



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ



ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ

**ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΗΠΕΙΡΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ
Ε.Π. ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΣ ΗΠΕΙΡΟΥ**

**ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
“Ηπειρος” 2014-2020**

ΚΩΔΙΚΟΣ ΠΡΑΞΗΣ (ΕΡΓΟΥ): ΗΠ1ΑΒ-00169

**ΕΠΩΝΥΜΙΑ ΦΟΡΕΑ: Όμιλος Κολιού ΑΒΕΕ.
Εξαγωγές αγροτικών προϊόντων
Ακτινίδια - Πορτοκάλια - Μανταρίνια - Φράουλες**

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑ ΦΟΡΕΑ: Όμιλος Κολιού ΑΒΕΕ

Τίτλος Πρότασης

**Σύγχρονο σύστημα αξιολόγησης της ποιότητας των ακτινιδίων,
ιχνηλασιμότητα των παραγόμενων προϊόντων ακτινιδίου και ευφυής
διαχείριση της αλυσίδας εφοδιασμού με βάση προηγμένες
εφαρμογές Πληροφορικής ICT - FoodAware**

ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2021

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ 3

ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ: ΠΕ3.1

Έκθεση καθορισμού καλλιεργητικών τεχνικών και συλλογής δεδομένων ποιοτικών χαρακτηριστικών καρπών και εδαφικών αποτελεσμάτων.

Περίληψη

Στην παρούσα αναφορά γίνεται μια αναλυτική παρουσίαση του περιβαλλοντικού δείκτη Υδατικό Αποτύπωμα όπως έχει αναπτυχθεί από το Δίκτυο Υδατικού Αποτυπώματος (Water Footprint Network) και της μεθοδολογίας υπολογισμού του σε καλλιέργειες. Εισαγωγικά παρουσιάζεται ο δείκτης Υδατικό Αποτύπωμα, τα σημεία καινοτομίας και διαφοροποίησης από τους υπάρχοντες έως τώρα σχετικούς δείκτες χρήσης νερού και τα πλεονεκτήματα εφαρμογής του. Στη συνέχεια αναλύονται τα βήματα υπολογισμού και ανάλυσης βιωσιμότητας ενώ προτείνονται και ενδεικτικά μέτρα για τη μείωσή του. Παρατίθεται αναλυτικό παράδειγμα υπολογισμού με διεξοδική περιγραφή των βημάτων υπολογισμού. Τέλος περιγράφονται τα δεδομένα που απαιτούνται για τον υπολογισμό του Υδατικού Αποτυπώματος και η μεθοδολογία συλλογής τους.

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	3
1 Υδατικό Αποτύπωμα – Τι είναι?	6
2 Υπολογισμός Υδατικού Αποτυπώματος Καλλιέργειας.....	10
2.1 Υπολογισμός Πράσινου Υδατικού Αποτυπώματος	10
2.2 Υπολογισμός Μπλε Υδατικού Αποτυπώματος.....	11
2.2.1 Μια μικρή αλλά σημαντική παρατήρηση για τον υπολογισμό των Πράσινων και Μπλε ΥΑ	11
2.3 Υπολογισμός Γκρίζου Υδατικού Αποτυπώματος.....	12
3 Διαφορές του Υδατικού Αποτυπώματος από τους κλασσικούς δείκτες νερού	14
3.1 Όχι μόνο το νερό άρδευσης... ..	14
3.2 Όχι μόνο το νερό που πέφτει... ..	14
3.3 Όχι μόνο το νερό που καταναλώνεται... ..	14
3.4 Όχι μόνο το νερό που φαίνεται.....	14
4 Σημασία και ανάλυση του Υδατικού Αποτυπώματος	16
4.1 Βήμα 1 ^ο : Καθορισμός του σκοπού και των στόχων υπολογισμού του ΥΑ	16
4.2 Βήμα 2 ^ο Υπολογισμός Υδατικού Αποτυπώματος	17
4.3 Βήμα 3 ^ο Ανάλυση βιωσιμότητας.....	17
4.4 Βήμα 4 ^ο Αντιμετώπιση – δράσεις.....	18
5 Η χρήση του ΥΑ ως εργαλείο ορθολογικής διαχείρισης υδάτων	20
5.1 Νερό – Κατάσταση υδατικών πόρων στην Ελλάδα– Ανάγκη για ορθολογική διαχείριση.....	20
5.2 Αξιοποίηση του ΥΑ ως εργαλείο ορθολογικής άρδευσης.....	21
5.3 Υδατικό αποτύπωμα και ορθολογική άρδευση	22
5.4 Συστήματα παροχής συμβουλών σχετικά με τη διαχείριση της άρδευσης	24
6 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΟΣ ΣΕ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ	26
6.1 Υπολογισμός Πράσινου και Μπλε Υδατικού Αποτυπώματος.....	26
6.2 Υπολογισμός Γκρίζου αποτυπώματος.....	38
6.3 Υπολογισμός συνολικού Υδατικού Αποτυπώματος.....	39
7 Απαιτήσεις σε δεδομένα για τον υπολογισμό Υδατικού Αποτυπώματος	41
7.1 Άντληση δεδομένων.....	41
8 Bibliography	43

Πίνακας εικόνων

Εικόνα 1 Υδατικό Αποτύπωμα διάφορων προϊόντων.....	7
Εικόνα 2 Το ισοζύγιο «εικονικού» νερού ανά χώρα και ανά κατεύθυνση διακίνησης/ροής μέσω του εμπορίου των αγροτικών και βιομηχανικών προϊόντων το διάστημα 1995-2005 (το πάχος του βέλους απεικονίζει και το μέγεθος της διακίνησης/ροής) (Mekonnen & Hoekstra, 2011)	8
Εικόνα 3 Τα τρία συστατικά που συνθέτουν το συνολικό Υδατικό Αποτύπωμα (Πράσινο Υδατικό Αποτύπωμα, Μπλε Υδατικό Αποτύπωμα, Γκρίζο Υδατικό Αποτύπωμα).	9
Εικόνα 4 Γραφική απεικόνιση του υπολογισμού του συνολικού Υδατικού Αποτυπώματος .	10
Εικόνα 5 Διαφορά Υδατικού Αποτυπώματος με τους παραδοσιακούς δείκτες χρήσης νερού	15
Εικόνα 6 Τα 4 βήματα στην ανάλυση του Υδατικού Αποτυπώματος	16
Εικόνα 7 Αρδευόμενη και αρδεύσιμη επιφάνεια ως ποσοστό της συνολικής για διάφορες χώρες της Ευρώπης το 2013 (Πηγή: Eurostat)	20
Εικόνα 8 Το «Συμμετοχικό Σύστημα Συμβουλής Άρδευσης για την πεδιάδα της Άρτας» (https://arta.irmasys.eu/)	24
Εικόνα 9 Κατανομή των επιμέρους συστατικών του Υδατικού Αποτυπώματος	40

Πίνακας πινάκων

Πίνακας 1 Κατευθύνσεις μείωσης Υδατικού Αποτυπώματος ανά παραγωγικό τομέα και ανά συστατικό ΥΑ.....	18
Πίνακας 2 Δεδομένα για τον Υπολογισμό Υδατικού Αποτυπώματος (ET _o , K _c , ET _c , Rain, Peff, ET _{green} , ET _{blue}).....	28
Πίνακας 3 Τα αθροίσματα που αξιοποιούμε από τον Πίνακα 2: Άθροισμα των ημερησίων εξατμισοδιαπνοών (καλλιέργειας, πράσινης και μπλε)	37
Πίνακας 4 Εφαρμοζόμενη λίπανση στην καλλιέργεια.....	39
Πίνακας 5 Υπολογισμός της εφαρμοζόμενης ποσότητας N στην καλλιέργεια μέσω λίπανσης	39

1. Υδατικό Αποτύπωμα – Τι είναι?



Μια μπλούζα περιέχει 2700 λίτρα νερού. Όσο και αν μας εκπλήσσει αρχικά αυτή η διατύπωση δεν εμπεριέχει κανένα στοιχείο υπερβολής.

Κάθε προϊόν «κρύβει» μια ποσότητα νερού που αναφέρεται όχι μόνο στην ποσότητα νερού που φαίνεται (το νερό που υπάρχει στο προϊόν) αλλά και το έμμεσο νερό που είναι το νερό που χρησιμοποιήθηκε σε όλα τα στάδια παραγωγής και διακίνησής του.

Έτσι για το παράδειγμα της μπλούζας το πραγματικό νερό που περιέχει είναι το νερό που καταναλώθηκε για:

- την άρδευση της καλλιέργειας βαμβακιού στον αγρό
- την παραγωγή των λιπασμάτων που εφαρμόστηκαν στην καλλιέργεια βαμβακιού
- την παραγωγή των φυτοπροστατευτικών σκευασμάτων που εφαρμόστηκαν στην καλλιέργεια βαμβακιού
- την παραγωγή και συντήρηση των μέσων καλλιέργειας (εργαλεία, μηχανήματα κτλ)
- την παραγωγή και συντήρηση των μέσων μεταφοράς και κατά τη μεταφορά (οχήματα) του συγκομιζόμενου βαμβακιού
- την νηματοποίηση του βαμβακιού στα εργοστάσια κλωστοϋφαντουργίας
- τη μετατροπή από νήμα σε ύφασμα
- τη βαφή του υφάσματος
- την παραγωγή και συντήρηση όλων των εργαλείων και μηχανημάτων που χρησιμοποιούνται στο στάδιο της επεξεργασίας
- την παραγωγή και μεταφορά των αναλώσιμων που χρησιμοποιούνται στο στάδιο της επεξεργασίας (χημικά για να γίνει το νήμα βαμβακιού λευκό και απαλό, βαφές κτλ)
- τη μετατροπή του υφάσματος σε μπλούζα
- την παραγωγή των υλικών συσκευασίας για τη συσκευασία του τελικού προϊόντος
- τη μεταφορά προς τα σημεία διανομής
- την παραγωγή και συντήρηση των μέσων μεταφοράς
- τη διαβίωση των εργαζομένων που απασχολούνται σε όλη την εφοδιαστική αλυσίδα

Αυτό κατ' επέκταση ισχύει για όλα τα προϊόντα αλλά και για τις υπηρεσίες.

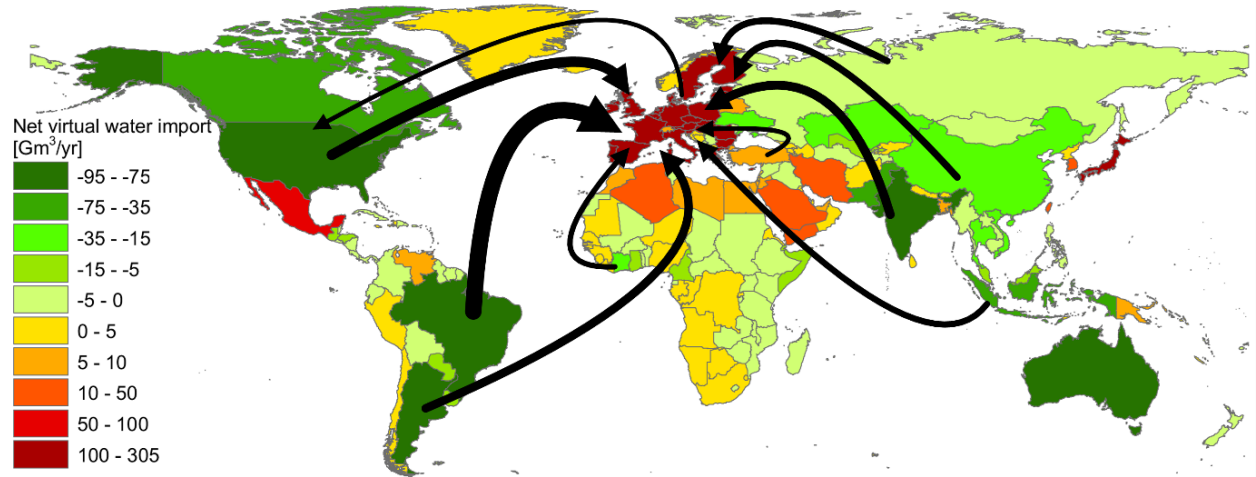
Σε διάφορα στάδια της παραγωγής ενός προϊόντος πέρα από τη χρήση του νερού σημειώνεται και ρύπανσή του (έκπλυση λιπασμάτων, φυτοπροστατευτικών, χημικών, βαρέων μεταλλών κτλ). Επομένως όταν μιλάμε για κατανάλωση νερού μιλάμε και για τη ρύπανσή του πέρα από τη χρήση του. Έτσι για την παραγωγή ενός προϊόντος ή υπηρεσίας χρησιμοποιείται και ρυπαίνεται μια ποσότητα νερού.



Εικόνα 1 Υδατικό Αποτύπωμα διάφορων προϊόντων

Το 1997 ο Allan εισήγαγε πρώτος τον όρο «εικονικό νερό» (Virtual Water), έννοια με την οποία περιγράφεται και υπολογίζεται το νερό που διακινείται μέσω των τελικών προϊόντων

(Allan, 1997). Το νερό λοιπόν εφόσον υπάρχει μέσα στα προϊόντα προφανώς και μεταφέρεται με τη διακίνηση των προϊόντων. Με την παγκοσμιοποίηση της αγοράς ο καταναλωτής έχει αποσυνδεθεί χωρικά από την κατανάλωση και ρύπανση νερού. Έτσι όταν αγοράζουμε ένα μπλουζάκι που έχει παρασκευαστεί στην Ινδία, μαζί με το μπλουζάκι αυτό παίρνουμε και 2700 λίτρα νερό από την Ινδία.



Εικόνα 2 Το ισοζύγιο «εικονικού» νερού ανά χώρα και ανά κατεύθυνση διακίνησης/ροής μέσω του εμπορίου των αγροτικών και βιομηχανικών προϊόντων το διάστημα 1995-2005 (το πάχος του βέλους απεικονίζει και το μέγεθος της διακίνησης/ροής) (Mekonnen & Hoekstra, 2011)

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

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

Το Υδατικό Αποτύπωμα ενός προϊόντος είναι ένας πολυδιάστατος δείκτης που μετράει τον όγκο κατανάλωσης νερού ανά πηγή και τον όγκο ρύπανσης του νερού ανά τύπο ρύπανσης. Όλα τα συστατικά του Υδατικού Αποτυπώματος εξειδικεύονται χωρικά και χρονικά.

