

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ  
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ ΚΑΙ  
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ  
ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ**

**ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΗ  
ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**“Υδατικό Αποτύπωμα  
και Εικονικό Νερό:  
Μέθοδοι Υπολογισμού  
για Προϊόντα και  
Υπηρεσίες”**

**Εισηγητής φοιτητής: Κολόπτας Ευάγγελος, ΑΕΜ: 0807025**

**Επιβλέπων Καθηγητής: Κανακούδης Βασίλειος,  
Επ.Καθηγητής Πανεπιστημίου Θεσσαλίας**

**Βόλος, Ιούνιος 2012**



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ & ΚΕΝΤΡΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ  
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 10805/1  
Ημερ. Εισ.: 19-07-2012  
Δωρεά: Συγγραφέα  
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ – ΠΜ  
2012  
ΚΟΛ

## Ευχαριστίες

---

Με την ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω πρώτα από όλους τον επιβλέπων Επίκουρο Καθηγητή Πανεπιστημίου Θεσσαλίας κ. Βασίλη Κανακούδη, για την εμπιστοσύνη και το ενδιαφέρον που έδειξε τόσο κατά την ανάθεση της εργασίας, όσο και κατά τη διάρκεια διεξαγωγής των μαθημάτων του προπτυχιακού προγράμματος. Θα ήθελα επίσης να τον ευχαριστήσω για τη συμπαράσταση και την καθοδήγησή του καθ’ όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας μου.

Επίσης, είμαι ευγνώμων στην κ. Τσιτσιφλή Σταυρούλα, διδάσκουσα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, όπου με τις γνώσεις της, και τις συνεχείς υποδείξεις της συνέβαλε καθοριστικά στην αρτιότητα της εργασίας.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους φίλους μου Παναγιώτη, Χάρη και Χρύσα για την ψυχολογική στήριξη που μου παρείχαν και φυσικά τους γονείς μου που με στήριζαν και με συμβούλευαν σε κάθε βήμα της φοιτητικής μου ζωής.

Βόλος, Ιούνιος 2012

## Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως αντικείμενο την έρευνα και την συλλογή πληροφοριών σχετικά με το υδατικό αποτύπωμα και το εικονικό νερό. Επιπλέον, μετά από την παρουσίαση θεωρητικών πληροφοριών για τα δύο αυτά αντικείμενα γίνεται η αναλυτική περιγραφή δυο πρακτικών εφαρμογών. Πιο συγκεκριμένα, σε πρώτο στάδιο παραθέεται ο ορισμός του υδατικού αποτυπώματος, δηλαδή του συνολικού όγκου του γλυκού νερού που χρησιμοποιείται άμεσα ή έμμεσα για την παραγωγή ενός προϊόντος. Πιο συγκεκριμένα, ο όγκος αυτός υπολογίζεται λαμβάνοντας υπόψη την ποσότητα του νερού που καταναλώνεται και ρυπαίνεται σε όλα τα στάδια της παραγωγικής αλυσίδας. Στη συνέχεια γίνεται αναλυτική περιγραφή των υποκατηγοριών αυτού καθώς και των διαφορών μεθόδων υπολογισμού του. Οι μέθοδοι υπολογισμού που παρουσιάζονται σχετίζονται με το υδατικό αποτύπωμα ενός προϊόντος, μιας καλλιέργειας ή ενός δέντρου, ενός έθνους και ολόκληρης της εθνικής κατανάλωσης.

Το θεωρητικό κομμάτι συμπληρώνεται, με την λεπτομερή περιγραφή του ορισμού του εικονικού νερού, όπου ορίζεται ως η ποσότητα του νερού που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ενός αγροτικού ή βιομηχανικού προϊόντος, εμπεριέχεται μέσα στο προϊόν και ανταλλάσσεται μεταξύ διάφορων περιοχών σε τοπικό, περιφερειακό, εθνικό επίπεδο και στη συνέχεια παρουσιάζονται οι διαφορές που συναντώνται σε σχέση με το υδατικό αποτύπωμα. Μετά από την παρουσίαση αυτών των ορισμών, πάνω στους οποίους στηρίζεται το σύνολό της διπλωματικής εργασίας, παραθέτονται πληροφορίες σχετικά με τις εμπορικές συναλλαγές του εικονικού νερού σε εθνικό και τοπικό επίπεδο. Επιπλέον, διατυπώνοντας αναλυτικά τους τύπους με τους οποίους υπολογίζονται οι εμπορικές αυτές συναλλαγές παρουσιάζονται κάποια συμπεράσματα σχετικά με το πώς οι συναλλαγές αυτές επηρεάζουν τη χρήση νερού σε διάφορες χώρες του κόσμου. Πιο συγκεκριμένα, γίνεται αναφορά στις επιπτώσεις που έχει το εμπόριο εικονικού νερού σε χώρες οι οποίες εξάγουν μεγάλες ποσότητες νερού σε εικονική μορφή με αποτέλεσμα να επιβαρύνονται τα εγχώρια ύδατα και στις επιπτώσεις που παρουσιάζονται σε χώρες οι οποίες εισάγουν μεγάλες ποσότητες εικονικού νερού στις οποίες τα αποθέματα νερού διασώζονται. Για την πιο εύκολη κατανόηση των δύο αυτών περιπτώσεων γίνεται παρουσίαση συγκεκριμένων στατιστικών δεδομένων με παραδείγματα διαφόρων χωρών ανά τον κόσμο. Λίγο πριν τελειώσει το θεωρητικό κομμάτι παρουσιάζονται τύποι και αναλυτικά παραδείγματα όσων αφορά την εξοικονόμηση νερού σε παγκόσμιο και σε εθνικό επίπεδο, καθώς και πληροφορίες σχετικά με το δείκτη λειψυδρίας.

Μετά από την ολοκλήρωσή της περιγραφής των θεωρητικών ορισμών και πληροφοριών σχετικά με τις δύο αυτές έννοιες γίνεται λεπτομερής ανάλυση δυο παραδειγμάτων. Στο πρώτο παράδειγμα, περιγράφεται αναλυτικά βήμα προς βήμα η διαδικασία υπολογισμού

## **ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :**

**“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”**

---

του υδατικού αποτυπώματος και του εικονικού νερού μιας συγκεκριμένης ποσότητας ενός προϊόντος. Πιο συγκεκριμένα, γίνεται αναλυτική περιγραφή όλων των σταδίων της παραγωγικής διαδικασίας του προϊόντος αυτού και ακριβής παρουσίαση του υπολογισμού του υδατικού αποτυπώματος του κάθε σταδίου αντίστοιχα. Το αποτέλεσμα της διαδικασίας αυτής είναι ο υπολογισμός του υδατικού αποτυπώματος του προϊόντος, δηλαδή της ποσότητας του νερού η οποία καταναλώνεται και ρυπαίνεται σε όλα τα στάδια της παραγωγικής αλυσίδας μέχρι τη δημιουργία του τελικού προϊόντος. Το δεύτερο παράδειγμα το οποίο παρουσιάζεται και το οποίο είναι και το πιο σημαντικό, είναι και πάλι ο υπολογισμός του υδατικού αποτυπώματος και του εικονικού νερού, αλλά αυτή τη φορά σε ένα δίκτυο ύδρευσης. Πιο συγκεκριμένα, γίνεται παρουσίαση μιας μεθοδολογίας στο τέλος της οποίας εκτιμάται το υδατικό αποτύπωμα της ποσότητας του νερού η οποία φτάνει στη βρύση του σπιτιού μας. Αυτό πραγματοποιείται θεωρώντας ως δεδομένα πληροφορίες οι οποίες σχετίζονται με την ποσότητα νερού η οποία εισέρχεται στην εγκατάσταση επεξεργασίας νερού, με την ποσότητα η οποία εισέρχεται στο δίκτυο διανομής καθώς και με το εύρος των χημικών ουσιών που χρησιμοποιούνται στις παραπάνω διαδικασίες. Τελικώς, ο υπολογισμός του υδατικού αποτυπώματος κάθε κατοίκου μιας κοινότητας είναι το τελικό στάδιο της διαδικασίας αυτής.

Συνοψίζοντας, ο στόχος αυτής της διπλωματικής εργασίας είναι να δώσει στον αναγνώστη να κατανοήσει μέσα από συγκεκριμένα παραδείγματα ότι το υδατικό αποτύπωμα είναι ένα ιδιαίτερα σημαντικό εργαλείο στην διαχείριση των υδατικών πόρων και η ενασχόληση με αυτό αποτελεί ένα τρόπο να κατανοήσουμε τον τρόπο με τον οποίο ο καταναλωτής προϊόντων συνδέεται με την παραγωγή τους και με τη χρήση των υδατικών πόρων που απαιτούνται σε αυτήν.

## Περιεχόμενα

Ευχαριστίες .....	1
Περίληψη .....	2
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....</b>	<b>8</b>
1.1 Γενικά.....	8
1.2 Ιστορική Αναδρομή.....	9
1.3 Σύγκριση των όρων του Εικονικού Νερού και του Υδατικού Αποτυπώματος .....	11
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΥΔΑΤΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ (WATER FOOTPRINT) .....</b>	<b>19</b>
2.1 Η έννοια του Υδατικού Αποτυπώματος.....	19
2.2 Διαχωρισμός του Υδατικού Αποτυπώματος με βάση το χρώμα .....	19
2.2.1 Μπλε Υδατικό Αποτύπωμα.....	20
2.2.2 Πράσινο Υδατικό Αποτύπωμα .....	21
2.2.3 Γκρι Υδατικό Αποτύπωμα .....	22
2.3 Διαχωρισμός του Υδατικού Αποτυπώματος με βάση την χρήση του νερού/ Άμεσο και Έμμεσο Υδατικό Αποτύπωμα .....	23
2.4 Μέθοδοι υπολογισμού του Υδατικού Αποτυπώματος.....	24
2.4.1 Υπολογισμός του Υδατικού Αποτυπώματος κατά Hoekstra και Charagain.....	25
2.4.2 Υδατικό Αποτύπωμα ενός προϊόντος .....	25
1 <sup>η</sup> προσέγγιση .....	25
2 <sup>η</sup> προσέγγιση .....	26
Σειρά Παραδειγμάτων 1 (Πηγή: <a href="http://www.waterfootprint.org">www.waterfootprint.org</a> ) .....	29
2.4.3 Υπολογισμός του γκρι ,πράσινου ,μπλε υδατικού αποτυπώματος μιας καλλιέργειας ή ενός δέντρου .....	31
Υπολογισμός Εξαμυσοδιαπνοής .....	32
Σειρά Παραδειγμάτων 2 (Πηγή: <a href="http://www.waterfootprint.org">www.waterfootprint.org</a> ) .....	33
2.4.4 Υδατικό αποτύπωμα μίας ομάδας καταναλωτών .....	34

## **ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :**

**“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”**

2.4.5 Υδατικό Αποτύπωμα εντός ενός έθνους και Υδατικό Αποτύπωμα της εθνικής κατανάλωσης .....	35
2.4.6 Υπολογισμός του υδατικού αποτυπώματος εντός ενός έθνους. ....	38
1 <sup>η</sup> προσέγγιση .....	39
2 <sup>η</sup> προσέγγιση .....	40
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΕΙΚΟΝΙΚΟ ΝΕΡΟ .....</b>	<b>42</b>
<b>3.1 Η έννοια του Εικονικού Νερού.....</b>	<b>42</b>
<b>3.2 Εμπορικές συναλλαγές εικονικού νερού.....</b>	<b>43</b>
3.2.1 Επισκόπηση του διεθνούς εμπορίου εικονικού νερού .....	44
3.2.2 Υπολογισμός εμπορικών συναλλαγών εικονικού νερού στο τομέα των καλλιεργειών σε διεθνές επίπεδο .....	45
1 <sup>α</sup> . Υπολογισμός της ανάγκης νερού ανά είδος καλλιέργειας .....	46
1 <sup>β</sup> . Υπολογισμός των εμπορικών συναλλαγών εικονικού νερού .....	47
3.2.3 Το διεθνές εμπόριο εικονικού νερού αυξάνει την εθνική έλλειψη νερού .....	48
3.2.4 Το διεθνές εμπόριο εικονικού νερού ανακουφίζει την εθνική έλλειψη νερού .....	50
3.2.5 Εμπορικές συναλλαγές εικονικού νερού σε εθνικό επίπεδο .....	51
<b>3.3 Εξοικονόμηση νερού .....</b>	<b>52</b>
3.3.1 Εξοικονόμηση νερού σε παγκόσμιο επίπεδο .....	52
3.3.2 Εξοικονόμηση νερού σε εθνικό επίπεδο .....	54
<b>3.4 Υπολογισμός της λειψυδρίας ,της εξάρτησης από το νερό και της αυτάρκειας .....</b>	<b>55</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΟΥ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΟΣ ΕΝΟΣ ΠΡΟΙΟΝΤΟΣ ΣΕ ΕΠΙΠΕΔΟ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ.....</b>	<b>57</b>
<b>4.1 Μέθοδος ΗΟΕΚΣΤΡΑ-ΧΑΡΑΓΑΙΝ.....</b>	<b>57</b>
ΒΗΜΑ 10 .....	57
ΒΗΜΑ 9 .....	58
ΒΗΜΑ 8 .....	58
ΒΗΜΑ 7 .....	58

## **ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :**

**“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”**

ΒΗΜΑ 6 .....	58
ΒΗΜΑ 5 .....	59
-Εξαμυσοδιαπνοή Αναφοράς ΕΤο .....	60
-Συντελεστής εδάφους Κc.....	60
ΒΗΜΑ 4 .....	60
ΒΗΜΑ 3 .....	61
ΒΗΜΑ 2 .....	61
ΒΗΜΑ 1 .....	62
<b>4.2 Υπολογισμός του εικονικού νερού που εμπεριέχεται, μέχρι να λάβουμε την τελική μορφή του προϊόντος.....</b>	<b>62</b>
Παρατήρηση 1: .....	63
Παρατήρηση 2: .....	64
Παρατήρηση 3: .....	64
Απαίτηση σε νερό της καλλιέργειας.....	67
Απόδοση καλλιέργειας καφέ.....	67
Παραγωγικοί Παράγοντες .....	67
Απαιτήσεις νερού κατά την υγρή παραγωγική μέθοδο του καφέ.....	68
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΟΥ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΟΣ ΕΝΟΣ ΠΡΟΙΟΝΤΟΣ ΣΕ ΣΕ ΕΝΑ ΔΙΚΤΥΟ ΥΔΡΕΥΣΗΣ.....</b>	<b>75</b>
<b>5.1 Εικονικό νερό σε επίπεδο κοινότητας .....</b>	<b>75</b>
<b>5.2 Υπολογισμός του Υδατικού Αποτυπώματος του τοπικού πόσιμου νερού.....</b>	<b>78</b>
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:.....	80
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:.....	81
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:.....	83
5.2.1 Υπολογισμός του Υδατικού Αποτυπώματος του τοπικού πόσιμου νερού λαμβάνοντας υπόψη και το υδατικό αποτύπωμα των υλικών που χρησιμοποιούνται .....	85
5.2.2 Υδατικό Αποτύπωμα αγωγών ύδρευσης.....	86



**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :**

**“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”**

---

Συμπεράσματα.....	88
5.2.3 Αγωγοί PVC : Μια καλή επιλογή για το περιβάλλον .....	88
Καθαρή και ασφαλή παραγωγή .....	88
Μικρότερο ανθρώπινο αποτύπωμα.....	89
Δυο εκατομμύρια μίλια βιώσιμων σωληνώσεων .....	89
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....</b>	<b>90</b>
<b>6.1 Η χρησιμότητα του ΥΑ ως δείκτης νερού.....</b>	<b>90</b>
<b>6.2 Τρόποι Μείωσης του Υδατικού Αποτυπώματος .....</b>	<b>92</b>
<b>Βιβλιογραφία .....</b>	<b>96</b>

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

---

### 1.1 Γενικά

Το νερό σαν φυσικός πόρος έχει παίξει καθοριστικό ρόλο στη ζωή του ανθρώπου από τα βάθη της ιστορικής διαδρομής του μέχρι σήμερα. Από την αρχή της ανθρώπινης ιστορίας, η εξασφάλιση πόσιμου και αρδευτικού νερού αποτελούσαν κυρίαρχο μέλημα, ενώ και άλλες βασικές ανάγκες όπως η εξασφάλιση σίγουρης στέγης και τροφής σχετιζόνταν άμεσα με τη διαθεσιμότητα νερού.

