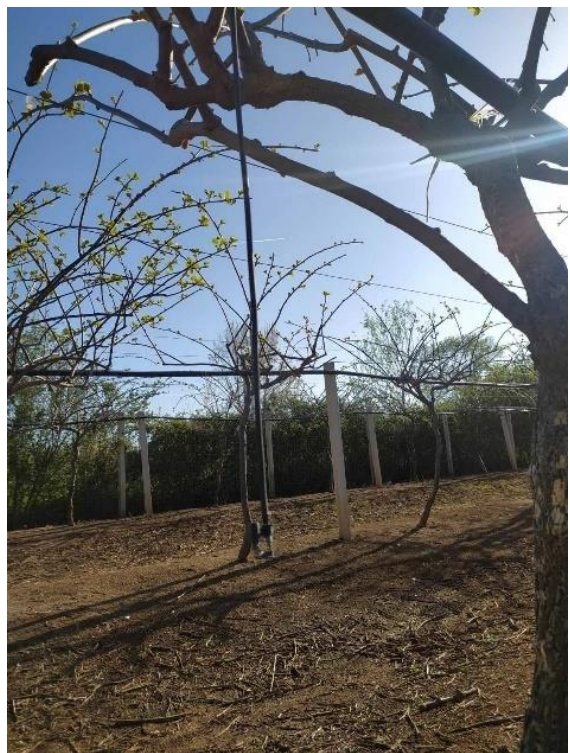
Τέλος οι αποστάσεις των δέντρων από τα όρια του κτήματος είναι 1 μέτρο από την πάνω οριζόντια πλευρά και 2 μέτρα από την κάτω.

Η βασική σειρά βημάτων για το σχεδιασμό στο IRRICAD είναι η ακόλουθη (Τσιρογιάννης Ι., 2009):

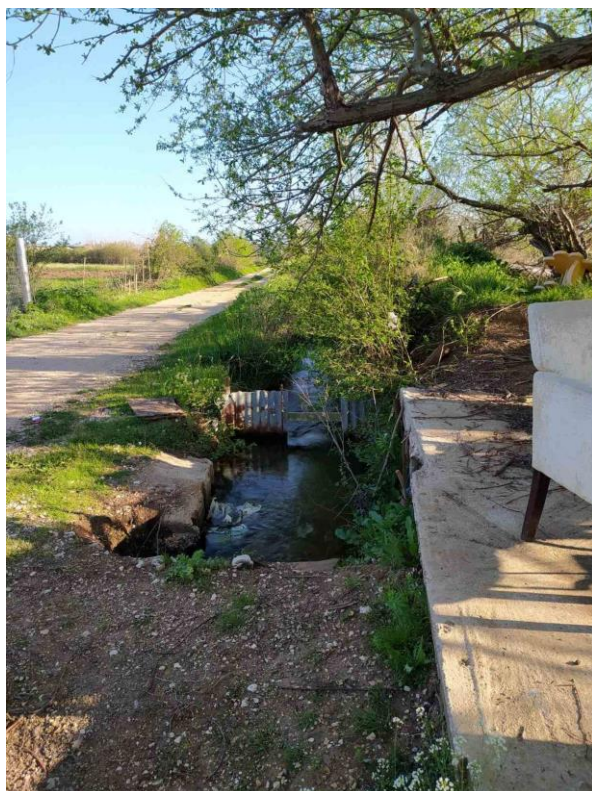
1. Ορισμός πληροφοριών υποδομής (Settings) δηλαδή βασικές πληροφορίες όπως σύστημα μονάδων, βάση δεδομένων που χρησιμοποιείται κ.ο.κ.
2. Σχεδιασμός ορίων περιοχής εγκατάστασης, υδροληψιών, ισοϋψών και σημείων γνωστού υψομέτρου.
3. Ορισμός αρδευτικών ζωνών
4. Διάταξη των στοιχείων της τοποθεσίας και του αρδευτικού δικτύου στο χώρο, (έξοδοι αγωγοί εφαρμογής, δευτερεύοντες αγωγοί ζώνης, βαλβίδες ελέγχου, κύριοι αγωγοί).
5. Έλεγχος διάταξης και συνδεσμολογίας (Design | Check Outlet Connectivity).
6. Ορισμός ειδικών πληροφοριών σχεδιασμού (Design | Design Parameters και Zone Design Configuration
7. Διαχείριση συστήματος – Πως λειτουργεί το δίκτυο – Ποιες ζώνες λειτουργούν και πότε (Design | Assign ... zone ...).
8. Σχεδιασμός και Ανάλυση με τη σειρά: αγωγοί ζωνών (Design | Zone design), ανάλυση βαλβίδων (Design | Valve Analysis), κύριοι αγωγοί (Design | Mainline design).
9. Έλεγχος λειτουργίας του δικτύου μέσω αναφορών.
10. Αλλαγές σε μεγέθη σωλήνων, παραμέτρους σχεδίασης, πίεση στις βαλβίδες κ.ο.κ και νέα ανάλυση (σε αυτή την περίπτωση μπορεί να αρκεί απλά Analyze).
11. Εύρεση υλικών που θα χρησιμοποιηθούν (Design | Computer Selection of Fittings) .
12. Δημιουργία αναφορών (Reports) και τελικών σχεδίων.



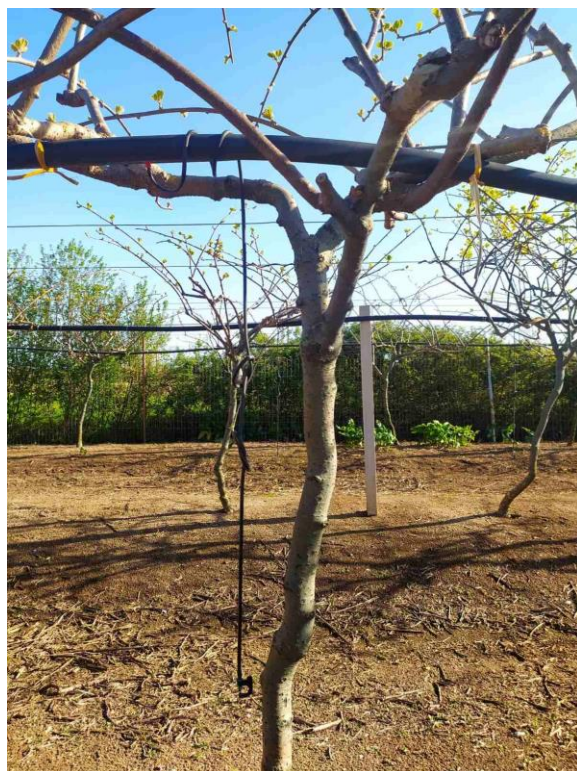
Εικόνα 7 Απόψεις το κτήματος και του αρδευτικού συστήματος



Εικόνα 8 Απόψεις το κτήματος και του αρδευτικού συστήματος



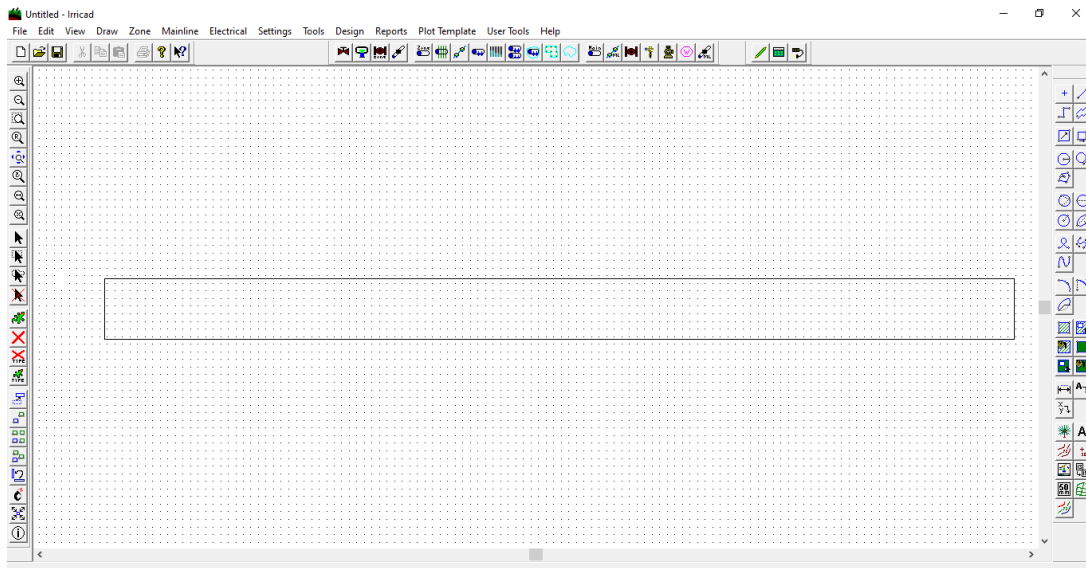
Εικόνα 9 Απόψεις το κτήματος και του αρδευτικού συστήματος



Εικόνα 10 Απόψεις το κτήματος και του αρδευτικού συστήματος

3.1.2 Σχεδιασμός του υπάρχοντος αρδευτικού δικτύου στο IRRICAD

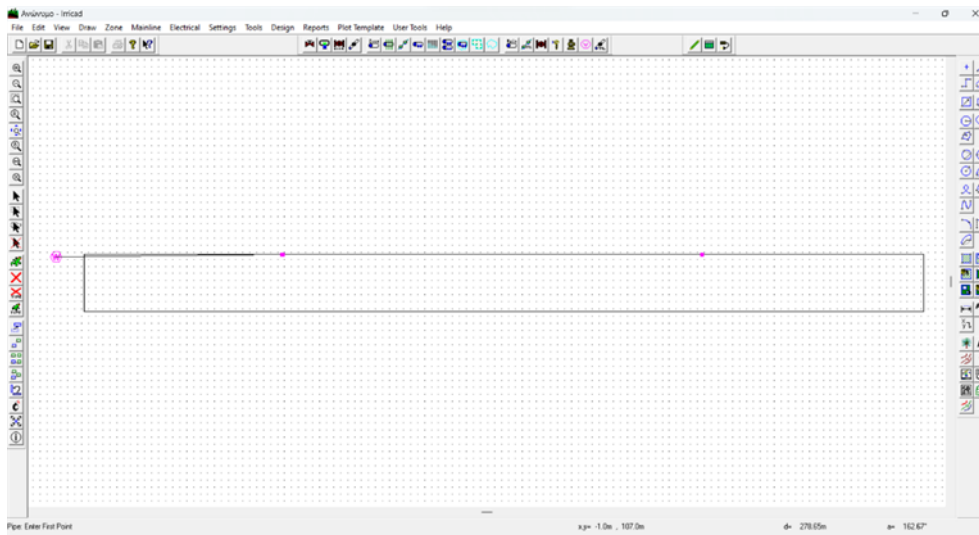
Ξεκινάμε το πρόγραμμα επιλέγοντας Έναρξη (Start) | Προγράμματα (Programs) | Irricad | Irricad. Επιλέγουμε Settings|Irrigation - Design Specific. Στο παράθυρο που εμφανίζεται, πατάμε Browse και επιλέγουμε τη βάση δεδομένων Tutorial.mdb που βρίσκεται στον φάκελο \\Irricad\\database.