Το υδατικό αποτύπωμα (YA) ή Water Footprint (WF) αποτελείται από τρία συστατικά: **πράσινο, μπλε και γκρίζο** υδατικό αποτύπωμα.



Πράσινο Υδατικό Αποτύπωμα

- Ποσότητα νερού βροχής που χρησιμοποιείται ή ενσωματώνεται στο προϊόν



Μπλε Υδατικό Αποτύπωμα

- Ποσότητα επιφανειακών ή υπόγειων υδάτων που χρησιμοποιείται ή ενσωματώνεται στο προϊόν



Γκρίζο Υδατικό Αποτύπωμα

- «Ποσότητα νερού που ρυπαίνεται» : όχι πραγματικό νερό
- Ο όγκος του νερού που απαιτείται για να επαναφέρει το νερό στην αρχική του κατάσταση

Εικόνα 3 Τα τρία συστατικά που συνθέτουν το συνολικό Υδατικό Αποτύπωμα (Πράσινο Υδατικό Αποτύπωμα, Μπλε Υδατικό Αποτύπωμα, Γκρίζο Υδατικό Αποτύπωμα).

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

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

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

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

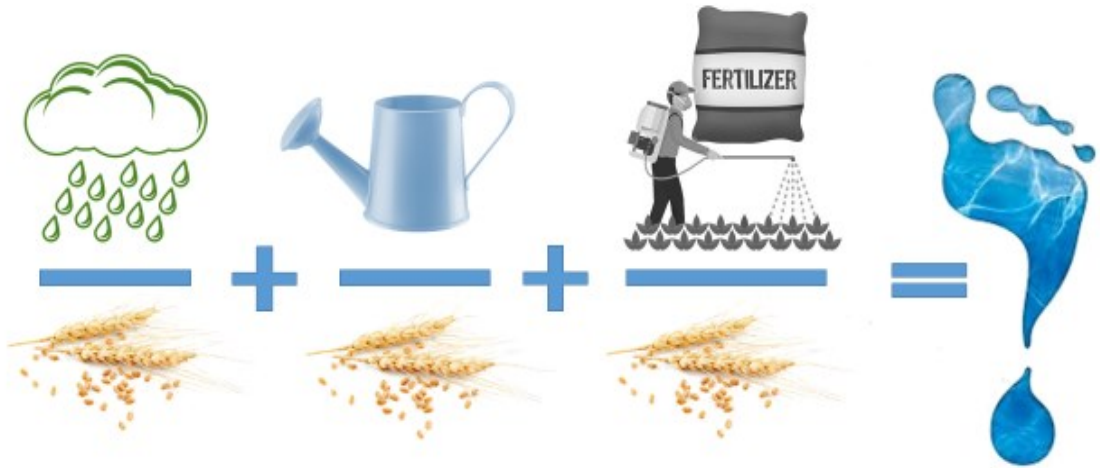
Το **Γκρίζο Υδατικό Αποτύπωμα** αναφέρεται στη ρύπανση και ορίζεται ως ο όγκος του καθαρού νερού που απαιτείται για να αφομοιωθεί το φορτίο των ρυπαντών με δεδομένες τις συγκεντρώσεις τους στη φύση και τα υφιστάμενα περιβαλλοντικά πρότυπα ποιότητας υδάτων στην περιοχή.

2. Υπολογισμός Υδατικού Αποτυπώματος Καλλιέργειας

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

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

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



Εικόνα 4 Γραφική απεικόνιση του υπολογισμού του συνολικού Υδατικού Αποτυπώματος

2.1. Υπολογισμός Πράσινου Υδατικού Αποτυπώματος

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

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

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

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

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

2.2. Υπολογισμός Μπλε Υδατικού Αποτυπώματος

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

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

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

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

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

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

*με τον όρο αποτελεσματική βροχόπτωση (P_{eff}) εννοούμε την ποσότητα εκείνη της βροχόπτωσης που φτάνει στο φυτό, αφαιρώντας τις απώλειες. Υπάρχουν διάφοροι τρόποι για τον υπολογισμό της.

Στην ποσότητα του Μπλε Αποτυπώματος προστίθεται επίσης και η ποσότητα νερού που καταναλώθηκε για την παρασκευή λιπασμάτων και φυτοπροστατευτικών σκευασμάτων.

2.2.1. Μια μικρή αλλά σημαντική παρατήρηση για τον υπολογισμό των Πράσινων και Μπλε ΥΑ

Πρέπει να σημειωθεί εδώ και μία ακόμα καινοτομία του δείκτη του Υδατικού Αποτυπώματος. Όπως παρατηρούμε από τους υπολογισμούς δεν λαμβάνονται υπόψη οι απόλυτες ποσότητες του νερού που εισάγεται στην καλλιέργεια αλλά οι ποσότητες που πραγματικά κατανάλωσε η καλλιέργεια, θεωρώντας ως καλλιέργεια το σύστημα έδαφος - φυτό. Αυτό συμβαίνει γιατί

ακόμα και αν η καλλιέργεια (σύστημα έδαφος – φυτό) δέχθηκε ποσότητα νερού ή άρδευσης μεγαλύτερη από τις ανάγκες της, το νερό αυτό δε μπορούμε να θεωρήσουμε ότι χάνεται αλλά επιστρέφει στην υδρολογική λεκάνη εμπλουτίζοντας πχ τα υπόγεια ύδατα και είναι διαθέσιμο για χρήση ξανά.

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

Στις καλλιέργειες υπολογίζουμε ως ποσότητα νερού που καταναλώθηκε όχι την ποσότητα νερού άρδευσης που εφαρμόστηκε και την ποσότητα βροχόπτωσης που δέχτηκε αλλά την ποσότητα που χρησιμοποίησε η καλλιέργεια για να καλύψει τις ανάγκες της δηλαδή την Εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας - ETc

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

2.3.Υπολογισμός Γκρίζου Υδατικού Αποτυπώματος

Το **γκρίζο υδατικό αποτύπωμα** (WF_{grey}) αναφέρεται στη ρύπανση που προκαλεί μια παραγωγική διαδικασία και καθορίζεται ως ο όγκος του καθαρού νερού που απαιτείται για να αφομοιωθεί το φορτίο των ρυπαντών με δεδομένες τις συγκεντρώσεις τους στη φύση και τα υφιστάμενα περιβαλλοντικά πρότυπα ποιότητας υδάτων (Hoekstra, Chapagain, Aldaya, & Mekonnen, 2011). Το γκρίζο υδατικό αποτύπωμα μια διαδικασίας δεν αναφέρεται σε πραγματικό νερό αλλά είναι ένας δείκτης του βαθμού ρύπανσης του νερού που συνδέεται με τη συγκεκριμένη διαδικασία.

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

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

3. Διαφορές του Υδατικού Αποτυπώματος από τους κλασσικούς δείκτες νερού

Το Υδατικό Αποτύπωμα διαφοροποιείται από τους υπόλοιπους δείκτες χρήσης νερού στα ακόλουθα σημεία:

3.1. Όχι μόνο το νερό άρδευσης...

Ενώ οι παραδοσιακοί δείκτες χρήσης νερού υπολογίζουν μόνο τους επιφανειακούς και υπόγειους υδατικούς πόρους (μπλε νερό) το Υδατικό Αποτύπωμα λαμβάνει υπόψη του και τη βροχόπτωση (πράσινο νερό). Το Υδατικό Αποτύπωμα «βλέπει» το νερό συνολικά χωρίς να ξεχωρίζει τις πηγές του. Η προσέγγιση αυτή έχει μεγάλη σημασία σε ότι έχει να κάνει με τη συνολική διαχείριση των υδάτινων πόρων. Θα πρέπει να αντιληφθούμε ότι πηγή νερού δε συνιστούν μόνο τα επιφανειακά και υπόγεια ύδατα άλλα και το βρόχινο νερό, ή τα επεξεργασμένα αστικά λύματα κτλ. Για μια συνολική ορθολογική διαχείριση των υδάτων θα πρέπει να συμπεριλαμβανουμε και τις εναλλακτικές αυτές πηγές.

3.2. Όχι μόνο το νερό που πέφτει....

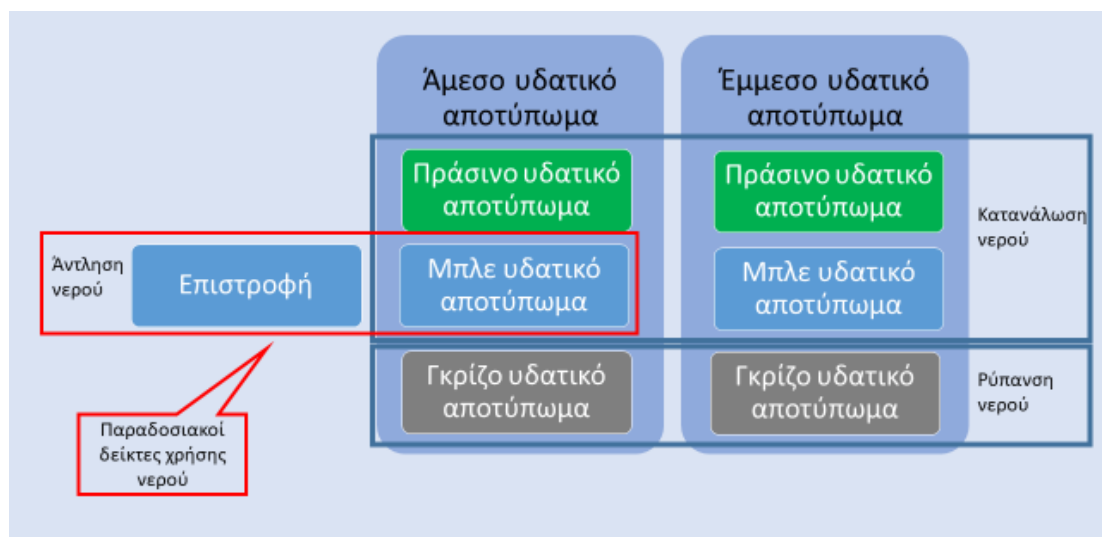
Το Υδατικό Αποτύπωμα υπολογίζει το μέρος του νερού που χρησιμοποιείται πραγματικά για τις ανάγκες παραγωγής ενός προϊόντος και όχι τη συνολική ποσότητα νερού που αντλείται και επιστρέφει στη λεκάνη απορροής όντας διαθέσιμο ξανά για χρήση.

3.3. Όχι μόνο το νερό που καταναλώνεται...

Το Υδατικό Αποτύπωμα δεν υπολογίζει μόνο το νερό που καταναλώνεται αλλά και αυτό που ρυπαίνεται (γκρίζο νερό). Το νερό που ρυπαίνεται δε μπορεί να χρησιμοποιηθεί ξανά και άρα είναι σα να «χάθηκε» από την υδρολογική λεκάνη. Η προσέγγιση αυτή αποτελεί την πρώτη καινοτομία του Υδατικού Αποτυπώματος καθώς είναι ο πρώτος δείκτης χρήσης νερού που λαμβάνει υπόψη του και τις συνέπειες των παραγωγικών διεργασιών στο υδατικό απόθεμα.

3.4. Όχι μόνο το νερό που φαίνεται...

Το Υδατικό Αποτύπωμα υπολογίζει το νερό που καταναλώνεται σε όλα τα στάδια της παραγωγής. Έτσι σε μια καλλιέργεια δεν υπολογίζουμε μόνο το νερό που άμεσα καταναλώνουμε ή ρυπαίνουμε σε μια συγκεκριμένη παραγωγική διαδικασία αλλά και αυτό που καταναλώνεται και ρυπαίνεται σε άλλη παραγωγική διαδικασία προϊόντα της οποίας μπορεί να συμμετέχουν στην κύρια (τη συγκεκριμένη) παραγωγική διαδικασία. Για παράδειγμα στην περίπτωση μιας καλλιέργειας, για τον υπολογισμό του υδατικού αποτυπώματός της θα υπολογίσουμε επίσης και το νερό που καταναλώθηκε ή ρυπάνθηκε κατά την παρασκευή των λιπασμάτων ή φυτοπροστατευτικών σκευασμάτων που χρησιμοποιήσαμε και ως μην αποτελεί η παραγωγή τους μέρος της παραγωγικής διαδικασίας της καλλιέργειας. Το Υδατικό Αποτύπωμα λαμβάνει υπόψη όχι μόνο την άμεση χρήση νερού αλλά και την έμμεση δίνοντας έτσι μια χωρική διάσταση στην κατανάλωση καθώς φαίνεται το νερό που διακινείται ανάμεσα στις διάφορες περιοχές του πλανήτη μέσω του εμπορίου των προϊόντων.

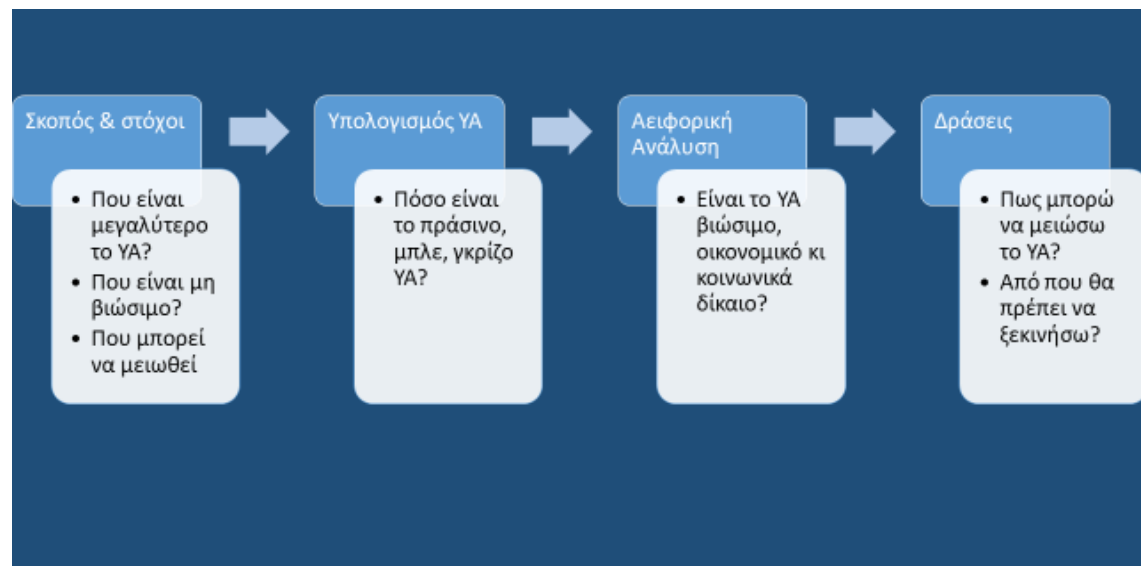


Εικόνα 5 Διαφορά Υδατικού Αποτυπώματος με τους παραδοσιακούς δείκτες χρήσης νερού

4. Σημασία και ανάλυση του Υδατικού Αποτυπώματος

Το ΥΑ δεν είναι απλά ένας ποσοτικός δείκτης της κατανάλωσης νερού. Το πώς θα χρησιμοποιηθεί εξαρτάται από το σημείο εστίασης του χρήστη αλλά γενικά αναφέρεται σε μια σειρά δράσεων για: 1) τον καθορισμό του σκοπού και των στόχων μελέτης του 2) την ποσοτικοποίηση υπολογισμό του ΥΑ και των συστατικών του 2) την εκτίμηση της περιβαλλοντικής, κοινωνικής και οικονομικής βιωσιμότητας αυτού του ΥΑ και 3) τη χάραξη στρατηγικής για τη μείωσή του.