Το νερό ως φυσικός πόρος θεωρούνταν «δώρο» της φύσης προς τον άνθρωπο και εξαιρούνταν από την αγορά και από την οικονομική θεώρηση. Όμως η οικονομική ανάπτυξη των τελευταίων δεκαετιών διαμόρφωσε νέες συνθήκες στη χρήση των υδατικών πόρων, μιας και αποτελούν μέσο για την επίτευξη διαφόρων οικονομικών στόχων, ενώ εξακολουθούν να είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες για την επιβίωση του ανθρώπου και για την διατήρηση της οικολογικής ισορροπίας. Η ανάπτυξη νέων δραστηριοτήτων, η ανάγκη αύξησης της παραγωγικότητας των υφιστάμενων, οι ανάγκες που προκύπτουν από την αύξηση του πληθυσμού και την ανύψωση του βιοτικού επιπέδου, δημιουργούν ολοένα και μεγαλύτερη ζήτηση νερού κατάλληλης ποιότητας για κάθε χρήση. Ταυτόχρονα, η συνεχής ποιοτική υποβάθμιση, σε συνδυασμό με την ανάγκη διατήρησης της οικολογικής ισορροπίας και της αειφορίας των φυσικών πόρων, δημιουργούν πολύπλοκα προβλήματα για την ανάπτυξη της κάθε περιοχής. Όλα αυτά επιβάλλουν την αντιμετώπισή του νερού ως φυσικού πόρου σε ανεπάρκεια και απαιτούν την ανάδειξη και εφαρμογή σύγχρονης και συνεπούς πολιτικής διαχείρισης.

Σήμερα το γλυκό νερό έχει γίνει σπάνιος και υπερεκμεταλλευμένος φυσικός πόρος σε πολλές περιοχές του πλανήτη (UNESCO, 2006) οδηγώντας σε μεγάλο εύρος κοινωνικών και περιβαλλοντικών προβληματισμών (Falkenmark, 2008). Υπολογίζεται ότι ένα δισεκατομμύριο άνθρωποι στις αναπτυσσόμενες χώρες στερούνται πρόσβαση σε ασφαλές πόσιμο νερό και περισσότεροι από δύο δισεκατομμύρια άνθρωποι στερούνται επαρκούς ποσότητας νερού για υγιεινή (Bartram, 2008). Οι απαιτήσεις για γλυκό νερό από τη βιομηχανία και κυρίως από τη γεωργία οδηγούν τους υπόγειους υδατικούς πόρους σε εξάντληση και τους επιφανειακούς πόρους σε μη-ελεγχόμενες αντλήσεις που θέτουν σε κίνδυνο την υγεία των υδάτινων οικοσυστημάτων (Smakhtin, 2008). Η πίεση στα υδατικά αποθέματα εντείνεται επίσης με γρήγορους ρυθμούς λόγω των κλιματικών αλλαγών, της πληθυσμιακής αύξησης, της συνεχούς οικονομικής ανάπτυξης και της εξάπλωσης των καλλιεργειών βιοκαυσίμων, προκαλώντας την ανησυχία κυβερνητικών και μη-κυβερνητικών οργανώσεων.

## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :

“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”

---

Ένα επιπλέον πρόβλημα παρουσιάζεται λόγω της δυσκολίας να μεταφραστούν οι διάφορες επιπτώσεις της χρήσης νερού οικονομικά και να ενσωματωθούν στην τιμή που πληρώνει ένας καταναλωτής. Συνήθως, μόνο ένα μικρό μέρος του συνολικού κόστους του νερού (που περιλαμβάνει κόστη ευκαιρίας, εξωτερικά κόστη και μία πρόσοδο σπανιότητας) χρεώνεται στους καταναλωτές, με αποτέλεσμα αυτοί να μην έχουν συναίσθηση της επίδρασής τους (UNESCO 2003, 2006).

### **1.2 Ιστορική Αναδρομή**

Από τις αρχές της δεκαετίας του 1980, οι οικονομολόγοι, κυρίως αυτοί που ασχολούνταν με την αγροτική οικονομία στο Ισραήλ, επισήμαναν ότι ήταν παράλογο η χώρα να εξάγει υδροβόρες σοδειές. Δέκα χρόνια αργότερα (1990), η ερευνητική μονάδα London Group στο SOAS –Water Research Unit πρότεινε την εισαγωγή προϊόντων πλούσιων σε εικονικό νερό σε χώρες όπου υπήρχε έλλειψη νερού, αντί της εγχώριας παραγωγής αυτών, ενώ το 1992 η ίδια ομάδα εισήγαγε τον όρο «**Εικονικό Νερό**». Το 1993 ο J. Anthony Allan δημοσίευσε ένα άρθρο σχετικά με το εικονικό νερό. Διαπίστωσε ότι μερικές χώρες που χαρακτηρίζονται φτωχές σε υδατικούς πόρους έχουν εξασφαλίσει την ανάγκη τους σε τρόφιμα με την εισαγωγή τους παρά με την παραγωγή τους. Η έννοια του εικονικού νερού διαδόθηκε και μέσω άλλων άρθρων τα επόμενα χρόνια (Allan, 1993). Η ιδέα του εικονικού νερού, αν και λίγα χρόνια πριν δεν είχε προσελκύσει το διεθνές ενδιαφέρον πυροδότησε πολλές συζητήσεις σχετικά με την συμβολή αυτού στη προστασία και την διατήρηση των παγκόσμιων καθώς και των εθνικών υδατικών πόρων.

Το 1993 η UNESCO-IHE (Institute for Water Education), ξεκίνησε τον σχεδιασμό ενός μοντέλου για τον υπολογισμό της ροής του εικονικού νερού παγκοσμίως. Το 2003 ο S.Merrett, μέλος του London Group δημοσίευσε ένα άρθρο διατυπώνοντας κάποιες διευκρινήσεις:

1. Ο όρος εικονικό νερό αναφέρεται σε πραγματικό νερό. Αναφέρεται στο νερό που χρησιμοποιείται στις καλλιέργειες προϊόντων που διακινούνται
2. Η εισαγωγή εικονικού νερού είναι ένας μεταφορικός όρος, όχι επιστημονικός και αφορά την εισαγωγή τροφίμων
3. Η εισαγωγή και η εξαγωγή εικονικού νερού μπορεί να οδηγήσει σε υποβάθμιση του εγχώριου αγροτικού τομέα (Merrett, 2003)

Το 2004 ο D.Wichelus τόνισε ότι η έννοια του εικονικού νερού είναι ασφαλές να χρησιμοποιείται μόνο από όσους την αναγνωρίζουν ως την καλύτερη εναλλακτική λύση για την εξοικονόμηση νερού. Τα τελευταία χρόνια η έννοια του εικονικού νερού είναι ευρέως διαδεδομένη και χρησιμοποιείται για να αναδείξει οικονομικές λύσεις αλλά και για την προστασία του περιβάλλοντος (Wichelns, 2004).

## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :

“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”

---

Αν μια χώρα εξαγάγει ένα υδροβόρο προϊόν σε μια άλλη χώρα εξαγάγει νερό σε εικονική μορφή. Κατά αυτόν τον τρόπο μερικές χώρες υποστηρίζουν άλλες χώρες στις υδατικές τους ανάγκες. Επομένως, για χώρες φτωχές σε υδατικούς πόρους θα μπορούσε να είναι ελκυστική η εισαγωγή υδροβόρων προϊόντων και η εξαγωγή προϊόντων με χαμηλές απαιτήσεις νερού κατά την διαδικασία παραγωγής τους (Hoekstra & Charagain 2007).

Οι περισσότερες από τις μελέτες που σχετίζονται με το εικονικό νερό έχουν πραγματοποιηθεί σε περιοχές με έλλειψη νερού, όπως στη Μέση Ανατολή και την Βόρεια Αφρική. Επιπλέον επειδή η γεωργία αποτελεί ένα τομέα ο οποίος καταναλώνει πολύ νερό δίνεται έμφαση κυρίως σε αγροτικά προϊόντα.

Το «Υδατικό Αποτύπωμα» (**Water Footprint**) εισήχθη ως έννοια από τον Α.Υ. Hoekstra το 2002, στο Διεθνές Συνέδριο για το εμπόριο εικονικού νερού στο Ντελφτ της Ολλανδίας (Hoekstra, 2003). Το υδατικό αποτύπωμα αποτελεί έναν εναλλακτικό δείκτη της χρήσης του νερού ο οποίος διαφέρει αισθητά από τους παλαιότερους δείκτες μέτρησης που υπολόγιζαν απλώς την υδροληψία στους διάφορους τομείς της οικονομίας. Οι ρίζες του υδατικού αποτυπώματος βρίσκονται στην αναζήτηση τρόπων σύνδεσης της ανθρώπινης κατανάλωσης με την χρήση νερού και του παγκοσμίου εμπορίου με τη διαχείριση υδατικών πόρων. Σκοπός της εισαγωγής της νέας αυτής έννοιας ήταν να δείξει ότι για μια καλύτερη διαχείριση του νερού θα πρέπει να συμπεριληφθεί μια καταναλωτική διάσταση και μια παγκόσμια διάσταση στην μελέτη του αντικειμένου (Hoekstra, 2009).

Μετά την εισαγωγή της έννοιας του υδατικού αποτυπώματος στο Ντελφτ το 2002, η συζήτηση για το αντικείμενο συνεχίστηκε σε διάφορα διεθνή υδρολογικά συνέδρια, όπως το 3<sup>ο</sup> Παγκόσμιο Υδρολογικό Συνέδριο στην Ιαπωνία το 2003, η τηλεδιάσκεψη με θέμα «Εμπόριο Εικονικού Νερού και Γεωπολιτική» που διοργανώθηκε από το Παγκόσμιο Υδρολογικό Συμβούλιο το 2003 (WWC, 2004), η Διάσκεψη για το «Εμπόριο Εικονικού Νερού» που διοργανώθηκε από το Γερμανικό Ινστιτούτο Ανάπτυξης στη Βόννη το 2005 (Horlemann & Neubert, 2007), το 4ο Παγκόσμιο Υδρολογικό Συνέδριο στο Μεξικό το 2006, η Διάσκεψη για την «Παγκόσμια Διαχείριση Νερού» που διοργανώθηκε από το Παγκόσμιο Σχέδιο Υδατικού Συστήματος στη Βόννη το 2006 και η διάσκεψη για το «Εμπόριο Εικονικού Νερού» που διοργανώθηκε από το Ινστιτούτο Κοινωνικό-Οικολογικής Έρευνας στη Φρανκφούρτη το 2006 (Hummel κ.α, 2007).

Οι πρώτες μελέτες του υδατικού αποτυπώματος ασχολήθηκαν μόνο με τη χρήση μπλε νερού, όπως ο υπολογισμός του ΥΑ των εθνών από τους Hoekstra και Hung (2002) που βασίστηκε στο διεθνές εμπόριο βασικών γεωργικών καλλιεργειών, αλλά και ο πιο εκτενής υπολογισμός από τους Charagain και Hoekstra (2003) που έλαβαν υπόψη και το εμπόριο κτηνοτροφικών προϊόντων. Σε καμία από τις προαναφερθείσες μελέτες δεν συμπεριλήφθηκε η χρήση πράσινου νερού, κάτι που έγινε για πρώτη φορά από τους Charagain και Hoekstra το 2004. Αργότερα, η έννοια του ΥΑ επεκτάθηκε κι άλλο,

## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :

“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”

---

λαμβάνοντας υπόψη και την επίδραση της μόλυνσης (Charagain κ.α, 2006). Σε αυτή τη μελέτη οι επιστήμονες θέλησαν να υπολογίσουν το υδατικό αποτύπωμα της κατανάλωσης βαμβακιού. Ήταν η πρώτη φορά που επιχειρήθηκε ποσοτικοποίηση των επιπτώσεων της μόλυνσης αλλά και η πρώτη μελέτη στην οποία χρησιμοποιήθηκαν τοπικά κλιματικά δεδομένα (από κλιματικούς σταθμούς) τα οποία προσέφεραν μεγαλύτερη αξιοπιστία από τα μέσα εθνικά δεδομένα που χρησιμοποιούνταν ως τότε.

Όσον αφορά τον υπολογισμό του υδατικού αποτυπώματος υπάρχουν αυτή τη στιγμή δύο διαφορετικές μέθοδοι. Η πρώτη προτάθηκε από τους Hoekstra και Charagain το 2008 και είναι αυτή η οποία εφαρμόζεται σε πιο μεγάλο βαθμό. Το 2009, μέσα από μια συνεργασία του Οργανισμού Επιστημονικής και Βιομηχανικής Έρευνας της Κοινοπολιτείας (CSIRO) και του Ελβετικού Ομοσπονδιακού Ινστιτούτου Τεχνολογίας (ETH Zurich), οι Ridoutt και Pfister εισήγαγαν μια αναθεωρημένη μέθοδο υπολογισμού του υδατικού αποτυπώματος, σε μια προσπάθεια να αντιμετωπιστούν οι μέχρι τότε υπάρχουσες αδυναμίες.

Σχετικά με την μεθοδολογία και τον τρόπο υπολογισμού του εικονικού νερού που εμπεριέχεται σε διάφορες καλλιέργειες οι Hoekstra and Hung (2005) εφάρμοσαν το **CROPWAT model** το οποίο αναπτύχθηκε από το FAO (Food and Agriculture Organization, 1986) για να υπολογίσουν το εικονικό νερό (πράσινο και μπλε) που εμπεριέχεται σε διάφορες καλλιέργειες σε διάφορες χώρες. Η μελέτη τους ήταν η πρώτη συστηματική προσέγγιση για την εκτίμηση της περιεκτικότητας σε εικονικό νερό μιας καλλιέργειας για τις επιμέρους χώρες με παγκόσμια κάλυψη. Ωστόσο, μόνο μία τοποθεσία επιλέχθηκε σε κάθε χώρα (κυρίως η πρωτεύουσα) για την προσομοίωση. Λαμβάνοντας υπόψη τις αδυναμίες του Hoekstra και Hung, οι Liu κ.α, (2007) ανέπτυξαν ένα μοντέλο το οποίο ενσωματώνει GIS με ένα μοντέλο ανάπτυξης της καλλιέργειας, το οποίο ονομάζεται GEPIC. Υποστηρίζεται με χρήση GIS και έχει την ικανότητα προσομοίωσης της παραγωγικότητας του νερού σε μεμονωμένες καλλιέργειες με υψηλή χωρική ανάλυση σχετικά με τη γεωγραφική κλίμακα, η οποία μπορεί να είναι από ένα χωράφι, μια λεκάνη απορροής, μια περιοχή, μια χώρα, μέχρι ολόκληρο τον κόσμο.