Εικόνα 11 Σχεδιασμός ορίων συστήματος

Από τις καρτέλες που βρίσκονται στο επάνω μέρος του παραθύρου, επιλέγουμε το Units και στη συνέχεια πατάμε το Metric που βρίσκεται στο κάτω μέρος. Έτσι ορίζουμε τις μονάδες μέτρησης που θα χρησιμοποιηθούν. Στην καρτέλα Misc, επιλέγουμε Medium από την περιοχή Design Size που βρίσκεται στο κέντρο του παραθύρου και επιβεβαιώνουμε πατώντας OK. Πηγαίνουμε στην καρτέλα Draw | Rectangle | 2 Points. Στη συνέχεια επιλέγουμε View | Goto Coords και στην καρτέλα που θα εμφανιστεί αφήνουμε τα επιλεγμένα $x = 0$ και $y = 0$ και πατάμε OK. Έτσι αυτόματα θα μεταφερθεί ο κέρσορας στα σημεία αυτά ώστε να ξεκινήσουμε τον σχεδιασμό του προγράμματος από τα σημεία $x=0$ και $y=0$ για ευκολότερο σχεδιασμό.

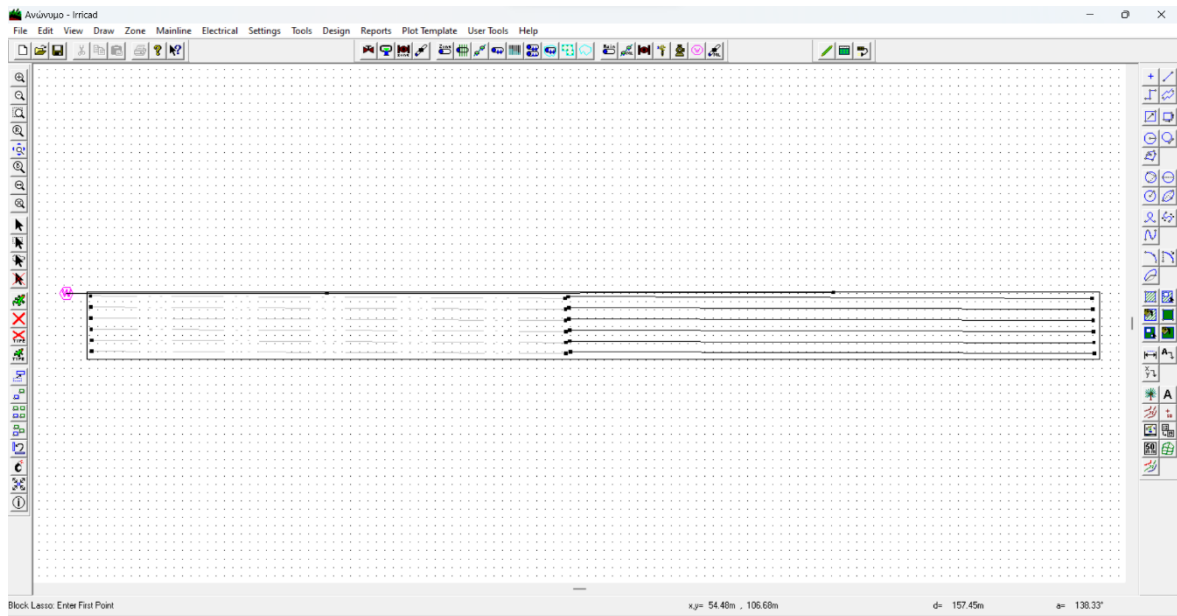
Στη συνέχεια σχεδιάζουμε τους κεντρικούς αγωγούς και την πηγή του νερού, ακολουθώντας τα εξής βήματα. Για την πηγή νερού -> Mainline | Water Supply | OK. Για τους σωλήνες με $\Phi 90$ έχουμε Mainline | Pipe | Item 3" (90mm) Class C PVC Pipe και Depth -2000 mm | OK. Ο πρώτος τοποθετείται από το σημείο που βρίσκεται η πηγή του νερού μέχρι τα 85 μέτρα, ενώ ο δεύτερος από το σημείο 85 έως 265 μέτρα. Στα δυο αυτά σημεία θα τοποθετηθούν στη συνέχεια δυο βαλβίδες.



Εικόνα 12 Σχεδιασμός κεντρικών αγωγών και βαλβίδων

Έπειτα σχηματίζουμε τους μικροεκτοξευτήρες και οι σωλήνες σύνδεσης (μακαρόνια) ως εξής. Zone | Block | Sprinkler | Microjet Red Base (1.5 mm) με Nozzle 360/FAN 360.0 και Pressure 14m . Οι υπόλοιπες επιλογές διαφέρουν ως προς το αριστερό και δεξί μέρος . Για το αριστερό κομμάτι έχουμε Pipe | 40 mm HDPE 10ATM | Lateral Spacing | 4 | Outlet Spacing | 2.5 | OK | . Για το δεξί έχουμε Pipe | 32mm HDPE 10ATM | Lateral Spacing | 4 | Outlet Spacing | 1.5 | OK | . Σχηματίζουμε λοιπόν τα δύο Blocks, το αριστερό τετράγωνο από το σημείο $x=0.1m$

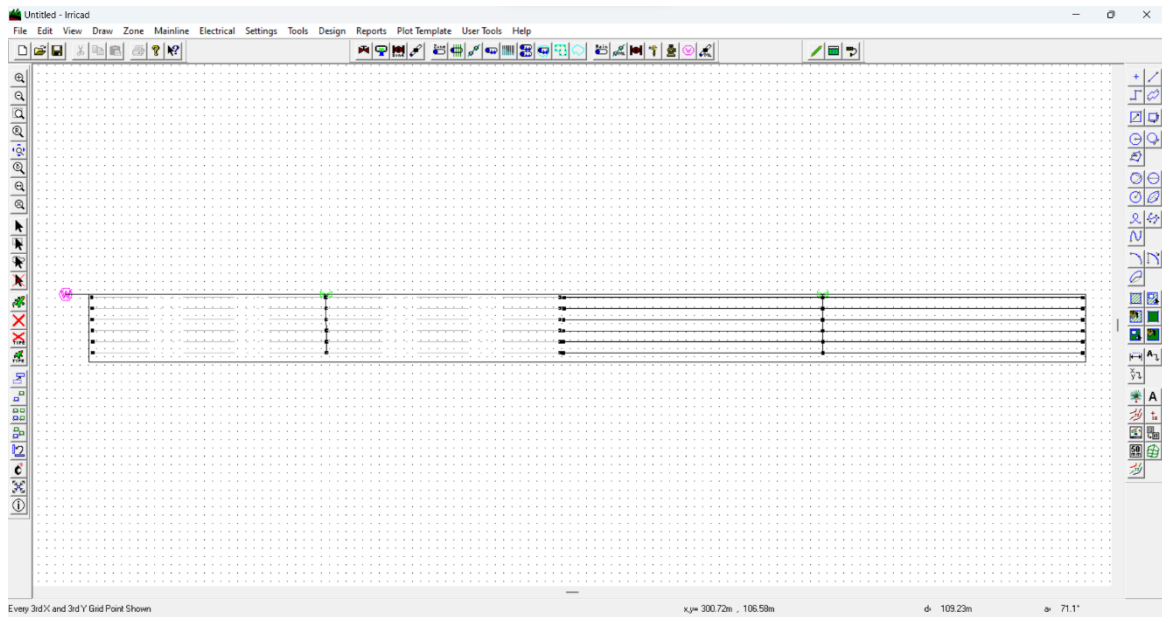
και $y=0.1\text{m}$ μέχρι τα σημεία $x=170\text{m}$ και $y=0.1\text{m}$ και το δεξί από $x=170\text{m}$ $y=0,1\text{m}$ έως $x=359\text{m}$ $y=0.1$.