Ο σκοπός του υπολογισμού του ΥΑ είναι να αναλύσει το πώς οι ανθρώπινες δραστηριότητες ή τα προϊόντα επιδρούν στη ποσοτική και ποιοτική υποβάθμιση των υδάτινων πόρων και να δει πως οι δραστηριότητες αυτές ή τα προϊόντα μπορούν να γίνουν περισσότερο βιώσιμα (από πλευράς υδατικής διαχείρισης).



Εικόνα 6 Τα 4 βήματα στην ανάλυση του Υδατικού Αποτυπώματος

Στο πλαίσιο της ανάλυσης του Υδατικού Αποτυπώματος ακολουθούμε κάποια βήματα για να καθορίσουμε τον τρόπο αξιοποίησής του. Τα βήματα περιγράφονται και αναλύονται ως εξής:

4.1.Βήμα 1^ο: Καθορισμός του σκοπού και των στόχων υπολογισμού του ΥΑ

Σε πρώτο βήμα καθορίζουμε το επίπεδο υπολογισμού του Υδατικού Αποτυπώματος. Το Υδατικό αποτύπωμα μπορεί να υπολογισθεί σε διάφορες οντότητες οπότε αρχικά θα πρέπει να προσδιορίσουμε την οντότητα αυτή.

Το Υδατικό αποτύπωμα μπορεί να υπολογισθεί:

- Σε ένα στάδιο (τμήμα) μιας διεργασίας παραγωγής
- Σε ολόκληρη τη διεργασία παραγωγής
- Στο τελικό προϊόν
- Στον καταναλωτή
- Σε μια ομάδα καταναλωτών
- Σε μια γεωγραφικά οριοθετημένη περιοχή

- Σε μια χώρα
- Σε μια περιοχή
- Σε μια υδρολογική λεκάνη
- Σε μία επιχείρηση
- Σε έναν επαγγελματικό κλάδο
- Στην ανθρωπότητα

Η λίστα αυτή δεν είναι εξαντλητική, σημασία έχει να ορισθεί το επίπεδο ή τα επίπεδα υπολογισμού του ΥΑ, μπορεί κάποιος για παράδειγμα να θέλει να υπολογίσει το ΥΑ των καταναλωτών της Ευρώπης. Η μελέτη του ΥΑ μπορεί να γίνει για πολλούς και διάφορους λόγους. Για παράδειγμα μπορεί η κυβέρνηση ενός κράτους να ενδιαφέρεται να μάθει την εξάρτησή της από άλλες χώρες για την κάλυψη των υδατικών αναγκών, ή μπορεί να ενδιαφέρεται να μάθει τη βιωσιμότητα της υδατικής χρήσης σε περιοχές όπου παράγονται υδροβόρα προϊόντα, ή μπορεί σε επίπεδο διαχείρισης υδρολογικής λεκάνης οι σχετικές αρχές να ενδιαφέρονται να μάθουν αν οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες εξαντλούν ή υποβαθμίζουν την ποιότητα των υδατικών πόρων ή ποιες ακριβώς είναι αυτές οι δραστηριότητες που έχουν τέτοιο αποτέλεσμα. Μπορεί μια επιχείρηση να θέλει να γνωρίζει την εξάρτησή της σε υδατικούς πόρους στη εφοδιαστική αλυσίδα της ή πως μπορεί να συνεισφέρει στη μείωση των επιδράσεων των δραστηριοτήτων της σε όλο το εύρος της παραγωγικής αλυσίδας.

4.2.Βήμα 2ο Υπολογισμός Υδατικού Αποτυπώματος

Το δεύτερο βήμα είναι η φάση συλλογής των δεδομένων και της εκτέλεσης των υπολογισμών. Ο σκοπός και το επίπεδο λεπτομέρειας στον υπολογισμό καθορίζεται από το προηγούμενο βήμα. Τα στάδια υπολογισμού του ΥΑ αναλύονται εκτενέστερα στο σχετικό πεδίο της παρούσας αναφοράς.

4.3.Βήμα 3ο Ανάλυση βιωσιμότητας

Μετά τη φάση του υπολογισμού του ΥΑ πραγματοποιείται η ανάλυση της βιωσιμότητας κατά την οποία γίνεται εκτίμηση του ΥΑ από περιβαλλοντική, κοινωνική αλλά και οικονομική σκοπιά.

Από περιβαλλοντική σκοπιά η βιωσιμότητα του ΥΑ σχετίζεται με τη διατήρηση του περιβάλλοντος και των περιβαλλοντικών προτύπων της περιοχής.

Από κοινωνική σκοπιά η βιωσιμότητα του ΥΑ σχετίζεται με το δικαίωμα πρόσβασης των ανθρώπων σε μια περιοχή σε νερό για την κάλυψη των αναγκών διαβίωσης τους αλλά και με τη δικαιοσύνη καταμερισμού της ποσότητας και της ποιότητας των υδάτινων πόρων στους ανθρώπους της περιοχής αυτής (δεν είναι δίκαιο για παράδειγμα ακόμα και αν μοιράζεται ισόποσα το νερό μια λεκάνης απορροής στους κατοίκους της περιοχής, όσοι βρίσκονται ανάντη να ρυπαίνουν με τις δραστηριότητές τους το νερό και αυτό το νερό να χρησιμοποιήσουν όσοι βρίσκονται κατόντη).

Από οικονομική σκοπιά η βιωσιμότητα του ΥΑ συνδέεται με τον τρόπο κατανομής και χρήσης των υδάτινων πόρων και την επάρκειά του σε μια περιοχή. Επίσης συνδέεται με την παραγωγικότητα της χρήσης του νερού.

Την ερώτηση για τη βιωσιμότητα των Υδατικών Αποτυπώματων μπορεί κάποιος να τη δει από διαφορετικές πλευρές. Για παράδειγμα δεν έχει νόημα η ερώτηση για το εάν το συνολικό ΥΑ αποτύπωμα μιας γεωγραφικής περιοχής είναι βιώσιμο όταν η ποιότητα του νερού στη λεκάνη απορροής εκείνης της περιοχής είναι σε κίνδυνο ή όταν η ποσότητα δεν επαρκεί. Ή στην περίπτωση μιας παραγωγικής διαδικασίας, η βιωσιμότητα του υδατικού αποτυπώματος εξαρτάται και από τη βιωσιμότητα του ΥΑ στην συγκεκριμένη εποχή στη συγκεκριμένη λεκάνη απορροής αλλά και από τη δυνατότητα μείωσης του ΥΑ. Δηλαδή εάν η παραγωγική διαδικασία λαμβάνει χώρα σε μια περιοχή όπου το συνολικό ΥΑ είναι μη βιώσιμο τότε και το ΥΑ της παραγωγικής διαδικασίας είναι μη βιώσιμο ή εάν υπάρχει η δυνατότητα της μείωσης του ΥΑ της παραγωγικής διαδικασίας σε μια περιοχή τότε ούτως ή άλλως το ΥΑ της διαδικασίας αυτής είναι μη βιώσιμο ανεξάρτητα από τη βιωσιμότητα του ΥΑ της περιοχής. Από την πλευρά των προϊόντων η βιωσιμότητα του ΥΑ του προϊόντος εξαρτάται από τη βιωσιμότητα της παραγωγικής διαδικασίας. Η βιωσιμότητα του ΥΑ ενός παραγωγού εξαρτάται από τη βιωσιμότητα των ΥΑ των προϊόντων που παράγει και αντίστοιχα το ΥΑ ενός καταναλωτή συνδέεται με το ΥΑ των προϊόντων που καταναλώνει ή με το μερίδιο του ΥΑ αποτυπώματος από το παγκόσμιο ΥΑ της ανθρωπότητας που του αναλογεί.

4.4.Βήμα 4ο Αντιμετώπιση – δράσεις

Στο τελευταίο βήμα σχεδιάζονται οι στρατηγικές, πολιτικές ή τα μέτρα δράσης με γνώμονα πάντα τη μείωση του Υδατικού Αποτυπώματος όπου αυτό φυσικά είναι δυνατό.

Η ευθύνη του παγκοσμίου υδατικού αποτυπώματος μοιράζεται σε όλους όσους αποτελούν κομμάτι της παγκόσμιας κοινότητας. Έτσι όλοι έχουν την ευθύνη μείωσης του Υδατικού Αποτυπώματος: οι καταναλωτές, οι παραγωγοί, οι επενδυτές και οι κυβερνήσεις.

Στη βιομηχανία και τα νοικοκυριά το Μπλε και Γκρίζο Υδατικό Αποτύπωμα μπορεί να μηδενιστεί μέσω της ανακύκλωσης. Σε ένα κλειστό κύκλωμα μπορούν να εξαλειφθούν οι απώλειες από την εξάτμιση ή από τις επιβαρυνόμενες με ρύπους εκροές. Υπάρχουν κάποιες εξαιρέσεις όπου το Μπλε Υδατικό Αποτύπωμα δε μπορεί να μηδενιστεί όπως στην περίπτωση όπου το νερό χρησιμοποιείται για να ενσωματωθεί στο προϊόν ή όταν το νερό εφαρμόζεται σε ανοιχτό χώρο οπότε και δε μπορεί να αποφευχθεί εντελώς η εξάτμιση. Αυτές οι περιπτώσεις όμως αποτελούν ελάχιστο τμήμα του συνολικού Υδατικού Αποτυπώματος. Επίσης το μόνο Γκρίζο Υδατικό αποτύπωμα που δε μπορεί να μηδενιστεί είναι αυτό που συνδέεται με τη θερμική ρύπανση αν και σε αυτή την περίπτωση μπορεί μερικώς να επαναχρησιμοποιηθεί αφού ψυχθεί και χρησιμοποιηθεί για άλλους σκοπούς πριν την απόρριψή του στο περιβάλλον.

Στη γεωργία το Γκρίζο Υδατικό Αποτύπωμα μπορεί να μηδενιστεί εμποδίζοντας την από εδάφους εφαρμογή τους. Μπορεί να μειωθεί σημαντικά εφαρμόζοντας λιγότερα χημικά και βελτιώνοντας τις πρακτικές και το χρόνο εφαρμογής έτσι ώστε μικρότερη ποσότητα επιβαρυντών να φτάνει μέσω έκπλυσης και απορροής στα υδατικά συστήματα. Το Πράσινο και το Μπλε Υδατικό αποτύπωμα μπορεί να μειωθεί αυξάνοντας την πράσινη και μπλε παραγωγικότητα. Αυτό μπορεί να γίνει με την ευφυέστερη εφαρμογή της άρδευσης έτσι ώστε να έχουμε μεγαλύτερη παραγωγή ανά όγκο εξατμιζόμενου νερού. Στον πίνακα συνοψίζονται οι κατευθύνσεις μείωσης των συστατικών του Υδατικού Αποτυπώματος

Πίνακας 1 Κατευθύνσεις μείωσης Υδατικού Αποτυπώματος ανά παραγωγικό τομέα και ανά συστατικό ΥΑ

Γεωργία

Βιομηχανία

Πράσινο Υδατικό Αποτύπωμα	Μείωση με: • Αύξηση της παραγωγικότητας του πράσινου νερού στις ξηρικές και αρδευόμενες καλλιέργειες • Αύξηση της συνολικής παραγωγής από τις ξηρικές καλλιέργειες	• (Δεν έχει εφαρμογή)
Μπλε Υδατικό Αποτύπωμα	Μείωση με: • Αύξηση της παραγωγικότητας του μπλε νερού στις αρδευόμενες καλλιέργειες • Μείωση της αναλογίας πράσινου/μπλε ΥΑ	Εκμηδενισμός με: • εκμηδενισμό των απωλειών από εξάτμιση και απορροές μέσω της πλήρους ανακύκλωσης (κλειστό σύστημα παραγωγής)
Γκρίζο Υδατικό Αποτύπωμα	Μείωση με: • Μειωμένη χρήση χημικών λιπασμάτων και φυτοπροστατευτικών • Αποτελεσματικότερη εφαρμογή Εκμηδενισμός με: • Οργανική γεωργία για εκμηδενισμό του αποτυπώματος	Εκμηδενισμός με: • Μηδέν ρύπανση • Πλήρη ανακύκλωση

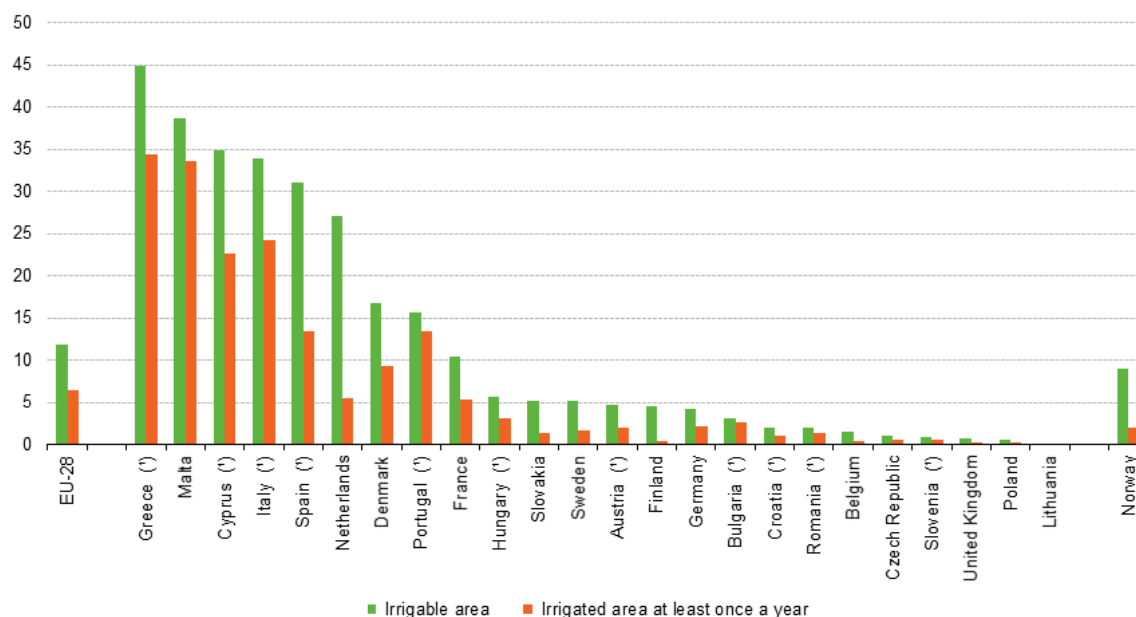
Δεν είναι αναγκαίο κάποιος να συμπεριλάβει όλα τα στάδια. Στην πρώτη φάση οπου τίθενται ο σκοπός και οι στόχοι μελέτης του ΥΑ μπορεί ο μελετητής να αποφασίσει να σταματήσει στον υπολογισμό του ΥΑ και να μη συνεχίσει στα επόμενα στάδια ή να συνεχίσει μέχρι την ανάλυση βιωσιμότητας και να επιλέξει να μη συνεχίσει στην αντιμετώπιση ή τη λήψη αποφάσεων.