### **1.3 Σύγκριση των όρων του Εικονικού Νερού και του Υδατικού Αποτυπώματος**

Στον τομέα της Οικολογικής Οικονομίας, η ανάγκη της χρήσης φυσικών δεικτών για την ανάλυση των οικονομικών διαδικασιών, έχει κριθεί ιδιαίτερα απαραίτητη. Ο δείκτης του Εικονικού Νερού καθώς και του Υδατικού Αποτυπώματος αποτελούν δείκτες οι οποίοι παρουσιάζουν πολύ μεγάλο ενδιαφέρον, ο πρώτος κυρίως από την πλευρά της παραγωγής και ο δεύτερος από την πλευρά της κατανάλωσης, με αποτέλεσμα η ενασχόληση με αυτούς τα τελευταία χρόνια να είναι κάτι το οποίο προχωράει και αναπτύσσεται με πάρα πολύ γρήγορους ρυθμούς.

## **ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :**

**“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”**

---

Εικονικό νερό και υδατικό αποτύπωμα είναι δύο σχετικά νέες έννοιες , με την πρώτη να έχει εισαχθεί νωρίτερα από την δεύτερη. Ωστόσο, αν αναλογιστούμε τον αριθμό των ερευνών που σχετίζονται με αυτούς τους δείκτες και τον τρόπο με τον οποίο εξελίσσεται η έρευνα γύρω από τα δύο αυτά αντικείμενα θα παρατηρήσουμε ότι αποτελούν ένα σύγχρονο φαινόμενο μελέτης σχετικά με την διαχείριση των υδατικών πόρων.

Ως εικονικό νερό έχει οριστεί η ποσότητα του νερού η οποία απαιτείται για την παραγωγή αγαθών και υπηρεσιών, και ως υδατικό αποτύπωμα έχει οριστεί η ποσότητα του νερού που απαιτείται για την παραγωγή αγαθών και υπηρεσιών τα οποία θα καταναλωθούν από ένα άτομο, μια ομάδα ατόμων ή ένα ολόκληρο έθνος. Ως εκ τούτου, το εικονικό νερό έχει εδραιωθεί σαν ένας δείκτης παραγωγής ενώ το υδατικό αποτύπωμα σαν ένας δείκτης κατανάλωσης. Η διαφορά αυτή μεταξύ τους είναι ενδιαφέρουσα, μιας και μας επιτρέπει να εντοπίσουμε ποιος στη πραγματικότητα είναι υπεύθυνος για την κατανάλωση του νερού, είτε είναι οι παραγωγοί είτε οι καταναλωτές, και μας φανερώνει το δυναμικό και των δύο αυτών δεικτών κατά τον σχεδιασμό πολιτικών διαχείρισης υδάτων.

Η έννοια του εικονικού νερού οριστική ως η ποσότητα του νερού «που εμπεριέχεται σε ένα προϊόν», όχι μόνο ως φυσική ποσότητα που εμπεριέχεται σε αυτό, αλλά και ως ποσότητα του νερού η οποία ήταν απαραίτητη για την δημιουργία του προϊόντος αυτού. Έτσι το εικονικό νερό αποτελούσε ένα φυσικό δείκτη της παραγωγικής διαδικασίας ενός αγαθού η μιας υπηρεσίας εκφρασμένο σε όρους νερού. Η ιδέα αυτή του εικονικού νερού ήταν ιδιαίτερα επαναστατική και όσον αφορά την παραγωγή γεωργικών προϊόντων, όπου στη περίπτωση αυτή οριστική ως η ποσότητα του νερού η οποία χρησιμοποιείται από τους αγρότες κατά την διάρκεια της ανάπτυξης της καλλιέργειας. Πρέπει να τονιστεί ότι η δυναμική αυτής της έννοιας προέρχεται από δύο κυρίως παράγοντες:

1. Μας παρέχει πληροφορίες σχετικά με τις ανάγκες σε νερό όχι μόνο των αγροτικών προϊόντων αλλά και άλλων προϊόντων και υπηρεσιών. Αυτό σημαίνει ότι το εικονικό νερό μπορεί να σχετίζεται με αγροτικά και κτηνοτροφικά προϊόντα (η ποσότητα νερού η οποία είναι απαραίτητη για να παράγουμε ένα κιλό σιτάρι ή ένα κιλό βοδινό κρέας), με βιομηχανικά προϊόντα (η ποσότητα του νερού η οποία απαιτείται για την παραγωγή ενός αυτοκινήτου) ή ακόμα και με παροχή υπηρεσιών (η ποσότητα του νερού η οποία χρειάζεται στην παροχή μιας συγκεκριμένης υπηρεσίας, όπως οι τουριστικές δραστηριότητες).
2. Το εικονικό νερό εξαντλεί όλο το δυναμικό του όταν γίνει η ανάλυση σχετικά με το εμπόριο αυτού. Αυτό σημαίνει ότι, οι ροές του εικονικού νερού εντός μιας χώρας, καθώς και οι ροές του εικονικού νερού σε διεθνές επίπεδο είναι ένα ιδιαίτερα χρήσιμο εργαλείο το οποίο αποτελεί αντικείμενο δεκάδων ερευνών.

## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :

“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”

Οι δύο παραπάνω παράγοντες έχουν ως αποτέλεσμα να μιλάμε για εξαγόμενο εικονικό νερό και για εισαγόμενο εικονικό νερό το οποίο «εμπεριέχεται» σε εμπορευματοποιημένα προϊόντα. Με αυτό τον τρόπο το εικονικό νερό έγινε ένας δείκτης ο οποίος δεν παρέχει δεδομένα μόνο σχετικά με τις απαιτήσεις των προϊόντων και των υπηρεσιών σε νερό αλλά θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί και για την ανάλυση των εμπορικών ροών σε όρους νερού. Σύμφωνα με τα παραπάνω στοιχεία θα μπορούσαμε να ορίσουμε τον δείκτη αυτό, ως ένα μέσο το οποίο μας δίνει την δυνατότητα να αυξήσουμε ή να μειώσουμε την προσφορά των υδατικών πόρων σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή για μια συγκεκριμένη περιοχή. Στην πραγματικότητα, αν εισάγουμε προϊόντα από μια περιοχή με άφθονες πηγές νερού, σε μια περιοχή όπου το νερό είναι σε έλλειψη θα μπορούσαμε να πούμε ότι αυξάνουμε τους υδατικούς πόρους, ή καλύτερα ότι τους προφυλάσσουμε στην περιοχή η οποία παρουσιάζει προβλήματα λειψυδρίας. Στην περίπτωση αυτή παρουσιάζονται εμπορικές συναλλαγές νερού σε εικονική μορφή οι οποίες αυξάνουν την διαθεσιμότητα των αποθεμάτων νερού.

Η «πατρότητα» της έννοιας του εικονικού νερού πρέπει να αποδοθεί στον καθηγητή Allan, όπως και έγινε μιας και τιμήθηκε με βραβείο το 2008. Από την άλλη πλευρά όμως, η ανάπτυξη της μεθοδολογίας η οποία μας επιτρέπει να ποσοτικοποιήσουμε την έννοια αυτή οφείλεται στον Hoekstra(2003). Σε αυτήν την προσπάθεια να ποσοτικοποιηθεί το εικονικό νερό, ο Hoekstra εισήγαγε μια νέα έννοια, το «Υδατικό Αποτύπωμα μίας χώρας» και το όρισε ως ο όγκος του νερού που απαιτείται για την παραγωγή αγαθών και υπηρεσιών που καταναλώνονται από τους κατοίκους της χώρας αυτής. Πιο συγκεκριμένα, ορίστηκε σαν ένας δείκτης της χρήσης νερού σε σχέση με το επίπεδο κατανάλωσης του νερού. Με αυτόν τον τρόπο, από την ιδέα του εικονικού νερού, δηλαδή του δείκτη ο οποίος αναπτύχθηκε από την σκοπιά της παραγωγής αγαθών και υπηρεσιών, προστέθηκε ένας νέος δείκτης, ο οποίος ορίζεται από την σκοπιά της κατανάλωσης αγαθών και υπηρεσιών ενός συγκεκριμένου αριθμού ατόμων.

Σύμφωνα με τον Hoekstra και την θεωρία του, ο όρος υδατικό αποτύπωμα είναι πολυδιάστατος και εκτός από την ποσότητα του νερού που ενσωματώνεται στο προϊόν αναφέρεται στο είδος του νερού αυτού (πράσινο, μπλε, γκρι) και στο πότε ή που χρησιμοποιήθηκε. Ο όγκος αποτελεί μόνο μια πλευρά της χρήσης του νερού όμως όπως θα αναφερθεί και παρακάτω ο χώρος, ο χρόνος και ο τύπος της χρήσης του νερού είναι και αυτοί ιδιαίτερα σημαντικοί. Ένα άλλο σημαντικό στοιχείο το οποίο πρέπει να αναφέρουμε είναι ότι όπως θα δούμε και παρακάτω έκτος από το υδατικό αποτύπωμα ενός προϊόντος θα μιλήσουμε και θα εξετάσουμε και τη περίπτωση του υδατικού αποτυπώματος ενός ατόμου, για παράδειγμα ενός καταναλωτή ή ενός παραγωγού, σύνολο ατόμων, καθώς και εθνών. Στις περιπτώσεις αυτές όπως είναι προφανές ο όρος εικονικού νερού δεν είναι αποδεκτός και επομένως δε μπορεί να χρησιμοποιηθεί.

## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :

“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”

---

Σχετικά με τους παραπάνω δείκτες, άλλοι έχουν ορίσει έννοιες με σκοπό να καθορίσουν τους διαφορετικούς τύπους νερού οι οποίοι εμπεριέχονται σε αγαθά και υπηρεσίες. Οι τύποι αυτοί σχετίζονται με τα διάφορα χρώματα του νερού. Ακόμα και αν υπάρχει αναφορά για το χρώμα και του εικονικού νερού και του υδατικού αποτυπώματος, είναι πιο λογικό να μιλάμε για διαχωρισμό των χρωμάτων του πρώτου, μιας και η διαφοροποίηση των χρωμάτων γίνεται κατά την διαδικασία της παραγωγής και στη συνέχεια μεταφέρεται και στην κατανάλωση. Ωστόσο, ο παραγωγός και όχι ο καταναλωτής είναι αυτός ο οποίος αναλαμβάνει μεγαλύτερη ευθύνη σχετικά με τον τύπο του νερού ο οποίος χρησιμοποιείται, καθώς ο καταναλωτής δεν μπορεί να επιλέξει την πηγή προέλευσης του νερού που χρησιμοποιείται στην παραγωγή αγαθών και υπηρεσιών τα οποία αυτός καταναλώνει. Παρόλα αυτά, όπως μας δείχνει η σχετική βιβλιογραφία, η ταξινόμηση με βάση το χρώμα του νερού γίνεται τόσο στο εικονικό νερό όσο και στο υδατικό αποτύπωμα.

Υπάρχει μια ακόμη σημαντική εννοιολογική διαφοροποίηση η οποία γίνεται από τον Hoekstra (2003), και σχετίζεται με το θεωρητικό εικονικό νερό και το πραγματικό εικονικό νερό. Πιο συγκεκριμένα, ως πραγματικό ορίζει την ποσότητα του νερού η οποία χρειάζεται για την παραγωγή ενός αγαθού ή μιας υπηρεσίας σε μια οριοθετημένη γεωγραφικά περιοχή. Από την άλλη πλευρά ορίζει ως θεωρητικό νερό, την ποσότητα του νερού η οποία θα χρησιμοποιούνταν στην συγκεκριμένη περιοχή για την παραγωγή αγαθών και υπηρεσιών τα οποία παράγονται αλλού, εισάγονται και καταναλώνονται εντός της περιοχής αυτής.

Όσον αφορά τις μεθοδολογίες υπολογισμού των δύο αυτών αντικείμενων θα γίνει εκτενής αναφορά σε άλλο κομμάτι της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Ο υπολογισμός του εικονικού νερού γίνεται κυρίως με βάση την ειδική ζήτηση σε νερό μιας καλλιέργειας και ο υπολογισμός του υδατικού αποτυπώματος στηρίζεται στην μεθοδολογία η οποία εισήγαγαν οι Hoekstra και Charagain.

Το εικονικό νερό και το υδατικό αποτύπωμα αποτελούν δύο εντελώς διαφορετικούς δείκτες. Ο πρώτος μας δίνει την δυνατότητα να προσδιορίσουμε το ποσοστό του νερού ο οποίος χρησιμοποιείται στην διαδικασία παραγωγής αγαθών και υπηρεσιών, ενώ ο δεύτερος μας επιτρέπει να προσδιορίσουμε την ποσότητα του νερού που χρησιμοποιείται κατά την διαδικασία της κατανάλωσης αυτών των αγαθών και των υπηρεσιών.

Παρόλα αυτά, επικρατεί μια σύγχυση σχετικά με τους δύο αυτούς ορισμούς, και πιθανότατα η σύγχυση αυτή ξεκίνησε από την στιγμή κατά την οποία δόθηκε ορισμός του υδατικού αποτυπώματος από το Water Footprint Network (WFN). Πιο συγκεκριμένα, ο μη-κερδοσκοπικός οργανισμός WFN, όρισε το υδατικό αποτύπωμα ως ένα δείκτη της έμμεσης και άμεσης κατανάλωσης νερού από ένα καταναλωτή ή ένα παραγωγό. Η σύγχυση λοιπόν εμφανίστηκε σε αυτό το σημείο μιας και εισάγεται η έννοια του παραγωγού σε έναν δείκτη ο οποίος από τον ορισμό του σχετίζεται μόνο με την κατανάλωση.



## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :

“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”

Μετά την εισαγωγή αυτού του ορισμού, έγινε διάκριση μεταξύ του ατομικού, του εθνικού υδατικού αποτυπώματος, και του υδατικού αποτυπώματος ενός προϊόντος ή μιας εταιρίας. Θα μπορούσαμε να υποθέσουμε ότι ο όρος του ατομικού υδατικού αποτυπώματος αναφέρεται σε έναν καταναλωτή και ο όρος του υδατικού αποτυπώματος ενός προϊόντος αναφέρεται στον παραγωγό. Παρόλα αυτά μια εταιρία καθώς και ένας παραγωγός (και όχι ένας καταναλωτής), όπως επίσης και ένα έθνος το οποίο είναι απλά το άθροισμα όλων των κατοίκων του, μπορούν να θεωρηθούν την ίδια στιγμή και καταναλωτές και παραγωγοί. Το ερώτημα το οποίο προκύπτει τότε είναι το εξής: Ποια είναι η διαφορά μεταξύ αυτών των δύο πολυσυζητημένων εννοιών; Το WFN δηλώνει ότι το υδατικό αποτύπωμα ενός προϊόντος ταυτίζεται με το εικονικό νερό του προϊόντος. Η ισότητα των δύο αυτών εννοιών έχει ως αποτέλεσμα την ελαχιστοποίηση των διαφορών των δύο αυτών δεικτών. Από την στιγμή αυτή και έπειτα οι συγγραφείς μιλούν για το εικονικό νερό και το υδατικό αποτύπωμα σαν να είναι συνώνυμα με αποτέλεσμα να εφαρμόζονται οι ίδιες μεθοδολογίες υπολογισμού και στα δύο.

Το WFN προσφέρει μια λίστα από προϊόντα με τα αντίστοιχα υδάτινα αποτυπώματα τους. Για παράδειγμα, ένα μήλο έχει 70 λίτρα υδατικό αποτύπωμα. Αυτό σημαίνει ότι 70 λίτρα νερού απαιτούνται για να παραχθεί ένα μήλο το οποίο καταναλώνεται από ένα άτομο. Η τιμή αυτή συμπίπτει και με το εικονικό νερό του μήλου αυτού. Στη περίπτωση όμως αυτή παρουσιάζεται μια σημαντική δυσλειτουργία σε σχέση με το εμπόριο. Πιο συγκεκριμένα, η ποσότητα του νερού η οποία απαιτείται για την κατανάλωση του μήλου λαμβάνεται ότι είναι ίση είτε το μήλο καταναλώνεται στην χώρα παραγωγής του είτε καταναλώνεται από κάποιο κάτοικο μιας άλλης χώρας στην οποία το προϊόν αυτό εισήχθη.

