



Interreg - IPA CBC
Greece - Albania



OLIVE_CULTURE

Project co-funded by the European Union



OLIVE_CULTURE: Contribution to the enhancement of olive sector by promoting certified good cultivation practices, applying precision agriculture technologies, creating innovative local products and supporting relevant SMEs

Subsidy Contract No: A2-2.2-5
MIS: 5031027

ΤΕΧΝΙΚΗ
ΑΝΑΦΟΡΑ

WP4

Del. 4.2.2

Προσαρμογή και εκτίμηση DSS tool για τη διαχείριση εδάφους και νερού σε αρδευόμενους και ξηρικούς ελαιώνες



OLIVE_CULTURE

Contribution to the enhancement of olive sector by promoting certified good cultivation practices, applying precision agriculture technologies, creating innovative local products and supporting relevant SMEs

Subsidy Contract No: A2-2.2-5

MIS: 5031027

Project implemented in the framework of the Interreg IPA Cross-border Cooperation Programme "Greece – Albania 2014 – 2020"

Project co-funded by the European Union and by national funds of Greece and Albania

Interreg - IPA CBC
Greece - Albania



OLIVE_CULTURE 

Project co-funded by the European Union

Partnership:



Municipality of Nikolaos Skoufas (Lead Beneficiary)
<http://www.nskoufas.gr>



Regional Council of Vlore
<http://www.qarkuvlore.gov.al>



University of Ioannina -
Research Committee
<https://www.uoi.gr>



Agricultural Technology
Transfer Center of Vlore
<http://www.qttbvlore.al>



Ionian University -
Research Committee -
Department of Informatics
<http://di.ionio.gr>



BASHKIA BERAT

Municipality of Berat
<http://bashkiaberat.gov.al/>

Del 4.2.2 Adaption and evaluation of water and soil management IT system for irrigated and rainfed olive crop

Authoring team:

Kaltsis Ioannis

Malamos Nikolaos

Tsirogiannis Ioannis

Arta, 2020

Πίνακας περιεχομένων

1. Το έργο OLIVE_CULTURE	6
Παραδοτέο 4.2.2 Προσαρμογή και αξιολόγηση του Συστήματος Διαχείρισης Άρδευσης και Εδάφους σε αρδευόμενους και ξηρικούς ελαιώνες	7
1. Συμμετοχικό Σύστημα Συμβουλής Άρδευσης	8
1.1 Συμβουλή άρδευσης στο Συμμετοχικό Σύστημα Συμβουλής Άρδευσης	9
1.2 Μέτρηση - Υπολογισμός – Εκτίμηση των παραμέτρων του ισοζυγίου	10
1.2.1 Υδατικό έλλειμμα στο ριζόστρωμα	10
1.2.2 Ύψος βροχόπτωσης.....	10
1.2.3 Ύψος άρδευσης.....	10
1.2.4 Εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας	11
1.2.5 Επιφανειακή απορροή	12
1.3 Πώς «δουλεύει» το ισοζύγιο στο ΣΣΣΑ?	12
1.4 Σύνοψη δεδομένων που εισάγουμε στο ΣΣΣΑ.....	13
2. Διαδικασία προσαρμογής ΣΣΣΑ στην Κονσερβολιά ΠΓΕ Άρτας.....	16
2.1 Γενική Προσέγγιση.....	16
2.2 Εξειδικευμένη προσέγγιση	17
2.2.1 Επαλήθευση δεδομένων	17
2.2.2 Αντικατάσταση δεδομένων στο ΣΣΣΑ έπειτα από μετρήσεις	18
2.3 Σύνοψη παραμέτρων παρακολούθησης για την προσαρμογή ΣΣΣΑ στην ελαιοκαλλιέργεια και αντίστοιχος μετρητικός εξοπλισμός	19
3. Υλικά και Μέθοδοι.....	20
3.1 Πειραματικός σχεδιασμός	20
3.2 Περιοχή μελέτης	20
3.2.1 Θέσεις πιλοτικών ελαιώνων	20
3.2.2 Κλιματικά χαρακτηριστικά πειραματικής περιοχής	22
3.2.3 Χαρακτηριστικά πιλοτικών ελαιώνων	22
3.3 Μετρητικός εξοπλισμός.....	22
3.3.1 Αισθητήρες Υγρασίας Εδάφους	22
3.3.2 Αισθητήρες μικροκλίματος	23
3.3.3 Υδρόμετρα	24
3.3.4 Μετεωρολογικοί σταθμοί.....	25
4. Αποτελέσματα	26

4.1	Επαλήθευση δεδομένων	26
-----	----------------------------	----

Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 1 Το Συμμετοχικό Σύστημα Συμβουλής Άρδευσης για την πεδιάδα της Άρτας (https://arta.irmasys.eu/)	8
Εικόνα 2 Στιγμιότυπο από το ΣΣΣΑ όπου φαίνεται η αναφορά άρδευσης. Το ΣΣΣΑ υπολογίζει την εδαφική υγρασία του αγροτεμαχίου (στηλη Εδαφική υγρασία)	17
Εικόνα 3 Περιοχή πειραματικής διάταξης και θέσεις πιλοτικών ελαιώνων.....	20
Εικόνα 4 Πιλοτικός ελαιώνας 01	21
Εικόνα 5 Πιλοτικός ελαιώνας 02	21
Εικόνα 6 Πιλοτικός ελαιώνας 03	21
Εικόνα 7 Εγκατάσταση αισθητήρων εδάφους.....	23
Εικόνα 9 Εγκατεστημένοι αισθητήρες υγρασίας εδάφους τοποθετημένοι σε πιλοτικό αγροτεμάχιο μαζί με το καταγραφικό δεδομένων. Τα καλώδια των αισθητήρων έχουν καλυφθεί με πλαστικό σωλήνα για προστασία.....	23
Εικόνα 10 Εγκατεστημένος αισθητήρας μικροκλίματος σε προστατευτικό κάλυμμα. Φαίνεται το σημείο τοποθέτησής τους σε κλαδί δέντρου σε ύψος περίπου 2 μέτρα από το έδαφος και κοντά σε αισθητήρες εδάφους (στα δεξιά της φωτό φαίνεται το άσπρο κουτί του καταγραφικού στο οποίο συνδέονται τα καλώδια των αισθητήρων, στο αριστερά άκρο της φωτό φαίνεται ο πλαστικός μπλε σωλήνας που καλύπτει το καλώδιο του αισθητήρα εδάφους).	24
Εικόνα 11 Υδρόμετρο εγκατεστημένο στη δευτερεύουσα γραμμή άρδευσης του πιλοτικού αγροτεμαχίου	25
Εικόνα 12 Δίκτυο μετεωρολογικών σταθμών της Αποκεντρωμένης Διοίκησης της Περιφέρειας Ηπείρου και Δυτικής Μακεδονίας στην Ήπειρο και στην πεδιάδα της Άρτας	25

Πίνακας πινάκων

Πίνακας 1 Συνοψη δεδομένων που αξιοποιεί το σύστημα και κατηγοριοποίηση ανάλογα την πηγή τους.....	14
Πίνακας 2 Χαρακτηριστικά πιλοτικών ελαιώνων.....	22

Πίνακας Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1 Συγκεντρωτικό διάγραμμα καταγεγραμμένης από αισθητήρες εδαφικής υγρασίας (10hs1), υγρασίας εδάφους όπως εκτιμάται από το ΣΣΣΑ (DSS soilmoist), ύψους βροχόπτωσης (rain) και ύψους άρδευσης (irrigation) καθώς και τιμές κορεσμού (θ_s), υδατοικανότητας (FC), διαθεσιμής υγρασίας (AWC) και σημείου μόνιμης μάρανσης (PWP) για το 2018.....	26
--	----

Πίνακας σχημάτων

Σχήμα 1 Σύνοψη παραμέτρων που αξιοποιεί το σύστημα για την παροχή συμβουλής άρδευσης βάση του ισοζυγίου υδατικού ελλείμματος του ριζοστρώματος.....	15
Σχήμα 2 Η πορεία της υγρασίας στο έδαφος	18

1. Το έργο OLIVE_CULTURE

Το έργο «OLIVE_CULTURE συμβάλει στην ενίσχυση του ελαιοκομικού τομέα μέσω της προώθησης πιστοποιημένων ορθών καλλιεργητικών πρακτικών, εφαρμογής τεχνολογιών γεωργίας ακριβείας, δημιουργίας καινοτόμων τοπικών προϊόντων και υποστήριξης των σχετικών ΜΜΕ», υλοποιείται στο πλαίσιο του προγράμματος Ευρωπαϊκής Εδαφικής Συνεργασίας Ελλάδα – Αλβανία 2014-2020 «Interreg IPA Cross-border Cooperation Programme “Greece-Albania 2014-2020».

Στο εταιρικό σχήμα συμμετέχουν ο Δήμος Νικολάου Σκουφά, το Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, το Ιόνιο Πανεπιστήμιο, η Περιφέρεια της Αυλώνας, το Κέντρο Μεταφοράς Τεχνολογίας Γεωργίας Αυλώνας (ΑΤΤC Vlore) και ο Δήμος Μπερατίου.