Εικόνα 13 Σχηματισμός block

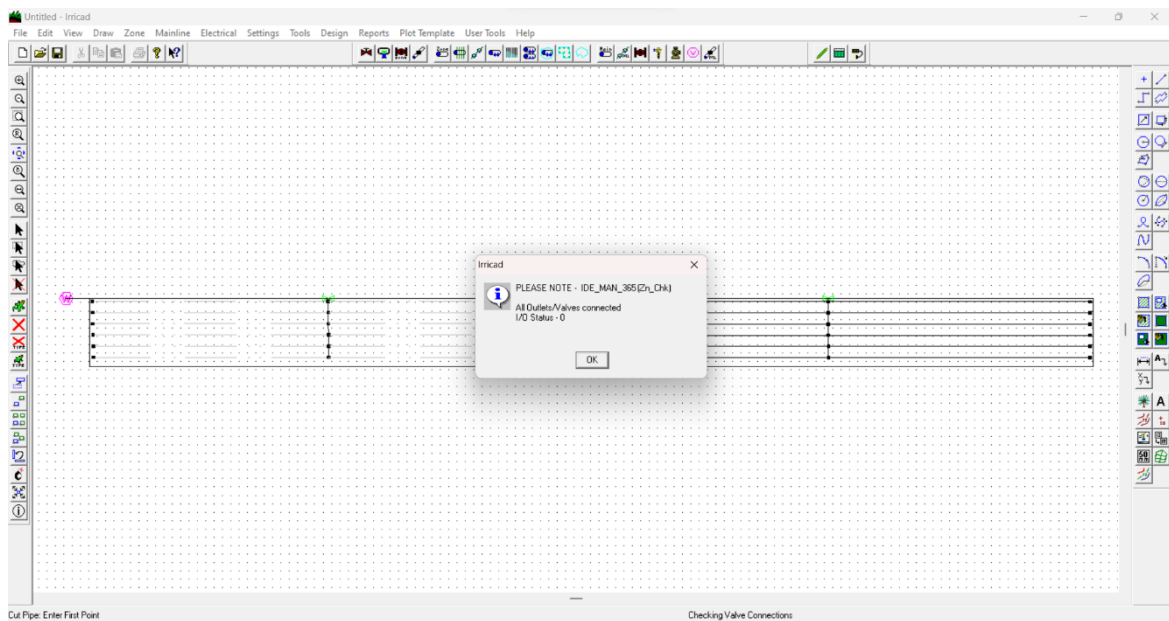
Στη συνέχεια τοποθετούμε τις δυο βαλβίδες στα σημεία $x=85\text{m}$ και $x=265\text{m}$ | Mainline | Control Valve | Item 4'' Nelson Solenoid Control Valve | Depth -2000mm | OK|.

Τέλος αφού έχουμε σχηματίσει τα δυο block, και έχουμε τοποθετήσει τις βαλβίδες συνεχίζουμε προσθέτοντας τους δυο κάθετους σωλήνες που ονομάζονται Cut Pipe. Για να γίνει αυτό ξεκινώντας με το αριστερό κομμάτι έχουμε | Zone | Cut Pipe | Item 90mm HDPE 10ATM | Depth -2000mm|. Ο αγωγός αυτός θα ξεκινάει από το σημείο $x=85$ και θα συνεχίζει κάθετα μέχρι το σημείο που βρίσκεται η τελευταία οριζόντια γραμμή των block. Αντίστοιχα και για το δεξί κομμάτι.



Εικόνα 14 Τοποθέτηση σωλήνων Cut Pipe

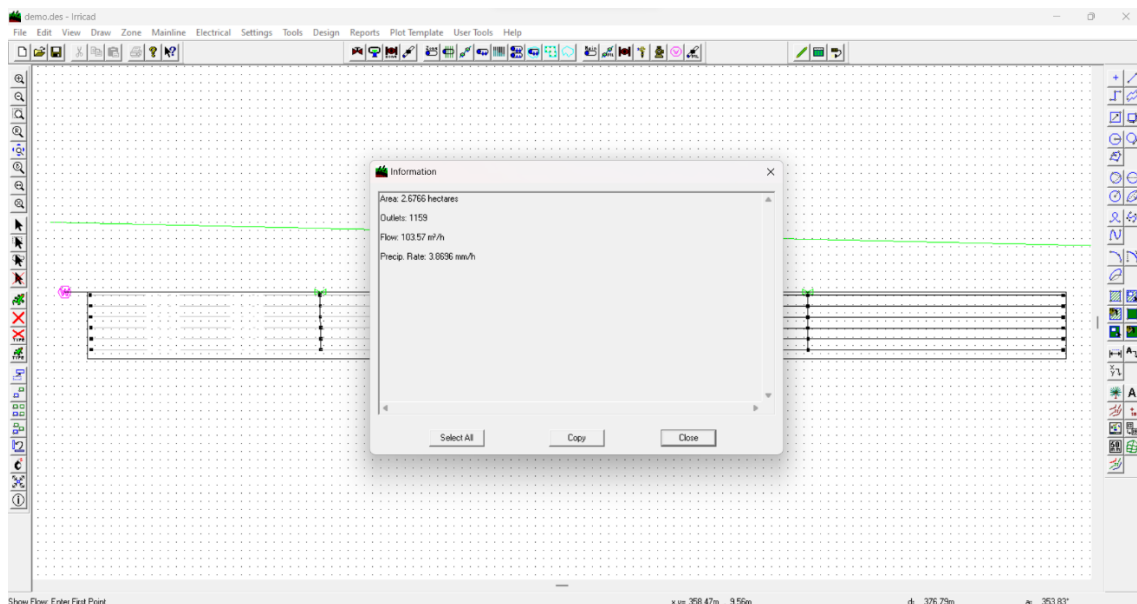
Το πρόγραμμα είναι έτοιμο μένει να δούμε αν όλα είναι συνδεδεμένα μεταξύ τους. Design | Check Outlet Connectivity. Αν όλα είναι συνδεδεμένα και το πρόγραμμα λειτουργεί θα εμφανιστεί το παρακάτω παράθυρο.



Εικόνα 15 Επιβεβαίωση συνδεσιμότητας συστήματος

Αφού δημιουργήσαμε το πρόγραμμα σύμφωνα με τις προδιαγραφές που μας έδωσε ο ιδιοκτήτης του κτήματος πρέπει να τρέξουμε κάποιες αναλύσεις ώστε να δούμε αν χρειάζεται βελτιστοποίηση. Ξεκινάμε με τη παροχή του νερού Reports| show flow | σχηματίζουμε ένα τετράγωνο περιμετρικά του σχεδίου που φτιάξαμε πατώντας αριστερό κλικ. Μόλις ολοκληρώσουμε το τετράγωνο θα βγει η παρακάτω ειδοποίηση. Η παροχή του νερού υπολογίστηκε στα 103,57 m³/h. Η παροχή αυτή είναι αρκετά υψηλή για την βαλβίδα που χρησιμοποιείται στο κτήμα. Συνεπώς το πρώτο πρόβλημα είναι η βαλβίδα.

Ακόμα αν μετατρέψουμε τα 103,57 m³/h σε lph (103,57*1000) βγαίνει 103570 lph που αποτελεί μεγάλη ποσότητα νερού που δεν μπορεί να εξυπηρετήσει ο σωλήνας Φ90 που χρησιμοποιείται με αποτέλεσμα οι απώλειες του νερού να είναι τεράστιες και να μην φτάνει η επιθυμητή ποσότητα νερού στους μικροεκτοξευτήρες και συνεπώς ούτε στα ακτινίδια. Για την εξυπηρέτηση τέτοιας ποσότητας νερού θα χρειαζόταν τουλάχιστον σωλήνας Φ150.

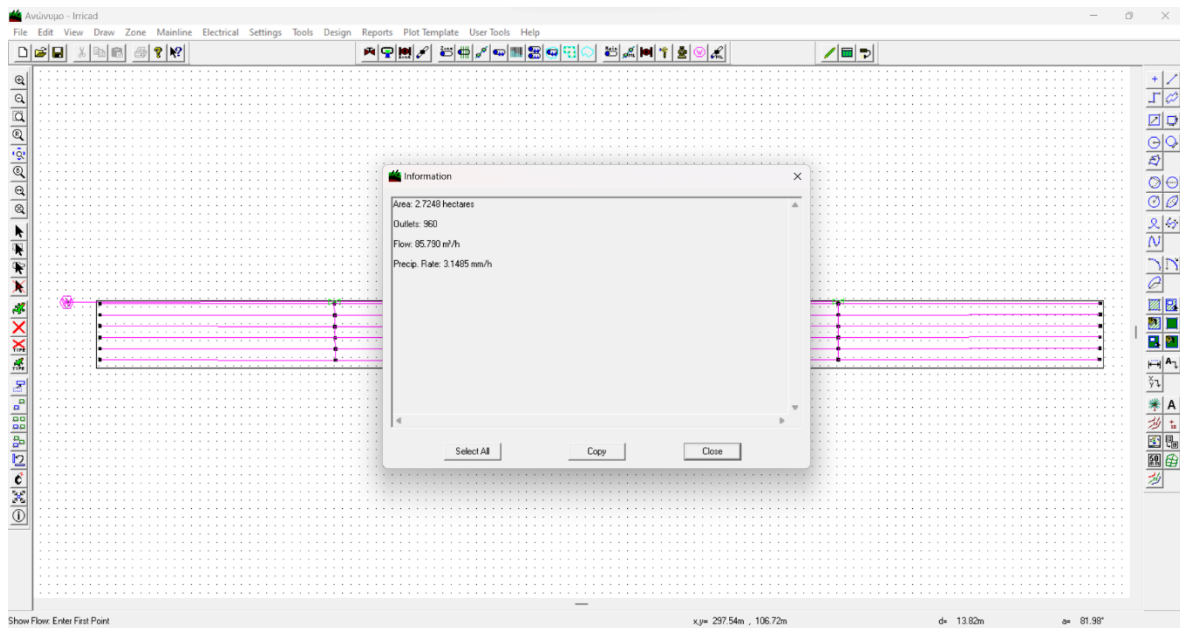


Εικόνα 16 Υπολογισμός παροχής νερού

3.1.3 Εκ νέου σχεδιασμός βελτιωμένου σχεδίου στο IRRICAD

Για τον εκ νέου σχεδιασμό του βελτιωμένου σχεδίου του αρδευτικού συστήματος, επαναλαμβάνουμε τα παραπάνω βήματα με την διαφορά πως επιλέγουμε παντού την επιλογή 'Computer selected'. Με αυτόν τον τρόπο το πρόγραμμα IRRICAD που χρησιμοποιούμε θα επιλέξει τους κατάλληλους αγωγούς και εκτοξευτήρες για τον ορθότερο σχεδιασμό του αρδευτικού συστήματος με τις μικρότερες πιθανές απώλειες νερού.

Ακολουθώντας λοιπόν την ίδια διαδικασία αν τρέξουμε πάλι το Show Flow θα μας δείξει ότι η παροχή του νερού είναι 85,790 m³/h.