Ωστόσο, η ερμηνεία αυτή σύμφωνα με την οποία οι δύο έννοιες εξισώνονται μας οδηγεί στο να μην εκμεταλλευόμαστε τις δυνατότητες που μας παρέχουν οι δύο αυτοί δείκτες. Πιο συγκεκριμένα, αν το εικονικό νερό αποτελούσε δείκτη ο οποίος σχετιζόταν μόνο με την παραγωγή τότε θα ορίζαμε ως εικονικό νερό ενός μήλου τη ποσότητα του νερού που απαιτούνταν για την παραγωγή του, και αν το υδατικό αποτύπωμα σχετιζόταν μόνο με την κατανάλωση θα ορίζαμε ως υδατικό αποτύπωμα ενός μήλου το σύνολο του νερού το οποίο απαιτείται για την κατανάλωση του, δηλαδή το νερό το οποίο χρησιμοποιήθηκε στη παραγωγή του, στην μεταποίηση του, και στην μεταφορά του μέχρι να φτάσει στον τελικό καταναλωτή.

Από την ανάλυσή αυτή προκύπτει ότι το υδατικό αποτύπωμα είναι το νερό το οποίο απαιτείται μέχρι το προϊόν να φτάσει στον καταναλωτή στην τελική του μορφή. Αυτό σημαίνει ότι είναι το άθροισμα του εικονικού νερού κάθε παραγωγικής διαδικασίας συν το εικονικό νερό της διαδικασίας διανομής. Από την άλλη πλευρά, αν στόχος μιας έρευνας είναι να εξετάσει ολόκληρη την διαδικασία παραγωγής ενός προϊόντος θα ήταν σωστό να συμπεριλαμβανόταν στους υπολογισμούς και το νερό το οποίο καταναλώνεται κατά την διάρκεια εξόρυξης των πρώτων υλών. Στη συγκεκριμένη μελέτη γίνεται αναφορά μόνο στο

### ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :

“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”

στάδιο παραγωγής-κατανάλωσης μιας και στόχος είναι η ανάλυση της σχέσης υδατικού αποτυπώματος και εικονικού νερού. Το εικονικό νερό της διαδικασίας διανομής είναι το νερό το οποίο είναι απαραίτητο για να μεταφερθεί το προϊόν από το σημείο παραγωγής του στο σημείο κατανάλωσης. Η ποσότητα αυτή του νερού η οποία απαιτείται σε ένα σύστημα διανομής είναι ιδιαίτερα μικρή σε σχέση με την ποσότητα του νερού η οποία απαιτείται στις υπόλοιπες διαδικασίες. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η κατανάλωση νερού κατά την διαδικασία μεταφοράς είναι πολύ μικρή μιας και το κύριο καύσιμο είναι το πετρέλαιο. Παρόλα αυτά, θα μπορούσε και η μεταφορά να γίνει μια διαδικασία η οποία καταναλώνει πολύ νερό αν το πετρέλαιο αντικαθιστούνταν από βιοκαύσιμα .

Επομένως το υδατικό αποτύπωμα (WF) αποτελείται από δύο στοιχεία. Το πρώτο είναι το VW της παραγωγής του προϊόντος ( $VW_G$ ). Αυτό με την σειρά του διασπάται στο VW της παραγωγικής διαδικασίας ( $VW_p$ ), και στο VW της διαδικασίας μετασχηματισμού ( $VW_T$ ):

$$VW_G = VW_p + VW_T \quad (1)$$

Το δεύτερο στοιχείο του WF είναι το VW της μεταφοράς το οποίο με την σειρά του διασπάται στο VW της μεταφοράς από τον τόπο παραγωγής στην εγκατάσταση μετατροπής ( $VW_{T(p-t)}$ ) και στο VW της μεταφοράς από τον τόπο της εγκατάστασης μετατροπής στο σημείο της κατανάλωσης ( $VW_{T(t-c)}$ ):

$$VW_T = VW_{T(p-t)} + VW_{T(t-c)} \quad (2)$$

Εφόσον ο ορισμός του εικονικού νερού της μεταφοράς έχει δοθεί, δημιουργείται η ανάγκη εκτίμησης του εικονικού νερού της ενέργειας ( $VW_{E_n}$ ) η οποία απαιτείται στην διαδικασία αυτή. Πιο συγκεκριμένα, το  $VW_{E_n}$  είναι η ποσότητα του νερού η οποία απαιτείται για να παραχθεί η ενέργεια η οποία καταναλώνεται από τα μέσα διανομής-μεταφοράς των προϊόντων. Με αυτόν τον τρόπο η προηγούμενη έκφραση θα αλλάξει σε:

$$VW_T = VW_{E_n T(p-t)} + VW_{E_n T(t-c)} \quad (3)$$

Όπου  $VW_{E_n T(p-t)}$  είναι το εικονικό νερό της ενέργειας που απαιτείται για την μεταφορά του προϊόντος από το σημείο παραγωγής στην εγκατάσταση μετατροπής και αντίστοιχα  $VW_{E_n T(t-c)}$  είναι το εικονικό νερό της ενέργειας που απαιτείται για την μεταφορά του προϊόντος από την εγκατάσταση μετατροπής στο τελικό σημείο κατανάλωσης. Τελικά, το συνολικό υδατικό αποτύπωμα υπολογίζεται ως εξής:

$$WF = VW_G + VW_T = VW_p + VW_T + VW_{E_n T(p-t)} + VW_{E_n T(t-c)} \quad (4)$$

Στο σχήμα 1, παρουσιάζεται η θεωρητική και η μεθοδολογική ανάπτυξη των εννοιών του εικονικού νερού και του υδατικού αποτυπώματος. Το συγκεκριμένο σχήμα αποτελείται από δύο κομμάτια. Το πρώτο σχετίζεται με τη σκοπιά της παραγωγής όπου κυριαρχεί το εικονικό νερό, και το δεύτερο με τη σκοπιά της κατανάλωσης, όπου κυριαρχεί το υδατικό

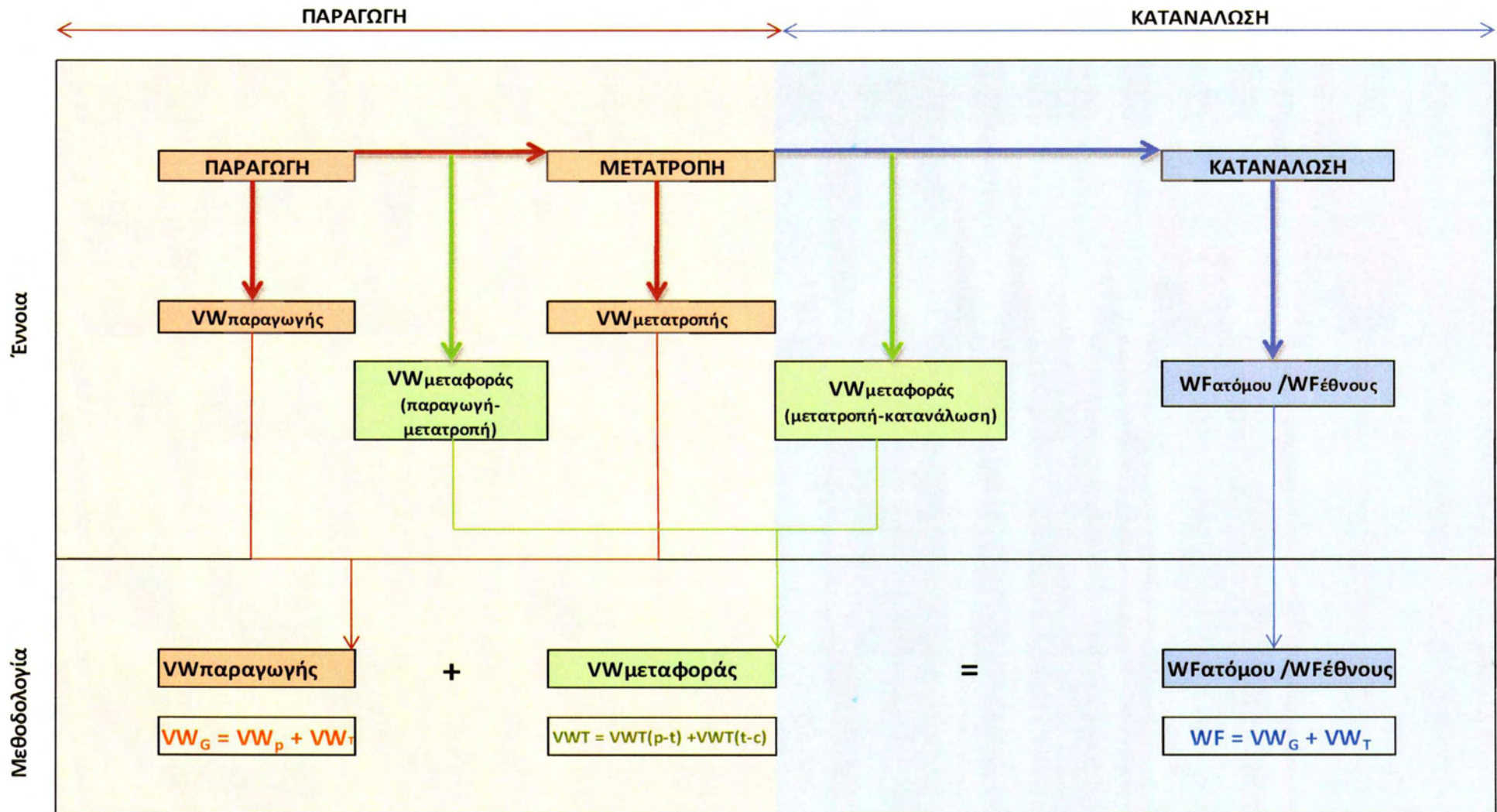
**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :**

“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”

αποτύπωμα. Στη πραγματικότητα όμως η παραγωγή και η κατανάλωση είναι δύο πλευρές του ίδιου νομίσματος και είναι φυσικό η μια να αλληλοσυμπληρώνει την άλλη. Η συγκεκριμένη ανάλυση οδηγεί στο εξής συμπέρασμα: τα δύο αυτά αντικείμενα αποτελούν δυο διαφορετικές έννοιες οι οποίες αναφέρονται στο ίδιο φαινόμενο, δηλαδή την σχέση παραγωγής-κατανάλωσης.

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :**

“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”



Σχήμα 1: Εικονικό Νερό και Υδατικό Αποτύπωμα στη παγκόσμια διαδικασία παραγωγής και κατανάλωσης

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### ΥΔΑΤΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ (WATER FOOTPRINT)

---

#### 2.1 Η έννοια του Υδατικού Αποτυπώματος

Το «Υδατικό Αποτύπωμα» (Water Footprint) ενός προϊόντος ορίζεται ως ο συνολικός όγκος του γλυκού νερού που χρησιμοποιείται άμεσα ή έμμεσα για την παραγωγή ενός προϊόντος. Υπολογίζεται λαμβάνοντας υπόψη την ποσότητα του νερού που καταναλώνεται και ρυπαίνεται σε όλα τα στάδια της παραγωγικής αλυσίδας. Ο ορισμός του «υδατικού αποτυπώματος» εισήχθη για πρώτη φορά από τον Hoekstra (2002).

Το υδατικό αποτύπωμα μπορεί να θεωρηθεί ως ένας ολοκληρωμένος δείκτης δέσμευσης υδατικών πόρων για ένα προϊόν ή υπηρεσία, αφού αποτελεί ταυτόχρονα δείκτη και άμεσης αλλά και της έμμεσης χρήσης νερού, είτε από τον καταναλωτή είτε από τον παραγωγό. Επιπλέον, αποτελεί ένα εργαλείο το οποίο προφέρει τη δυνατότητα κατανόησης του τρόπου με τον οποίο ο καταναλωτής συνδέεται με την παραγωγή των προϊόντων και με τη χρήση υδάτινων πόρων. Είναι μια ογκομετρική μέτρηση της κατανάλωσης.

Οι υπολογισμοί του υδατικού αποτυπώματος παρέχουν σαφείς πληροφορίες σχετικά με την ποσότητα του νερού που διατίθεται για την ικανοποίηση διάφορων ανθρώπινων αναγκών. Ο συγκεκριμένος δείκτης εκφράζεται συνήθως σε μονάδες όγκου νερού ανά μονάδα προϊόντος (π.χ. σε κυβικά μέτρα ανά τόνο,  $m^3/ton$ ) ή σε μονάδες όγκου νερού ανά μονάδα χρόνου (π.χ. σε κυβικά μέτρα ανά χρόνο,  $m^3/yr$ ). Αξίζει να σημειωθεί ότι οι ορισμοί του υδατικού αποτυπώματος δεν αφορούν το νερό ως γενική έννοια, αλλά συγκεκριμένα το γλυκό νερό, που αποτελεί σπάνιο φυσικό πόρο και καταλαμβάνει μόλις το 2,5% του συνολικού όγκου νερού του πλανήτη (Gleick, 1993). Κατ' επέκταση μπορεί να οριστεί το υδατικό αποτύπωμα για έναν καταναλωτή (ή μια ομάδα καταναλωτών), για μια γεωγραφικώς καθορισμένη περιοχή (π.χ. μια λεκάνη απορροής ποταμού, μία πόλη ή μία χώρα) και για μια επιχείρηση ή έναν οργανισμό.

#### 2.2 Διαχωρισμός του Υδατικού Αποτυπώματος με βάση το χρώμα

Το υδατικό αποτύπωμα διαιρείται σε τρεις υποκατηγορίες:

- Μπλε υδατικό αποτύπωμα
- Πράσινο υδατικό αποτύπωμα
- Γκρι υδατικό αποτύπωμα

## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :

“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”

---

Παρακάτω ακολουθεί η παρουσίαση του μπλε, πράσινου και γκρι υδατικού αποτυπώματος αναλυτικά.

### 2.2.1 Μπλε Υδατικό Αποτύπωμα

Το μπλε αποτύπωμα του νερού αποτελεί έναν δείκτη της καταναλωτικής χρήσης (δέσμευσης) των μπλε υδατικών πόρων (επιφανειακών και υπόγειων υδάτων) κατά μήκος της αλυσίδας εφοδιασμού ενός προϊόντος. Ο όρος «καταναλωτική χρήση» αναφέρεται σε μια από τις ακόλουθες δραστηριότητες:

- το νερό εξατμίζεται,
- το νερό ενσωματώνεται στο προϊόν,
- το νερό δεν επιστρέφει στην ίδια λεκάνη απορροής π.χ επιστρέφει σε άλλη λεκάνη απορροής ή στη θάλασσα,
- το νερό δεν επιστρέφει την ίδια περίοδο π.χ έχει αποσυρθεί κατά τη διάρκεια μιας ξηρής περιόδου και επιστρέφει κατά τη διάρκεια μιας υγρής (Hoekstra κ.α, 2009).

Μπορεί να γίνει και περαιτέρω διάκριση των μπλε υδατινών πόρων. Στη πράξη είναι δύσκολο να γίνει η παρακάτω διάκριση λόγω έλλειψης δεδομένων απλά θα γίνει μια αναφορά των υποδιαιρέσεων των μπλε υδατινών πόρων. Διακρίνονται σε:

- επιφανειακά ύδατα (light blue water),
- υπόγεια ύδατα (με δυνατότητα ανανέωσης, dark blue water),
- ορυκτά υπόγεια ύδατα (black water).