Το έργο OLIVE_CULTURE αποσκοπεί στην προώθηση του κλάδου της ελαιοκομίας με την ενίσχυση του σχετικού επιχειρηματικού περιβάλλοντος και την ανάπτυξη των ΜΜΕ μέσω:

- της βελτίωσης του επαγγελματικού επιπέδου των παραγωγών και επιχειρηματιών
- της δημιουργία πόλων παραγωγής πιστοποιημένης επιτραπέζιας ελιάς
- της αποτελεσματικής προώθησης τοπικών προϊόντων ελιάς και την (αλλαγή/μετατόπιση) των εμπορικών τους ευκαιριών και
- της παροχής παραδειγμάτων βιώσιμης ανάπτυξης άλλων τομέων γεωργικών επιχειρήσεων στην ευρύτερη περιοχή

Η περιοχή ενδιαφέροντος περιλαμβάνει την Ήπειρο, την Κέρκυρα στην Ελλάδα και την Αυλώνα και το Μπεράτι στην Αλβανία. Στο πλαίσιο του έργου προβλέπεται να υλοποιηθούν οι ακόλουθες δράσεις:

- Η δημιουργία τριών (ένα στην Ελλάδα και δύο στην Αλβανία) κέντρων υποδοχής και υποστήριξης εμπλεκόμενων στον ελαιοκομικό τομέα (Oli_HUB)
- Η υποστήριξη εφαρμογής ολοκληρωμένης διαχείρισης στο πλαίσιο ομάδων παραγωγών
- Υπηρεσίες ανάλυσης εδάφους (500+ εδαφικές αναλύσεις), προτάσεις για βελτίωση εδάφους και συστάσεις λίπανσης που θα παραδοθούν στους ενδιαφερόμενους κατά τη διάρκεια των σχετικών εκδηλώσεων διάχυσης.
- Η προσαρμογή εργαλείων υποστήριξης και λήψης αποφάσεων για την ορθολογική άρδευση, λίπανση και φυτοπροστασία της ελαιοκαλλιέργειας στην Ελλάδα αλλά και την Αλβανία.
- Ο υπολογισμός πληροφοριών που σχετίζονται με την επίδραση της καλλιέργειας στο περιβάλλον (π.χ. καθορισμός του υδατικού αποτυπώματος των τοπικών ποικιλιών επιτραπέζιας ελιάς).
- Η συμβολή στην ενδυνάμωση της ιδιαίτερης ταυτότητας του τελικού προϊόντος μέσω της μοριακής ταυτοποίησης, του προσδιορισμού της θρεπτικής του αξίας και των οργανοληπτικών του χαρακτηριστικών μέσω σχετικής έρευνας και σύστασης εξειδικευμένου

πάνελ γευσιγνωσίας ελιάς. Για την Άρτα οι δράσεις αυτές θα επικεντρωθούν στο ΠΓΕ Κονσερβολιά Άρτας.

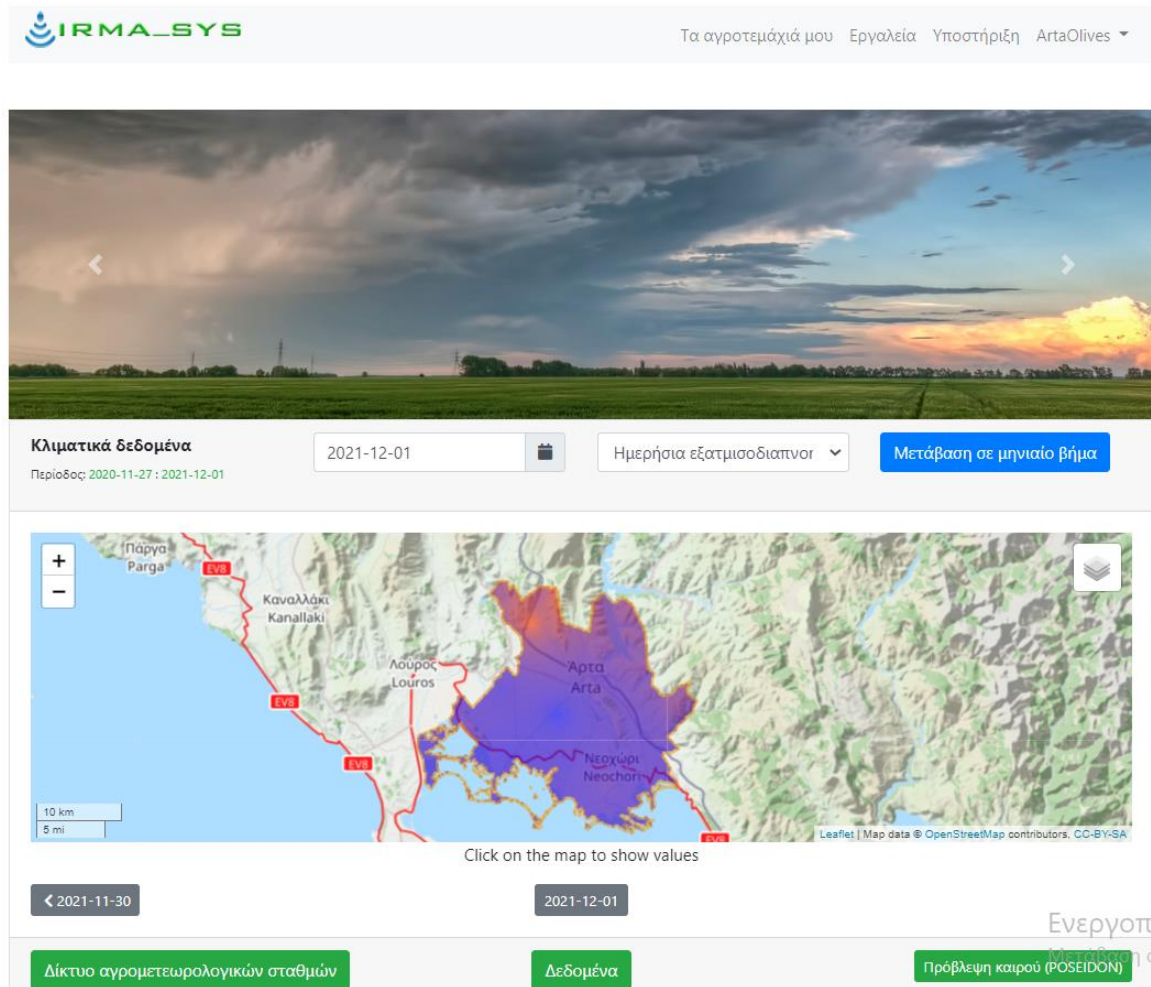
- Η συμβολή στην ανάπτυξη νέων – καινοτόμων προϊόντων διατροφής με βάση την επιτραπέζια ελιά.
- Η συμμετοχή σε σχετικές τοπικές, εθνικές και διεθνείς εκδηλώσεις.

Το έργο OLIVE_CULTURE αναμένεται να συμβάλει στην προώθηση του ελαιοκομικού τομέα μέσω της συνεργασίας των εμπλεκόμενων φορέων και της υιοθέτησης καινοτόμων πρακτικών σε όλη τη γραμμή παραγωγής.

Παραδοτέο 4.2.2 Προσαρμογή και αξιολόγηση του Συστήματος Διαχείρισης Άρδευσης και Εδάφους σε αρδευόμενους και ξηρικούς ελαιώνες

1. Συμμετοχικό Σύστημα Συμβουλής Άρδευσης

Τα συστήματα παροχής συμβουλών άρδευσης συλλέγουν πληροφορίες από δίκτυα αγρομετεωρολογικών σταθμών και εφαρμόζουν μαθηματικά μοντέλα με βάση τα οποία μπορούν να εκτιμούν τις καιρικές συνθήκες σε κάθε σημείο της περιοχής εφαρμογής. Στη συνέχεια με τη χρήση ειδικών πληροφοριών (έδαφος, καλλιέργεια, σύστημα άρδευσης, αρδευτικά γεγονότα κοκ) για κάθε αγροτεμάχιο μπορούν επί τη βάση ισοζυγίου νερού, να αναπτύξουν συμβουλές σχετικά με την ανάγκη άρδευσης. Στο όλο πλαίσιο λαμβάνεται υπόψη και η πρόγνωση του καιρού ώστε να αποφεύγονται άσκοπες αρδεύσεις (Τσιρογιάννης, 2018).



Εικόνα 1 Το Συμμετοχικό Σύστημα Συμβουλής Άρδευσης για την πεδιάδα της Άρτας (<https://arta.irmasys.eu/>)

ια την πεδιάδα της Άρτας έχει αναπτυχθεί από το Τμήμα Γεωπονίας του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων (πρώην Τμήμα Γεωπονίας ΤΕΙ Ηπείρου) το Συμμετοχικό Σύστημα Συμβουλής Άρδευσης (<https://arta.irmasys.eu/>). Το σύστημα αυτό αντλεί δεδομένα από αγρομετεωρολογικούς σταθμούς που είναι εγκατεστημένοι στην πεδιάδα της Άρτας από την Αποκεντρωμένη Διοίκηση της Περιφέρειας Ηπείρου και Δυτικής Μακεδονίας. Για την αποτελεσματική αξιοποίηση ενός τέτοιου συστήματος έχει σημασία να γίνει προσαρμογή των παραμέτρων στην εκάστοτε καλλιέργεια που ενδιαφέρει το χρήστη. Επομένως για τη χρήση του

από ελαιοκαλλιεργητές της Κονσερβολιάς ΠΓΕ Άρτας θα πρέπει το σύστημα αυτό να προσαρμοστεί στη συγκεκριμένη ποικιλία μέσω ενός κατάλληλου σετ παραμέτρων που περιλαμβάνουν το συντελεστή βελτιστοποίησης, το βάθος ριζοστρώματος, τις περιόδους ανάπτυξης και τους αντίστοιχους καλλιεργητικούς συντελεστές και το κάτω όριο του εύκολα διαθέσιμου νερού (συντελεστής εξάντλησης διαθέσιμης υγρασίας).

1.1 Συμβουλή άρδευσης στο Συμμετοχικό Σύστημα Συμβουλής Άρδευσης

Σε ένα σύστημα παροχής συμβουλής άρδευσης η συμβουλή αυτή βασίζεται αρχικά στον υπολογισμό των υδατικών αναγκών της εκάστοτε καλλιέργειας που θέλουμε να εφαρμοστεί η άρδευση ώστε να αποφεύγονται οι άσκοπες αρδεύσεις.