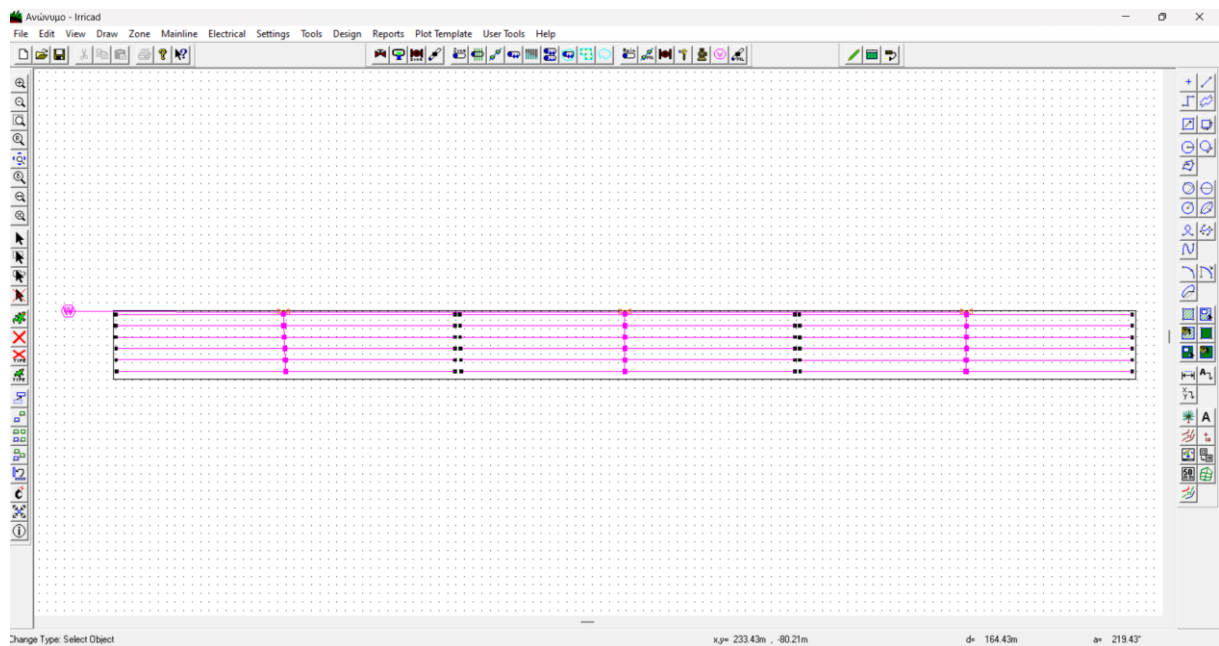


Εικόνα 17 Υπολογισμός παροχή νερού στο βελτιωμένο σχέδιο

Ωστόσο, αν πάμε να τρέξουμε τα LP design τόσο του Mainline όσο και του Zone, θα διαπιστώσουμε πως δεν εμφανίζει τις λίστες με τους σωλήνες που χρησιμοποίησε. Αυτό συμβαίνει διότι η επιλογή των αγωγών δεν ολοκληρώθηκε από το πρόγραμμα, λόγω της μεγάλης ταχύτητας νερού που χρειάζεται για να περάσουν αυτές οι ποσότητες νερού από πολύ μικρές διατομές, οι οποίες ξεπερνούν τα όρια. Εν κατακλείδι, οδηγούμαστε στο συμπέρασμα πως για να λειτουργήσει σωστά το αρδευτικό σύστημα με τις μικρότερες

πιθανές απώλειες νερού αλλά και την σωστή κατανομή του στο κτήμα, χρειάζεται μια νέα προσέγγιση από άλλη οπτική, αρκετά διαφορετική από την αρχική.

Επομένως, ξεκινάμε ξανά την σχεδίαση του κτήματος στο IRRICAD χωρίζοντας το αρδευτικό σε τρεις ίδιες στάσεις αντί για δύο, χρησιμοποιώντας τρεις βαλβίδες των 3'' ιντσών -σε αντίθεση με των 4'' ιντσών που χρησιμοποιήσαμε παραπάνω- καθώς σύμφωνα με την βάση δεδομένων, σε αυτή την περίπτωση αυτή η διαμέτρου βαλβίδα είναι ιδανική για να περάσουν οι ποσότητες του νερού που χρειάζεται. Στους υπόλοιπους σωλήνες που θα χρησιμοποιήσουμε ορίζουμε την επιλογή 'Computer Selected' όπως κάναμε προηγουμένως. Επαναλαμβάνοντας λοιπόν τις ίδιες διαδικασίες τελειοποιούμε το αρδευτικό σύστημα το οποίο πρέπει να μοιάζει με το παρακάτω σχέδιο. (βλ. εικόνα 14)



Εικόνα 18 Αρδευτικό σύστημα χωρισμένο σε τρεις ίδιες στάσεις

Ολοκληρώνοντας, οι αναφορές που προέκυψαν από τον παραπάνω σχεδιασμό φαίνεται να είναι ενδεικτικές για την ορθότερη και αποτελεσματικότερη λειτουργία του αρδευτικού. (βλ. εικόνα 15-16). Η λίστα του συνολικού κόστους για την κατασκευή αυτού του αρδευτικού φαίνεται παρακάτω στην εικόνα 17.

Irricad Version 9.06		Mainline Summary Report		01/09/23	
Company :		Designer :			
Client :		Design Date : 28 July 2023			
Site :		Report Date: 09/01/23 21:22:51			
Notes :					
Filename : demo.des					
System flow - 1					
Zones Operating					
Zone Name	(X,Y) (m)	Valve Pressure (m)	Required Pressure (m)	Flow (m3/h)	
Zone no. 1	80,3	25,3	70,5	15,9	42,9
Zone no. 2	180,8	27,2	27,3	15,9	42,4
Zone no. 3	300,2	29,2	16,0	16,0	42,4
Water Supplies					
Water Supply	(X,Y) (m)	Pressure (m)	Flow (m3/h)		
Supply no. 2	-10,6 23,3	127,9	-127,6		

Irricad Version 9.06		Zone Design Report		
	<u>Allowable Flow</u> (lph)	<u>Actual Flow</u> (lph)	<u>Allowable Pressure</u> (m)	<u>Actual Pressure</u> (m)
Minimum Outlet	84,90	88,12	12,83	13,00
Maximum Outlet	93,83	91,80	15,44	14,78
Outlet Variation (%)	9,52	8,19	18,21	12,04
Outlet Locations (X,Y)	Minimum :	359,7 , 3,2	Maximum :	300,3, 23,2

Εικόνα 19 Αναφορές λειτουργίας συστήματος

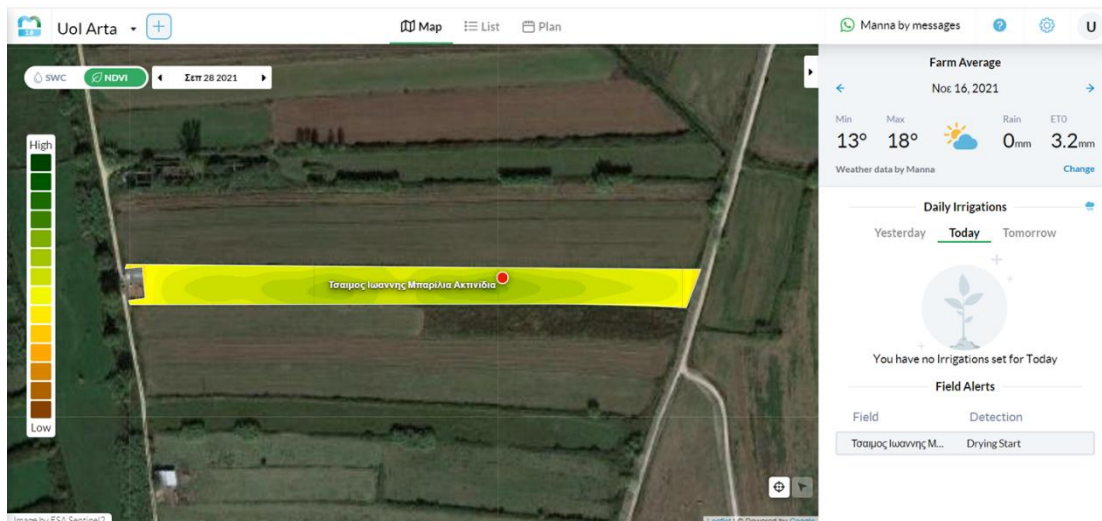
Iricad Version 9.06		Bill of Materials		01/09/23	
Company :		Designer :			
Client :		Design Date :		26 July 2023	
Site :		Report Date:		09/01/23 21:25:03	
Notes :					
Length/Number (m)		Description			
473		32mm HDPE 10AT M			
1862		40mm HDPE 10AT M			
12		75mm HDPE 10AT M			
380		90mm HDPE 10AT M			
3		3" Nelson Solenoid Control Valve			
1428		MicroJet Red Base (1.5 mm)			
1428		380FAN 380.0			

Εικόνα 20 Λίστα του συνολικού κόστους

3.2 Διαχείριση αρδευτικού δικτύου με χρήση του Manna

Η καλλιέργεια του ακτινιδίου έχει μεγάλες απαιτήσεις σε νερό (Allen κ.ά., 1988, ΥΠΑΑΤ, 1989) και στο πλαίσιο αυτό πολλές φορές απαιτείται μεγάλη συχνότητα αρδεύσεων, ώστε να διατηρηθεί η εδαφική υγρασία στα επιθυμητά επίπεδα. Σύμφωνα με την Ελληνική νομοθεσία (ΥΠΑΑΤ, 1989, IRMA_SYS ΟΡΙΑ, 2023), οι ποσότητες νερού που απαιτούνται για κτήμα στο υδατικό διαμέρισμα Ηπείρου, με το ακτινίδιο, που αρδεύεται από γεώτρηση στο κτήμα και έχει εγκατεστημένο σύστημα τοπικής άρδευσης με μικροεκτοξευτήρες, για το σύνολο της αρδευτικής περιόδου (Απρίλιος – Σεπτέμβριος), εκτιμώνται σε 701 έως 867 m³ / στρέμμα (mm) χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η βροχόπτωση.