Επιστρέφοντας στον όρο της καταναλωτικής χρήσης πρέπει να τονίσουμε ότι η εξάτμιση είναι γενικά ο πιο σημαντικός παράγοντας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η καταναλωτική χρήση του νερού πολλές φορές να εξισώνεται με την εξάτμιση, αλλά φυσικά και τα άλλα τρία συστατικά θα πρέπει να συμπεριλαμβάνονται κατά περίπτωση.

Το μπλε υδατικό αποτύπωμα υπολογίζεται ως εξής:

$$\begin{array}{r} \text{Μπλε υδατικό αποτύπωμα} = \\ \text{Εξάτμιση μπλε νερού} \\ + \\ \text{Ενσωμάτωση μπλε νερού} \\ + \\ \text{Χαμένη επιστροφή ροής} \end{array}$$

## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :

“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”

Το τρίτο συστατικό αναφέρεται στο τμήμα της ροής που επιστρέφει το οποίο δεν είναι διαθέσιμο για επαναχρησιμοποίηση μέσα στη ίδια λεκάνη απορροής εντός της ίδιας περιόδου απόσυρσης, είτε επειδή επέστρεψε σε άλλη λεκάνη απορροής (ή στη θάλασσα) είτε επειδή επέστρεψε σε άλλο χρονικό διάστημα. Οι μονάδες του μπλε υδατικού αποτυπώματος είναι ποσότητα νερού ανά μονάδα χρόνου π.χ ανά μέρα, ανά έτος, ανά μήνα. Επίσης μπορεί να εκφραστεί σαν ποσότητα νερού ανά μονάδα προϊόντος (Hoekstra κ.α, 2009).

### 2.2. 2 Πράσινο Υδατικό Αποτύπωμα

Το πράσινο υδατικό αποτύπωμα αναφέρεται στην κατανάλωση των πράσινων υδάτινων πόρων (το νερό από τις βροχοπτώσεις αποθηκεύεται στο έδαφος ως υγρασία). Ο όρος πράσινο νερό αναφέρεται στο νερό το οποίο προέρχεται από βροχοπτώσεις που δεν διαφεύγει ή εμπλουτίζει τους υπόγειους υδροφορείς, αλλά είτε αποθηκεύεται στο έδαφος ή προσωρινά παραμένει πάνω στο έδαφος ή στη βλάστηση. Τελικά αυτό το μέρος εξατμίζεται ή απορροφάται μέσω της βλάστησης.

Το πράσινο ίχνος νερού είναι ο όγκος του βρόχινου νερού ο οποίος καταναλώνεται κατά την παραγωγική διαδικασία. Αυτό είναι ιδιαίτερα χρήσιμο στα γεωργικά και δασοκομικά προϊόντα (προϊόντα δηλαδή τα οποία βασίζονται σε καλλιέργειες ή στο ξύλο) όπου γίνεται αναφορά στη συνολική εξατμισοδιαπνοή βρόχινου νερού και στο νερό που έχει ενσωματωθεί στην καλλιέργεια ή στο ξύλο.

Το πράσινο υδατικό αποτύπωμα υπολογίζεται ως εξής:

$$\text{Πράσινο υδατικό αποτύπωμα} = \text{Εξάτμιση πράσινου νερού} + \text{Ενσωμάτωση πράσινου νερού}$$

Η διάκριση μεταξύ του μπλε και του πράσινου αποτυπώματος του νερού είναι ιδιαίτερα σημαντική διότι οι υδρολογικές, περιβαλλοντικές, κοινωνικές επιπτώσεις καθώς και το οικονομικό κόστος ευκαιρίας χρήσης των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων στη παραγωγή διαφέρουν έντονα από τις επιπτώσεις και το κόστος της χρήσης του βρόχινου νερού. Η κατανάλωση του πράσινου νερού στη γεωργία μπορεί να μετρηθεί, ή να εκτιμηθεί με μια σειρά από εμπειρικές σχέσεις ή μοντέλα καλλιέργειας κατάλληλα για την εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής με βάση στοιχεία σχετικά με το κλίμα ,το έδαφος αλλά και τα χαρακτηριστικά της καλλιέργειας (Hoekstra και Charagain, 2008).

Αν και οι πράσινοι υδατικοί πόροι μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο επί τόπου, μπορούν να μετακινηθούν και να εξαχθούν μέσω της παραγωγής γεωργικών προϊόντων και του εμπορίου. Αρκετές μελέτες έχουν ποσοτικοποιήσει την συνεισφορά των πράσινων

## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :

“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”

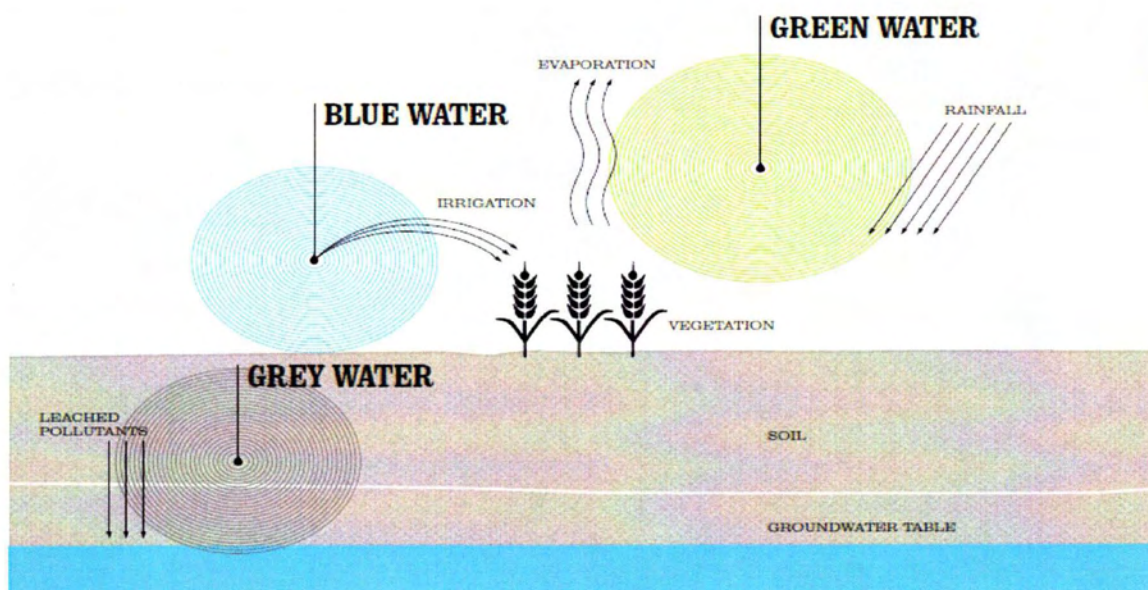
υδάτινων πόρων και έχουν υπολογίσει την συνεισφορά τους στην παραγωγή τροφίμων και στις παγκόσμιες ροές εικονικού νερού. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η μεγαλύτερη ποσότητα του νερού που εξάγεται είναι πράσινο νερό από χώρες που είναι μεγάλοι εξαγωγείς τροφίμων (Gerten κ.α, 2005, Yang κ.α, 2006, Charagain κ.α, 2006).

### 2.2.3 Γκρι Υδατικό Αποτύπωμα

Το γκρι υδατικό αποτύπωμα του νερού για ένα στάδιο της παραγωγικής διαδικασίας αποτελεί ένα δείκτη του βαθμού ρύπανσης του γλυκού νερού που συνδέεται με αυτό το στάδιο. Ορίζεται ως ο όγκος του γλυκού νερού που απαιτείται για να αφομοιωθεί το φορτίο των ρύπων βάσει των υφιστάμενων περιβαλλοντικών προτύπων ποιότητας των υδάτων. Υπολογίζεται ως ο όγκος του νερού που απαιτείται για την αραιώση των ρύπων σε τέτοιο βαθμό ώστε η ποιότητα του εναπομείναντος στο περιβάλλον νερού να παραμένει στα πρότυπα τα οποία έχουν οριστεί. Το γκρι υδατικό αποτύπωμα είναι ένας δείκτης ρύπανσης και φυσικά όσο λιγότερη ρύπανση τόσο το καλύτερο. Ο όρος αυτός χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά από τους Hoekstra και Charagain το 2008.

Το γκρι υδατικό αποτύπωμα υπολογίζεται διαιρώντας το ρυπαντικό φορτίο (L σε μάζα/χρόνο) με τη διαφορά μεταξύ του περιβαλλοντικού προτύπου ποιότητας των υδάτων για τον ρύπο αυτό (η μέγιστη αποδεκτή συγκέντρωση  $c_{max}$ , σε βάρος ανά όγκο) και της φυσικής συγκέντρωσης της υδάτινης μάζας υποδοχής ( $c_{nat}$ , σε βάρος /όγκο).

$$\text{Γκρι υδατικό αποτύπωμα} = \frac{L}{c_{max} - c_{nat}} \quad (5)$$



Εικόνα2.1: Σχηματική απεικόνιση των χρωμάτων του νερού.

Πηγή : [www.virtualwater.eu](http://www.virtualwater.eu)



### 2.3 Διαχωρισμός του Υδατικού Αποτυπώματος με βάση την χρήση του νερού/ Άμεσο και Έμμεσο Υδατικό Αποτύπωμα

Το υδατικό αποτύπωμα αποτελεί ένα δείκτη (όργανο μέτρησης) της χρήσης του γλυκού νερού που φαίνεται όχι μόνο στην άμεση χρήση του νερού από τον καταναλωτή ή τον παραγωγό αλλά και στην έμμεση. Επομένως, μπορεί να γίνει μια ακόμη διάκριση του υδατικού αποτυπώματος, όσον αφορά τη χρήση του νερού αυτή τη φορά. Η διάκριση αυτή εκφράζεται με τους όρους του **άμεσου(direct)** και του **έμμεσου(indirect)** υδατικού αποτυπώματος.

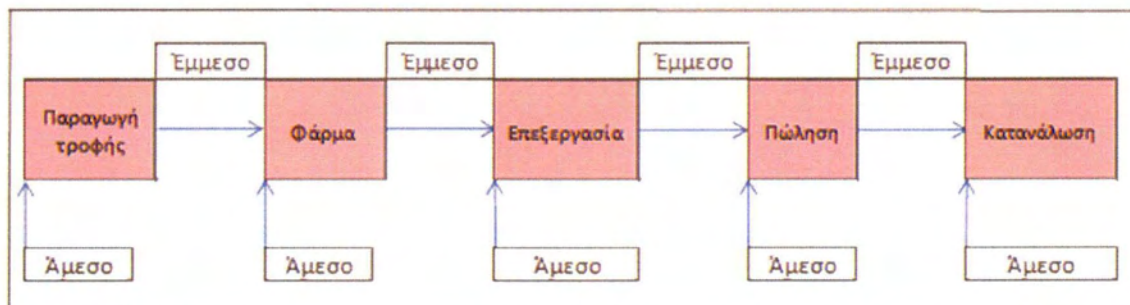
Η γενική αντίληψη που επικρατεί είναι ότι στους υπολογισμούς που πραγματοποιούνται πρέπει να συμπεριλαμβάνεται τόσο το άμεσο όσο και το έμμεσο υδατικό αποτύπωμα. Η ενασχόληση μόνο με το άμεσο υδατικό αποτύπωμα θα οδηγούσε στην εξής παρατυπία. Οι καταναλωτές θα παρέβλεπαν το γεγονός ότι το μεγαλύτερο μερίδιο του αποτυπώματος τους σχετίζεται με τα προϊόντα που αγοράζουν και όχι με το νερό που καταναλώνουν στο σπίτι. Επίσης, πρέπει να τονιστεί ότι όσον αφορά τις επιχειρήσεις, το υδατικό αποτύπωμα της παραγωγικής αλυσίδας ενός προϊόντος είναι πολύ μεγαλύτερο από το υδατικό αποτύπωμα των δικών τους ενεργειών.

Στην ουσία ο διαχωρισμός αυτός σχετίζεται με την πηγή από την οποία προέρχεται το νερό το οποίο χρησιμοποιείται για την παραγωγή των αγαθών και των υπηρεσιών τα οποία καταναλώνονται από μια χώρα και από τους κατοίκους της χώρας αυτής. Έρευνες δείχνουν ότι το έμμεσο υδατικό αποτύπωμα όλων των εθνών παγκοσμίως είναι ίσο περίπου με το 16% της συνολικής παγκόσμιας κατανάλωσης νερού. Το υδατικό αποτύπωμα, αυτό που κατάφερε να πετύχει, είναι η σύνδεση της ανθρώπινης κατανάλωσης του νερού σε μια περιοχή της γης με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που σχετίζονται με τη κατανάλωση αυτή σε κάποιο άλλο μέρος του πλανήτη. Η πιο στοχευόμενη παρατήρηση η οποία έγινε σχετικά με τις επιπτώσεις του υδατικού αποτυπώματος ήταν αυτή που αναφερόταν στη παραγωγή βαμβακιού (Charagain κ.α, 2006). Πιο συγκεκριμένα, στη μελέτη αυτή γινόταν αναφορά και δίνονταν ιδιαίτερη σημασία στο γεγονός ότι τα προβλήματα τα οποία σχετίζονται με το νερό σε μια περιοχή με υψηλή παραγωγική ικανότητα δεν μπορούν να λυθούν αν μέρος της ευθύνης για τα οικονομικά κόστη και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που παραμένουν στην περιοχή παραγωγής, δεν αναλάβουν και οι καταναλωτές σε άλλες περιοχές της γης.

Το ακόλουθο παράδειγμα θα βοηθήσει στην κατανόηση του τρόπου υπολογισμού του έμμεσου και του άμεσου υδατικού αποτυπώματος ενός σταδίου της παραγωγικής αλυσίδας ενός προϊόντος. Παρουσιάζεται η αλυσίδα παραγωγής ενός προϊόντος. Το προϊόν συγκεκριμένα είναι κρέας για κατανάλωση.

## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :

“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”



Το συνολικό υδατικό αποτύπωμα ενός καταναλωτή είναι το άθροισμα του άμεσου και του έμμεσου υδατικού αποτυπώματος.

ΥΔΑΤΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ = ΑΜΕΣΟ ΥΔΑΤΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ + ΕΜΜΕΣΟ ΥΔΑΤΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ

Το άμεσο υδατικό αποτύπωμα του καταναλωτή είναι το μέγεθος της ποσότητας που καταναλώνεται ή μολύνεται όταν προετοιμάζουμε ή μαγειρεύουμε το φαγητό.

Το έμμεσο υδατικό αποτύπωμα του καταναλωτή εξαρτάται από το άμεσο υδατικό αποτύπωμα του λιανοπωλητή που πουλάει το κρέας, του υπεύθυνου που προετοιμάζει και επεξεργάζεται το κρέας για πώληση, της φάρμας που μεγαλώνει τα ζώα από τα οποία θα προέλθει το κρέας, καθώς και της καλλιέργειας η οποία παράγει τη τροφή που δίνεται στα ζώα.

Το έμμεσο υδατικό αποτύπωμα του λιανοπωλητή εξαρτάται από το άμεσο υδατικό αποτύπωμα του υπεύθυνου που προετοιμάζει και επεξεργάζεται το κρέας για πώληση, της φάρμας που μεγαλώνει τα ζώα από τα οποία θα προέλθει το κρέας, καθώς και της καλλιέργειας η οποία παράγει τη τροφή που δίνεται στα ζώα.

Επομένως, το έμμεσο υδατικό αποτύπωμα μιας διαδικασίας είναι ίσο με το άθροισμα των άμεσων υδατικών αποτυπώματων των προηγούμενων διαδικασιών.

$$\text{ΕΜΜΕΣΟ ΥΔΑΤΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ}_{\text{διαδ.}} = \sum \text{ΑΜΕΣΟ ΥΔΑΤΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ}_{\text{προηγ.διαδ.}}$$

Πίνακας 2.1: Σχέση άμεσου και έμμεσου υδατικού αποτυπώματος κατά την παραγωγή ενός προϊόντος.