Στο Συμμετοχικό Σύστημα Συμβουλής Άρδευσης Άρτας οι υδατικές ανάγκες τις καλλιέργειας υπολογίζονται μέσω της προσέγγισης του υδατικού ελλείμματος στο ριζόστρωμα και περιγράφεται απλοποιημένα από την Εξίσωση 1 (Allen, et al., 1998):

Εξίσωση 1

$$D_{r,i} = D_{r,i-1} - (P_i - RO_i) - IR_{n,i} - CR_i + ET_{c,i} + D_{p,i}$$

Όπου:

i : είναι η τρέχουσα χρονική περίοδος (ημέρα, ώρα κλπ)

$D_{r,i}$: το υδατικό έλλειμμα της ζώνης ριζοστρώματος την τρέχουσα χρονική περίοδο (mm)

$D_{r,i-1}$: το υδατικό έλλειμμα της ζώνης ριζοστρώματος στο τέλος της προηγούμενης χρονικής περιόδου (mm)

P_i : η βροχόπτωση (mm)

RO_i : η επιφανειακή απορροή

$IR_{n,i}$: το καθαρό ύψος άρδευσης (mm)

CR_i : το ύψος του νερού εξαιτίας της τριχοειδούς ανύψωσης (mm)

$ET_{c,i}$: η εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας (mm)

$D_{p,i}$: οι απώλειες νερού λόγω της βαθιάς κατείδυσης (mm)

Στην περίπτωση της πεδιάδας της Άρτας επειδή ο υδροφόρος ορίζοντας είναι αρκετά ψηλά θεωρείται ότι σε ετήσια χρονική κλίμακα υπάρχει ισορροπία μεταξύ του ύψους του νερού εξαιτίας της τριχοειδούς ανύψωσης, CR_i και των απωλειών νερού λόγω της βαθιάς κατείδυσης, $D_{p,i}$ και τα θεωρούμε ίσα μεγέθη. Επομένως η Εξίσωση 1 γίνεται απλοποιημένα:

Εξίσωση 2

$$D_{r,i} = D_{r,i-1} - P_i - IR_{n,i} + ET_{c,i} + RO_i$$

**υδατικό έλλειμμα στο
ριζόστρωμα σήμερα**

=

**υδατικό έλλειμμα που
υπήρχε χθες**

-

ό,τι νερό προστέθηκε

- βροχή
- άρδευση
- τριχοειδής ανύψωση

+

ό,τι νερό χάθηκε

- εξατμισοδιαπνοή καλ/γείας
- επιφανειακή απορροή
- βαθιά κατείδυση

Και επομένως το υδατικό έλλειμμα στο ριζόστρωμα την τρέχουσα χρονική περίοδο, $D_{r,i}$ ισούται με το υδατικό έλλειμμα στο ριζόστρωμα την προηγούμενη χρονική περίοδο, $D_{r,i-1}$ μείον το εισερχόμενο νερό (βροχή, P_i και άρδευση, $IR_{n,i}$) συν τις απώλειες σε νερό (εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας, $ET_{c,i}$ και επιφανειακή απορροή, ROI)

1.2 Μέτρηση - Υπολογισμός – Εκτίμηση των παραμέτρων του ισοζυγίου

1.2.1 Υδατικό έλλειμμα στο ριζόστρωμα

Με τον όρο υδατικό έλλειμμα στο ριζόστρωμα εννοούμε το νερό που απαιτείται για να φτάσει η υγρασία στο ριζόστρωμα την υδατοικανότητα .

Για το υδατικό έλλειμμα στο ριζόστρωμα την τρέχουσα περίοδο ισχύει η Εξίσωση 3

Εξίσωση 3

$$\theta_i = F_c - D_{r,i}$$

Όπου

θ_i : η υγρασία του εδάφους την τρέχουσα χρονική περίοδο

FC : υδατοικανότητα (Field Capacity)

Για το υδατικό έλλειμμα της τρέχουσας χρονικής περιόδου ($D_{r,i}$) ισχύει η ακόλουθη συνθήκη:

Εξίσωση 4

$$-\theta_s \leq D_{r,i}/Z_r \leq TAW$$

Όπου:

θ_s : είναι η εδαφική υγρασία στον κορεσμό (mm)

Z_r : είναι το ύψος του ενεργού ριζοστρώματος

TAW : είναι το συνολικό διαθέσιμο εδαφικό νερό (mm), το οποίο προκύπτει από τη διαφορά μεταξύ υδατοικανότητας (FC) και σημείου μόνιμης μάρανσης (PWP) όπως περιγράφεται στην Εξίσωση 5

Εξίσωση 5

$$TAW = FC - PWP$$

1.2.2 Ύψος βροχόπτωσης

Το ύψος βροχόπτωσης είναι μια παράμετρος που μπορεί να μετρηθεί και δίνεται από μετεωρολογικούς σταθμούς. Το ΣΣΣΑ λαμβάνει δεδομένα από δίκτυο μετεωρολογικών σταθμών που είναι εγκατεστημένοι στην πεδιάδα της Άρτας από την Αποκεντρωμένη Διοίκηση της Περιφέρειας Ηπείρου και Δυτικής Μακεδονίας.

1.2.3 Ύψος άρδευσης

Το ύψος άρδευσης είναι η ποσότητα άρδευσης που εφαρμόζει ο παραγωγός στην τρέχουσα περίοδο και είναι ένα δεδομένο που εισάγει ο χρήστης. Το σύστημα δίνει τη δυνατότητα σε περίπτωση που το ύψος άρδευσης δεν μετράται άμεσα με τη βοήθεια εγκατεστημένου

υδρομέτρου στο αγροτεμάχιο να υπολογιστεί εισάγοντας πληροφορίες που αφορούν τη διάρκεια άρδευσης και την παροχή του αρδευτικού συστήματος.

1.2.4 Εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας

Ο υπολογισμός της εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας βασίζεται στον υπολογισμό αρχικά της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς (ET_0) με βάση την εξίσωση που προτείνουν οι (Allen, et al., 1998) και αποτυπώνεται στην Εξίσωση 6:

Εξίσωση 6

$$ET_0 = \frac{0,408 (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34u_2)}$$

Όπου:

ET_0 : εξατμισοδιαπνοή αναφοράς (mm day^{-1})

R_n : καθαρή ακτινοβολία στην επιφάνεια της καλλιέργειας ($\text{MJ m}^{-2} \text{day}^{-1}$)

T : μέση ημερήσια θερμοκρασία αέρα σε ύψος 2μ ($^{\circ}\text{C}$)

u_2 : ταχύτητα ανέμου σε ύψος 2μ (m s^{-1})

e_s : πίεση κορεσμού (kPa)

e_a : πραγματική πίεση ατμού (kPa)

$e_s - e_a$: έλλειμμα πίεσης κορεσμού (kPa)

Δ : κλίση της καμπύλης πίεσης ατμών ($\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$)

γ : ψυχομετρική σταθερά ($\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$)

Για τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας, η εξατμισοδιαπνοή αναφοράς πολλαπλασιάζεται με το συντελεστή καλλιέργειας (K_c) ο οποίος αναφέρεται στην ίδια την καλλιέργεια καθώς και με το συντελεστή υδατικής καταπόνησης (K_s) σύμφωνα με την Εξίσωση 7.

Εξίσωση 7

$$ET_C = K_s * K_c * ET_0$$

Ο συντελεστής καλλιέργειας (K_c) στο ΣΣΣΑ λαμβάνεται από τη βιβλιογραφία για μια σειρά από καλλιέργειες.

Ο συντελεστής υδατικής καταπόνησης (K_s) υπολογίζεται με βάση την Εξίσωση 8.

Εξίσωση 8

$$K_s = \frac{(TAW - D_r)}{(TAW - RAW)}$$

Όπου RAW: άμεσα διαθέσιμο νερό (Readily Available Water)

Όταν υπάρχει έλλειψη νερού τότε $K_s < 1$, ενώ στην αντίθετη περίπτωση $K_s = 1$.

1.2.5 Επιφανειακή απορροή

Η επιφανειακή απορροή ισούται με το ύψος νερού που υπερβαίνει την εδαφική υγρασία στον κορεσμό έπειτα από ισχυρή βροχόπτωση και δίνεται από την Εξίσωση 9:

Εξίσωση 9

$$RO_i = P_i + \theta_{i-1} - \theta_s$$

Όπου:

θ_{i-1} : η υγρασία του εδάφους την προηγούμενη χρονική περίοδο

θ_s : η υγρασία του εδάφους στον κορεσμό

Αυτό σημαίνει ότι πρέπει να γνωρίζουμε την περιεχόμενη υγρασία του εδάφους την τρέχουσα χρονική περίοδο καθώς και την υγρασία εδάφους στην κατάσταση κορεσμού.

Για την υγρασία εδάφους στον κορεσμό, εάν δε μπορούμε να τη μετρήσουμε επι τόπου, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τα σχετικά βιβλιογραφικά δεδομένα δεδομένου όμως ότι γνωρίζουμε τον τύπο του συγκεκριμένου εδάφους. Στο ΣΣΣΑ έχει ληφθεί υπόψη ο εδαφολογικός χάρτης της περιοχής και με βάση αυτό έχουν εισαχθεί τα αντίστοιχα βιβλιογραφικά δεδομένα. Παρ' όλ' αυτά δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να εισάγει εφόσον τα γνωρίζει (κυρίως έπειτα από εδαφολογική ανάλυση στο αγροτέμαχό του) πιο λεπτομερή δεδομένα. Για την υγρασία εδάφους το σύστημα εκτελεί υπολογισμούς βάση του ισοζυγίου και της Εξίσωσης 3.

1.3 Πώς «δουλεύει» το ισοζύγιο στο ΣΣΣΑ?

Το σύστημα θα πρέπει να ξεκινήσει τους υπολογισμούς από ένα σημείο, το σημείο $i=1$, μια αρχική εδαφική υγρασία (θ_i). Αυτή ή θα είναι συνάρτηση του 1^ο ποτίσματος της περιόδου βάση της Εξίσωσης 3 ($\theta_i = F_c - D_{r,i}$) ή σε περίπτωση που δεν εισάγεται ύψος άρδευσης θα είναι 0 καθώς υποθέτει ότι η αρχική υγρασία του εδάφους βρίσκεται στην υδατοικανότητα ($\theta_1 = F_c$ άρα από Εξίσωση 3, $D_{r,1} = 0$). Σε περίπτωση που δεν έχει γίνει πότισμα πρόσφατα τότε εισάγουμε την τιμή της υγρασίας εδάφους τη χρονική στιγμή 1. Τη χρονική στιγμή 1 η $D_{r,i-1}$ θεωρείται ίση με το πότισμα $IR_{n,i}$.

Επομένως για τη χρονική στιγμή 1 ξέρουμε την $D_{r,1}$ και άρα μπορούμε με βάση την Εξίσωση 2 που περιγράφει το υδατικό ισοζύγιο να υπολογίσουμε την $D_{r,i}$ για κάθε επόμενη στιγμή i .

Η επόμενη άρδευση θα πρέπει να πραγματοποιηθεί όταν το υδατικό έλλειμμα στο ριζόστρωμα $D_{r,i}$ είναι μεγαλύτερο από ή ίσο με το άμεσα διαθέσιμο νερό στο ριζόστρωμα (readily available water - RAW) όπως φαίνεται στην Εξίσωση 10:

Εξίσωση 10

$$D_{r,i} \geq RAW$$

Όπου το RAW είναι το γινόμενο του συνολικού διαθέσιμου νερού (total available water - TAW) επί το μέγιστο επιτρεπόμενο υδατικό έλλειμμα (maximum allowed depletion - MAD) (Εξίσωση 11).

$$RAW = MAD * TAW$$

Η τιμή TAW εξαρτάται από το έδαφος ενώ η τιμή MAD από την καλλιέργεια και το στάδιο ανάπτυξής της καθώς και από τον τύπο του εδάφους και το σύστημα άρδευσης. Το σύστημα είτε χρησιμοποιεί τα σχετικά βιβλιογραφικά δεδομένα που αφορούν το συγκεκριμένο τύπο εδάφους και τη συγκεκριμένη καλλιέργεια είτε μας δίνει τη δυνατότητα να εισάγουμε νέα που έχουν προκύψει από μετρήσεις στο πεδίο.