5. Η χρήση του ΥΑ ως εργαλείο ορθολογικής διαχείρισης υδάτων

5.1.Νερό – Κατάσταση υδατικών πόρων στην Ελλάδα– Ανάγκη για ορθολογική διαχείριση

Σε σύγκριση με τις υπόλοιπες μεσογειακές χώρες η Ελλάδα θα μπορούσε να χαρακτηριστεί πλούσια σε νερό καθώς η μέση ετήσια βροχόπτωση φτάνει τα 700 mm/έτος όταν στην Ισπανία φτάνει τα 636 mm/έτος και στην Κύπρο τα 498 mm/έτος. Παρόλα αυτά χαρακτηριστικά όπως η ανομοιόμορφη χωροχρονικά κατανομή των υδατικών πόρων στην Ελλάδα, το έντονο ανάγλυφο, οι πολλές και σχετικά μικρές λεκάνες απορροής και η άνιση κατανομή των βροχοπτώσεων τελικά δημιουργούν προβλήματα διαθεσιμότητας.

Όπως στις περισσότερες χώρες, η γεωργία στην Ελλάδα είναι ο μεγαλύτερος καταναλωτής νερού. Το ποσοστό όμως των αρδευόμενων εκτάσεων στην Ελλάδα στο σύνολο των καλλιεργήσιμων εκτάσεων είναι κατά πολύ μεγαλύτερο των υπόλοιπων χωρών της Ευρώπης (Eurostat, 2013) λόγω κυρίως των κλιματολογικών συνθηκών που επικρατούν. Σύμφωνα με στοιχεία της ΕΛΣΤΑΤ το 2016, στο σύνολο της χώρας η συνολική αρδευόμενη έκταση ανέρχεται σε 12,1 εκατ. στρέμματα (~37%) όταν η συνολική καλλιεργήσιμη έκταση είναι 32,5 εκατ. στρέμματα.



Note: Estonia, Ireland and Latvia not significant; Luxembourg: data not available.

(*) UAA calculated without common land.

Εικόνα 7 Αρδευόμενη και αρδευόμενη επιφάνεια ως ποσοστό της συνολικής για διάφορες χώρες της Ευρώπης το 2013 (Πηγή: Eurostat)

Η υπεράντληση νερού για την κάλυψη των διαρκώς αυξανόμενων υδατικών αναγκών λόγω της εντατικοποίησης της γεωργίας οδήγησε στη μείωση των υδατικών αποθεμάτων αλλά και στην ποιοτική υποβάθμισή τους στις παραθαλάσσιες περιοχές καθώς η μείωση της στάθμης του υπόγειου υδροφορέα επιτρέπει τη διείσδυση θαλασσινού νερού (υφαλμύρυνση). Την

ποιοτική υποβάθμιση των υπόγειων και επιφανειακών υδατικών συστημάτων προκαλεί επίσης και η εντατική εφαρμογή λιπασμάτων και φυτοπροστατευτικών που χρησιμοποιούνται για την αύξηση των αποδόσεων των καλλιεργειών και την βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων. Στην Ελλάδα η χρήση αζωτούχων και φωσφορικών λιπασμάτων υπερβαίνει κατά πολύ το μέσο όρο της Ευρώπης.

Στα παραπάνω έρχονται να προστεθούν και οι συνέπειες τις κλιματικής αλλαγής και η ορθολογική χρήση υδάτων σε ένα πλαίσιο ολιστικής διαχείρισης αποτελεί μονόδρομο πλέον και δεν επαφίεται απλά στην ατομική επιλογή. Συντονισμένες κινήσεις και πρωτοβουλίες σε παγκόσμιο επίπεδο έχουν υπογραμμίσει την ανάγκη υιοθέτησης ορθολογικής διαχείρισης των υδάτινων πόρων δίνοντας τις βασικές κατευθύνσεις δράσης. Στην Ευρωπαϊκή Ένωση η Οδηγία 60/2000 έθεσε τις βάσεις προς αυτή την κατεύθυνση εστιάζοντας κυρίως στην διαφύλαξη της ποσότητας (και λιγότερο της ποιότητας) των υδάτινων πόρων σε επίπεδο υδρολογικής λεκάνης. Αποτέλεσμα αυτής της οδηγίας ήταν η κατάρτιση των Σχέδιων Διαχείρισης των Υδρολογικών Λεκανών τα οποία στην Ελλάδα ολοκληρώθηκαν το 2015 ενώ το 2017 ολοκληρώθηκε η πρώτη αναθεώρησή τους.

5.2.Αξιοποίηση του ΥΑ ως εργαλείο ορθολογικής άρδευσης

Το Υδατικό Αποτύπωμα δίνει μια ολοκληρωμένη εικόνα της χρήσης και ρύπανσης των υδάτινων πόρων σε διάφορα επίπεδα (χώρας, υδρολογικής λεκάνης, οριοθετημένης περιοχής, διαδικασίας, καλλιέργειας, προϊόντος, επιχείρησης, καταναλωτή) και αντίστοιχα προσφέρει τη βάση σχεδιασμού διορθωτικών κινήσεων. Με γνώμονα τη μείωση των επιμέρους αποτυπωμάτων (πράσινο, μπλε, γκριζο) είναι δυνατόν να σχεδιαστούν αντίστοιχες δράσεις που στο τέλος οδηγούν στην ορθολογική διαχείριση. Πιο συγκεκριμένα:

Πράσινο Υδατικό Αποτύπωμα: Η μείωση του πράσινου υδατικού αποτυπώματος μπορεί να επιτευχθεί αυξάνοντας την παραγωγικότητα του πράσινου νερού στις αρδευόμενες και ξηρικές καλλιέργειες. Σε παγκόσμιο επίπεδο, στόχος είναι η αύξηση της συνολικής παραγωγής από τις ξηρικές καλλιέργειες.

Σε επίπεδο καλλιέργειας το πράσινο υδατικό αποτύπωμα μπορεί να μειωθεί με:

- Καλύτερη αξιοποίηση του Πράσινου νερού
- Αύξηση της παραγωγικότητας του νερού στις ξηρικές καλλιέργειες
 - Διαχείριση της εδαφικής υγρασίας και όπου είναι δυνατόν συμπληρωματική άρδευση με βρόχινο νερό όπου είναι δυνατή η συγκέντρωση και αποθήκευση βρόχινου νερού.
 - Βελτίωση της διαχείρισης της γονιμότητας του εδάφους
 - Επέκταση των καλλιεργούμενων εκτάσεων με ξηρικές ποικιλίες

Μπλε Υδατικό Αποτύπωμα: Η μείωση του μπλε υδατικού αποτυπώματος συνδέεται με την αύξηση της παραγωγικότητας του μπλε νερού στις αρδευόμενες καλλιέργειες. Γενικευμένο στόχο αποτελεί η μείωση του παγκοσμίου μπλε υδατικού αποτυπώματος.

Σε επίπεδο καλλιέργειας το μπλε υδατικό αποτύπωμα μπορεί να μειωθεί με:

- Περιορισμό της απώλειας νερού
- Γεωργία Ακριβείας – Άρδευση Ακριβείας

Γκρίζο Υδατικό Αποτύπωμα: Η μείωση του γκρίζου υδατικού αποτυπώματος απαιτεί τη μείωση της χρήσης συνθετικών λιπασμάτων και φυτοπροστατευτικών και τις αποτελεσματικότερες εφαρμογές. Το γκρίζο υδατικό αποτύπωμα μπορεί να μηδενιστεί κατά τη βιολογική γεωργία.

Σε επίπεδο καλλιέργειας η μείωση του γκρίζου υδατικού αποτυπώματος μπορεί να επιτευχθεί με:

- Μείωση ρυπαντών
- Βιολογική / ολοκληρωμένη γεωργία

5.3.Υδατικό αποτύπωμα και ορθολογική άρδευση

Η ορθολογική άρδευση μιας καλλιέργειας λαμβάνει υπόψη της ένα πλήθος παραγόντων που συνδέονται με το έδαφος, τα στάδια ανάπτυξης του φυτού, την ποικιλία, την κατεύθυνση παραγωγής κα. Για την κατάρτιση προγράμματος άρδευσης απαιτούνται στοιχεία σχετικά με το κλίμα, τον τύπο και το βάθος του εδάφους, το ανάγλυφο του ελαιώνα, την ποιότητα του νερού, την καλλιέργεια (πυκνότητα φύτευσης, ποικιλία, ηλικία, βάθος ενεργού ριζοσπρώματος, φυλλική επιφάνεια κοκ), την εδαφοκάλυψη και το χειρισμό των ζιζανίων, τους καλλιεργητικούς στόχους και τα χαρακτηριστικά του συστήματος άρδευσης (Τσιρογιάννης, 2018). Τα κρίσιμα στάδια ανάπτυξης κάθε καλλιέργειας διαφέρουν και είναι σημαντικό να λαμβάνονται υπόψη κατά την κατάρτιση ενός προγράμματος ορθολογικής άρδευσης. Στις περισσότερες περιοχές της Ελλάδας συνήθως την περίοδο από Φθινοπώρου έως και τα μέσα της Άνοιξης οι ανάγκες αυτές καλύπτονται από τις βροχοπτώσεις ενώ συνήθως άρδευση απαιτείται το διάστημα από μέσα Ιουνίου έως και Σεπτέμβριο.

Το Υδατικό Αποτύπωμα αποτελεί σημαντικό εργαλείο για την ορθολογική διαχείριση των υδάτων στην καλλιέργεια και συνεπικουρεί στο σχεδιασμό ορθολογικού προγράμματος άρδευσης. Με το υπολογισμό του ΥΑ και κυρίως των επιμέρους συστατικών (μπλε, πράσινο, γκρίζο ΥΑ) καταδεικνύονται αρχικά τα «hotspots» στην αρδευτική πρακτική που εφαρμόζεται και οι δράσεις που θα ακολουθήσουν προς την κατεύθυνση της μείωσής του.

Η μείωση των πράσινων και μπλε Υδατικών Αποτυπωμάτων μέσω της παραγωγικότερης χρήσης του πράσινου νερού (νερό βροχής) και τον περιορισμό των απωλειών του μπλε νερού (νερό άρδευσης) μπορεί να επιτευχθεί σε επίπεδο άρδευσης μέσω:

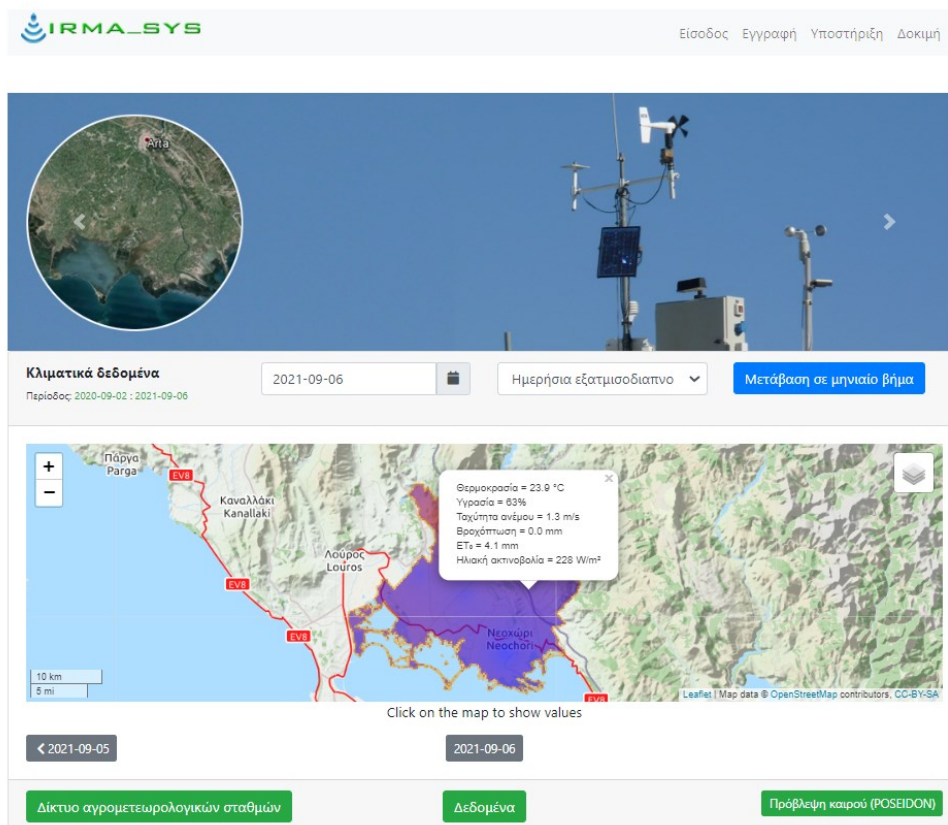
- Της διαχείρισης της εδαφικής υγρασίας με τη χρήση αισθητήρων υγρασίας εδάφους, όπως συμβατικά ή ηλεκτρονικά τασίμετρα ή ηλεκτρονικά υγρασιόμετρα
- Των εργαλείων υποστήριξης λήψης απόφασης (DSS tools). Καλύτερα και οικονομικότερα αποτελέσματα προσφέρουν κεντρικά συστήματα παροχής συμβουλών άρδευσης.
- Της επιλογής αποτελεσματικών συστημάτων άρδευσης (μικροεκτοξευτήρες, στάγδην άρδευση κτλ)
- Της αξιοποίησης εναλλακτικών πηγών άρδευσης (επεξεργασμένα απόβλητα, συλλογή βρόχινου νερού κτλ)

Η μείωση του γκρίζου υδατικού αποτυπώματος μπορεί να επιτευχθεί με:

- Μείωση ρυπαντών
- Βιολογική / ολοκληρωμένη γεωργία

5.4.Συστήματα παροχής συμβουλών σχετικά με τη διαχείριση της άρδευσης

Τα συστήματα παροχής συμβουλών άρδευσης συλλέγουν πληροφορίες από δίκτυα αγρο-μετεωρολογικών σταθμών και εφαρμόζουν μαθηματικά μοντέλα με βάση τα οποία μπορούν να εκτιμούν τις καιρικές συνθήκες σε κάθε σημείο της περιοχής εφαρμογής. Στη συνέχεια με την χρήση ειδικών πληροφοριών (έδαφος, καλλιέργεια, σύστημα άρδευσης, αρδευτικά γεγονότα κλπ) 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.