### 2.4 Μέθοδοι υπολογισμού του Υδατικού Αποτυπώματος

Όσον αφορά τον υπολογισμό του υδατικού αποτυπώματος υπάρχουν δύο διαφορετικές μέθοδοι. Η πρώτη προτάθηκε από τους Hoekstra και Charagain (2008) και η δεύτερη αναπτύχθηκε αργότερα από τους Ridoutt και Pfister (2010) σαν μια αναθεωρημένη μορφή της αρχικής μεθόδου. Στη παρούσα διπλωματική εργασία γίνεται λεπτομερής ανάλυση της

## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :

“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”

---

πρώτης μεθοδολογίας, η οποία εισήχθη από τους Hoekstra και Charagain, η συνεισφορά των οποίων είναι ιδιαίτερα σημαντική και καθοριστική στον συγκεκριμένο τομέα.

### 2.4.1 Υπολογισμός του Υδατικού Αποτυπώματος κατά Hoekstra και Charagain

Στην παρούσα ενότητα γίνεται αναλυτική αναφορά και περιγραφή των μεθόδων υπολογισμού του Υδατικού Αποτυπώματος. Οι υπολογισμοί αυτοί θα σχετίζονται με τέσσερις διαφορετικές κατηγορίες. Αυτές είναι:

- Υδατικό Αποτύπωμα ενός προϊόντος,
- Υδατικό αποτύπωμα μίας καλλιέργειας,
- Υδατικό Αποτύπωμα ενός καταναλωτή και μίας ομάδας καταναλωτών,
- Υδατικό Αποτύπωμα ενός έθνους και της εθνικής κατανάλωσης μιας χώρας.

### 2.4.2 Υδατικό Αποτύπωμα ενός προϊόντος

Με σκοπό τον υπολογισμό του υδατικού αποτυπώματος ενός προϊόντος πρέπει πρώτα να γίνει κατανοητός ο τρόπος με τον οποίο ένα προϊόν παράχθηκε. Πρέπει δηλαδή να πραγματοποιηθεί μια ανάλυση του παραγωγικού συστήματος του προϊόντος. Ένα παραγωγικό σύστημα αποτελείται από ένα αριθμό συνεχόμενων βημάτων. Για παράδειγμα η παραγωγική διαδικασία μιας βαμβακερής μπλούζας είναι: το βαμβάκι αναπτύσσεται σε μια καλλιέργεια και στη συνέχεια υπάρχει μια σειρά διαδικασιών μέχρι να γίνει μπλούζα.

Για τον υπολογισμό του υδατικού αποτυπώματος απαιτείται η απλοποίηση της διαδικασίας αυτής.

Το υδατικό αποτύπωμα ενός προϊόντος μπορεί να υπολογιστεί με δύο διαφορετικούς τρόπους οι οποίοι φυσικά και καταλήγουν στο ίδιο αποτέλεσμα.

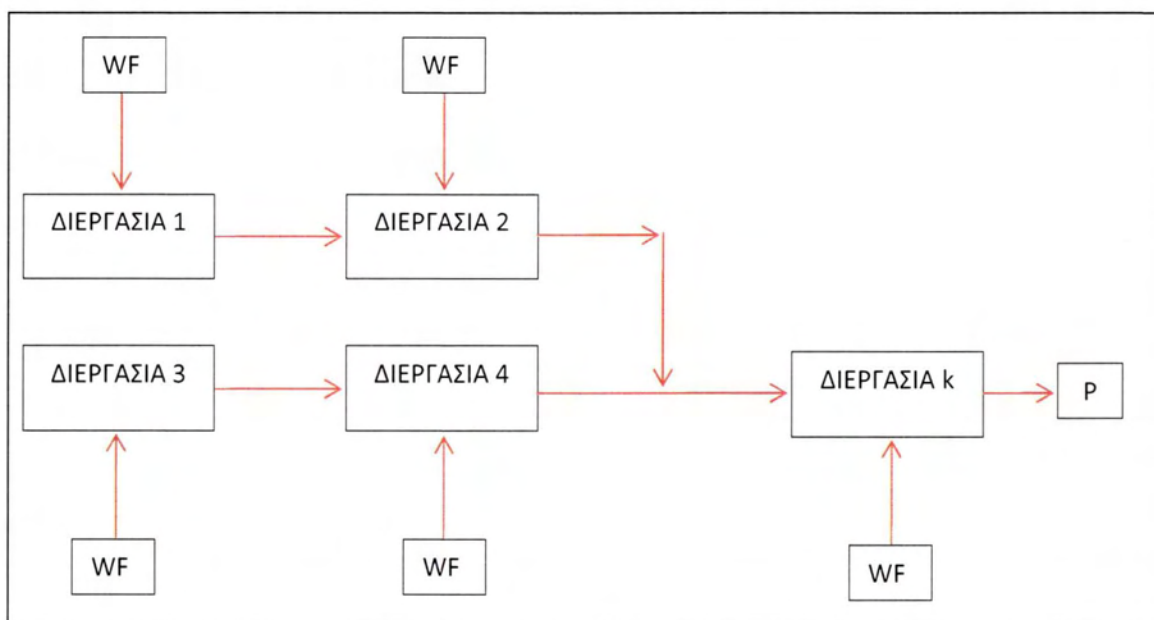
#### 1<sup>η</sup> προσέγγιση

Η συγκεκριμένη προσέγγιση μπορεί να εφαρμοστεί μόνο στη περίπτωση κατά την οποία ένα παραγωγικό σύστημα παράγει μόνο ένα προϊόν. Στη πραγματικότητα συστήματα τα οποία παράγουν μόνο ένα προϊόν σπάνια υφίστανται, ωστόσο αυτό δεν σημαίνει ότι δεν πρέπει να γίνει αναφορά γι' αυτά. Σε αυτή τη περίπτωση τα υδατικά αποτυπώματα τα οποία μπορούν να συσχετιστούν με τα διάφορα βήματα ενός παραγωγικού συστήματος μπορούν όλα να αποδοθούν στο προϊόν που προκύπτει από το σύστημα.

Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται το παραγωγικό σύστημα ενός προϊόντος. Το υδατικό αποτύπωμα του προϊόντος αυτού είναι ίσο με το άθροισμα των υδατινών αποτυπωμάτων όλων των διαδικασιών από τις οποίες αποτελείται το παραγωγικό σύστημα του προϊόντος αυτού.

## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :

“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”



Σχήμα 2.1: Διάγραμμα ροής υπολογισμού του WF προϊόντος

Επομένως ισχύει ότι,

$$WF_P = \frac{\sum_{i=1}^k WF \text{ διεργασία } [i]}{P} \quad (6)$$

Όπου,

$WF \text{ διεργασία } [i]$  = Το υδατικό αποτύπωμα της διεργασίας  $i$  σε μονάδες όγκου ανά χρόνο

$P$  = Η παραγόμενη ποσότητα του προϊόντος  $P$  σε μονάδες μάζας ανά χρόνο

Επομένως οι μονάδες του υδατικού αποτυπώματος ενός προϊόντος είναι:  $\left[ \frac{\text{όγκος νέρου}}{\text{μάζα}} \right]$

### 2<sup>η</sup> προσέγγιση

Η δεύτερη αυτή προσέγγιση αποτελεί ένα τρόπο υπολογισμού του υδατικού αποτυπώματος ενός προϊόντος ο οποίος βασίζεται στο υδατικό αποτύπωμα των άλλων προϊόντων που εισάγονται, τα οποία είναι απαραίτητα στο τελευταίο βήμα μιας διαδικασίας για να παράγει αυτό το προϊόν, και το υδατικό αποτύπωμα του βήματος αυτού.

Η προσέγγιση αυτή θεωρεί σαν δεδομένο έναν αριθμό από εισαγόμενα προϊόντα τα οποία οδηγούν στη παραγωγή ενός εξαγόμενου προϊόντος. Σε αυτή τη περίπτωση το υδατικό αποτύπωμα του εξαγόμενου προϊόντος προκύπτει προσθέτοντας τα υδατικά αποτυπώματα των εισαγόμενων προϊόντων και προσθέτοντας το υδατικό αποτύπωμα της διαδικασίας αυτής.

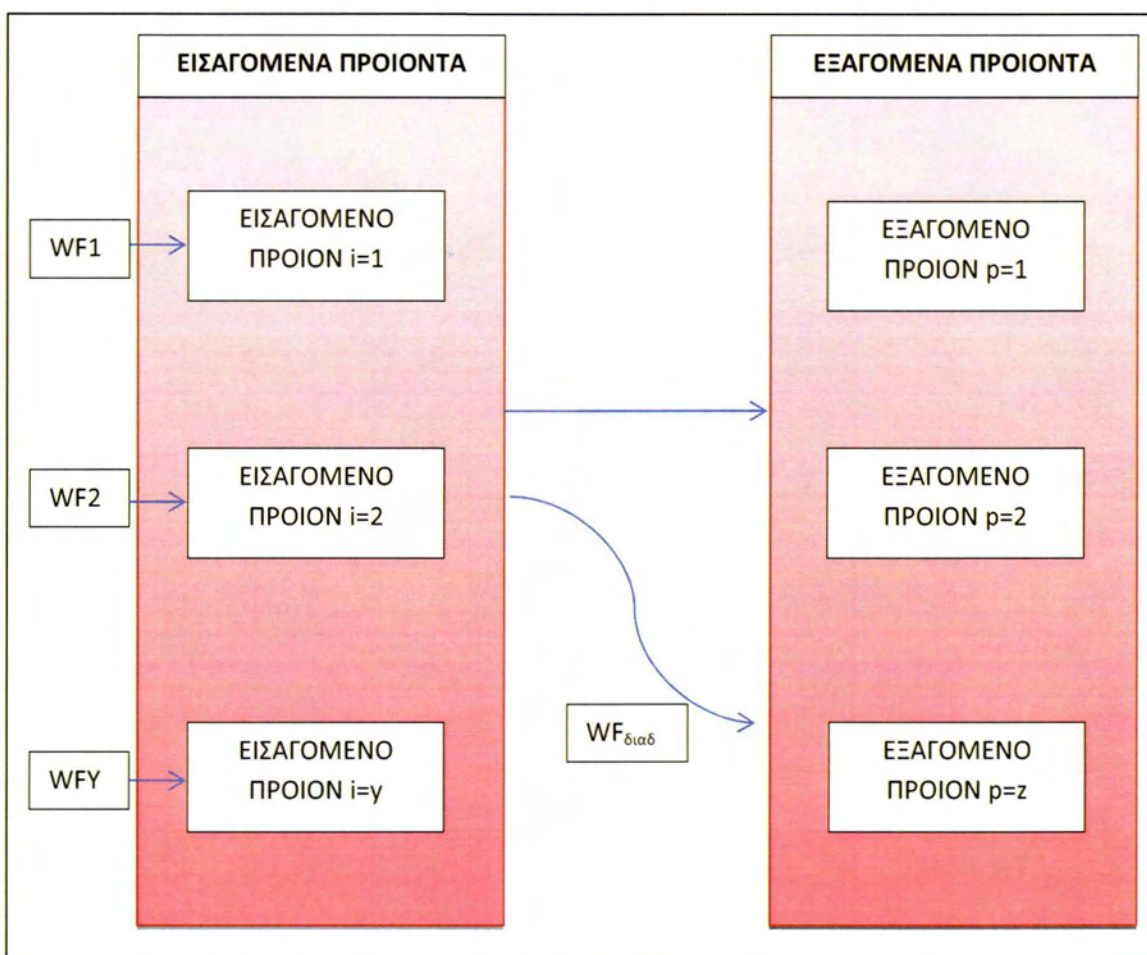
### ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :

“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”

Στην περίπτωση κατά την οποία υπάρχει ένα εισαγόμενο προϊόν και πολλά εξαγόμενα απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή. Στη περίπτωση αυτή πρέπει να γίνει διαχωρισμός του υδατικού αποτύπωματος του εισαγόμενου προϊόντος σε ξεχωριστά επιμέρους κομμάτια. Αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί λαμβάνοντας υπόψη την αξία των εξαγόμενων προϊόντων. Επίσης σχετίζεται και από το βάρος των εξαγόμενων προϊόντων, μέθοδος όμως όχι και τόσο αποδοτική.

Τέλος, παρουσιάζεται η πιο γενική περίπτωση κατά την οποία υπάρχει ένας αριθμός εισαγόμενων προϊόντων “ $y$ ” τα οποία οδηγούν στην παραγωγή “ $z$ ” εξαγόμενων προϊόντων.

Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται μια απλή απεικόνιση της δεύτερης προσέγγισης.



Σχήμα 2.2: Διάγραμμα ροής υπολογισμού του WF προϊόντος

Κατά τη διάρκεια της παράγωγης αν υπάρξει κάποια ποσότητα νερού η οποία χρησιμοποιείται το υδατικό αποτύπωμα του χρησιμοποιούμενου νερού προσθ εται στο υδατικό αποτύπωμα των εισαγόμενων προϊόντων και διαχωρίζεται σε διάφορα εξαγόμενα προϊόντα. Το υδατικό αποτύπωμα ενός εξαγόμενου προϊόντος  $p$  υπολογίζεται ως εξής:

## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :

“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”

$$WF_{\text{προϊόν}(p)} = (WF_{\text{διαδ}} + \sum_{i=1}^y \frac{WF_{\text{προϊόν}(i)}}{fp(p,i)}) \times fv(p) \quad (7)$$

Όπου,

$WF_{\text{προϊόν}(p)}$  = Το υδατικό αποτύπωμα του εξαγόμενου προϊόντος  $p$  σε μονάδες όγκου νερού ανά μάζα

$WF_{\text{προϊόν}(i)}$  = Το υδατικό αποτύπωμα του εισαγόμενου προϊόντος  $i$

$WF_{\text{διαδ}}$  = Το υδατικό αποτύπωμα του βήματος της παραγωγικής διαδικασίας κατά τη διάρκεια της οποίας γίνεται η μετατροπή των “ $y$ ” εισαγόμενων προϊόντων σε “ $z$ ” εξαγόμενα προϊόντα και εκφράζεται ως όγκος νερού ανά μονάδα προϊόντος,

$fp(p,i)$  = Η αναλογία προϊόντος (product fraction)

$fv(p)$  = Η αναλογία αξίας προϊόντος (value fraction)

Η «αναλογία προϊόντος» ενός εξαγόμενου προϊόντος  $p$  το οποίο έχει παραχθεί από ένα εισαγόμενο προϊόν  $i$  ορίζεται ως η ποσότητα του εξαγόμενου προϊόντος ( $w[p]$ , μάζα) ανά ποσότητα εισαγόμενου προϊόντος ( $w[i]$ , μάζα). Δηλαδή,

$$fp(p,i) = \frac{w[p]}{w[i]} \quad (8)$$

Η «αναλογία αξίας» ενός εξαγόμενου προϊόντος ορίζεται ως ο λόγος της οικονομικής αξίας του προϊόντος αυτού προς τη συνολική όλων των εξαγόμενων προϊόντων ( $p=1$  έως  $p=z$ ) τα οποία προέκυψαν από τα εισαγόμενα:

$$fv(p) = \frac{\text{τιμή}[p] \cdot w[p]}{\sum_{i=1}^z \text{τιμή}[p] \cdot w[p]} \quad (9)$$

Όγκος νερού ανά μονάδα μάζας	Για προϊόντα για τα οποία το βάρος είναι ένας καλός δείκτης της ποσότητας τους
Όγκος νερού ανά χρηματική μονάδα	Για προϊόντα για τα οποία η χρηματική αξία είναι πιο αποτελεσματικός δείκτης απ’ ότι το βάρος
Όγκος νερού ανά μονάδα προϊόντος	Για προϊόντα τα οποία μετριοούνται ανά κομμάτι και όχι με βάση το βάρος τους
Όγκος νερού ανά μονάδα ενέργειας	Ανά kcal για τρόφιμα ,ή ανά joule για ηλεκτρισμό ή καύσιμα.