Για να δώσει το σύστημα συμβουλή για το ύψος της επόμενης άρδευσης, λύνει το ισοζύγιο χρησιμοποιώντας για $D_{r,i}$ τη συνθήκη της Εξίσωση 10 και χρησιμοποιώντας τις τιμές της πρόβλεψης καιρού λύνει ως προς $IR_{n,i}$.

Για να υπολογίσει το σύστημα ως προς τις υπόλοιπες παραμέτρους της Εξίσωση 2 αξιοποιεί μετεωρολογικά δεδομένα, υδρολογικά δεδομένα του εδάφους και δεδομένα που εισάγει ο χρήστης και αφορούν το αγροτεμάχιο, την καλλιέργεια και τα αρδευτικά γεγονότα.

1.4 Σύνοψη δεδομένων που εισάγουμε στο ΣΣΣΑ

Ξεκινώντας από τη βασική Εξίσωση 2 παρουσιάζουμε στο Σχήμα 1 τα δεδομένα που αξιοποιεί το σύστημα για να πραγματοποιήσει τους υπολογισμούς ώστε να παράξει συμβουλή άρδευσης καθώς και την πηγή τους. Παρατηρούμε ότι ο υπολογισμός της εξίσωσης αποτελεί συνδυασμό δεδομένων που είτε λαμβάνουμε έπειτα από άμεσες μετρήσεις είτε υπολογίζουμε έμμεσα με τη βοήθεια μετρήσεων άλλων παραμέτρων ή με τη βοήθεια της βιβλιογραφίας. Έτσι συνοψίζοντας τα δεδομένα ανάλογα την προέλευσή τους μπορούμε να τα διακρίνουμε σε τρεις κατηγορίες:

A) δεδομένα που έχουν προκύψει από μετρήσεις στο πεδίο όπως είναι:

- τα μετεωρολογικά δεδομένα που αντλεί από το δίκτυο των μετεωρολογικών σταθμών που είναι εγκατεστημένοι στην πεδιάδα της Άρτας από την Αποκεντρωμένη Διοίκηση της Περιφέρειας Ηπείρου και Δυτικής Μακεδονίας: θερμοκρασία (T), ύψος βροχόπτωσης (Pi), ακτινοβολία (Rn), ταχύτητα ανέμου στα 2 μέτρα (u_2),
- το ύψος άρδευσης με τη χρήση υδρομέτρου και ο χρόνος άρδευσης. Τα δεδομένα αυτά παρέχονται από τον ίδιο το χρήστη
- η αρδευόμενη έκταση του αγροτεμαχίου που επίσης παρέχεται από το χρήστη

B) δεδομένα που υπολογίζονται αξιοποιώντας ανάλογα την περίπτωση δεδομένα που είτε έχουν προκύψει από μετρήσεις στο πεδίο, είτε προέρχονται από τη βιβλιογραφία είτε και τα δυο, όπως είναι:

- η εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας (ETc) και οι επιμέρους παράμετροι για τον υπολογισμό της όπως η πίεση κορεσμού (e_s) και η πραγματική πίεση ατμών (e_a), η κλίση της καμπύλης πίεσης (Δ), η ψυχομετρική σταθερά (γ)
- η συνολικά διαθέσιμη υγρασία (TAW)
- η επιφανειακή απορροή (RO)
- η καθαρή άρδευση (IR_n)

Γ) δεδομένα από βιβλιογραφία όπως είναι:

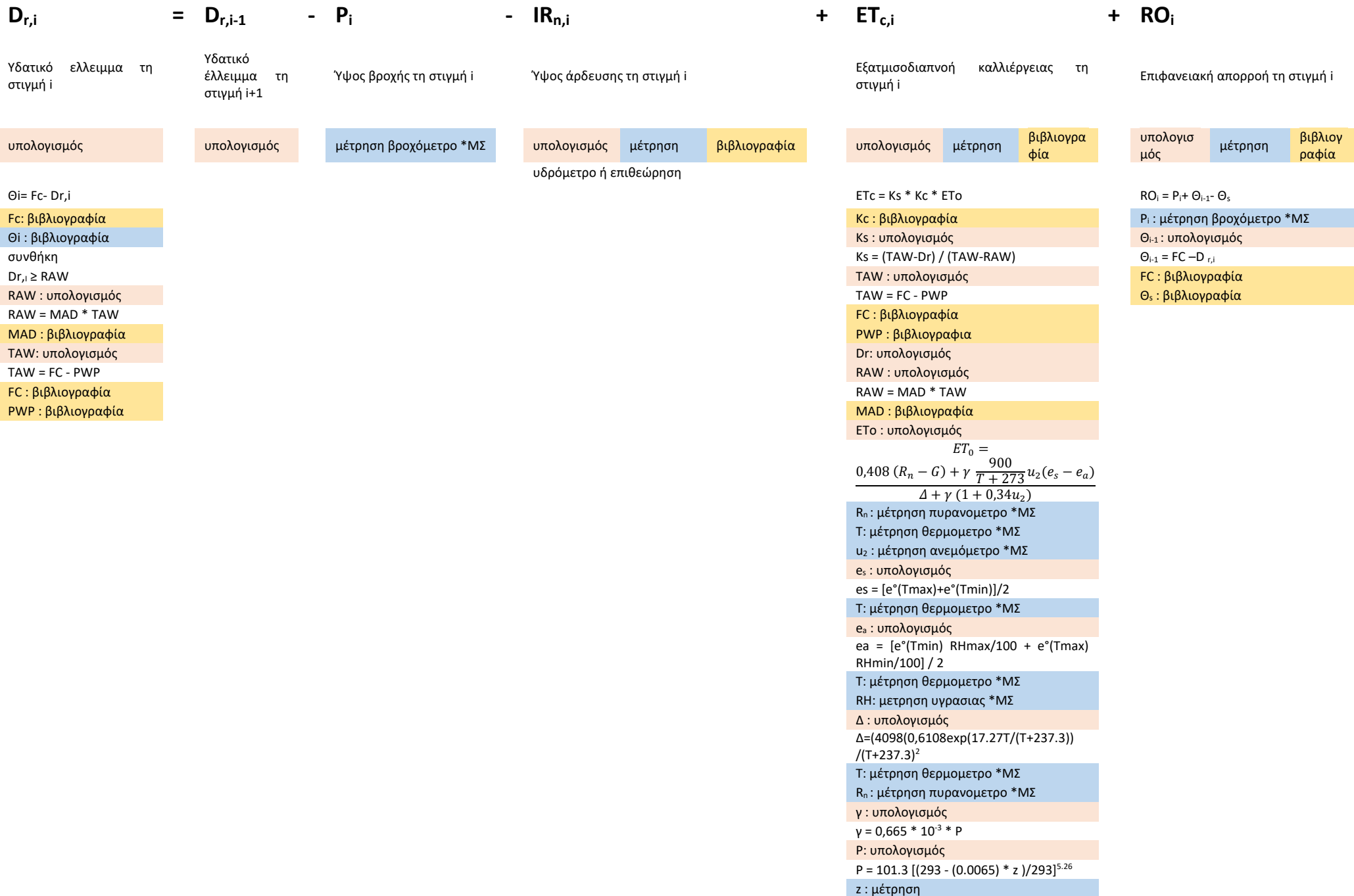
- το βάθος ενεργού ριζοστρώματος που το σύστημα αντλεί από την αναφορά 56 του FAO (Allen, et al., 1998)
- ο συντελεστής καλλιέργειας (Kc) που το σύστημα αντλεί από την αναφορά 56 του FAO (Allen, et al., 1998)
- το μέγιστο επιτρεπτό έλλειμμα (MAD) που το σύστημα αντλεί από την αναφορά 56 του FAO (Allen, et al., 1998)
- η υδατοικανότητα (FC), το μόνιμο σημείο μάρανσης (PWP) και η υγρασία εδάφους στον κορεσμό (Θs) που το σύστημα αντλεί από χάρτες μηχανικής σύστασης εδάφους (υφής) για την περιοχή του ΤΕΙ Ηπείρου και στη συνέχεια με βάση αυτούς δημιουργία χαρτών για αυτές τις τρεις παραμέτρους με βάση την εργασία των Twarakani et al. (2009)
- ο συντελεστής αποδοτικότητας άρδευσης που το σύστημα αντλεί από τη βιβλιογραφία (Phocaidis, 2007)

Το σύστημα βέβαια δίνει τη δυνατότητα να τροποποιηθούν τα δεδομένα από τη βιβλιογραφία και να εισαχθούν τα αντίστοιχα δεδομένα που έχουν μετρηθεί εφόσον αυτό είναι δυνατό.

Στον Πίνακα 1 και Σχήμα 1 συνοψίζονται όλα τα δεδομένα που αξιοποιεί το σύστημα και διακρίνονται ανάλογα την πηγή τους (μέτρηση ή βιβλιογραφία)

Πίνακας 1 Συνοψή δεδομένων που αξιοποιεί το σύστημα και κατηγοριοποίηση ανάλογα την πηγή τους

Δεδομένα	μέτρηση	βιβλιογραφία
Υδατοικανότητα (FC)		x
Σημείο μόνιμης μάρανσης (PWP)		x
Μέγιστο επιτρεπτό έλλειμμα (MAD)		x
Υγρασία εδάφους στο κορεσμό (Θs)		x
Βάθος ενεργού ριζοστρώματος		x
Υψος βροχής (Pi)	x	
Υψος άρδευσης (IRn,i)	x	
Συντελεστής αρδευτικής αποδοτικότητας		x
Συντελεστή καλλιέργειας (Kc)		x
Ακτινοβολία (Rn)	x	
Θερμοκρασία (T)	x	
Ταχύτητα ανέμου (u2)	x	
Σχετική υγρασία (RH)	x	
Υψόμετρο (z)	x	



Σχήμα 1 Σύνοψη παραμέτρων που αξιοποιεί το σύστημα για την παροχή συμβουλής άρδευσης βάση του ισοζυγίου υδατικού ελλείμματος του ριζοστρώματος

2. Διαδικασία προσαρμογής ΣΣΣΑ στην Κονσερβολιά ΠΓΕ Άρτας

2.1 Γενική Προσέγγιση

Η διαδικασία προσαρμογής του ΣΣΣΑ σε μια καλλιέργεια αφορά αφενός την επαλήθευση των δεδομένων που υπολογίζονται και αφετέρου την αντικατάσταση των βιβλιογραφικών δεδομένων που αξιοποιεί το σύστημα με δεδομένα που έχουν μετρηθεί στο πεδίο και αφορούν τη συγκεκριμένη καλλιέργεια.