Στο πλαίσιο χρήσης του λογισμικού Manna πρέπει καταρχήν να οριστούν μια σειρά από παράμετροι που αφορούν το κτήμα και σχετίζονται με το έδαφος, το νερό άρδευσης, το αρδευτικό σύστημα και την καλλιέργεια.

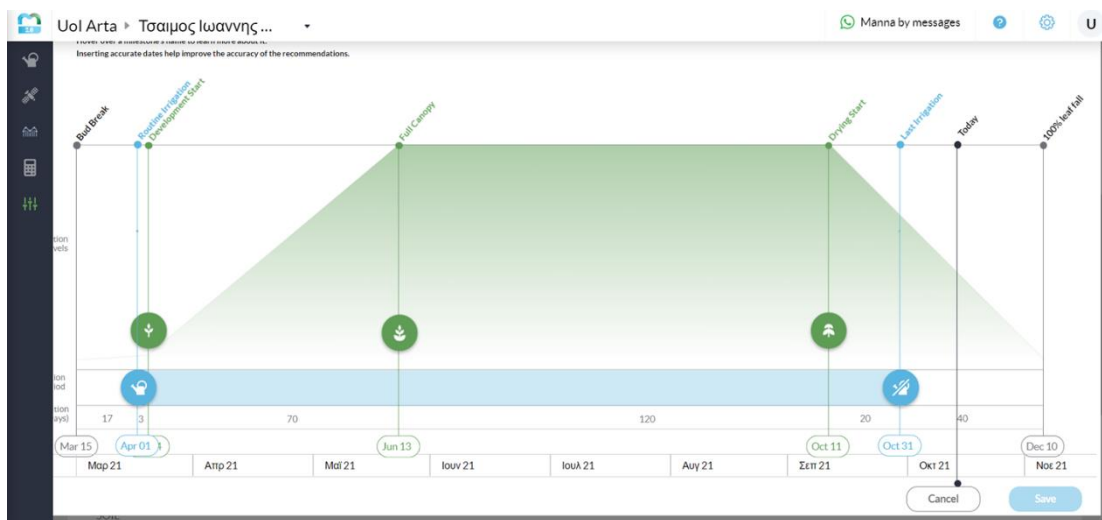


Εικόνα 21 Το υπό μελέτη κτήμα με ακτινίδια στο Manna

Στη συνέχεια παρατίθενται οι παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν για το υπό μελέτη κτήμα.

1. CROP

- a. Type Kiwi
- b. Field Area Size 0,9 ha
- c. Season Start Μαρ 15, 2021
- d. Irrigation Start Απρ 01, 2021
- e. Irrigation End (αρχική εκτίμηση) Οκτ 31, 2021 (τελικά η τελευταία άρδευση πραγματοποιήθηκε 4/9/2021)
- f. Season End Δεκ 10, 2021
- g. Kc Table FAO_KIWI_30W (με βάση Allen et al., 1998, βλέπε διάγραμμα που ακολουθεί)



Εικόνα 22 Παρουσίαση χρονικής διακύμανσης καλλιεργητικού συντελεστή Kc στο Manna

- h. Weeds / Cover Crop Low

2. IRRIGATION SYSTEM

- a. Type Micro sprinkler
- b. Efficiency 70%
- c. Irrigation Rate 0 mm/h

d. Operational Factor 100%

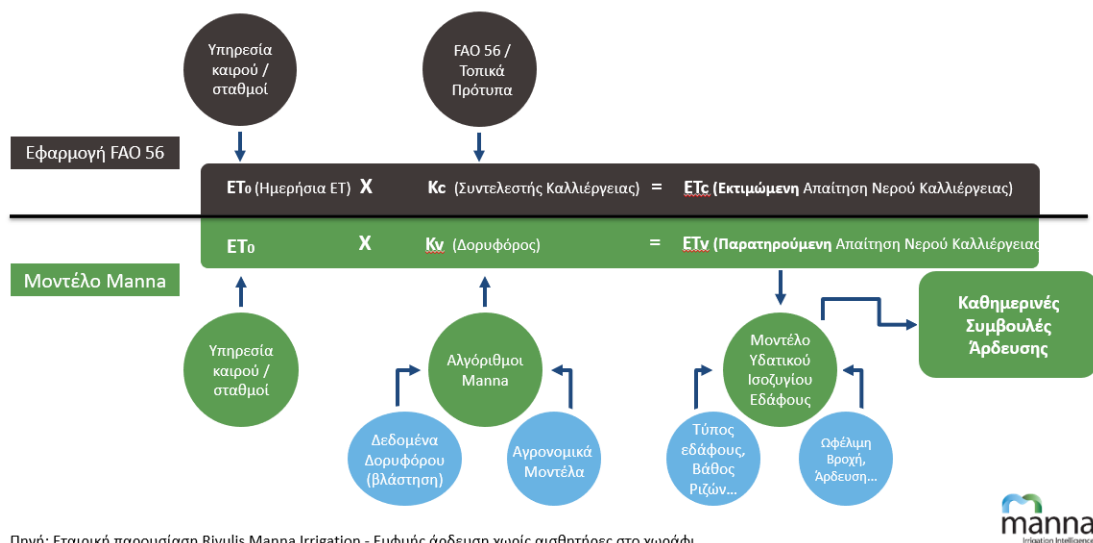
3. SOIL

a. Texture Clay Loam

b. Salinity (dS/m) Low (0-2)

c. Organic Matter (%) Low (0-3)

Με βάση τις παραμέτρους αυτές το Manna τρέχει ημερήσιο υδατικό ισοζύγιο (Water Budget) για το κτήμα, προσδιορίζοντας τις ανάγκες σε νερό και παρέχοντας συμβουλές άρδευσης. Για το σκοπό αυτό εκτός από τις τυπικά αναμενόμενες (σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, Allen et al., 1998) τιμές του K_c , εκτιμά το K_c και μέσω δορυφορικών εικόνων που αφορούν τη βλάστηση.



Πηγή: Εταιρική παρουσίαση Rivulis Manna Irrigation - Ευφυής άρδευση χωρίς αισθητήρες στο χωράφι

Εικόνα 23 Υδατικό ισοζύγιο στο πλαίσιο Manna (Τσιρογιάννης και Μαλάμος, 2021)

Παράλληλα δίνει στο χρήστη του λογισμικού να δει όλες τις διαθέσιμες δορυφορικές εικόνες που αφορούν το ορατό και τους δείκτες βλάστησης (Vegetation, δείκτης NDVI) και υδατικής κατάστασης της καλλιέργειας (Plant Wetness, δείκτης NDMI) ώστε να εντοπίζει πιθανά

προβλήματα που αφορούν την λειτουργία του αρδευτικού συστήματος και την ομοιομορφία και την αποτελεσματικότητα χρήσης νερού άρδευσης.

Το Manna αξιοποιεί δορυφορικά δεδομένα από διάφορες πηγές: European Space Agency (ESA) Sentinel 2a/2b, NASA's Landsat, AirBUS [HD] κλπ. Ανάλογα με την πηγή η ανάλυση κυμαίνεται από 10-30 m / ρικελ, αλλά για κάποιες πηγές μπορεί να είναι και <10. Με βάση αυτά, κάθε ρικελ (ESRI, 2023) αναμένεται αντιστοιχεί από 100 – 900 m² στο έδαφος.

3.2.1 Δορυφορικά δεδομένα σχετικά με Vegetation (δείκτης NDVI)

Οι εικόνες Vegetation που παρουσιάζει το Manna αποτελούν μέτρο της πυκνότητας της βλάστησης. Βασίζονται στον δείκτη NDVI – Normalized Difference Vegetation Index ($NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red)$), όπου NIR: Near Infra Red (ανάκλαση φωτός που αφορά το κοντινό υπέρυθρο) και Red: η ανάκλαση του φωτός που αφορά το κόκκινο χρώμα (EOS Data Analytics, 2023), ο οποίος σύμφωνα με τη θεωρία λαμβάνει τιμές από -1 έως 1, ενώ στο Manna παρουσιάζεται ανηγμένος στην κλίμακα 0-1. Όσο μεγαλύτερη η πυκνότητα της βλάστησης τόσο μεγαλύτερες και οι απαιτήσεις σε νερό, άρα τόσο μεγαλύτερο και το Kc. Στις εικόνες του Manna ο δείκτης παρουσιάζεται ως εξής:

- NDVI = 0.4 (πορτοκαλί) Χαμηλή Πυκνότητα (βλέπουμε πολύ χρώμα) Χαμηλή Απαίτηση Νερού
- NDVI = 0.6 Μέση Πυκνότητα Μέση Απαίτηση Νερού
- NDVI = 0.75 (πράσινο) Υψηλή Πυκνότητα Υψηλή Απαίτηση Νερού



Εικόνα 24 Τιμές NDVI ανάλογα με την κατάσταση της καλλιέργειας (EOS Data Analytics, 2023)

3.2.2 Δορυφορικά δεδομένα σχετικά με Plant Wetness (δείκτης NDMI)