Εικόνα 8 Το «Συμμετοχικό Σύστημα Συμβουλής Άρδευσης για την πεδιάδα της Άρτας» (<https://arta.irmasys.eu/>)

Σε κάθε περίπτωση πρέπει να γίνει κατανοητό ότι τέτοια συστήματα δεν μπορούν να λειτουργήσουν αποτελεσματικά χωρίς την ορθή αρχική παραμετροποίηση για κάθε αγρό λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά του αγροτεμαχίου, της καλλιέργειας και του αρδευτικού συστήματος, την παράλληλη αξιολόγηση πιλοτικών αγρών, την περιοδική αξιολόγηση και ερμηνεία των συμβουλών από γεωπόνους ή έμπειρους χρήστες τους. Πρέπει να σημειωθεί ότι τα συστήματα αυτά δεν ταυτίζονται με αυτό που αναφέρεται ως γεωργία ακριβείας. Στη γεωργία ακριβείας εντοπίζονται και λαμβάνονται υπόψη οι διαφοροποιήσεις των αναγκών σε εισροές (νερό, λιπάσματα κλπ.) σε επίπεδο αγρού. Τέτοια συστήματα έχουν μεγάλο ενδιαφέρον σε περιπτώσεις πολύ μεγάλων σε έκταση καλλιεργειών (Τσιρογιάννης, 2018).

Στην Ελλάδα υπάρχουν και λειτουργούν αρκετά τέτοια συστήματα όπως για παράδειγμα το «Συμμετοχικό Σύστημα Συμβουλής Άρδευσης για την πεδιάδα της Άρτας»

Το Υδατικό Αποτύπωμα:

- Συνδέει κατανάλωση νερού με τις αποδόσεις της καλλιέργειας
- Συνδέει την παραγωγή του προϊόντος με τη ρύπανση των υδάτων
- Υπολογίζει την ποσότητα που πραγματικά καταναλώνεται και όχι αυτή που εφαρμόζεται
- Δίνει μετρήσιμη πληροφορία σχετικά με τις ανάγκες και την κατανάλωση νερού (έμμεσες & άμεσες) για την παραγωγή προϊόντων στο χώρο και στο χρόνο

(<https://arta.irmasys.eu/>) που βασίζεται σε μοντέλο που αναπτύχθηκε από ερευνητές του τμήματος Γεωπονίας του ΤΕΙ Ηπείρου, νυν Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.

6. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΟΣ ΣΕ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ

6.1. Υπολογισμός Πράσινου και Μπλε Υδατικού Αποτυπώματος

Το Πράσινο Υδατικό Αποτυπωμα ισούται με την πράσινη Υδατοκατανάλωση (CWU_{green}) προς τη συνολική συγκομιζόμενη ποσότητα (Y). Αντίστοιχα το Μπλε Υδατικό Αποτύπωμα ισούται με τη μπλε Υδατοκατανάλωση (CWU_{blue}) προς τη συνολική συγκομιζόμενη ποσότητα (Y).

$$WF_{green} = \frac{CWU_{green}}{Y}$$

Και

$$WF_{blue} = \frac{CWU_{blue}}{Y}$$

Για να υπολογίσουμε την πραγματική υδατοκατανάλωση όπως αναλύσαμε και νωρίτερα στην παρούσα αναφορά ΔΕΝ θεωρούμε ότι η **κατανάλωση νερού της καλλιέργειας** είναι η ποσότητα βροχόπτωσης ή άρδευσης που δέχθηκε η καλλιέργεια ΑΛΛΑ **το μέρος εκείνο της βροχόπτωσης ή άρδευσης που πραγματικά χρησιμοποίησε η καλλιέργεια**. Η ποσότητα που πραγματικά χρησιμοποίησε η καλλιέργεια είναι **ίση με τις ανάγκες σε νερό της καλλιέργειας** δηλαδή το νερό που χάνει η καλλιέργεια και αυτό είναι ίσο με το νερό που διαπνέει το φυτό και το νερό που εξατμίζεται από το σύστημα έδαφος – φυτό, την **εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας**. Αυτό ισχύει γιατί εάν η ποσότητα βροχόπτωσης ή άρδευσης είναι μεγαλύτερη από τις ανάγκες της καλλιέργειας τότε το σύστημα έδαφος – καλλιέργεια θα χρησιμοποιήσει από αυτό όσο χρειάζεται για να καλύψει τις ανάγκες του και το επιπλέον νερό επιστρέφει πάλι στη λεκάνη απορροής και άρα δε μπορούμε να θεωρήσουμε ότι καταναλώθηκε (χάθηκε).

Επομένως η Υδατοκατανάλωση ισούται με την Εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας.

$$CWU = ET_c$$

Είπαμε επίσης νωρίτερα ότι στον υπολογισμό του Υδατικού Αποτυπώματος μας ενδιαφέρει να δούμε την ποσότητα του βρόχινου νερού (πράσινο νερό) και την ποσότητα του γλυκού νερού (μπλε νερό) που καταναλώνει η καλλιέργεια. Εφόσον η υδατοκατανάλωση ισούται με την εξατμισοδιαπνοή τότε θέλουμε να υπολογίσουμε το μέρος εκείνο της εξατμισοδιαπνοής καλλιέργειας που καλύπτεται από το βρόχινο νερό (πράσινο νερό) και εκείνο που καλύπτεται από το γλυκό νερό (μπλε νερό) διακρίνοντας αυθαίρετα την εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας σε πράσινη και μπλε εξατμισοδιαπνοή αντίστοιχα. Έτσι η πράσινη υδατοκατανάλωση ισούται με την πράσινη εξατμισοδιαπνοή και η μπλε υδατοκατανάλωση με τη μπλε εξατμισοδιαπνοή:

$$CWU_{green} = ET_{c,green}$$

$$CWU_{blue} = ET_{c,blue}$$

Επομένως για τον υπολογισμό του Πράσινου και Μπλε Αποτυπώματος ισχύουν οι ακόλουθες εξισώσεις:

$$WF_{green} = \frac{10 \times \sum_{d=1}^{l_{gp}} ET_{green}}{\gamma} \quad (1)$$

και

$$WF_{blue} = \frac{10 \times \sum_{d=1}^{l_{gp}} ET_{blue}}{\gamma} \quad (2)$$

Όπως φαίνεται από τις παραπάνω εξισώσεις θα πρέπει να υπολογίσουμε αρχικά την εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας (ET_c) και στη συνέχεια να προσδιορίσουμε την πράσινη (ET_{green}) και μπλε (ET_{blue}) εξατμισοδιαπνοή με βάση τις σχέσεις αντίστοιχα:

$$ET_{green} = \min(ET_c, P_{eff}) \quad (3)$$

και

$$ET_{blue} = \max(0, ET_c - P_{eff}) \quad (4)$$

Η εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας (ET_c) ισούται με το γινόμενο της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς (ET_o) επί το συντελεστή καλλιέργειας (K_c) σύμφωνα με τη σχέση (5):

$$ET_c = ET_o \times K_c \quad (5)$$

Την εξατμισοδιαπνοή αναφοράς ET_o την υπολογίζουμε με βάση την εξίσωση Penman-Monteith σύμφωνα με την προσέγγιση του FAO όπως περιγράφεται στο FAO PAPER 56 (Allen, Pereira, Raes, & Smith, 1998):

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

Όπου:

ET_o: εξατμισοδιαπνοή αναφοράς (mm / day)

R_n: καθαρή ακτινοβολία στην επιφάνεια της καλλιέργειας (MJ / m² / day),

G: ροή θερμότητας στο έδαφος - soil heat flux density (MJ / m² / day)

T: μέση θερμοκρασία του αέρα στα 2 μέτρα από την επιφάνεια της γης (°C)

u₂: ταχύτητα ανέμου στα 2 μέτρα από την επιφάνεια της γης (m / s)

e_s: πίεση ατμών στον κορεσμό (kPa)

e_a: πραγματική πίεση ατμών (kPa)

e_s - e_a: έλλειμα πίεσης ατμών (kPa)

D: κλίση της καμπύλης πίεσης υδρατμών στον κορεσμό (kPa / °C)

γ: ψυχομετρική σταθερά (kPa / °C)

Για τη διόρθωση της ταχύτητας ανέμου στα 2 μέτρα από την επιφάνεια του εδάφους χρησιμοποιήθηκε η εξίσωση:

$$u_2 = u_z \frac{4,87}{\ln(67.8 \times z - 5,42)}$$

Όπου

u_z: η ταχύτητα ανέμου στα z μέτρα από επιφάνεια της γης (m / s)

z: υψόμετρο μέτρησης ταχύτητας ανέμου πάνω από την επιφάνεια της γης (m).

Εφόσον υπολογίζουμε την εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας για όλο το διάστημα που μας ενδιαφέρει, στη συνέχεια προσδιορίζουμε το τμήμα εκείνης της εξατμισοδιαπνοής που καλύπτεται από τη βροχή (“πράσινη” εξατμισοδιαπνοή, ET_{green})

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

και το τμήμα εκείνο της εξατμισοδιαπνοής που καλύπτεται από την άρδευση (“μπλε” εξατμισοδιαπνοή)

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

Στη συνέχεια υπολογίζουμε το πράσινο και μπλε υδατικό αποτύπωμα με βάση τις εξισώσεις (1) και (2). Για να βρούμε δηλαδή την κατανάλωση του πράσινου και μπλε νερού (CWU_{green} και CWU_{blue} αντίστοιχα) πολλαπλασιάζουμε τις τιμές της πράσινης και μπλε εξατμισοδιαπνοής με το 10 για να μετατρέψουμε τα mm με τα οποία εκφράζεται η εξατμισοδιαπνοή, σε m^3 ανά εκτάριο (ha).

Τέλος διαιρούμε την κατανάλωση του πράσινου και μπλε νερού με τη συγκομιζόμενη ποσότητα (tn/ha) για να έχουμε το πράσινο και μπλε υδατικό αποτύπωμα αντίστοιχα.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται ένα παράδειγμα υπολογισμού της πράσινης και μπλε εξατμισοδιαπνοής και αντίστοιχα του πράσινου και μπλε υδατικού αποτυπώματος για ένα διάστημα καλλιέργειας ετήσιο (από 1/1 έως 31/12).

Πίνακας 2 Δεδομένα για τον Υπολογισμό Υδατικού Αποτυπώματος (ET_o , K_c , ET_c , $Rain$, P_{eff} , ET_{green} , ET_{blue})

Date	ET_o (mm)	K_c	ET_c (mm)	Rain (mm)	$P_{eff} = \text{Rain}$ * 80% (mm)	ET_{green} (mm) = min (ET_c , P_{eff})	ET_{blue} (mm) = max (0, $ET_c - P_{eff}$)
1/1	0.43	0.65	0.28	0.04	0.04	0.04	0.24
2/1	0.43	0.65	0.28	0.11	0.09	0.09	0.19
3/1	0.55	0.65	0.36	8.36	6.69	0.36	0.00
4/1	0.54	0.65	0.35	0.13	0.10	0.10	0.25
5/1	0.76	0.65	0.49	6.50	5.20	0.49	0.00
6/1	0.55	0.65	0.36	0.00	0.00	0.00	0.36
7/1	0.52	0.65	0.34	0.00	0.00	0.00	0.34
8/1	0.60	0.65	0.39	0.00	0.00	0.00	0.39
9/1	0.59	0.65	0.38	0.00	0.00	0.00	0.38
10/1	0.59	0.65	0.38	0.00	0.00	0.00	0.38
11/1	0.62	0.65	0.40	0.00	0.00	0.00	0.40
12/1	0.52	0.65	0.34	2.17	1.74	0.34	0.00
13/1	0.57	0.65	0.37	7.66	6.13	0.37	0.00
14/1	1.20	0.65	0.78	1.56	1.25	0.78	0.00
15/1	0.90	0.65	0.59	0.35	0.28	0.28	0.30
16/1	0.49	0.65	0.32	11.13	8.90	0.32	0.00
17/1	0.64	0.65	0.41	11.38	9.10	0.41	0.00
18/1	0.83	0.65	0.54	13.75	11.00	0.54	0.00