Για την προσαρμογή του υπάρχοντος ΣΣΣΑ στην ελαιοκαλλιέργεια και συγκεκριμένα στην καλλιέργεια της Κονσερβολιάς ΠΓΕ Άρτας η παρούσα δράση στοχεύει:

A) να επαληθεύσει δεδομένα που υπολογίζονται και πιο συγκεκριμένα:

- η **υγρασία εδάφους (Θ_i)** που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της επιφανειακής απορροής (RO_i) αλλά και το υδατικό έλλειμμα (Dr,i)

B) να αντικαταστήσει τις τιμές υπάρχοντων δεδομένων που είτε προέρχονται από βιβλιογραφικές πηγές είτε υπολογίζονται χρησιμοποιώντας και βιβλιογραφικά δεδομένα.

Πιο αναλυτικά τα δεδομένα αυτά είναι:

- το **βάθος ενεργού ριζοστρώματος (Z_r)** ου χρησιμοποιείται για τη μετατροπή των mm νερού σε m³m⁻³
- ο **συντελεστής καλλιέργειας (K_c)** που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής καλλιέργειας (ET_c)
- ο **συντελεστής υδατικής καταπόνησης (K_s)** που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής καλλιέργειας (ET_c)
- η **υδατοικανότητα (FC)**, το **σημείο μόνιμης μάρανσης (PWP)** σε επίπεδο κτήματος που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό (υπολογισμό) του συνολικού διαθέσιμου νερού (TAW) το οποίο χρησιμοποιείται με τη σειρά του και για τον υπολογισμό του συντελεστή υδατικής καταπόνησης (K_s) κατά τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής καλλιέργειας αλλά και για τον υπολογισμό του άμεσα διαθέσιμου νερού (RAW) που η υπέρβαση της τιμής του από το υδατικό έλλειμμα (Dr,i) χρησιμοποιείται ως συνθήκη για την πραγματοποίηση επόμενης άρδευσης. Η τιμή της υδατοικανότητας επίσης χρησιμοποιείται και κατά τον υπολογισμό της επιφανειακής απορροής (RO_i). Έχοντας μετρήσει την υδατοικανότητα και το σημείο μόνιμης μάρανσης σε επίπεδο κτήματος (πιλοτικό αγροτεμάχιο) είναι δυνατή στη συνέχεια η επιβεβαίωση των αντίστοιχων τιμών που το σύστημα αντλεί από τη βιβλιογραφία και πιο συγκεκριμένα την εργασία των Twarakavi, et al. (2009).
- το **μέγιστο επιτρεπτό έλλειμμα (MAD)** που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του άμεσα διαθέσιμου νερού (RAW) που η υπέρβαση της τιμής του από το υδατικό έλλειμμα (Dr,i) χρησιμοποιείται ως συνθήκη για την πραγματοποίηση επόμενης άρδευσης.

Η διαδικασία προσαρμογής του ΣΣΣΑ σε μια καλλιέργεια αφορά αφενός την επαλήθευση των δεδομένων που υπολογίζονται και αφετέρου την αντικατάσταση των βιβλιογραφικών δεδομένων που αξιοποιεί το σύστημα με δεδομένα μεγαλύτερης ακρίβειας που έχουν προκύψει από μετρήσεις στο πεδίο και αφορούν τη συγκεκριμένη καλλιέργεια

- **η υγρασία κορεσμού του εδάφους (Θs)** σε επίπεδο κτήματος που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της επιφανειακής απορροής (ROI). Έχοντας μετρήσει την υγρασία κορεσμού του εδάφους σε επίπεδο κτήματος (πυλοτικό αγροτεμάχιο) είναι δυνατή στη συνέχεια η επιβεβαίωση των αντίστοιχων τιμών που το σύστημα αντλεί από τη βιβλιογραφία και πιο συγκεκριμένα από την εργασία των Twarakavi, et al. (2009).
- **το συντελεστή βελτιστοποίησης** που το ΣΣΣΑ εφαρμόζει στην ποσότητα άρδευσης που δίνει ως συμβουλή και συνδέεται με το ποσοστό της ανάγκης σε νερό που θέλουμε να εφαρμόσουμε
- **το συντελεστή αρδευτικής αποδοτικότητας** που εφαρμόζει το ΣΣΣΑ στο ύψος της άρδευσης που εισάγει ο χρήστης για να υπολογίσει την καθαρή ποσότητα άρδευσης IR_n.

2.2 Εξειδικευμένη προσέγγιση

Για την προσαρμογή του ΣΣΣΑ στην καλλιέργεια Κονσερβολιά ΠΓΕ Άρτας εφαρμόζονται σχετικές δράσεις σε τρία πιλοτικά αγροτεμάχια που καλλιεργούνται με τη συγκεκριμένη ποικιλία σε περιοχή εντός των ορίων της ΠΓΕ Κονσερβολιάς Άρτας. Η περιοχή που επιλέχθηκε είναι η περιοχή Γραμμενίτσας Άρτας που αποτελεί μία από της κύριες περιοχές καλλιέργειας της συγκεκριμένης ποικιλίας. Στους πιλοτικούς αγρούς θα εγκατασταθεί ο απαραίτητος μετρητικός εξοπλισμός ενώ από το δίκτυο των μετεωρολογικών σταθμών που είναι εγκατεστημένο στην περιοχή θα αντλούνται τα απαραίτητα μετεωρολογικά δεδομένα.

2.2.1 Επαλήθευση δεδομένων

2.2.1.1 Υγρασία εδάφους

Χρησιμοποιώντας μετεωρολογικά δεδομένα και την πρόβλεψη καιρού που υπολογίζεται με βάση αυτά και έχοντας εισάγει ο χρήστης δεδομένα άρδευσης, το ΣΣΣΑ υπολογίζει με βάση το ισοζύγιο της Εξίσωσης 2 και την Εξίσωση 3 την υγρασία του εδάφους του αγροτεμαχίου για κάποια χρονική στιγμή i.

Ημερομηνία	Ενεργός βροχόπτωση (mm)	Υδατικό έλλειμμα (mm)	Εδαφική υγρασία (%)	Χρειάζεται άρδευση	Δείκτης υδατικής καταπόνησης	Δόση άρδευσης (mm)
12/04/2020	1	2	34,1	Όχι	1,00	0
13/04/2020	0	-0	34,0	Όχι	1,00	0
14/04/2020	0	1	33,9	Όχι	1,00	0
15/04/2020	0	3	33,8	Όχι	1,00	0

Εικόνα 2 Στιγμιότυπο από το ΣΣΣΑ όπου φαίνεται η αναφορά άρδευσης. Το ΣΣΣΑ υπολογίζει την εδαφική υγρασία του αγροτεμαχίου (στηλη Εδαφική υγρασία)

Ο τρόπος με τον οποίο επαληθεύεται η ορθότητα του υπολογισμού είναι η παρακολούθηση με τον κατάλληλο μετρητικό εξοπλισμό της εδαφικής υγρασίας στο συγκεκριμένο αγροτεμάχιο. Σε κάθε πιλοτικό αγροτεμάχιο θα εγκατασταθούν τουλάχιστον τρεις (3) αισθητήρες υγρασίας εδάφους σε όσο το δυνατόν αντιπροσωπευτικά σημεία καθώς και εξοπλισμός καταγραφής των μετρήσεων καθώς και υδρόμετρα για τη μέτρηση του ύψους άρδευσης. Τα δεδομένα υγρασίας που θα λαμβάνονται θα συγκρίνονται με τα αντίστοιχα που υπολογίζει το σύστημα και με αυτόν τον τρόπο αξιολογείται η ορθότητα των υπολογισμών του συστήματος.

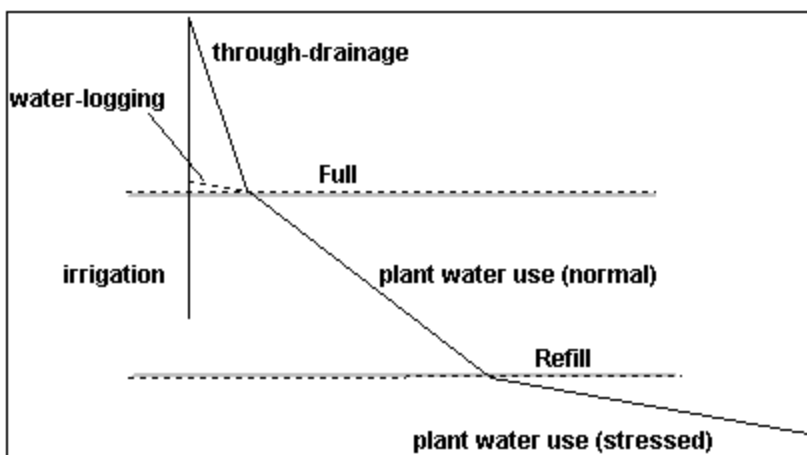
2.2.1.2 Μικροκλίμα

Καθώς το ΣΣΣΑ λαμβάνει δεδομένα από το δίκτυο των μετεωρολογικών σταθμών που είναι εγκατεστημένοι στη πεδιάδα της Άρτας, για την εκτίμηση των μετεωρολογικών δεδομένων σε ένα συγκεκριμένο σημείο γίνεται ολοκλήρωση interpolation των τιμών από τους μετεωρολογικούς σταθμούς (Tegos, et al., 2017b). Με την εγκατάσταση αισθητήρων μικροκλίματος γίνεται μια επαλήθευση της εκτίμησης του μικροκλίματος.