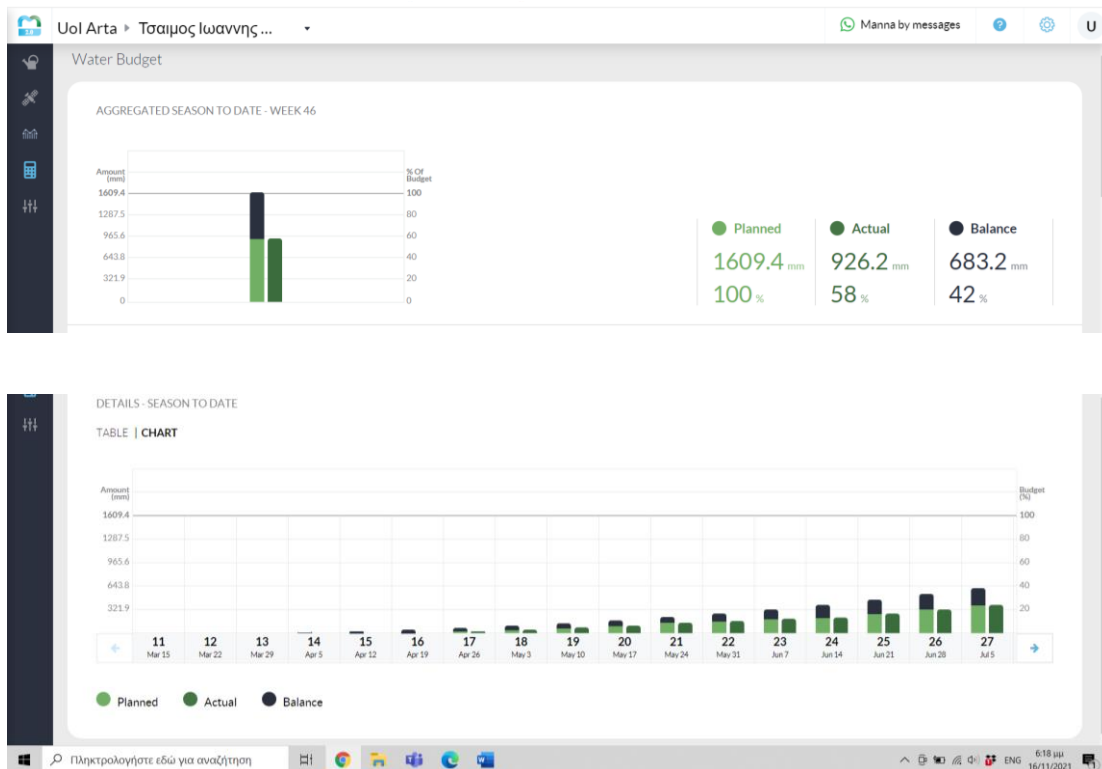
Ανάλογα με το υδατικό τους περιεχόμενο τα φυτά ανακλούν διαφορετικά την ακτινοβολία στο SWIR (short-wave infrared), άρα με χρήση ειδικών δεικτών όπως ο NDMI – Normalized Difference Moisture Index ($NDMI = (NIR - SWIR) / (NIR + SWIR)$ όπου NIR: Near Infra Red (ανάκλαση φωτός που αφορά το κοντινό υπέρυθρο) και SWIR: Short Wave Infra Red (ανάκλαση φωτός που αφορά το υπέρυθρο χαμηλού (ή θερμικού) μήκους κύματος (USGS, 2023)), μπορεί να εντοπιστεί εάν τα φυτά είναι ενυδατωμένα ή όχι. Ο δείκτης αυτός σχετίζεται μόνο με την υδατική κατάσταση του φυτού, άρα μπορεί να δείξει π.χ. προβλήματα ομοιομορφίας αρδευτικού. Ο δείκτης αυτός θα δείξει προβλήματα πολύ πριν εμφανιστούν στην βλάστηση π.χ. αν κάτι δεν πάει καλά με την άρδευση θα το δείξει γρήγορα και αν συνεχίσει θα το δούμε μετά από λίγο καιρό και στον δείκτη Vegetation.

3.2.3 Ισοζύγιο νερού – ετήσιες ανάγκες σε νερό – αρδεύσεις

Το σύνολο των αναγκών σε νερό μιας καλλιέργειας καλύπτονται από το τη βροχή (ωφέλιμη βροχόπτωση) και την άρδευση (αποτελεσματική άρδευση).

Σύμφωνα με το Manna, οι ανάγκες σε νερό άρδευσης για την καλλιέργεια ακτινιδίου στο κτήμα που μελετήθηκε για το 2021 (Planned) εκτιμήθηκαν σε 1609.4 mm (m³/στρέμμα), ενώ τη χρονιά που μελετήθηκε (2021).

Ο παραγωγός πραγματοποίησε συνολικά 98 αρδεύσεις και έδωσε μέσω αυτών 926.2 mm (m³/στρέμμα) ή 8243.18 m³ νερού ενώ άλλα 216.9 mm νερού εκτιμήθηκε από το Manna ότι δόθηκαν μέσω της βροχής. Με δύο λόγια, δεν καλύφθηκαν πλήρως οι εκτιμώμενες ανάγκες σε νερό της καλλιέργειας για το 2021.

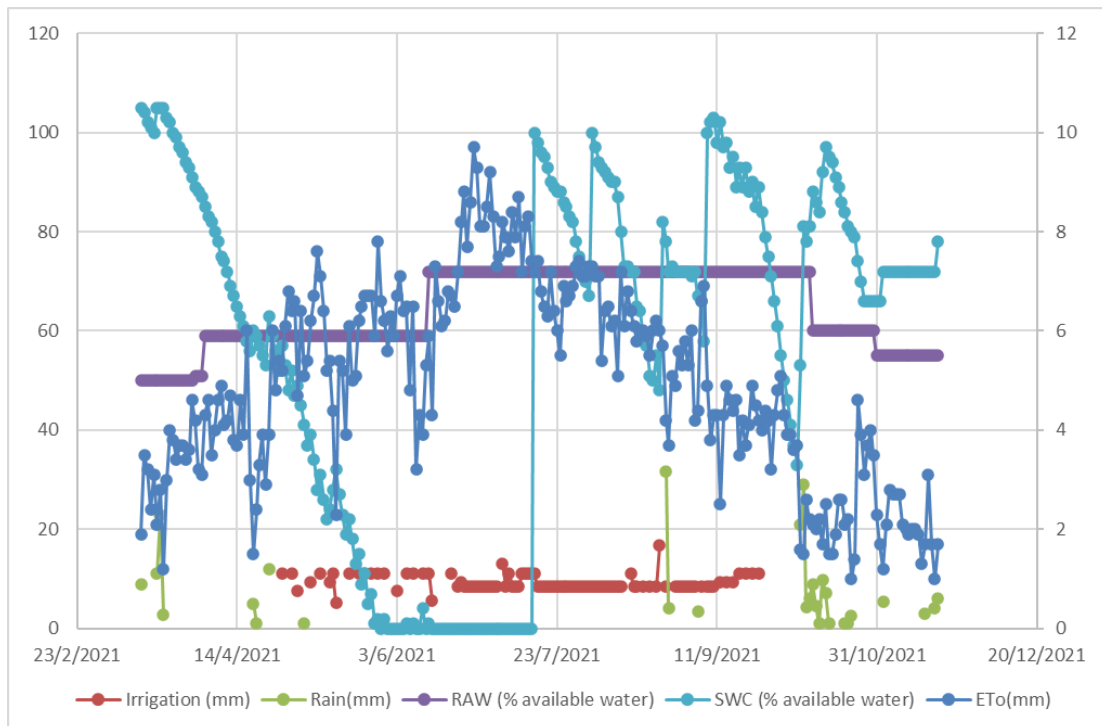


Εικόνα 25 Ισοζύγιο νερού στο Μαννα, στο τέλος της αρδευτικής περιόδου

Οι αρδεύσεις εισάγονταν σε m^3 και διαιρούνταν με την έκταση (εκτάρια/10, δηλαδή στρέμματα) ώστε να προκύψουν τα mm που φαίνονται στο ισοζύγιο νερού.

Στο διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι παράμετροι του ισοζυγίου νερού στο υπό μελέτη κτήμα κατά το 2021 σύμφωνα με το Μαννα: άρδευση (irrigation σε mm), βροχόπτωση (rain σε mm), RAW (εύκολα διαθέσιμο νερό, % της διαθέσιμης υγρασίας (available water)), περιεχόμενη υγρασία στο έδαφος (SWC, % της διαθέσιμης υγρασίας (available water)) και εξατμισοδιαπνοή αναφοράς (ETo, mm).

Σημειώνεται ότι στο Μαννα η υγρασία του εδάφους παρουσιάζεται ως ποσοστό της συνολικά διαθέσιμης υγρασίας (available water), με τιμή 0 στο σημείο μάρανσης και 100% στην υδατοικανότητα).

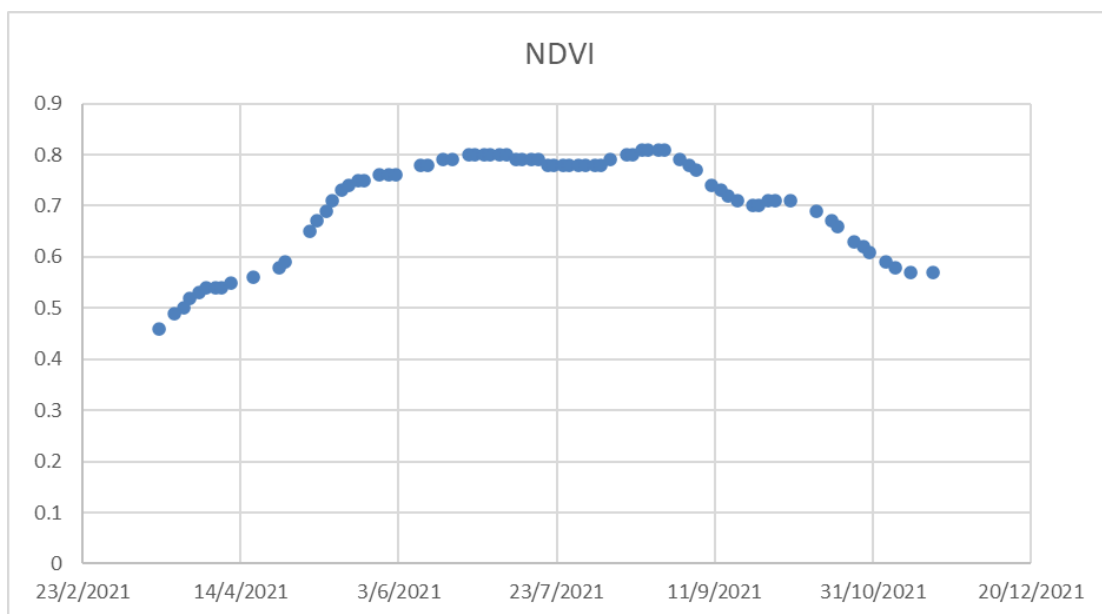


Εικόνα 26 Παράμετροι ισοζυγίου νερού στο υπό μελέτη κτήμα κατά το 2021 σύμφωνα με το Manna

3.2.4 Δορυφορικές εικόνες και δείκτες

Στο διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζεται η διακύμανση του δείκτη NDVI για το υπό μελέτη κτήμα κατά το 2021 σύμφωνα με τα στοιχεία του Manna.