Date	ETo (mm)	Kc	ETc (mm)	Rain (mm)	Peff = Rain * 80% (mm)	ETgreen (mm) = min (ETc, Peff)	ETblue (mm) = max (0, ETc-Peff)
19/1	1.36	0.65	0.89	2.17	1.74	0.89	0.00
20/1	0.53	0.65	0.34	0.00	0.00	0.00	0.34
21/1	0.54	0.65	0.35	21.64	17.32	0.35	0.00
22/1	0.61	0.65	0.39	12.60	10.08	0.39	0.00
23/1	1.23	0.65	0.80	0.04	0.03	0.03	0.77
24/1	0.62	0.65	0.41	0.00	0.00	0.00	0.41
25/1	1.23	0.65	0.80	0.00	0.00	0.00	0.80
26/1	0.69	0.65	0.45	0.00	0.00	0.00	0.45
27/1	0.67	0.65	0.44	0.00	0.00	0.00	0.44
28/1	0.75	0.65	0.49	0.00	0.00	0.00	0.49
29/1	0.78	0.65	0.51	0.06	0.05	0.05	0.46
30/1	0.82	0.65	0.54	0.12	0.10	0.10	0.44
31/1	0.83	0.65	0.54	0.00	0.00	0.00	0.54
1/2	0.88	0.65	0.57	0.12	0.10	0.10	0.47
2/2	0.56	0.65	0.37	0.00	0.00	0.00	0.37
3/2	0.73	0.65	0.47	5.29	4.23	0.47	0.00
4/2	0.53	0.65	0.34	106.25	85.00	0.34	0.00
5/2	0.87	0.65	0.57	33.65	26.92	0.57	0.00
6/2	0.99	0.65	0.64	0.02	0.02	0.02	0.62
7/2	1.06	0.65	0.69	0.05	0.04	0.04	0.66
8/2	0.92	0.65	0.60	10.95	8.76	0.60	0.00
9/2	1.04	0.65	0.67	0.90	0.72	0.67	0.00
10/2	0.83	0.65	0.54	0.10	0.08	0.08	0.46
11/2	0.98	0.65	0.63	18.47	14.78	0.63	0.00
12/2	0.65	0.65	0.42	11.45	9.16	0.42	0.00
13/2	0.94	0.65	0.61	0.27	0.22	0.22	0.39
14/2	0.58	0.65	0.38	19.81	15.85	0.38	0.00
15/2	1.40	0.65	0.91	8.10	6.48	0.91	0.00
16/2	1.09	0.65	0.71	3.68	2.94	0.71	0.00
17/2	1.58	0.65	1.03	0.00	0.00	0.00	1.03
18/2	1.29	0.65	0.84	0.00	0.00	0.00	0.84
19/2	1.15	0.65	0.75	0.00	0.00	0.00	0.75
20/2	1.12	0.65	0.73	0.00	0.00	0.00	0.73
21/2	0.91	0.65	0.59	5.55	4.44	0.59	0.00
22/2	0.74	0.65	0.48	12.62	10.10	0.48	0.00
23/2	1.43	0.65	0.93	5.63	4.50	0.93	0.00
24/2	2.06	0.65	1.34	0.00	0.00	0.00	1.34
25/2	1.05	0.65	0.68	27.11	21.69	0.68	0.00
26/2	0.78	0.65	0.51	15.19	12.15	0.51	0.00
27/2	1.08	0.65	0.70	39.95	31.96	0.70	0.00
28/2	1.25	0.65	0.81	20.31	16.25	0.81	0.00
1/3	1.73	0.65	1.13	0.00	0.00	0.00	1.13

Date	ETo (mm)	Kc	ETc (mm)	Rain (mm)	Peff = Rain * 80% (mm)	ETgreen (mm) = min (ETc, Peff)	ETblue (mm) = max (0, ETc-Peff)
2/3	0.68	0.65	0.44	0.00	0.00	0.00	0.44
3/3	0.72	0.65	0.47	4.01	3.21	0.47	0.00
4/3	1.41	0.65	0.92	2.38	1.91	0.92	0.00
5/3	1.93	0.65	1.26	1.98	1.58	1.26	0.00
6/3	1.79	0.65	1.16	18.31	14.64	1.16	0.00
7/3	1.63	0.65	1.06	13.70	10.96	1.06	0.00
8/3	1.98	0.65	1.29	0.05	0.04	0.04	1.25
9/3	2.01	0.65	1.30	18.38	14.70	1.30	0.00
10/3	1.93	0.65	1.25	0.00	0.00	0.00	1.25
11/3	2.06	0.65	1.34	0.00	0.00	0.00	1.34
12/3	2.02	0.65	1.31	0.00	0.00	0.00	1.31
13/3	2.10	0.65	1.36	3.66	2.93	1.36	0.00
14/3	1.77	0.65	1.15	3.28	2.62	1.15	0.00
15/3	1.98	0.65	1.29	0.49	0.40	0.40	0.89
16/3	2.18	0.65	1.41	0.00	0.00	0.00	1.41
17/3	1.46	0.65	0.95	0.74	0.59	0.59	0.35
18/3	1.63	0.65	1.06	0.00	0.00	0.00	1.06
19/3	2.34	0.65	1.52	8.82	7.06	1.52	0.00
20/3	0.92	0.65	0.60	16.09	12.87	0.60	0.00
21/3	2.14	0.65	1.39	2.68	2.14	1.39	0.00
22/3	0.95	0.65	0.62	7.01	5.61	0.62	0.00
23/3	2.45	0.65	1.59	0.76	0.61	0.61	0.98
24/3	1.49	0.65	0.97	16.78	13.43	0.97	0.00
25/3	2.07	0.65	1.35	0.37	0.30	0.30	1.05
26/3	0.99	0.65	0.64	10.42	8.34	0.64	0.00
27/3	1.05	0.65	0.68	21.00	16.80	0.68	0.00
28/3	2.12	0.65	1.38	5.77	4.61	1.38	0.00
29/3	2.65	0.65	1.73	0.00	0.00	0.00	1.73
30/3	2.61	0.65	1.70	0.00	0.00	0.00	1.70
31/3	2.67	0.65	1.73	0.00	0.00	0.00	1.73
1/4	2.85	0.70	1.99	0.00	0.00	0.00	1.99
2/4	2.83	0.70	1.98	2.12	1.70	1.70	0.28
3/4	2.68	0.70	1.87	0.00	0.00	0.00	1.87
4/4	2.76	0.70	1.93	0.00	0.00	0.00	1.93
5/4	2.90	0.70	2.03	0.00	0.00	0.00	2.03
6/4	2.29	0.70	1.60	0.00	0.00	0.00	1.60
7/4	2.18	0.70	1.53	0.61	0.49	0.49	1.04
8/4	2.41	0.70	1.69	0.01	0.01	0.01	1.68
9/4	3.34	0.70	2.34	0.00	0.00	0.00	2.34
10/4	3.14	0.70	2.20	0.00	0.00	0.00	2.20
11/4	2.75	0.70	1.92	0.00	0.00	0.00	1.92
12/4	2.14	0.70	1.50	0.00	0.00	0.00	1.50

Date	ETo (mm)	Kc	ETc (mm)	Rain (mm)	Peff = Rain * 80% (mm)	ETgreen (mm) = min (ETc, Peff)	ETblue (mm) = max (0, ETc-Peff)
13/4	3.22	0.70	2.25	0.00	0.00	0.00	2.25
14/4	3.26	0.70	2.28	0.00	0.00	0.00	2.28
15/4	3.78	0.70	2.64	0.00	0.00	0.00	2.64
16/4	4.62	0.70	3.23	0.00	0.00	0.00	3.23
17/4	2.17	0.70	1.52	0.66	0.53	0.53	0.99
18/4	3.08	0.70	2.16	0.00	0.00	0.00	2.16
19/4	2.73	0.70	1.91	0.00	0.00	0.00	1.91
20/4	3.72	0.70	2.61	0.00	0.00	0.00	2.61
21/4	3.72	0.70	2.60	0.00	0.00	0.00	2.60
22/4	4.48	0.70	3.14	0.00	0.00	0.00	3.14
23/4	3.56	0.70	2.49	0.00	0.00	0.00	2.49
24/4	3.41	0.70	2.39	0.00	0.00	0.00	2.39
25/4	3.73	0.70	2.61	0.00	0.00	0.00	2.61
26/4	3.63	0.70	2.54	0.00	0.00	0.00	2.54
27/4	3.47	0.70	2.43	0.00	0.00	0.00	2.43
28/4	3.94	0.70	2.76	0.10	0.08	0.08	2.68
29/4	5.23	0.70	3.66	0.00	0.00	0.00	3.66
30/4	5.22	0.70	3.66	0.00	0.00	0.00	3.66
1/5	3.01	0.70	2.11	0.00	0.00	0.00	2.11
2/5	4.07	0.70	2.85	0.00	0.00	0.00	2.85
3/5	3.98	0.70	2.79	0.00	0.00	0.00	2.79
4/5	2.01	0.70	1.41	0.96	0.77	0.77	0.64
5/5	2.18	0.70	1.53	0.18	0.14	0.14	1.38
6/5	1.89	0.70	1.32	8.11	6.49	1.32	0.00
7/5	2.07	0.70	1.45	1.85	1.48	1.45	0.00
8/5	3.14	0.70	2.20	3.24	2.59	2.20	0.00
9/5	3.13	0.70	2.19	0.00	0.00	0.00	2.19
10/5	3.36	0.70	2.35	0.15	0.12	0.12	2.23
11/5	2.88	0.70	2.02	3.27	2.61	2.02	0.00
12/5	3.04	0.70	2.13	21.65	17.32	2.13	0.00
13/5	4.15	0.70	2.90	0.18	0.15	0.15	2.75
14/5	4.20	0.70	2.94	0.00	0.00	0.00	2.94
15/5	3.06	0.70	2.14	0.00	0.00	0.00	2.14
16/5	2.45	0.70	1.72	23.44	18.75	1.72	0.00
17/5	2.99	0.70	2.09	22.04	17.63	2.09	0.00
18/5	3.67	0.70	2.57	9.33	7.46	2.57	0.00
19/5	2.78	0.70	1.95	3.30	2.64	1.95	0.00
20/5	4.19	0.70	2.93	0.00	0.00	0.00	2.93
21/5	3.99	0.70	2.80	10.27	8.22	2.80	0.00
22/5	4.54	0.70	3.17	14.12	11.29	3.17	0.00
23/5	4.59	0.70	3.21	0.00	0.00	0.00	3.21
24/5	2.57	0.70	1.80	1.12	0.90	0.90	0.90

Date	ETo (mm)	Kc	ETc (mm)	Rain (mm)	Peff = Rain * 80% (mm)	ETgreen (mm) = min (ETc, Peff)	ETblue (mm) = max (0, ETc-Peff)
25/5	3.87	0.70	2.71	19.69	15.75	2.71	0.00
26/5	4.38	0.70	3.07	0.13	0.10	0.10	2.97
27/5	4.57	0.70	3.20	0.00	0.00	0.00	3.20
28/5	4.27	0.70	2.99	0.00	0.00	0.00	2.99
29/5	4.26	0.70	2.98	3.51	2.81	2.81	0.17
30/5	4.00	0.70	2.80	0.01	0.01	0.01	2.79
31/5	4.44	0.70	3.11	0.25	0.20	0.20	2.91
1/6	3.59	0.70	2.52	1.10	0.88	0.88	1.64
2/6	4.63	0.70	3.24	0.06	0.05	0.05	3.19
3/6	4.66	0.70	3.26	0.00	0.00	0.00	3.26
4/6	4.98	0.70	3.49	0.00	0.00	0.00	3.49
5/6	5.04	0.70	3.52	0.00	0.00	0.00	3.52
6/6	4.53	0.70	3.17	0.00	0.00	0.00	3.17
7/6	4.66	0.70	3.27	0.00	0.00	0.00	3.27
8/6	4.78	0.70	3.35	0.00	0.00	0.00	3.35
9/6	5.05	0.70	3.54	0.00	0.00	0.00	3.54
10/6	4.77	0.70	3.34	0.25	0.20	0.20	3.13
11/6	3.89	0.70	2.72	14.97	11.97	2.72	0.00
12/6	4.84	0.70	3.39	0.11	0.09	0.09	3.30
13/6	4.86	0.70	3.40	0.00	0.00	0.00	3.40
14/6	4.85	0.70	3.39	0.00	0.00	0.00	3.39
15/6	4.59	0.70	3.21	0.00	0.00	0.00	3.21
16/6	2.86	0.70	2.00	10.83	8.67	2.00	0.00
17/6	3.55	0.70	2.49	6.29	5.03	2.49	0.00
18/6	3.27	0.70	2.29	0.97	0.78	0.78	1.51
19/6	3.48	0.70	2.44	1.95	1.56	1.56	0.88
20/6	3.22	0.70	2.25	0.11	0.09	0.09	2.17
21/6	4.33	0.70	3.03	0.00	0.00	0.00	3.03
22/6	2.38	0.70	1.67	0.00	0.00	0.00	1.67
23/6	4.69	0.70	3.28	0.00	0.00	0.00	3.28
24/6	3.91	0.70	2.74	0.00	0.00	0.00	2.74
25/6	4.75	0.70	3.32	0.00	0.00	0.00	3.32
26/6	2.87	0.70	2.01	1.45	1.16	1.16	0.85
27/6	3.10	0.70	2.17	2.12	1.70	1.70	0.47
28/6	3.32	0.70	2.32	0.18	0.14	0.14	2.18
29/6	3.26	0.70	2.28	1.40	1.12	1.12	1.17
30/6	4.25	0.70	2.98	0.00	0.00	0.00	2.98
1/7	4.57	0.70	3.20	0.00	0.00	0.00	3.20
2/7	4.96	0.70	3.47	0.00	0.00	0.00	3.47
3/7	4.88	0.70	3.42	0.00	0.00	0.00	3.42
4/7	4.97	0.70	3.48	0.00	0.00	0.00	3.48
5/7	4.89	0.70	3.43	0.00	0.00	0.00	3.43