2.2.2 Αντικατάσταση δεδομένων στο ΣΣΣΑ έπειτα από μετρήσεις

2.2.2.1 Υδατοικανότητα, FC, σημείο μόνιμης μάρανσης, PWP και υγρασία κορεσμού, θ_s

α υδρολογικά χαρακτηριστικά ανάλογα τον τύπο του εδάφους του αγροτεμαχίου που καταχωρείται στο ΣΣΣΑ λαμβάνονται από βιβλιογραφικά δεδομένα βάση είτε του τύπου του εδάφους που προκύπτει από το χαρτογραφικό υπόβαθρο του ΣΣΣΑ είτε με βάση τον τύπο του εδάφους που καταχωρεί ο χρήστης εφόσον έχει πραγματοποιήσει σχετική εδαφολογική ανάλυση. Και στις δυο περιπτώσεις όμως τα υδρολογικά χαρακτηριστικά του εδάφους που εισάγονται στο ΣΣΣΑ προέρχονται από τη βιβλιογραφία και πιο συγκεκριμένα από την εργασία των Twarakani, et al. (2009). Η μέτρηση των χαρακτηριστικών αυτών μπορεί να γίνει μέσω της καμπύλης υγρασίας που θα προκύψει από τα δεδομένα των εγκατεστημένων στον αγρό αισθητήρων υγρασίας. Τα δεδομένα υγρασίας σχηματίζουν μια καμπύλη όπως φαίνεται στο Σχήμα 2. Σε αυτή την καμπύλη η πρώτη αλλαγή κλίσης είναι η υδατοικανότητα ενώ η δεύτερη αλλαγή κλίσης πριν οριζοντιωθεί είναι το άμεσα διαθέσιμο νερό (RAW) και το σημείο που οριζοντιώνεται η καμπύλη είναι το σημείο μόνιμης μάρανσης όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.



Σχήμα 2 Η πορεία της υγρασίας στο έδαφος

Το σημείο του κορεσμού (θ_s) είναι το ανώτερο σημείο της καμπύλης. Εάν μετά από ισχυρές βροχοπτώσεις (ή άρδευση) διαφορετικού ύψους παρατηρήσουμε ότι το μέγιστο της καμπύλης δεν ξεπερνάει μια τιμή τότε η τιμή αυτή είναι η υγρασία κορεσμού του εδάφους.

2.2.2.2 Συντελεστής καλλιέργειας, K_c

Ο συντελεστής καλλιέργειας είναι δύσκολο να μετρηθεί και συνήθως η τιμή του λαμβάνεται από εξειδικευμένη βιβλιογραφία. Το ΣΣΣΑ λαμβάνει την τιμή αυτή για την ελιά γενικά από την αναφορά 56 του FAO (Allen, et al., 1998). Πρακτικά η πιο ακριβής εκτίμηση της τιμής του συντελεστή καλλιέργειας K_c θα γίνει μέσω της ακριβέστερης εκτίμησης της εξατμισοδιαπνοής

αναφοράς ΕΤο από το ισοζύγιο της Εξίσωση 2. Πιο αναλυτικά, εφόσον μετράμε την υγρασία εδάφους με τους αντίστοιχους εγκατεστημένους στον αγρό αισθητήρες, γίνεται σύγκριση με την υγρασία που υπολογίζει το σύστημα από την Εξίσωση 3, αντικαθιστούμε στην Εξίσωση 3 τη μετρημένη υγρασία λύνουμε το ισοζύγιο (Εξίσωση 2) ως προς ΕΤc και από την Εξίσωση 7 υπολογίζουμε το συντελεστή καλλιέργειας Kc.

2.2.2.3 Μέγιστο επιτρεπτό έλλειμμα, MAD

Το μέγιστο επιτρεπτό έλλειμμα είναι μια τιμή που αφορά την καλλιέργεια και το ΣΣΣΑ τη λαμβάνει από την αναφορά 56 του FAO (Allen, et al., 1998). Το μέγιστο επιτρεπτό έλλειμμα μπορεί να εκτιμηθεί με μεγαλύτερη ακρίβεια για τη συγκεκριμένη ποικιλία από το γράφημα υγρασίας εδάφους (που προκύπτει από τα δεδομένα των τοποθετημένων στον πιλοτικό αγρό αισθητήρων εδαφικής υγρασίας). Στο γράφημα που προκύπτει (Σχήμα 2) η δεύτερη αλλαγή κλίσης της καμπύλης είναι το όριο του άμεσα διαθέσιμου νερού (RAW). Έχοντας αυτό το δεδομένο μπορούμε από την Εξίσωση 11 και καθώς έχουμε μετρήσει την υδατοικανότητα και το μόνιμο σημείο μάρανσης ώστε να υπολογίσουμε με ακρίβεια το TAW μπορούμε να λύσουμε ως προς MAD.

2.2.2.4 Συντελεστής υδατικής καταπόνησης, Ks

Εφόσον τα μεγέθη υδατοικανότητα (Fc), σημείο μόνιμης μάρανσης (PWP) και μέγιστο επιτρεπτό έλλειμμα (MAD) έχουν υπολογισθεί ή εκτιμηθεί με μεγαλύτερη ακρίβεια σύμφωνα με τα παραπάνω τότε μπορούμε να έχουμε μια ακριβέστερη τιμή για το συντελεστή υδατικής καταπόνησης (Ks) σύμφωνα με την Εξίσωση 8.

2.3 Σύνοψη παραμέτρων παρακολούθησης για την προσαρμογή ΣΣΣΑ στην ελαιοκαλλιέργεια και αντίστοιχος μετρητικός εξοπλισμός

Με βάση τα παραπάνω οι παράμετροι που θα παρακολουθηθούν (και θα μετρηθούν) στο πλαίσιο της συγκεκριμένης δράσης είναι:

- η υγρασία εδάφους με τη βοήθεια διηλεκτρικών αισθητήρων υγρασίας εδάφους
- το μικροκλίμα, με τη βοήθεια αισθητήρα μικροκλίματος
- το υψος νερού άρδευσης εγκαθιστώντας στη γραμμή άρδευσης υδρόμετρο
- τα μετεωρολογικά δεδομένα θα λαμβάνονται από το δίκτυο μετεωρολογικών σταθμών που είναι εγκατεστημένοι στην πεδιάδα της Άρτας από την Αποκεντρωμένη Διοίκηση της Περιφέρειας Ηπείρου και Δυτικής Μακεδονίας

3. Υλικά και Μέθοδοι

3.1 Πειραματικός σχεδιασμός

Ο πειραματικός σχεδιασμός για την προσαρμογή του υπάρχοντος συστήματος ΣΣΣΑ Άρτας στην καλλιέργεια της κονσερβολιάς ΠΓΕ Άρτας περιλαμβάνει:

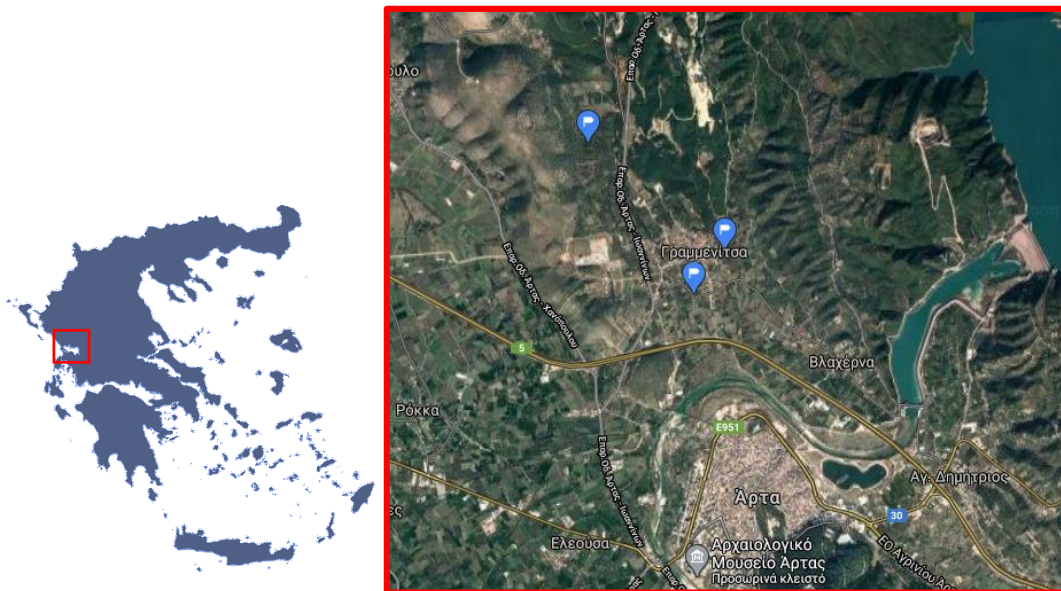
1. την εγκατάσταση μετρητικού εξοπλισμού σε τρία (3) πιλοτικά αγροτεμάχια που καλλιεργούνται με Κονσερβολιά ΠΓΕ Άρτας
2. την παρακολούθηση των παραμέτρων που αναφέρονται στην παράγραφο 4.3 του παρόντος δηλαδή:
 - ο η υγρασία εδάφους με τη βοήθεια διηλεκτρικών αισθητήρων υγρασίας εδάφους
 - ο το μικροκλίμα, με τη βοήθεια αισθητήρα μικροκλίματος
 - ο το υψος νερού άρδευσης εγκαθιστώντας στη γραμμή άρδευσης υδρόμετρο
3. τον υπολογισμό και την επιβεβαίωση των παραμέτρων όπως περιγράφεται στην παράγραφο 4.2

3.2 Περιοχή μελέτης

3.2.1 Θέσεις πιλοτικών ελαιώνων

Τα πιλοτικά αγροτεμάχια βρίσκονται στην περιοχή Γραμμενίτσα, Άρτας Εικόνα 3. Τα κριτήρια για την επιλογή των αγροτεμαχίων αφορούν:

- a) την τοποθεσία περιοχής: όλοι οι ελαιώνες βρίσκονται σε περιοχή εντός των ορίων ΠΓΕ Κονσερβολιά Άρτας
- b) την καλλιέργεια: όλοι οι ελαιώνες καλλιεργούνται με Κονσερβολιά ΠΓΕ Άρτας,
- c) την ηλικία των δέντρων: επιλέχθηκαν ελαιώνες με δέντρα ηλικίας περίπου 30 ετών και
- d) την αρδευτική πρακτική: επιλέχθηκαν αρδευόμενοι ελαιώνες. Η άρδευση στους ελαιώνες αυτούς γίνεται με μικροεκτοξευτήρες



Εικόνα 3 Περιοχή πειραματικής διάταξης και θέσεις πιλοτικών ελαιώνων



Εικόνα 4 Πιλοτικός ελαιώνας 01



Εικόνα 5 Πιλοτικός ελαιώνας 02



Εικόνα 6 Πιλοτικός ελαιώνας 03

3.2.2 Κλιματικά χαρακτηριστικά πειραματικής περιοχής

Το κλίμα της περιοχής χαρακτηρίζεται ως μια τυπικά μεσογειακό με ήπιους βροχερούς χειμώνες και ξηρά και ζεστά καλοκαίρια. Η θερμοκρασία κυμαίνεται από 4,7 °C έως 32 °C ενώ το μέσο ετήσιο ύψος βροχόπτωσης είναι 1100 mm (ΕΜΥ, 2020). Ενώ η περιοχή της Ηπείρου χαρακτηρίζεται γενικά από αφθονία βροχοπτώσεων, αυτές δεν είναι ομοιόμορφα κατανομημένες μέσα στη χρονιά και συγκεντρώνονται κυρίως στους χειμερινούς μήνες και συγκεκριμένα από τον Οκτώβρη έως το Μάη. Αυτό σημαίνει ότι κατά τη διάρκεια κρίσιμων σταδίων της ανάπτυξης του ελαιόκαρπου της Κονσερβολιάς (τελη Ιουλίου με μέσα Αυγούστου) οι υδατικές ανάγκες των δένδρων δεν καλύπτονται και επομένως η άρδευση εκείνη την περίοδο είναι αναγκαία.