Πίνακας 2.2 Μονάδες Υδατικού Αποτυπώματος Προϊόντος

Στη συνέχεια παρουσιάζεται μια σειρά προϊόντων με το αντίστοιχο μέσο ίχνος νερού υπολογισμένο σε παγκόσμια κλίμακα. Επιπλέον, σημειώνεται και το ποσοστό του είδους του νερού, δηλαδή τι ποσοστό του υδατικού αποτυπώματος αναφέρεται σε πράσινη χρήση νερού, σε μπλε και σε γκρι.

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :**

“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”

**Σειρά Παραδειγμάτων 1 (Πηγή: [www.waterfootprint.org](http://www.waterfootprint.org))**



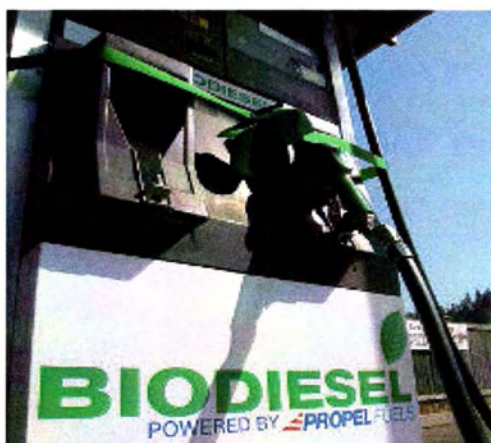
Σοκολάτα

**Παγκόσμιο Μέσο Ίχνος Νερού:** 17196 λίτρα/kg

Πράσινη Χρήση Νερού :98 %

Μπλε Χρήση Νερού : 1%

Γκρι Χρήση Νερού :1%



Βιοντίζελ

**Παγκόσμιο Μέσο Ίχνος Νερού:** 11397 λίτρα

νερού ανά λίτρο βιοντίζελ

Πράσινη Χρήση Νερού :95 %

Μπλε Χρήση Νερού : 3%

Γκρι Χρήση Νερού :2%



Καλαμπόκι

**Παγκόσμιο Μέσο Ίχνος Νερού:** 1222 λίτρα

νερού/kg

Πράσινη Χρήση Νερού :77 %

Μπλε Χρήση Νερού : 7%

Γκρι Χρήση Νερού :16%

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :**

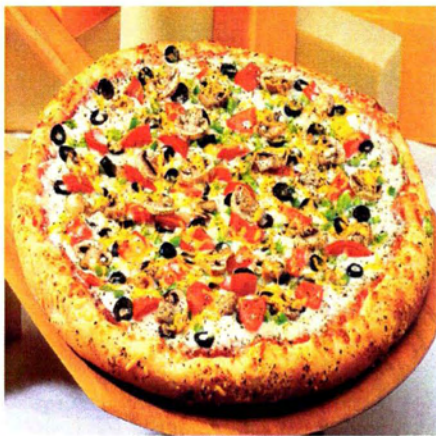
“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”

---



Παγκόσμιο Μέσο Ίχνος Νερού: 109 λίτρα  
για ένα ποτήρι κρασί  
Πράσινη Χρήση Νερού :70 %  
Μπλε Χρήση Νερού : 16%  
Γκρι Χρήση Νερού :14%

Ποτήρι Κρασί



Παγκόσμιο Μέσο Ίχνος Νερού: 1259 λίτρα ανά  
πίτσα  
Πράσινη Χρήση Νερού :76 %  
Μπλε Χρήση Νερού : 14%  
Γκρι Χρήση Νερού :10%

Πίτσα



Παγκόσμιο Μέσο Ίχνος Νερού: 74 λίτρα για  
ένα ποτήρι 250 ml  
Πράσινη Χρήση Νερού :85 %  
Μπλε Χρήση Νερού : 6%  
Γκρι Χρήση Νερού :9%

Ποτήρι Μπύρα



## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :

“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”

### 2.4.3 Υπολογισμός του γκρι ,πράσινου ,μπλε υδατικού αποτυπώματος μιας καλλιέργειας ή ενός δέντρου

Πολλά προϊόντα περιλαμβάνουν συστατικά από τη γεωργία και από την δασοκομία. Καλλιέργειες χρησιμοποιούνται για φαγητό, καύσιμα ,λάδι κ.τ.λ. Το ξύλο από τα δέντρα χρησιμοποιείται σε διάφορους τομείς όπως για την παραγωγή χαρτιού και επιπλέον σαν καύσιμο.

Από την στιγμή που οι τομείς της γεωργίας και της δασοκομίας είναι ιδιαίτερα σημαντικοί και επειδή έχουμε ιδιαίτερα υψηλή κατανάλωση νερού τα προϊόντα τα οποία ενσωματώνουν στο παραγωγικό τους σύστημα τη γεωργία και τη δασοκομία έχουν ένα ιδιαίτερο υδατικό αποτύπωμα.

Το συνολικό υδατικό αποτύπωμα της διαδικασίας ανάπτυξης μιας καλλιέργειας ή ενός δέντρου είναι το άθροισμα του πράσινου , μπλε και γκρι υδατικού αποτυπώματος. Δηλαδή:

$$WF_{\text{διαδικασίας}} = WF_{\text{διαδικασίας, μπλε}} + WF_{\text{διαδικασίας, πράσινο}} + WF_{\text{διαδικασίας, γκρι}} \quad (10)$$

Στη περίπτωση που εξετάζουμε τώρα θα εκφράσουμε το υδατικό αποτύπωμα σε μονάδες :

$\frac{\text{όγκος νερού}}{\text{μάζα}}$  δηλαδή σε  $m^3/\text{ton}$  ή σε  $\text{litre}/\text{kg}$ .

Το πράσινο συστατικό του υδατικού αποτυπώματος στην διαδικασία ανάπτυξης μιας καλλιέργειας ή ενός δέντρου υπολογίζεται ως εξής:

$$WF_{\text{διαδικασίας, πράσινο}} = \frac{CDW_{\text{πράσινο}}}{Y} \quad (11)$$

Όπου,

$CDW_{\text{πράσινο}}$ = Το πράσινο συστατικό του νερού που χρησιμοποιήθηκε στη καλλιέργεια σε  $m^3/\text{ha}$

$Y$ = Η σοδειά της καλλιέργειας σε  $\text{ton}/\text{ha}$

Το μπλε συστατικό του υδατικού αποτυπώματος στην διαδικασία ανάπτυξης μιας καλλιέργειας ή ενός δέντρου υπολογίζεται με παρόμοιο τρόπο:

$$WF_{\text{διαδικασίας, μπλε}} = \frac{CDW_{\text{μπλε}}}{Y} \quad (12)$$

Όπου,

$CDW_{\text{μπλε}}$ = Το μπλε συστατικό του νερού που χρησιμοποιήθηκε στη καλλιέργεια σε  $m^3/\text{ha}$

$Y$ = Η σοδειά της καλλιέργειας σε  $\text{ton}/\text{ha}$

### ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :

“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”

Το γκρι συστατικό του υδατικού αποτυπώματος στην διαδικασία ανάπτυξης μιας καλλιέργειας ή ενός δέντρου υπολογίζεται ως εξής:

$$WF_{\text{διαδικασίας, γκρι}} = \frac{\alpha \cdot AR}{C_{\text{max}} - C_{\text{nat}}} \cdot Y \quad (13)$$

Όπου,

AR= Ο ρυθμός χημικής εφαρμογής ανά εκτάριο σε kg/ha

$\alpha$ = ένας συντελεστής αναλογίας

$C_{\text{max}}$ = Η μέγιστη αποδεκτή συγκέντρωση σε kg/m<sup>3</sup>

$C_{\text{nat}}$ = Η φυσική συγκέντρωση της υδάτινης μάζας υποδοχής σε kg/m<sup>3</sup>

Y= Η σοδειά της καλλιέργειας σε ton/ha

Το πράσινο και το μπλε συστατικό του νερού που χρησιμοποιήθηκε σε μια καλλιέργεια υπολογίζεται από τη συσσώρευση της καθημερινής εξατμισοδιαπνοής (ET εκφραζόμενη σε mm/day) για ολόκληρη την καλλιεργητική περίοδο, δηλαδή :

$$CDW_{\text{πράσινο}} = 10 \cdot \sum_{d=1}^{lgr} ET_{\text{πράσινο}} \quad (14)$$

$$CDW_{\text{μπλε}} = 10 \cdot \sum_{d=1}^{lgr} ET_{\text{μπλε}} \quad (15)$$

Όπου,

$ET_{\text{πράσινο}}$  = Η εξατμισοδιαπνοή του πράσινου συστατικού του νερού

$ET_{\text{μπλε}}$  = Η εξατμισοδιαπνοή του μπλε συστατικού του νερού

Ο συντελεστής 10 έχει ως στόχο να μετατρέψει το βάθος του νερού από mm, σε όγκο νερού ανά επιφάνεια γης (m<sup>3</sup>/ha).

Ο αθροιστικός υπολογισμός γίνεται για την περίοδο από την μέρα που φυτεύτηκε η καλλιέργεια (μέρα 1) μέχρι τη μέρα της συγκομιδής ( $lgr$ =μήκος της καλλιεργητικής περιόδου).

### **Υπολογισμός Εξατμισοδιαπνοής**

Η εξατμισοδιαπνοή από έναν αγρό είτε μπορεί να μετρηθεί είτε να εκτιμηθεί με τη βοήθεια ενός μοντέλου το οποίο βασίζεται σε εμπειρικούς τύπους. Η μέτρηση της εξατμισοδιαπνοής είναι δαπανηρή και ασυνήθιστη. Γενικά, ο υπολογισμός της εξατμισοδιαπνοής γίνεται έμμεσα μέσω ενός μοντέλου το οποίο χρησιμοποιεί σαν δεδομένα εισόδου τις πληροφορίες σχετικά με το κλίμα, τα χαρακτηριστικά του εδάφους και των καλλιεργειών. Πρέπει να τονιστεί ότι υπάρχουν διάφοροι εναλλακτικοί τρόποι για να μοντελοποιήσουμε την εξατμισοδιαπνοή και την ανάπτυξη των καλλιεργειών. Ένα από

## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :

“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”

τα πιο γνωστά μοντέλα το οποίο χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της ET είναι το CROPWAT το οποίο αναπτύχθηκε από FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) το 1986. Το CROPWAT είναι το πιο γνωστό από όλα που υπάρχουν λόγω της ευρείας εφαρμογής του και της διαθεσιμότητας του στο διαδίκτυο. Ο υπολογισμός του πράσινου του μπλε και του γκρι υδατικού αποτυπώματος προϋποθέτει την ύπαρξη ενός μεγάλου αριθμού δεδομένων για τα οποία θα γίνει λόγος παρακάτω. Η εύρεση δεδομένων σε γενικές γραμμές είναι μια επίπονη διαδικασία και απαιτεί μια σοβαρή μελέτη έτσι ώστε τα αποτελέσματα που θα προκύψουν να είναι αξιόλογα. Στην περίπτωση κατά την οποία η αξιολόγηση επιτρέπει μια πρόχειρη εκτίμηση μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα δεδομένα από κάποια από τις κοντινές περιοχές ή από τους εθνικούς μέσους όρους τα οποία είναι εύκολα διαθέσιμα.

Οι Hoekstra and Hung (2005) εφάρμοσαν το μοντέλο CROPWAT για να υπολογίσουν το εικονικό νερό (πράσινο και μπλε) που εμπεριέχεται σε διάφορες καλλιέργειες σε διάφορες χώρες. Πιο συγκεκριμένα, υπολογίζει τις ανάγκες σε νερό μιας συγκεκριμένης καλλιέργειας βασιζόμενο στα κλιματικά και εδαφολογικά δεδομένα και φυσικά χαρακτηριστικά της καλλιέργειας. Επίσης παρέχει τη δυνατότητα δημιουργίας χρονοδιαγράμματος άρδευσης αλλά και αξιολόγηση των μεθόδων καλλιέργειας και άρδευσης. Η μελέτη τους, ήταν η πρώτη συστηματική προσέγγιση για την εκτίμηση της περιεκτικότητας σε εικονικό νερό μιας καλλιέργειας για τις επιμέρους χώρες με παγκόσμια κάλυψη. Ωστόσο, μόνο μία τοποθεσία επιλέχθηκε σε κάθε χώρα (κυρίως η πρωτεύουσα) για την προσομοίωση.

### Σειρά Παραδειγμάτων 2 (Πηγή: [www.waterfootprint.org](http://www.waterfootprint.org))



Παγκόσμιο Μέσο Ίχνος Νερού: 790 λίτρα / kg

Πράσινη Χρήση Νερού :84 %

Μπλε Χρήση Νερού : 12%

Γκρι Χρήση Νερού :4%

Μπανάνα



Παγκόσμιο Μέσο Ίχνος Νερού: 2495 λίτρα για μια μπλούζα 250 gr

Πράσινη Χρήση Νερού :54 %

Μπλε Χρήση Νερού : 33%

Γκρι Χρήση Νερού :13%

Βαμβάκι

### ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :

“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”



Παγκόσμιο Μέσο Ίχνος Νερού: 4325 λίτρα/kg

Πράσινη Χρήση Νερού :82 %

Μπλε Χρήση Νερού : 7%

Γκρι Χρήση Νερού :11%

Κρέας Κοτόπουλο



Παγκόσμιο Μέσο Ίχνος Νερού: 5553 λίτρα /kg

Πράσινη Χρήση Νερού :85 %

Μπλε Χρήση Νερού : 8%

Γκρι Χρήση Νερού :7%

Βούτυρο

#### 2.4.4 Υδατικό αποτύπωμα μίας ομάδας καταναλωτών

Το υδατικό αποτύπωμα ενός καταναλωτή ορίζεται ως ο συνολικός όγκος του γλυκού νερού ο οποίος καταναλώνεται και μολύνεται για την παραγωγή αγαθών και υπηρεσιών τα οποία καταναλώνονται από τον καταναλωτή. Το υδατικό αποτύπωμα μιας ομάδας καταναλωτών είναι το άθροισμα των υδατινών αποτυπωμάτων του κάθε καταναλωτή ξεχωριστά.