Date	ETo (mm)	Kc	ETc (mm)	Rain (mm)	Peff = Rain * 80% (mm)	ETgreen (mm) = min (ETc, Peff)	ETblue (mm) = max (0, ETc-Peff)
6/7	5.00	0.70	3.50	0.00	0.00	0.00	3.50
7/7	4.98	0.70	3.49	0.00	0.00	0.00	3.49
8/7	5.07	0.70	3.55	0.00	0.00	0.00	3.55
9/7	4.52	0.70	3.16	11.12	8.89	3.16	0.00
10/7	4.81	0.70	3.36	0.00	0.00	0.00	3.36
11/7	4.77	0.70	3.34	0.00	0.00	0.00	3.34
12/7	4.75	0.70	3.33	0.00	0.00	0.00	3.33
13/7	4.82	0.70	3.38	0.00	0.00	0.00	3.38
14/7	5.17	0.70	3.62	0.00	0.00	0.00	3.62
15/7	5.19	0.70	3.64	0.00	0.00	0.00	3.64
16/7	5.12	0.70	3.59	0.00	0.00	0.00	3.59
17/7	5.04	0.70	3.53	0.00	0.00	0.00	3.53
18/7	4.69	0.70	3.28	0.00	0.00	0.00	3.28
19/7	5.01	0.70	3.51	0.00	0.00	0.00	3.51
20/7	5.38	0.70	3.77	0.00	0.00	0.00	3.77
21/7	4.99	0.70	3.49	0.00	0.00	0.00	3.49
22/7	4.93	0.70	3.45	0.00	0.00	0.00	3.45
23/7	4.42	0.70	3.10	0.00	0.00	0.00	3.10
24/7	3.66	0.70	2.56	2.70	2.16	2.16	0.40
25/7	4.07	0.70	2.85	0.00	0.00	0.00	2.85
26/7	4.19	0.70	2.93	3.27	2.61	2.61	0.32
27/7	3.52	0.70	2.46	9.10	7.28	2.46	0.00
28/7	4.37	0.70	3.06	0.25	0.20	0.20	2.86
29/7	4.57	0.70	3.20	0.00	0.00	0.00	3.20
30/7	3.80	0.70	2.66	5.12	4.09	2.66	0.00
31/7	3.83	0.70	2.68	0.29	0.23	0.23	2.45
1/8	4.81	0.70	3.37	0.13	0.10	0.10	3.27
2/8	4.84	0.70	3.39	0.00	0.00	0.00	3.39
3/8	5.18	0.70	3.63	0.00	0.00	0.00	3.63
4/8	4.56	0.70	3.19	0.00	0.00	0.00	3.19
5/8	5.59	0.70	3.92	0.00	0.00	0.00	3.92
6/8	5.33	0.70	3.73	0.00	0.00	0.00	3.73
7/8	5.10	0.70	3.57	0.00	0.00	0.00	3.57
8/8	4.91	0.70	3.44	0.00	0.00	0.00	3.44
9/8	5.09	0.70	3.56	0.00	0.00	0.00	3.56
10/8	5.02	0.70	3.52	0.00	0.00	0.00	3.52
11/8	5.57	0.70	3.90	0.00	0.00	0.00	3.90
12/8	5.42	0.70	3.80	0.00	0.00	0.00	3.80
13/8	5.05	0.70	3.54	0.00	0.00	0.00	3.54
14/8	4.99	0.70	3.49	0.00	0.00	0.00	3.49
15/8	3.92	0.70	2.75	0.00	0.00	0.00	2.75
16/8	4.77	0.70	3.34	0.00	0.00	0.00	3.34

Date	ETo (mm)	Kc	ETc (mm)	Rain (mm)	Peff = Rain * 80% (mm)	ETgreen (mm) = min (ETc, Peff)	ETblue (mm) = max (0, ETc-Peff)
17/8	2.43	0.70	1.70	5.86	4.69	1.70	0.00
18/8	4.71	0.70	3.29	0.00	0.00	0.00	3.29
19/8	4.31	0.70	3.02	0.00	0.00	0.00	3.02
20/8	5.07	0.70	3.55	0.00	0.00	0.00	3.55
21/8	5.05	0.70	3.54	1.57	1.26	1.26	2.28
22/8	4.90	0.70	3.43	0.00	0.00	0.00	3.43
23/8	4.66	0.70	3.26	0.00	0.00	0.00	3.26
24/8	4.82	0.70	3.37	0.00	0.00	0.00	3.37
25/8	4.49	0.70	3.14	0.00	0.00	0.00	3.14
26/8	4.14	0.70	2.89	7.36	5.89	2.89	0.00
27/8	3.22	0.70	2.26	0.01	0.01	0.01	2.25
28/8	2.21	0.70	1.55	5.58	4.46	1.55	0.00
29/8	3.08	0.70	2.16	0.08	0.06	0.06	2.09
30/8	3.73	0.70	2.61	0.00	0.00	0.00	2.61
31/8	3.56	0.70	2.49	0.00	0.00	0.00	2.49
1/9	4.30	0.70	3.01	0.00	0.00	0.00	3.01
2/9	4.38	0.70	3.07	0.00	0.00	0.00	3.07
3/9	4.18	0.70	2.92	0.00	0.00	0.00	2.92
4/9	4.28	0.70	2.99	0.00	0.00	0.00	2.99
5/9	4.25	0.70	2.98	0.00	0.00	0.00	2.98
6/9	4.34	0.70	3.04	0.00	0.00	0.00	3.04
7/9	4.02	0.70	2.82	0.00	0.00	0.00	2.82
8/9	3.83	0.70	2.68	0.00	0.00	0.00	2.68
9/9	2.99	0.70	2.09	15.56	12.45	2.09	0.00
10/9	3.87	0.70	2.71	0.03	0.02	0.02	2.69
11/9	3.80	0.70	2.66	0.00	0.00	0.00	2.66
12/9	3.34	0.70	2.34	0.00	0.00	0.00	2.34
13/9	3.53	0.70	2.47	0.00	0.00	0.00	2.47
14/9	3.47	0.70	2.43	0.00	0.00	0.00	2.43
15/9	3.49	0.70	2.44	0.00	0.00	0.00	2.44
16/9	3.61	0.70	2.53	0.00	0.00	0.00	2.53
17/9	3.63	0.70	2.54	0.00	0.00	0.00	2.54
18/9	3.61	0.70	2.53	0.00	0.00	0.00	2.53
19/9	3.58	0.70	2.51	0.00	0.00	0.00	2.51
20/9	3.58	0.70	2.51	0.00	0.00	0.00	2.51
21/9	3.48	0.70	2.43	0.00	0.00	0.00	2.43
22/9	3.45	0.70	2.42	0.00	0.00	0.00	2.42
23/9	3.17	0.70	2.22	0.00	0.00	0.00	2.22
24/9	3.24	0.70	2.27	0.00	0.00	0.00	2.27
25/9	3.19	0.70	2.24	0.00	0.00	0.00	2.24
26/9	3.95	0.70	2.76	0.00	0.00	0.00	2.76
27/9	4.44	0.70	3.11	0.00	0.00	0.00	3.11

Date	ETo (mm)	Kc	ETc (mm)	Rain (mm)	Peff = Rain * 80% (mm)	ETgreen (mm) = min (ETc, Peff)	ETblue (mm) = max (0, ETc-Peff)
28/9	4.93	0.70	3.45	0.00	0.00	0.00	3.45
29/9	3.99	0.70	2.79	0.00	0.00	0.00	2.79
30/9	2.22	0.70	1.55	0.01	0.01	0.01	1.54
1/10	1.17	0.70	0.82	3.51	2.81	0.82	0.00
2/10	2.30	0.70	1.61	0.91	0.72	0.72	0.89
3/10	2.31	0.70	1.62	0.00	0.00	0.00	1.62
4/10	1.37	0.70	0.96	4.38	3.50	0.96	0.00
5/10	2.41	0.70	1.69	0.00	0.00	0.00	1.69
6/10	2.79	0.70	1.95	0.00	0.00	0.00	1.95
7/10	2.58	0.70	1.81	0.00	0.00	0.00	1.81
8/10	1.78	0.70	1.25	0.02	0.01	0.01	1.23
9/10	2.36	0.70	1.65	0.00	0.00	0.00	1.65
10/10	2.47	0.70	1.73	0.00	0.00	0.00	1.73
11/10	2.71	0.70	1.90	0.00	0.00	0.00	1.90
12/10	2.25	0.70	1.58	0.00	0.00	0.00	1.58
13/10	2.12	0.70	1.48	0.00	0.00	0.00	1.48
14/10	2.70	0.70	1.89	0.00	0.00	0.00	1.89
15/10	2.91	0.70	2.04	0.00	0.00	0.00	2.04
16/10	2.19	0.70	1.53	0.00	0.00	0.00	1.53
17/10	2.05	0.70	1.44	0.00	0.00	0.00	1.44
18/10	2.01	0.70	1.41	0.00	0.00	0.00	1.41
19/10	1.98	0.70	1.38	0.00	0.00	0.00	1.38
20/10	1.91	0.70	1.33	0.00	0.00	0.00	1.33
21/10	1.94	0.70	1.35	0.00	0.00	0.00	1.35
22/10	1.79	0.70	1.25	0.26	0.21	0.21	1.04
23/10	1.48	0.70	1.04	9.09	7.27	1.04	0.00
24/10	0.68	0.70	0.48	0.12	0.10	0.10	0.38
25/10	1.79	0.70	1.25	0.00	0.00	0.00	1.25
26/10	1.99	0.70	1.40	0.00	0.00	0.00	1.40
27/10	1.39	0.70	0.97	0.00	0.00	0.00	0.97
28/10	1.62	0.70	1.13	0.97	0.78	0.78	0.36
29/10	0.53	0.70	0.37	0.00	0.00	0.00	0.37
30/10	1.32	0.70	0.92	0.00	0.00	0.00	0.92
31/10	1.13	0.70	0.79	1.14	0.91	0.79	0.00
1/11	1.51	0.70	1.06	0.00	0.00	0.00	1.06
2/11	1.18	0.70	0.82	0.00	0.00	0.00	0.82
3/11	1.22	0.70	0.85	0.00	0.00	0.00	0.85
4/11	1.72	0.70	1.20	0.00	0.00	0.00	1.20
5/11	1.44	0.70	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00
6/11	1.17	0.70	0.82	0.00	0.00	0.00	0.82
7/11	1.15	0.70	0.81	0.00	0.00	0.00	0.81
8/11	1.15	0.70	0.81	5.63	4.50	0.81	0.00

Date	ETo (mm)	Kc	ETc (mm)	Rain (mm)	Peff = Rain * 80% (mm)	ETgreen (mm) = min (ETc, Peff)	ETblue (mm) = max (0, ETc-Peff)
9/11	0.93	0.70	0.65	0.84	0.67	0.65	0.00
10/11	1.04	0.70	0.73	0.07	0.06	0.06	0.67
11/11	0.99	0.70	0.69	0.00	0.00	0.00	0.69
12/11	0.95	0.70	0.67	0.00	0.00	0.00	0.67
13/11	0.90	0.70	0.63	0.00	0.00	0.00	0.63
14/11	0.87	0.70	0.61	0.00	0.00	0.00	0.61
15/11	0.83	0.70	0.58	0.00	0.00	0.00	0.58
16/11	1.08	0.70	0.76	0.03	0.03	0.03	0.73
17/11	1.18	0.70	0.83	9.53	7.62	0.83	0.00
18/11	1.30	0.70	0.91	5.01	4.01	0.91	0.00
19/11	0.95	0.70	0.66	37.92	30.34	0.66	0.00
20/11	0.66	0.70	0.46	0.70	0.56	0.46	0.00
21/11	0.72	0.70	0.50	6.78	5.42	0.50	0.00
22/11	0.74	0.70	0.52	22.09	17.67	0.52	0.00
23/11	0.84	0.70	0.59	0.07	0.06	0.06	0.53
24/11	0.74	0.70	0.52	0.05	0.04	0.04	0.48
25/11	0.66	0.70	0.46	0.01	0.01	0.01	0.45
26/11	0.61	0.70	0.42	10.91	8.72	0.42	0.00
27/11	0.73	0.70	0.51	53.27	42.62	0.51	0.00
28/11	0.67	0.70	0.47	45.74	36.60	0.47	0.00
29/11	0.69	0.70	0.49	8.59	6.87	0.49	0.00
30/11	1.81	0.70	1.27	0.00	0.00	0.00	1.27
1/12	0.92	0.70	0.64	0.00	0.00	0.00	0.64
2/12	0.55	0.70	0.39	0.00	0.00	0.00	0.39
3/12	0.52	0.70	0.37	0.00	0.00	0.00	0.37
4/12	0.53	0.70	0.37	0.00	0.00	0.00	0.37
5/12	0.58	0.70	0.40	0.00	0.00	0.00	0.40
6/12	0.65	0.70	0.45	0.00	0.00	0.00	0.45
7/12	0.56	0.70	0.39	0.00	0.00	0.00	0.39
8/12	0.36	0.70	0.25	0.00	0.00	0.00	0.25
9/12	0.51	0.70	0.36	25.98	20.78	0.36	0.00
10/12	0.55	0.70	0.39	3.47	2.77	0.39	0.00
11/12	0.76	0.70	0.53	15.47	12.38	0.53	0.00
12/12	0.48	0.70	0.33	0.00	0.00	0.00	0.33
13/12	0.40	0.70	0.28	0.02	0.02	0.02	0.26
14/12	0.54	0.70	0.38	7.63	6.11	0.38	0.00
15/12	0.55	0.70	0.38	1.20	0.96	0.38	0.00
16/12	0.65	0.70	0.46	5.98	4.78	0.46	0.00
17/12	0.66	0.70	0.46	0.00	0.00	0.00	0.46
18/12	0.54	0.70	0.38	8.13	6.50	0.38	0.00
19/12	0.74	0.70	0.52	2.47	1.97	0.52	0.00
20/12	0.42	0.70	0.29	0.00	0.00	0.00	0.29

Date	ET _o (mm)	K _c	ET _c (mm)	Rain (mm)	Pe _{eff} = Rain * 80% (mm)	ET _{green} (mm) = min (ET _c , Pe _{eff})	ET _{blue} (mm) = max (0, ET _c -Pe _{eff})
21/12	0.44	0.70	0.31	0.00	0.00	0.00	0.31
22/12	0.48	0.70	0.33	0.23	0.18	0.18	0.15
23/12	0.50	0.70	0.35	0.08	0.06	0.06	0.29
24/12	0.59	0.70	0.41	0.00	0.00	0.00	0.41
25/12	0.51	0.70	0.36	8.06	6.45	0.36	0.00
26/12	0.89	0.70	0.63	1.80	1.44	0.63	0.00
27/12	0.71	0.70	0.50	0.00	0.00	0.00	0.50
28/12	0.44	0.70	0.31	0.00	0.00	0.00	0.31
29/12	0.45	0.70	0.32	0.00	0.00	0.00	0.32
30/12	0.51	0.70	0.35	0.01	0.01	0.01	0.35
31/12	0.53	0.70	0.37	0.00	0.00	0.00	0.37

Αθροίζουμε τις ημερήσιες εξατμισοδιαπνοές όλης της περιόδου και έχουμε έτσι τη συνολική πράσινη εξατμισοδιαπνοή ($\sum_{d=1}^{lgp} ET_{green}$) και τη συνολική μπλε εξατμισοδιαπνοή ($\sum_{d=1}^{lgp} ET_{blue}$) για όλο το διάστημα της καλλιεργητικής περιόδου (lgp) και έχουμε από τον παραπάνω πίνακα:

Πίνακας 3 Τα αθροίσματα που αξιοποιούμε από τον Πίνακα 2: Άθροισμα των ημερησίων εξατμισοδιαπνοών (καλλιέργειας, πράσινης και μπλε)

Date	ET _o (mm)	K _c	ET _c (mm)	Rain (mm)	Pe _{eff} = Rain * 80% (mm)	$\sum ET_{green}$ (mm) = min (ET _c , Pe _{eff})	$\sum ET_{blue}$ (mm) = max (0, ET _c -Pe _{eff})
Ολοκληρη Καλλ/κή περίοδος (lgp)			653,71			124,97	528,74

Έχοντας υπολογίσει την πράσινη και μπλε εξατμισοδιαπνοή συνεχίζουμε στον υπολογισμό της πράσινης και μπλε υδατοκατανάλωσης (CWU) η οποία ισούται αντίστοιχα με:

$$CWU_{green} = 10 \times \left(\sum_{d=1}^{lgp} ET_{green} \right)$$

και

$$CWU_{blue} = 10 \times \left(\sum_{d=1}^{lgp} ET_{blue} \right)$$

Πολλαπλασιάζουμε πρακτικά με το 10 για να μετατρέψουμε τα mm σε m³ / ha.