3.2.3 Χαρακτηριστικά πιλοτικών ελαιώνων

Οι πιλοτικοί ελαιώνες καλλιεργούνται με Κονσερβολιά Άρτας ΠΓΕ. Η πυκνότητα φύτευσης είναι περίπου 250 δένδρα ανα εκτάριο. Τα αγροτεμάχια αρδεύονται με μικροεκτοξευτήρες. Οι καλλιεργητικές εργασίες που πραγματοποιούνται (κλάδεμα, λίπανση, φυτοπροστασία, ζιζανιοκτονία) είναι οι τυπικές της περιοχής. Ο τύπος εδάφους στα πρώτα 30 cm χαρακτηρίστηκε έπειτα από μηχανική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο του τμ. Γεωπονίας του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων ως πηλώδες. Στον Πίνακα 1 συνοψίζονται τα επιμέρους χαρακτηριστικά ανά ελαιώνα:

Πίνακας 2 Χαρακτηριστικά πιλοτικών ελαιώνων

Αγροτεμάχιο	συντεταγμένες	Έκταση αγροτεμαχίου (ha)	Πυκνότητα Φύτευσης (δένδρα ha ⁻¹)	Τύπος Εδάφους (0-30cm)	Μέθοδος Άρδευσης
Πιλοτικό 01		0.25	240	πηλώδες	μικροεκτοξευτήρας
Πιλοτικό 02		0.20	270	πηλώδες	μικροεκτοξευτήρας
Πιλοτικό 03		0.18	222	πηλώδες	μικροεκτοξευτήρας

3.3 Μετρητικός εξοπλισμός

Όπως αναλυτικά αναφέρεται στην παράγραφο 4.2 για την προσαρμογή του ΣΣΣΑ Άρτας στην καλλιέργεια της Κονσερβολιάς ΠΓΕ Άρτας θα γίνει παρακολούθηση:

- της υγρασία εδάφους, με τη βοήθεια διηλεκτρικών αισθητήρων υγρασίας εδάφους
- του μικροκλίματος, με τη βοήθεια αισθητήρα μικροκλίματος
- του ύψους νερού άρδευσης εγκαθιστώντας στη γραμμή άρδευσης υδρόμετρο
- των μετεωρολογικών δεδομένων, που θα λαμβάνονται από το δίκτυο μετεωρολογικών σταθμών που είναι εγκατεστημένοι στην πεδιάδα της Άρτας από την Αποκεντρωμένη Διοίκηση της Περιφέρειας Ηπείρου και Δυτικής Μακεδονίας.

3.3.1 Αισθητήρες Υγρασίας Εδάφους

Για την παρακολούθηση της υγρασίας εδάφους εγκαταστάθηκαν σε κάθε πιλοτικό αγροτεμάχιο τρεις (3) διηλεκτρικοί αισθητήρες εδαφικής υγρασίας (10HS, Meter). Οι αισθητήρες εγκαταστάθηκαν σε βάθος από 30 έως 60 εκατοστά και σε απόσταση 1,5 μέτρα από τον κορμό του ελαιόδεντρου.



Εικόνα 7 Εγκατάσταση αισθητήρων εδάφους



Εικόνα 8 Εγκατεστημένοι αισθητήρες υγρασίας εδάφους τοποθετημένοι σε πιλοτικό αγροτεμάχιο μαζί με το καταγραφικό δεδομένων. Τα καλώδια των αισθητήρων έχουν καλυφθεί με πλαστικό σωλήνα για προστασία.

3.3.2 Αισθητήρες μικροκλίματος

Σε κάθε πιλοτικό αγροτεμάχιο εγκαταστάθηκε αισθητήρας μικροκλίματος (Atmos-14, Meter Group Inc) που ανιχνεύει και καταγράφει σχετική υγρασία και θερμοκρασία αέρα. Οι αισθητήρες τοποθετήθηκαν σε ύψος σχεδόν 2 μέτρα από την επιφάνεια του εδάφους πάνω σε κλαδιά δέντρων κοντά στα οποία εγκαταστάθηκαν αισθητήρες εδάφους (**Σφάλμα! Το αρχείο προέλευσης της αναφοράς δεν βρέθηκε.**). Τοποθετήθηκε κάλυμμα για την προστασία τους.



Εικόνα 9 Εγκατεστημένος αισθητήρας μικροκλίματος σε προστατευτικό κάλυμμα. Φαίνεται το σημείο τοποθέτησης τους σε κλαδί δέντρου σε ύψος περίπου 2 μέτρα από το έδαφος και κοντά σε αισθητήρες εδάφους (στα δεξιά της φωτό φαίνεται το άσπρο κουτί του καταγραφικού στο οποίο συνδέονται τα καλώδια των αισθητήρων, στο αριστερά άκρο της φωτό φαίνεται ο πλαστικός μπλε σωλήνας που καλύπτει το καλώδιο του αισθητήρα εδάφους).

3.3.3 Υδρόμετρα

Για τη μέτρηση του ύψους άρδευσης εγκαταστάθηκαν σε κάθε πιλοτικό αγροτεμάχιο ένα (1) υδρόμετρο 1' (DS-TRP, Madalena S.P.A., Italy) σε μια δευτερεύουσα γραμμή άρδευσης. Ο συνολικός όγκος του διερχόμενου νερού για κάθε αγροτεμάχιο προκύπτει από τον πολλαπλασιασμό της ένδειξης του υδρομετρου επί των συνολικών γραμμών άρδευσης σε κάθε αγροτεμάχιο σύμφωνα με την Εξίσωση 12:

Εξίσωση 12

$$IR_{gross} = EY * n$$

Όπου:

IR_{gross} : η συνολική ποσότητα νερού άρδευσης που εφαρμόζεται στο αγροτεμάχιο

EY : η ένδειξη του υδρομέτρου

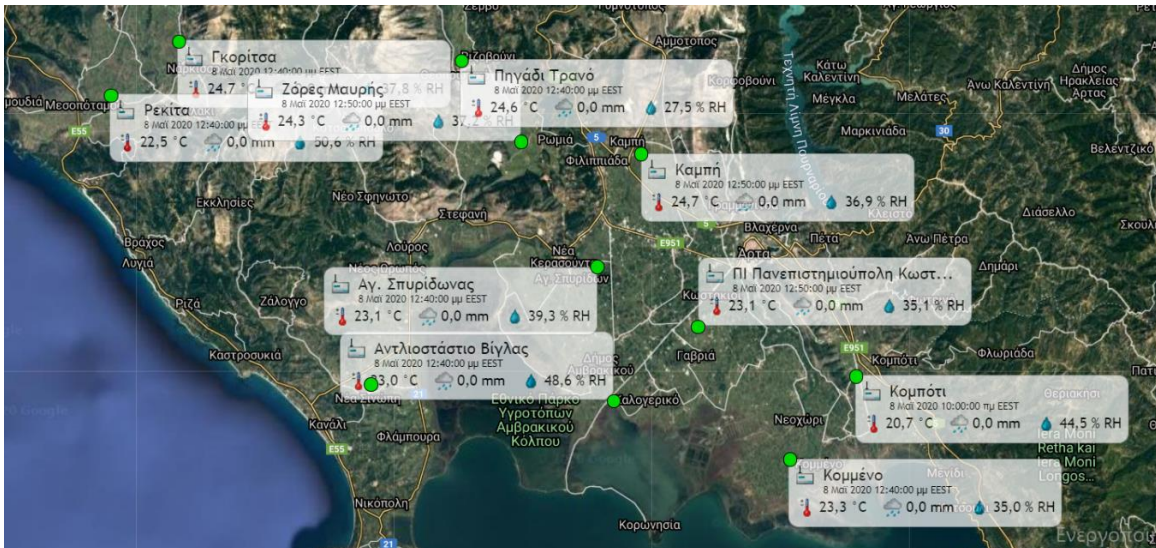
n : ο αριθμός των δευτερευουσών γραμμών άρδευσης στο αγροτεμάχιο Για παράδειγμα στο πιλοτικό ελαιώνα 01 οι δευτερεύουσες γραμμές άρδευσης (n) είναι 7 επομένως ο συνολικός όγκος νερού που εφαρμόστηκε στο αγροτεμάχιο αυτό ισούται με την ένδειξη του υδρομέτρου επί 7.



Εικόνα 10 Υδρόμετρο εγκατεστημένο στη δευτερεύουσα γραμμή άρδευσης του πιλοτικού αγροτεμαχίου

3.3.4 Μετεωρολογικοί σταθμοί

Στην πεδιάδα της Άρτας αλλά και σε περιοχές της Ηπείρου έχει εγκατασταθεί από την Αποκεντρωμένη Διοίκηση της Περιφέρειας Ηπείρου και Δυτικής Μακεδονίας δίκτυο Μετεωρολογικών Σταθμών (Εικόνα 10). Το ΣΣΣΑ αξιοποιεί τα μετεωρολογικά δεδομένα από το δίκτυο των σταθμών αυτών και έπειτα από εφαρμογή της μεθόδου IDW (Inverse Distance Weighting) δίνεται η δυνατότητα εκτίμησης των μετεωρολογικών παραμέτρων σε επίπεδο συγκεκριμένου αγροτεμαχίου (Tegos, et al., 2017b).