Είναι προφανής η ομοιότητα που παρουσιάζει η διακύμανση του NDVI με αυτή του Kc. Οι μέγιστες τιμές NDVI που παρατηρήθηκαν ήταν στα επίπεδα του 0.8, τιμές που είναι στα ανώτερα αναμενόμενα επίπεδα σε σχέση με όσα αναφέρονται για τον NDVI καλλιέργειας ακτινιδίου στη βιβλιογραφία (Zhao et al., 2017.).

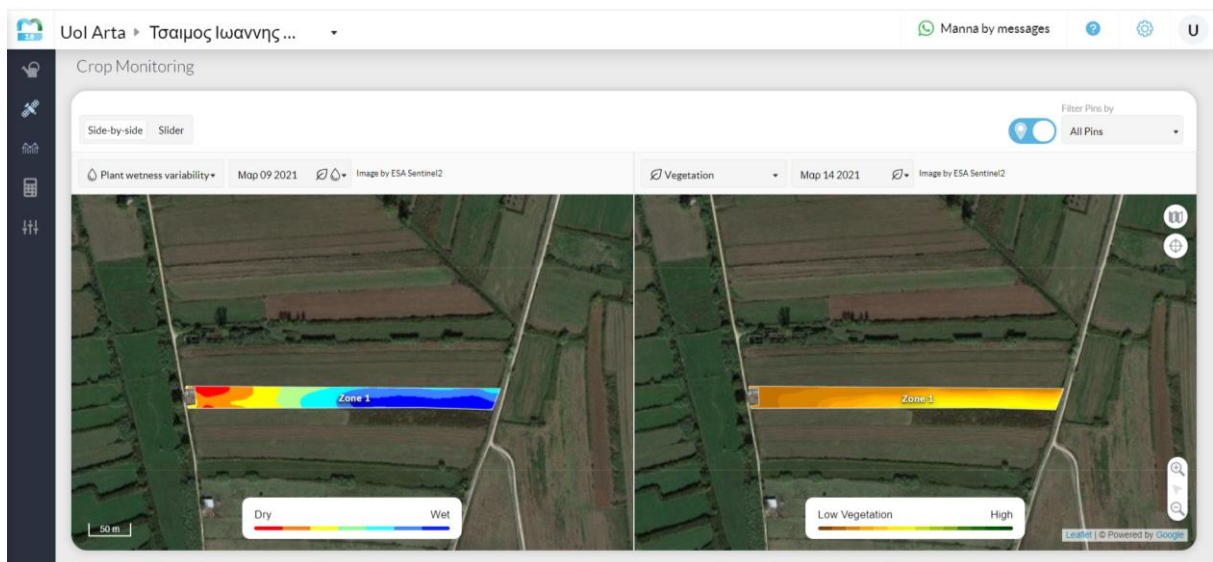


Εικόνα 27 Διακύμανση NDVI για το υπό μελέτη κτήμα κατά το 2021

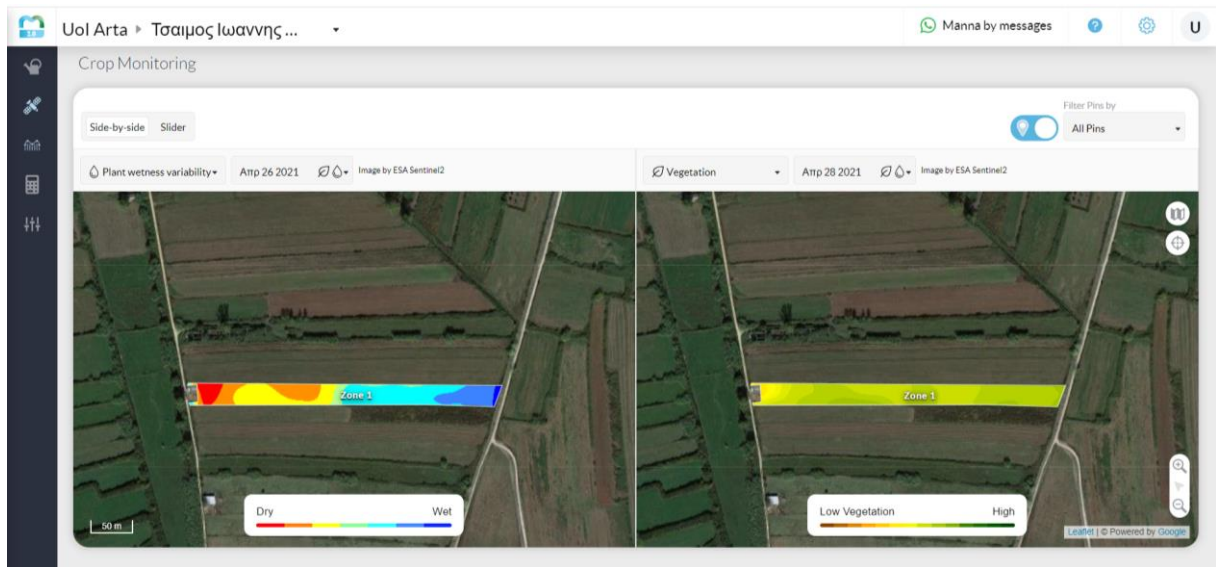
Στις εικόνες που ακολουθούν παρουσιάζονται δορυφορικά δεδομένα σχετικά με υδατική κατάσταση καλλιέργειας (δείκτης NDMI) και πυκνότητας φυλλώματος (δείκτης NDVI) σε επιλεγμένες ημερομηνίες κατά τη διάρκεια της αρδευτικής περιόδου.

Όσο αφορά τον NDVI φαίνεται η αναμενόμενη προοδευτική αύξηση όσο προχωρά η περίοδος και αυξάνει η πυκνότητα φυλλώματος. Ο NDMI παρουσιάζει σημαντικές διαφοροποιήσεις στα δύο τμήματα του κήματος οι οποίες πιθανότατα οφείλονται σε ανεπιτυχείς προσπάθειες διαχείρισης των δύο στάσεων του αρδευτικού συστήματος ώστε να παρέχουν παρόμοιες ποσότητες νερού στην καλλιέργεια.

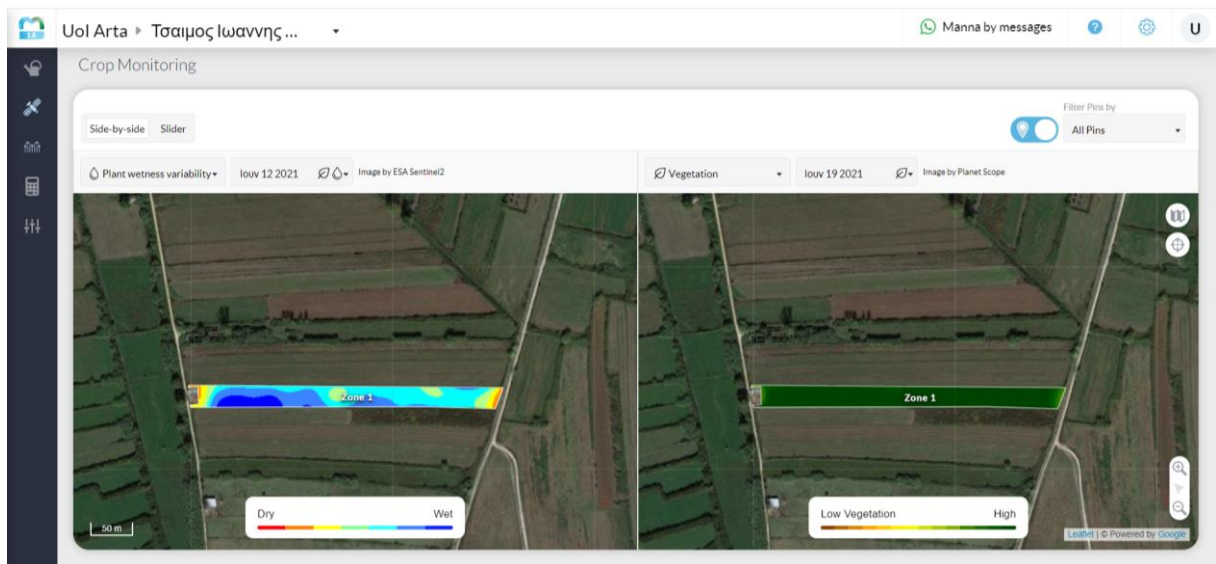
Σε κάθε περίπτωση επειδή το κήμα είναι στενό (πλάτος 24 m) είναι πολύ πιθανό, σε συνδυασμό με το χρησιμοποιούμενο μέγεθος ρixel (10-30m), οι τιμές των δεικτών να επηρεάζονται από ότι συμβαίνει στα όμορα κήματα (βόρεια και νότια)