Έτσι έχουμε αντίστοιχα:

CWU Green (m³/ha) = 10 x ET_{green}	CWU Blue (m³/ha) = 10 x ET_{blue}
1249,70	5287,40

Στη συνέχεια διαιρούμε με την παραγωγή ανά εκτάριο (tn/ha). Ας υποθέσουμε ότι η παραγωγή (συγκομιζόμενη ποσότητα) είναι ίση με 12 tn/ha:

Yield (Y) (tn/ha)
12 tn/ ha

τότε έχουμε:

WF_{green} (m³/tn) = CWU/Y	WF_{blue} (m³/tn) = CWU/Y
1249,70 / 12 = = 104,14	5287,40 / 12 = 440,62

Το Πράσινο Υδατικό Αποτύπωμα επομένως ισούται με 104,14 m³/tn και το Μπλε Υδατικό Αποτύπωμα ισούται με 440,62 m³/tn.

6.2.Υπολογισμός Γκρίζου αποτυπώματος

Το γκρίζο ΥΑ υπολογίζεται από την εξίσωση (6)

$$WF_{grey} = \frac{AR \times a}{\frac{c_{max} - c_{nat}}{Y}} \quad (6)$$

Όπου:

AR (Application Rate): η συνολική ποσότητα N που εφαρμόστηκε

a: βαθμός έκπλυσης (δεχόμαστε με βάση τη βιβλιογραφία μια τιμή 10% = 0,1 για το N)

c_{max}: η μέγιστη επιτρεπόμενη ποσότητα με βάση τα περιβαλλοντικά πρότυπα της περιοχής (με βάση την υπάρχουσα νομοθεσία στην Ελλάδα όπου το όριο των νιτρικών είναι 50mg/lit NO₃-δεχόμαστε μια τιμή για το N ίση με 0,011 kg/m³ νερού)

c_{nat}: η ποσότητα του ρυπαντή που βρίσκεται στη φύση χωρίς την επίδραση του ανθρώπου (δεχόμαστε την τιμή 0)

Y: η συγκομιζόμενη ποσότητα (tn)

Για τον υπολογισμό του Γκρίζου Υδατικού Αποτυπώματος χρειάζεται να γνωρίζουμε την ποσότητα των ρυπαντών που εφαρμόζονται στην καλλιέργεια για όλο το έτος. Επειδή από τους ρυπαντές το άζωτο (N) είναι αυτό που πρακτικά έχει τις μεγαλύτερες επιπτώσεις στο περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία περιορίζουμε τον υπολογισμό σε αυτό το στοιχείο.

Έτσι εάν υποθέσουμε ότι ο παραγωγός έχει εφαρμόσει στο διάστημα αναφοράς την παρακάτω λίπανση:

Πίνακας 4 Εφαρμοζόμενη λίπανση στην καλλιέργεια

Ημ/νία	Τύπος λιπάσματος	Εφαρμοζόμενη ποσότητα ανά δένδρο
Ιανουάριος	20_20_0	2kgr/tree
Φεβρουάριος	26_0_0	2kgr/tree

τότε υπολογίζουμε αρχικά για κάθε λίπασμα την ποσότητα N που εφαρμόστηκε στο αγροτεμάχιο. Αυτό σημαίνει αρχικά ότι γνωρίζουμε τον αριθμό των δένδρων και την έκταση του αγροτεμαχίου.

Πίνακας 5 Υπολογισμός της εφαρμοζόμενης ποσότητας N στην καλλιέργεια μέσω λίπανσης

Ημ/νία	Τύπος λιπάσματος	Εφαρμοζόμενη ποσότητα ανά δένδρο	Αριθμός δένδρων στο αγροτεμάχιο	Έκταση αγροτεμαχίου (ha)	Εφαρμοζόμενη ποσότητα N (kg) στο αγροτεμάχιο	Εφαρμοζόμενη ποσότητα N (kg) στο εκτάριο (kg/ha)
Ιανουάριος	20_20_0	2kgr/δένδρο	60	0,25	=0,2 * 2 * 60 = 24 kg	=24 / 0,25 = 96 kg N/ha
Φεβρουάριος	26_0_0	2kgr/δένδρο			=0,26 * 2 * 60 = 31,2 kg	= 31,2 / 0,25 = 124,8 kg N/ha
AR						= 96+ 124,8 = 220,8 kg N/ha

Εάν η συγκομιζόμενη ποσότητα είναι 12 τόνοι ανά εκτάριο (tn/ha) τότε αντικαθιστώντας στην εξίσωση (6) έχουμε:

$$WF_{grey} = \frac{220,8 \times 0,1}{0,011 - 0} = 167,27 \text{ m}^3/\text{tn}$$

6.3.Υπολογισμός συνολικού Υδατικού Αποτυπώματος

Εφόσον γνωρίζουμε τα επί μέρους συστατικά του Υδατικού Αποτυπώματος το συνολικό Υδατικό Αποτύπωμα είναι το άθροισμα των συστατικών αυτών και υπολογίζεται επομένως ως εξής:

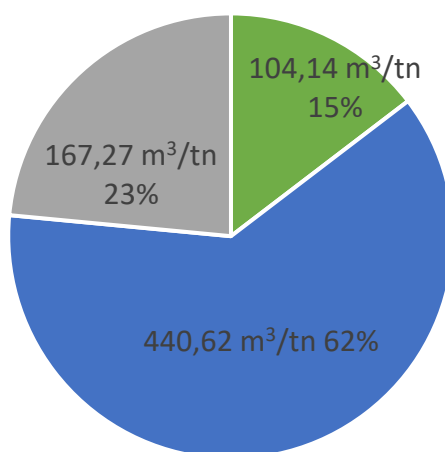
$$WF_{total} = WF_{green} + WF_{blue} + WF_{grey}$$

Οπότε από τα παραπάνω έχουμε:

$$WF_{total} = 104,14 + 440,62 + 167,27 = 712,03 \text{ m}^3/\text{tn}$$

Η κατανομή των επιμέρους συστατικών του Υδατικού Αποτυπώματος έχει ιδιαίτερη σημασία στη μετέπειτα ανάλυση βιωσιμότητας του αποτυπώματος.

Στο παραπάνω παράδειγμα η κατανομή των επιμέρους συστατικών του Υδατικού Αποτυπώματος αποτυπώνεται στην Εικόνα 9. Παρατηρούμε ότι το μεγαλύτερο ποσοστό καταλαμβάνει το Μπλε Υδατικό Αποτύπωμα (440,62 m³/tn: 62%), στη συνέχεια το Γκρίζο Υδατικό Αποτύπωμα (167,27 m³/tn : 23%) ενώ το Πράσινο Υδατικό Αποτύπωμα συμμετέχει με το μικρότερο ποσοστό (104,14 m³/tn : 15%).



Εικόνα 9 Κατανομή των επιμέρους συστατικών του Υδατικού Αποτυπώματος (με πράσινο το Πράσινο Υδατικό Αποτύπωμα, με μπλε το Μπλε Υδατικό Αποτύπωμα και με γκρι το Γκριζο Υδατικό Αποτύπωμα)

Με βάση τα ευρήματα του υπολογισμού του Υδατικού Αποτυπώματος μπορούμε να σχεδιάσουμε τη στρατηγική διαχείρισης των εισροών στην καλλιέργεια. Έτσι για να μειώσουμε το Υδατικό Αποτύπωμα στη συγκεκριμένη περίπτωση μπορούμε να στοχεύσουμε στη μείωση των συνιστωσών που συμμετέχουν με το μεγαλύτερο ποσοστό δηλαδή είτε στη μείωση του Μπλε Υδατικού Αποτυπώματος είτε στη μείωση του Γκριζο Υδατικού Αποτυπώματος.

7. Απαιτήσεις σε δεδομένα για τον υπολογισμό Υδατικού Αποτυπώματος

Για τον υπολογισμό του Υδατικού Αποτυπώματος μια καλλιέργειας στην πράξη τα δεδομένα που απαιτείται να παρακολουθούνται και να καταγράφονται είναι τα ακόλουθα:

1. Για τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς (ΕΤ₀) και εξατμισοδιαπνοής καλλιέργειας (ΕΤ_c) για τον υπολογισμό πράσινου και μπλε υδατικού αποτυπώματος βασιζόμαστε στην εξίσωση Penman-Monteith όπως περιγράφεται αναλυτικά στο FAO PAPER 56:
 - a. Μετεωρολογικά δεδομένα όπως:
 - i. Θερμοκρασία ημέρας (μέγιστη, ελάχιστη και μέσος όρος)
 - ii. Σχετική Υγρασία ημέρας (μέγιστη, ελάχιστη και μέσος όρος)
 - iii. Ταχύτητα ανέμου
 - iv. Ακτινοβολία
 - v. Βροχόπτωση
 - b. Δεδομένα καλλιέργειας όπως:
 - i. Συντελεστής καλλιέργειας φυτού (K_c) για το διάστημα υπολογισμού της εξατμισοδιαπνοής καλλιέργειας (ΕΤ_c)
2. Για τον υπολογισμό του γκρίζου αποτυπώματος
 - a. Ποσότητα ρυπαντή που εφαρμόστηκε στην καλλιέργεια
 - b. Τύπος ρυπαντή (στην περίπτωση λιπασμάτων μας ενδιαφέρει ο τύπος του λιπάσματος και πιο συγκεκριμένα οι μονάδες Αζώτου και Φωσφόρου)
3. Ποσότητα συγκομιδής

7.1. Αντληση δεδομένων

Τα παραπάνω δεδομένα είναι δυνατόν να αντληθούν είτε με απευθείας μετρήσεις είτε έμμεσα από υπολογισμούς είτε τέλος με επικοινωνία με τον παραγωγό. Πιο συγκεκριμένα:

1. Μετεωρολογικά δεδομένα. Τα δεδομένα αυτά αντλούνται από μετεωρολογικούς σταθμούς εγκατεστημένους στην περιοχή. Το Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων διαθέτει δίκτυο πλήρως εξοπλισμένων μετεωρολογικών σταθμών στην περιοχή, από τους οποίους και αντλεί τα δεδομένα.
2. Δεδομένα καλλιέργειας. Ο συντελεστής καλλιέργειας K_c προσδιορίζεται κυρίως με τη βοήθεια δεδομένων που υπάρχουν στη βιβλιογραφία.
3. Ποσότητα και τύπος ρυπαντή που εφαρμόζεται στην καλλιέργεια. Μέσω επικοινωνίας με τον παραγωγό είναι δυνατή η άντληση της πληροφορίας που αφορά την ποσότητα και τον τύπο του εφαρμοζόμενου ρυπαντή στην καλλιέργεια. Ο παραγωγός δίνει στοιχεία σχετικά με τη λίπανση και η φυτοπροστασία που εφαρμόζει στην καλλιέργειά του (σκεύασμα και ποσότητα). Με βάση τα στοιχεία αυτά υπολογίζουμε ακριβώς την ποσότητα των ρυπαντικών στοιχείων (κυρίως άζωτο και φώσφορο) που δέχεται η καλλιέργεια στο διάστημα υπολογισμού του Υδατικού Αποτυπώματος.
4. Ποσότητα συγκομιδής. Την πληροφορία αυτή την αντλούμε κυρίως έπειτα από επικοινωνία με τον παραγωγό αφού ολοκληρωθεί η συγκομιδή.

8. Bibliography

- Allan, T. (1997). 'Virtual water': a long term solution for water short Middle Eastern economies?
- 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.
- Hoekstra, A. Y., & Hung, P. Q. (2002). *VIRTUAL WATER TRADE: A QUANTIFICATION OF VIRTUAL WATER FLOWS BETWEEN NATIONS IN RELATION TO INTERNATIONAL CROP TRADE*. Delft: IHE Delft. Retrieved from <http://waterfootprint.org/media/downloads/Report11.pdf>
- Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K., Aldaya, M. M., & Mekonnen, M. M. (2011). *The Water Footprint Assessment Manual: Setting the Global Standard*. Water Footprint Network. London: Earthscan. Retrieved from http://waterfootprint.org/media/downloads/TheWaterFootprintAssessmentManual_2.pdf
- Mekonnen, M. M., & Hoekstra, A. Y. (2010). The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. *Value of Water Research Report Series No. 47*. Retrieved from <http://www.waterfootprint.org/Reports/Report47-WaterFootprintCrops-Vol1.pdf>
- Mekonnen, M. M., & Hoekstra, A. Y. (2011). *National water footprint accounts: the green, blue and grey water footprint of production and consumption*. Delft, the Netherlands: UNESCO-IHE. Retrieved from <http://www.waterfootprint.org/Reports/Report50-NationalWaterFootprints-Vol1.pdf>
- Τσιρογιάννης, Ι. (2018). Σύγχρονες μέθοδοι άρδευσης. In *Εγκυκλοπαίδεια της Ελαιοκομίας, Το ελαιόλαδο* (pp. 93-108). Αθήνα: Αξιον Εκδοτική - Gaia ΕΠΙΧΕΙΡΕΙΝ.