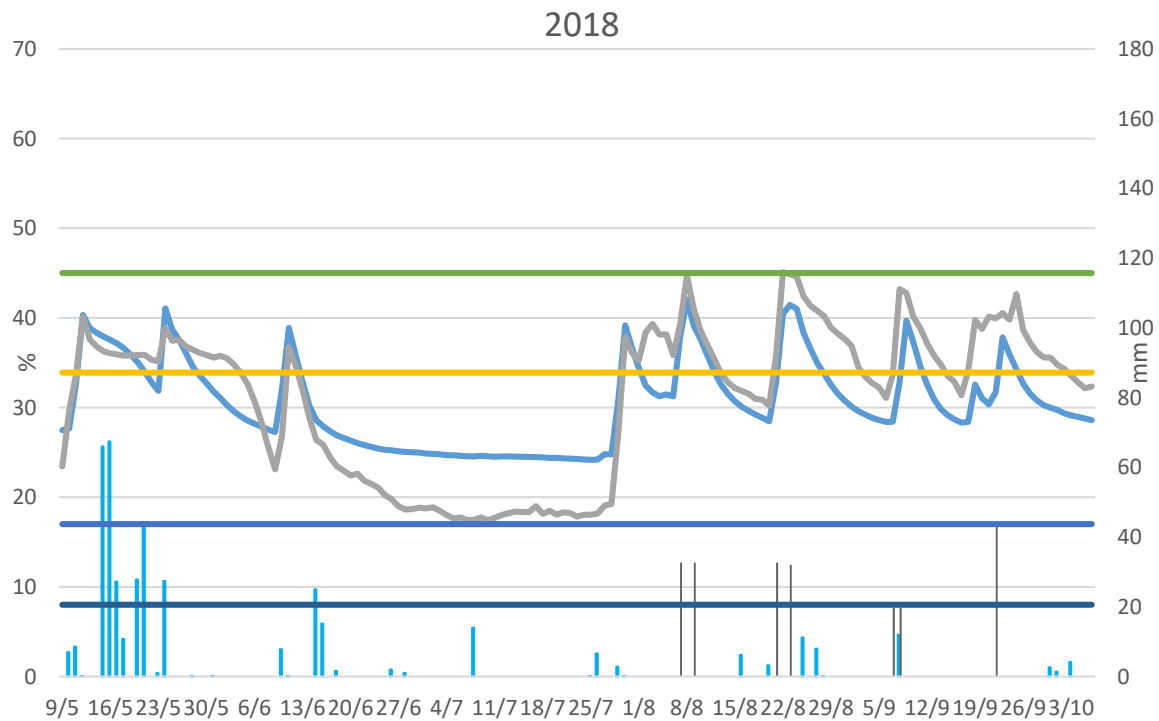


Εικόνα 11 Δίκτυο μετεωρολογικών σταθμών της Αποκεντρωμένης Διοίκησης της Περιφέρειας Ηπείρου και Δυτικής Μακεδονίας στην Ηπειρο και στην πεδιάδα της Άρτας

4. Αποτελέσματα

4.1 Επαλήθευση δεδομένων

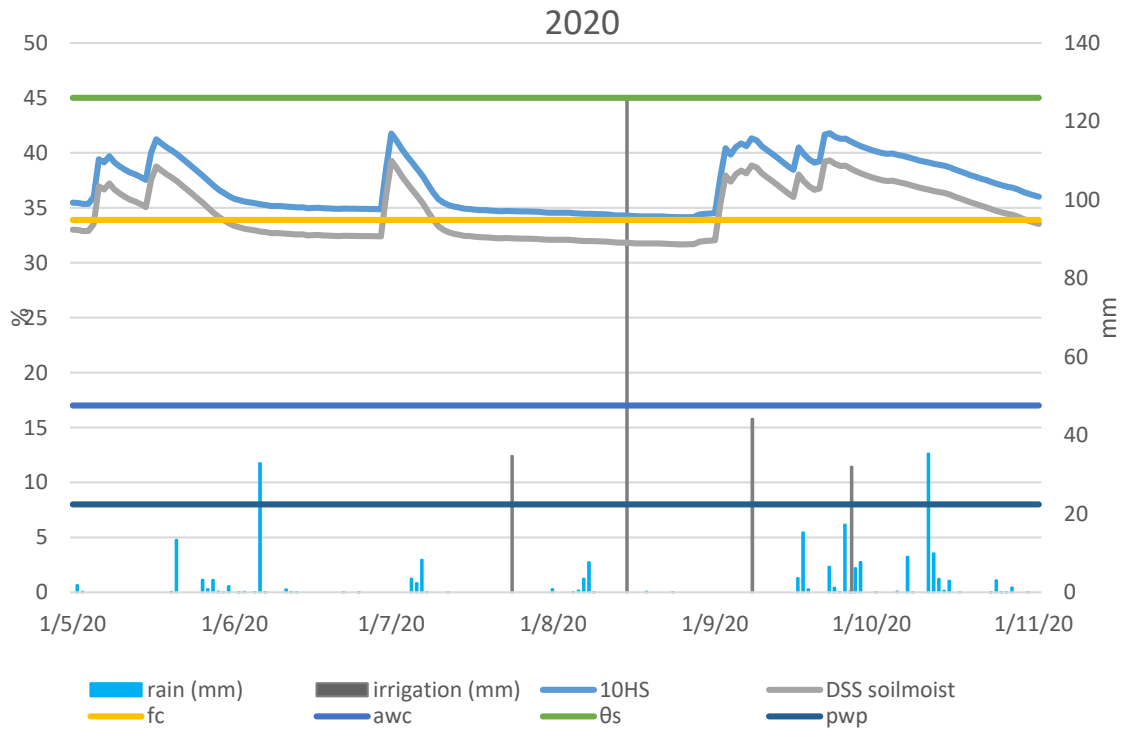
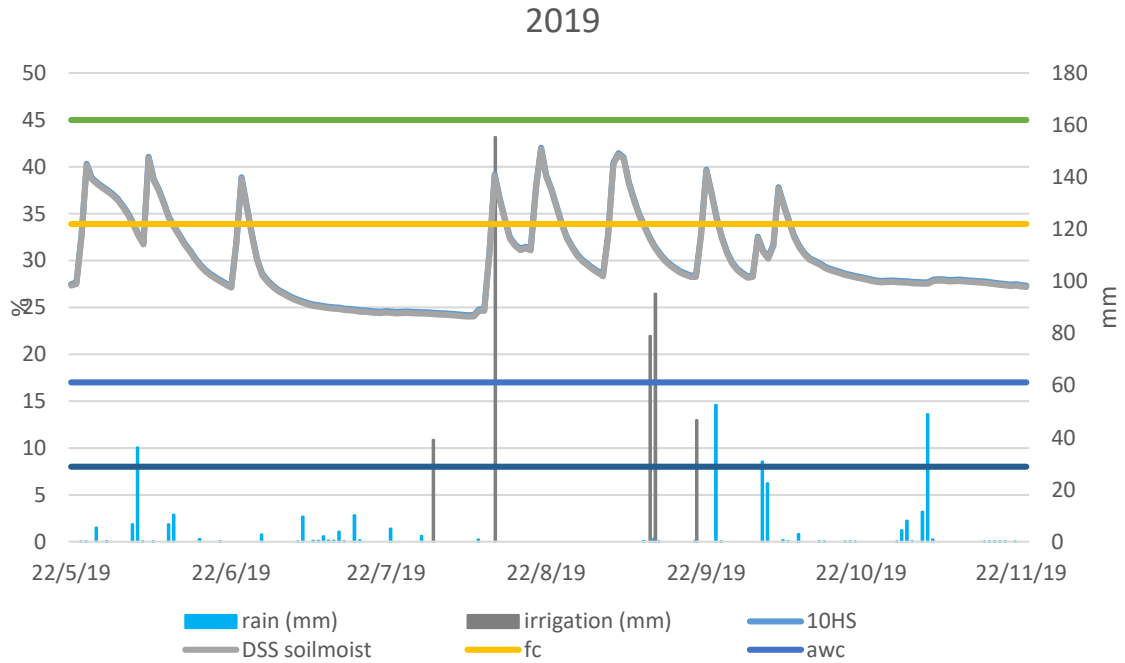
Στο Διάγραμμα 1 που ακολουθεί φαίνεται η υγρασία όπως είναι καταγεγραμμένη από τους εγκατεστημένους αισθητήρες υγρασίας εδάφους και όπως εκτιμάται από το ΣΣΣΑ .



Διάγραμμα 1 Συγκεντρωτικό διάγραμμα καταγεγραμμένης από αισθητήρες εδαφικής υγρασίας (10hs1), υγρασίας εδάφους όπως εκτιμάται από το ΣΣΣΑ (DSS soilmoist), υψους βροχόπτωσης (rain) και ύψους άρδευσης (irrigation) καθώς και τιμές κορεσμού (Θ_s), υδατοικανότητας (FC), διαθεσίμης υγρασίας (AWC) και σημείου μόνιμης μάρανσης (PWP) για το 2018

Παρατηρούμε ότι στην αρχή της περιόδου ελέγχου οι υγρασία που δίνει το ΣΣΣΑ δε ταυτίζεται με αυτή των αισθητήρων υγρασίας εδάφους. Αυτό οφειλόταν στην παραμετροποίηση του ελαιώνα στο ΣΣΣΑ. Το βάθος ριζοστρώματος καθώς και ο συντελεστής καλλιέργειας διορθώθηκαν με βάση τα δεδομένα των αισθητήρων και στην πορεία παρακολουθούμε μια προσαρμογή στους υπολογισμούς του ΣΣΣΑ.

Τα επόμενα έτη με εφαρμογή των διορθωμένων παραμέτρων οι ενδείξεις του ΣΣΣΑ ακολουθούν τις πραγματικές ενδείξεις των αισθητήρων εδαφικής υγρασίας που είναι εγκατεστημένοι στο ελαιώνα.



Διάγραμμα 2 Συγκεντρωτικό διάγραμμα καταγεγραμμένης από αισθητήρες εδαφικής υγρασίας (10hs1), υγρασίας εδάφους όπως εκτιμάται από το ΣΣΣΑ (DSS soilmoist), υψους βροχόπτωσης (rain) και ύψους άρδευσης (irrigation) καθώς και τιμές κορεσμού (θs), υδατοικανότητας (FC), διαθεσιμής υγρασίας (AWC) και σημείου μόνιμης μάρανσης (PWP) για τα έτη 2019 και 2020