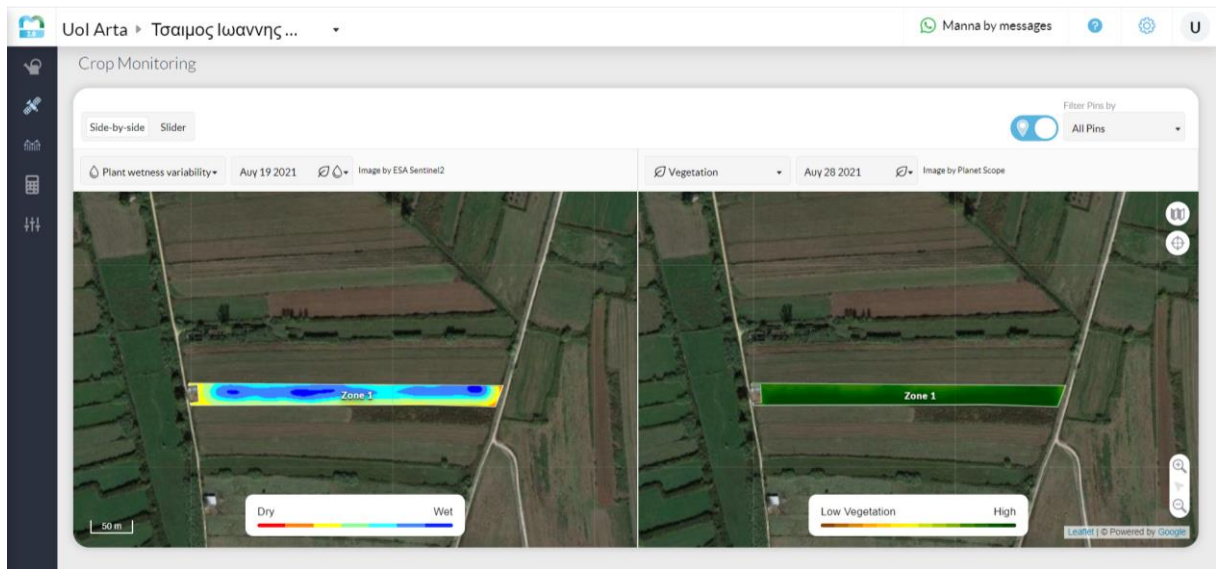
Εικόνα 28 Δορυφορικά δεδομένα σχετικά με υδατική κατάσταση καλλιέργειας (αριστερά) και πυκνότητας φυλλώματος (δεξιά) στα μέσα Μαρτίου (η καλλιέργεια δεν είχε ακόμη φύλλωμα)



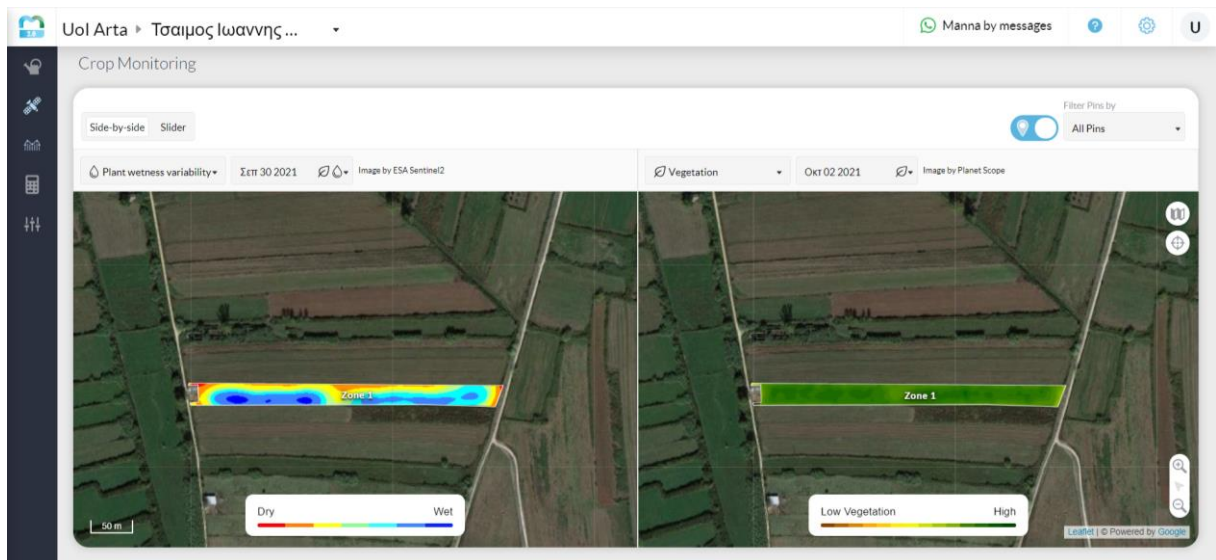
Εικόνα 29 Δορυφορικά δεδομένα σχετικά με υδατική κατάσταση καλλιέργειας (αριστερά) και πυκνότητα φυλλώματος (δεξιά) στα τέλη Απριλίου (η καλλιέργεια έχει αρχίσει να αναπτύσσει φύλλωμα)



Εικόνα 30 Δορυφορικά δεδομένα σχετικά με υδατική κατάσταση καλλιέργειας (αριστερά) και πυκνότητα φυλλώματος (δεξιά) στα μέσα προς τέλη Ιουνίου (η καλλιέργεια έχει αναπτύξει πλήρως το φύλλωμα)



Εικόνα 31 Δορυφορικά δεδομένα σχετικά με υδατική κατάσταση καλλιέργειας (αριστερά) και πυκνότητας φυλλώματος (δεξιά) στα μέσα τέλη Αυγούστου (η καλλιέργεια έχει αναπτύξει πλήρως το φύλλωμα)



Εικόνα 32 Δορυφορικά δεδομένα σχετικά με υδατική κατάσταση καλλιέργειας (αριστερά) και πυκνότητας φυλλώματος (δεξιά) στις αρχές Οκτωβρίου – λίγο πριν τη συγκομιδή (το φύλλωμα έχει αρχίσει να μειώνεται)

4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το IRRICAD αποδείχθηκε ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο για την ορθή σχεδίαση συστημάτων άρδευσης μια και επιτρέπει στο χρήστη να δοκιμάζει εύκολα πολλές εναλλακτικές και να αξιολογεί το αποτέλεσμα πριν προτείνει ένα σχέδιο προς εφαρμογή. Αυτό είναι πολύ σημαντικό λαμβάνοντας υπόψη ότι τις περισσότερες φορές τα δίκτυα σχεδιάζονται εμπειρικά από τους ίδιους τους παραγωγούς ή από μηχανικούς ή γεωτεχνικούς που δεν γνωρίζουν ικανοποιητικά το αντικείμενο.

Το Manna αποτελεί ένα πολύ ενδιαφέρον εργαλείο για την ορθολογική διαχείριση της άρδευσης και την παρακολούθηση της εξέλιξης της καλλιέργειας σε συνδυασμό με την κάλυψη των αναγκών της σε νερό. Η χρήση του μπορεί να οδηγήσει σε εντοπισμό προβλημάτων και βελτίωση της αποτελεσματικότητας και ομοιομορφίας χρήσης νερού.

Η εφαρμογή των δύο αυτών λογισμικών σε κτήμα με ακτινίδια στην Άρτα, είχε ενδιαφέρον τόσο γιατί α) εντοπίστηκαν τα σχεδιαστικά προβλήματα που είχε το σύστημα άρδευσης (το οποίο είχε σχεδιαστεί εμπειρικά και με επεμβάσεις του παραγωγού είχε γίνει προσπάθεια να βελτιωθεί η ομοιομορφία του), β) προτάθηκε βελτιωμένος σχεδιασμός (χωρισμός σε περισσότερες στάσεις, τεκμηριωμένη επιλογή σωλήνων), γ) βρέθηκε ότι οι εκτιμώμενες ανάγκες σε νερό για το έτος μελέτη ήταν πολύ μεγαλύτερες από τις τυπικά αναμενόμενες και σε κάθε περίπτωση δεν καλύφθηκαν από τον παραγωγό.

Η περαιτέρω χρήση παρόμοιων εργαλείων λογισμικού αναμένεται να έχει πολύ καλά αποτελέσματα τόσο στο σχεδιασμό όσο και τη διαχείριση συστημάτων άρδευσης.

5 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements - FAO Irrigation and drainage paper 56. Rome: FAO
- CIMIS, 2023. Διαδικτυακός τόπος <https://cimis.water.ca.gov/>, Προσπελάστηκε: 10/7/2023
- EOS Data Analytics, 2023. NDVI FAQ: All You Need To Know About Index, Διαθέσιμο στο: <https://eos.com/blog/ndvi-faq-all-you-need-to-know-about-ndvi/>, Προσπελάστηκε: 20/9/2023
- ESRI, 2023. What is a pixel. Διαθέσιμο στο: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/3.0/help/data/imagery/what-s-in-a-pixel.htm>, Προσπελάστηκε: 20/9/2023
- IRMA_SYS OPIA, 2023. Εφαρμογή εκτίμησης αναγκών σε νερό άρδευσης. Διαθέσιμη στο: <https://play.google.com/store/apps/details?id=org.goodagro.irmasysoria&hl=el&gl=US>, Προσπελάστηκε: 20/9/2023
- IRMA_SYS, 2023. Διαδικτυακός τόπος <https://irmasys.com/>, Προσπελάστηκε: 10/7/2023
- IRRICAD, 2023. Διαδικτυακός τόπος <https://www.irricad.com/>, Προσπελάστηκε: 10/7/2023
- IRRIWORKS, 2023. Διαδικτυακός τόπος <https://www.irriworks.com/>, Προσπελάστηκε: 10/7/2023
- Manna, 2023. Διαδικτυακός τόπος <https://manna-irrigation.com/>, Προσπελάστηκε: 10/7/2023

USGS, 2023. Normalized Difference Moisture Index. Διαθέσιμο στο:
<https://www.usgs.gov/landsat-missions/normalized-difference-moisture-index>,

Προσπελάστηκε: 20/9/2023

WCADI, 2023. Διαδικτυακός τόπος <https://www.rivulis.com/wcadi/>, Προσπελάστηκε:
10/7/2023

Zhao L., Zhang P., Xiaoyi X., Zhuokun P., 2017. Land Cover Information Extraction Based on Daily NDVI Time Series and Multiclassifier Combination. Mathematical Problems in Engineering. <https://doi.org/10.1155/2017/6824051>

Τσιρογιάννης Ι., 2009. Χρήση ειδικού λογισμικού για το σχεδιασμό αρδευτικών δικτύων - Εφαρμογές με το IRRICAD v9 PRO. AGROWORKS, Άρτα (ISBN 978-960-931254-7)

Τσιρογιάννης Ι.Λ., Μαλάμος Ν., 2021. Παρουσίαση λογισμικού Rivulis Manna Irrigation - Ευφυής άρδευση χωρίς αισθητήρες στο χωράφι

ΥΠΑΑΤ (Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων) – τ. Υπουργείο Γεωργίας, 1989. Προσδιορισμός κατώτατων και ανώτατων ορίων των αναγκαίων ποσοτήτων για την ορθολογική χρήση νερού στην άρδευση. (ΦΕΚ. 428B/02-06-1989).