Όπως έχει αναφερθεί το συνολικό υδατικό αποτύπωμα ενός καταναλωτή είναι το άθροισμα του άμεσου και του έμμεσου υδατικού αποτυπώματος. Δηλαδή:

$$WF_{\text{καταναλωτή}} = WF_{\text{άμεσο, καταναλωτή}} + WF_{\text{έμμεσο, καταναλωτή}} \quad (16)$$

Η έμμεση χρήση νερού υπολογίζεται ως:

$$WF_{\text{έμμεσο, καταναλωτή}} = \sum_p (C[p] * WF_{\text{prod}}[p]) \quad (17)$$

Όπου,

$C[p]$ = Η κατανάλωση του προϊόντος  $p$  σε μονάδες προϊόντος ανά χρόνο

$WF_{\text{προϊόν}}$ = Το υδατικό αποτύπωμα του προϊόντος (το έχουμε υπολογίσει) σε μονάδες ποσότητας νερού ανά προϊόν

## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :

“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”

Πρέπει να τονιστεί το έξης: Ο συνολικός όγκος του προϊόντος  $p$  που καταναλώνεται συνήθως προέρχεται από διαφορετικές τοποθεσίες  $x$ . Ο μέσος όρος του υδατικού αποτυπώματος ενός προϊόντος  $p$  που καταναλώνεται υπολογίζεται ως εξής:

$$WF_{prod}[p] = \frac{\sum_x (C[x,p] * WF_{προιον}[x,p])}{\sum_x C[x,p]} \quad (18)$$

Όπου,

$C[x,p]$ = Η κατανάλωση του προϊόντος  $p$  από την περιοχή  $x$  σε μονάδες προϊόντος ανά χρόνο

$WF_{προιον}[x,p]$ = Το υδατικό αποτύπωμα του προϊόντος  $p$  από την περιοχή  $x$  σε μονάδες ποσότητας νερού ανά προϊόν

Ανάλογα με τον βαθμό στον οποίο γίνεται μια ανάλυση υπάρχει η δυνατότητα να ακολουθηθούν διαφορετικά μονοπάτια σχετικά με την προέλευση των προϊόντων που καταναλώνονται με περισσότερη ή λιγότερη ακρίβεια. Αν η μελέτη δεν αποσκοπεί να ακολουθήσει την προέλευση των προϊόντων που καταναλώνονται, τότε υπάρχει και η εναλλακτική λύση του να βασιστεί στους παγκόσμιους ή εθνικούς μέσους όρους των υδατικών αποτυπωμάτων οι οποίοι είναι υπολογισμένοι. Από την άλλη πλευρά αν υπάρχει η επιθυμία να ακολουθηθεί εις βάθος η προέλευση των προϊόντων τότε υπάρχει η δυνατότητα υπολογισμού του υδατικού αποτυπώματος με πολλές λεπτομέρειες. Παρουσιάζεται ο παρακάτω πίνακας:

Επίπεδο μελέτης	Χωρική ανάλυση	Χρονική ανάλυση
Επίπεδο Α	Παγκόσμια κλίμακα	Ετήσια
Επίπεδο Β	Εθνική, Περιφερειακή ή Λεκάνη απορροής	Ετήσια ή Μηνιαία
Επίπεδο Γ	Τοπική (αγρός)	Μηνιαία ή ημερήσια

Πίνακας 2.3: Χωροχρονική ανάλυση στον υπολογισμό του υδατικού αποτυπώματος

Πηγή: Water Footprint Manual, State of the art 2009

### 2.4.5 Υδατικό Αποτύπωμα εντός ενός έθνους και Υδατικό Αποτύπωμα της εθνικής κατανάλωσης

Αρχικά, θα ήταν σωστό να γίνει μια αναλυτική αναφορά του τρόπου υπολογισμού του υδατικού αποτυπώματος εντός μιας γεωγραφικά οριοθετημένης περιοχής. Το αποτύπωμα αυτό ισούται με το άθροισμα των υδατινών αποτυπωμάτων όλων των διαδικασιών  $q$  που λαμβάνουν χώρα μέσα σε μια οριοθετημένη γεωγραφικά περιοχή:

$$WF_{περιοχή} = \sum_q WF_{διαδικασίας}[q] \quad (19)$$

Στο σημείο αυτό πρέπει να τονιστεί ότι ο υπολογισμός του υδατικού αποτυπώματος μιας οριοθετημένης περιοχής είναι ένα ιδιαίτερα χρήσιμο εργαλείο. Από την πλευρά της

### ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :

“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”

προστασίας των αποθεμάτων του νερού, μέσα σε μια συγκεκριμένη περιοχή, ειδικά όταν η περιοχή αυτή είναι λείψυδρη είναι ιδιαίτερα χρήσιμο και ενδιαφέρον να γνωρίζουμε πόσο νερό χρησιμοποιείται στην περιοχή αυτή για την παραγωγή προϊόντων τα οποία πρόκειται να εξαχθούν και πόσο νερό εισάγεται σε εικονική μορφή με αποτέλεσμα τα προϊόντα αυτά να μην χρειάζεται να παραχθούν μέσα στη περιοχή αυτή. Με άλλα λόγια είναι ιδιαίτερα χρήσιμο να γνωρίζουμε το «ισοζύγιο του εικονικού νερού εντός μιας περιοχής», που σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο ορίζεται ως η καθαρή εισαγωγή του εικονικού νερού κατά την περίοδο αυτή ( $V_{i,καθαρό}$ ) η οποία είναι ίση με την ακαθάριστη εισαγωγή εικονικού νερού ( $V_i$ ) μείων την ακαθάριστη εξαγωγή εικονικού νερού ( $V_e$ ):

$$V_{i,καθαρό} = V_i - V_e \quad (20)$$

-Αν  $V_{i,καθαρό} > 0$ , τότε παρατηρείται μια καθαρή εισαγωγή εικονικού νερού στην περιοχή αυτή από άλλες περιοχές

-Αν  $V_{i,καθαρό} < 0$ , τότε παρατηρείται μια καθαρή εκροή εικονικού νερού από την περιοχή αυτή σε άλλες περιοχές

Για χώρες με αρνητικό ισοζύγιο νερού είναι ελκυστική η ιδέα υιοθέτησης μια πολιτικής όπου θα παράγουν και εξάγουν προϊόντα με σχετικά χαμηλό υδατικό αποτύπωμα και εισάγουν προϊόντα που έχουν υψηλότερο. Ο όγκος του εικονικού νερού που διακινείται μεταξύ εθνών εξαρτάται από το νερό που έχει δεσμεύσει κάθε εμπορεύσιμο προϊόν και του όγκου των εμπορικών συναλλαγών. Για παράδειγμα δίνεται η κατάταξη ανά περιοχή με βάση το ισοζύγιο εικονικού νερού για εμπόριο ζωικών προϊόντων.

	<u>Περιοχή</u>	<u>Ισοζύγιο Εικονικού Νερού (<math>Gm^3/yr</math>)</u>
1	Βόρεια Αμερική	-41.87
2	Αυστραλία	-41.29
3	Νότια Αμερική	-21.35
4	Ανατολική Ευρώπη	-0.83
5	Κεντρική Αφρική	0.44
6	Νότια Αφρική	2.01
7	Βόρεια Αφρική	5.35
8	Δυτική Ευρώπη	5.61
9	Κεντρική Αμερική	6.16
10	Μέση Ανατολή	13.16
11	Νότιο Ανατολική Ασία	13.93
12	Κεντρική και Νότια Ασία	47.23

Πίνακας 2.3: Ισοζύγιο εικονικού νερού ανά χώρα

### ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :

“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”

Μετά από την ανάλυση του τρόπου με τον οποίο υπολογίζεται το υδατικό αποτύπωμα εντός μιας οριοθετημένης περιοχής γίνεται αναφορά σχετικά με την εθνική χρήση νερού, το υδατικό αποτύπωμα ενός έθνους, καθώς και το υδατικό αποτύπωμα της εθνικής κατανάλωσης.

Παραδοσιακά οι υπολογισμοί για την εθνική χρήση νερού αναφέρονται στην άντληση νερού εντός της χώρας. Πότε δεν γινόταν διαχωρισμός μεταξύ της χρήσης νερού για την παραγωγή προϊόντων για εγχώρια κατανάλωση και της χρήσης νερού για την παραγωγή προϊόντων τα οποία επρόκειτο να εξαχθούν.

Το υδατικό αποτύπωμα των καταναλωτών (WFκατ,έθνος) εντός ενός έθνους έχει δύο συνιστώσες:

1. Το εσωτερικό υδατικό αποτύπωμα (WFεσ)
  2. Το εξωτερικό υδατικό αποτύπωμα (WFεξ)
1. Το εσωτερικό υδατικό αποτύπωμα (WFεσ) της εθνικής κατανάλωσης ορίζεται ως η χρήση των εγχώριων υδατικών πόρων για να παραχθούν αγαθά και υπηρεσίες τα οποία καταναλώνονται από τον εθνικό πληθυσμό. Πρόκειται για το άθροισμα του υδατικού αποτυπώματος εντός του έθνους (WFπεριοχή, έθνος) μείων την ποσότητα του εικονικού νερού που εξάγεται σε άλλα έθνη ( $V_{e,d}$ ), εφόσον το έθνος αυτό σχετίζεται με εξαγωγές προϊόντων τα οποία παράγονται ή επεξεργάζονται με εγχώριο νερό.

$$WF_{\epsilon\sigma} = WF_{\text{περιοχή, έθνος}} - V_{e,d} \quad (21)$$

2. Το εξωτερικό υδατικό αποτύπωμα (WFεξ) της εθνικής κατανάλωσης ορίζεται ως ο όγκος των υδατικών πόρων που χρησιμοποιούνται σε άλλα έθνη για την παραγωγή προϊόντων και υπηρεσιών τα οποία θα καταναλωθούν από τους κατοίκους της υπό μελέτη χώρας. Είναι ίσο με την ποσότητα του εικονικού νερού που εισάγεται στο έθνος ( $V_i$ ) μείων τον όγκο των εξαγωγών εικονικού νερού σε άλλα έθνη ( $V_{e,r}$ ), ως αποτέλεσμα της επανεξαγωγής των εισαγόμενων προϊόντων.

$$WF_{\epsilon\xi} = V_i - V_{e,r} \quad (22)$$

Επιπλέον ορίζονται:

Το «εξαγόμενο εικονικό νερό» ενός έθνους αποτελείται από το εξαγόμενο νερό που προέρχεται από εγχώριες πηγές ( $V_{e,d}$ ) και από το επανεξαγόμενο νερό ξένων περιοχών ( $V_{e,r}$ ):

$$V_e = V_{e,d} + V_{e,r} \quad (23)$$

## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :

“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”

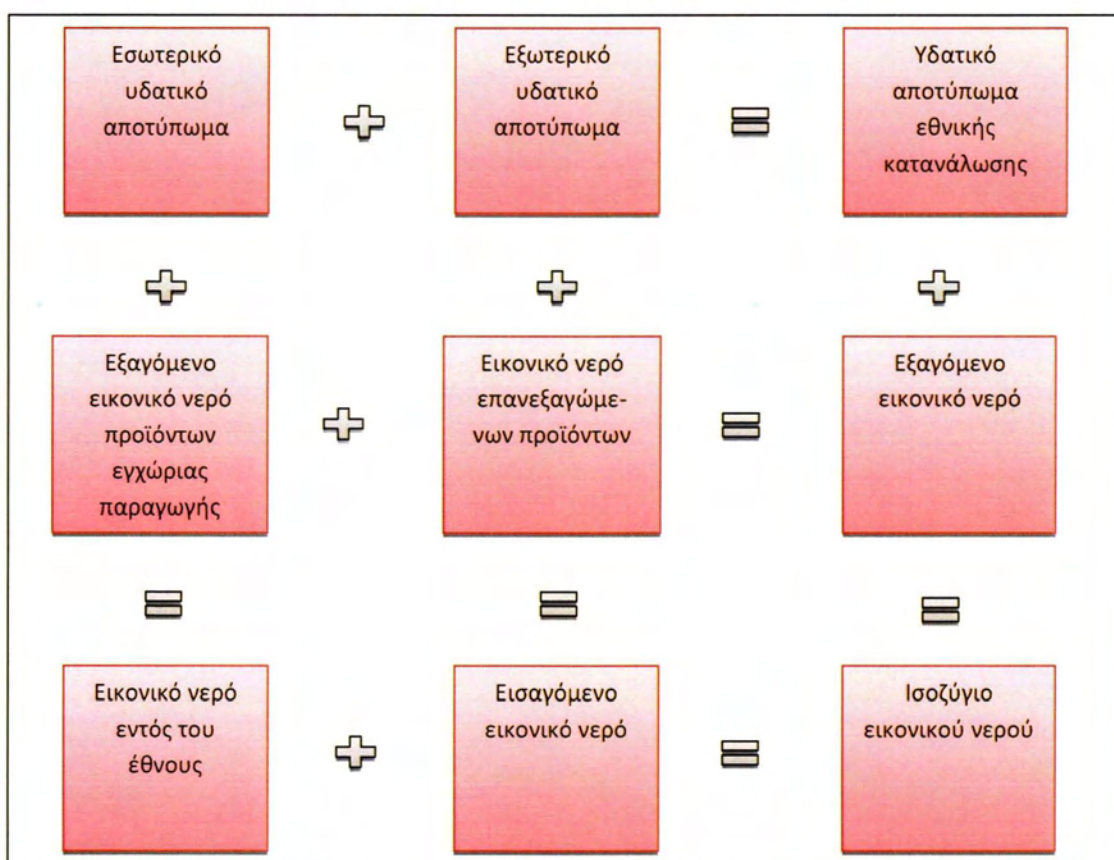
Το «εισαγόμενο εικονικό νερό» ενός έθνους το οποίο θα καταναλωθεί μερικώς, περιλαμβάνει το εξωτερικό υδατικό αποτύπωμα της εθνικής κατανάλωσης ( $WF_{εξ}$ ) και ένα μέρος του επανεξαγόμενου ( $Ve,r$ ):

$$Vi = WF_{εξ} + Ve,r \quad (24)$$

Επομένως, υπάρχει η δυνατότητα υπολογισμού «του ισοζυγίου του εικονικού νερού» ενός έθνους με τους δύο παρακάτω τρόπους:

$$Vi + WF_{\text{περιοχή, έθνος}} = Ve + WF_{\text{κατ, έθνος}} \quad (25)$$

Παρουσιάζεται μία σύνοψη όλων των παραπάνω στο πίνακα που ακολουθεί:



Σχήμα 2.3: Σύνδεση του υδατικού αποτυπώματος της εθνικής κατανάλωσης, του υδατικού αποτυπώματος μέσα σε ένα έθνος και του συνολικού εξαγόμενου και εισαγόμενου εικονικού νερού.

Πηγή :Water Footprint Manual , State of the art 2009

### **2.4.6 Υπολογισμός του υδατικού αποτυπώματος εντός ενός έθνους.**

Το υδατικό αποτύπωμα ενός έθνους ( $WF_{\text{περιοχή, έθνος}}$ ) υπολογίζεται με τον τρόπο με τον οποίο αναφέραμε παραπάνω μιας και ένα έθνος είναι μια οριοθετημένη περιοχή.



## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :

“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”

Οι μονάδες στις οποίες εκφράζεται είναι:  $\frac{\text{όγκος νερού}}{\text{χρόνος}}$ .

Το υδατικό αποτύπωμα της εθνικής κατανάλωσης (WFκατ,έθνος) μπορεί να υπολογιστεί με δύο διαφορετικές προσεγγίσεις.

### 1<sup>η</sup> προσέγγιση

Στη προσέγγιση αυτή το υδατικό αποτύπωμα της εθνικής κατανάλωσης (WFκατ,έθνος) το οποίο μετρείται σε μονάδες όγκου νερού ανά μονάδα χρόνου υπολογίζεται ως εξής :

$$WF_{\text{κατ,έθνος}} = WF_{\text{περιοχή, έθνος}} + V_i - V_e \quad (26)$$

Το οποίο προκύπτει από «το ισοζύγιο του εικονικού νερού» ενός έθνους το οποίο αναφέραμε λίγο πιο πάνω.

→ Το «ακαθάριστο εισαγόμενο εικονικό νερό» υπολογίζεται ως εξής:

$$V_i = \sum_{ne} \sum_p (T_i[ne,p] * WF_{\text{προϊόν}}[ne,p]) \quad (27)$$

Όπου,

$T_i[ne,p]$  = Η εισαγόμενη ποσότητα του προϊόντος p από τη χώρα  $n_e$  σε μονάδες προϊόντος ανά χρόνο

$WF_{\text{προϊόν}}[ne,p]$  = Το υδατικό αποτύπωμα του p όπως στη χώρα εξαγωγής του σε μονάδες όγκου νερού ανά προϊόν

→ Το «ακαθάριστο εξαγόμενο εικονικό νερό» υπολογίζεται ως εξής:

$$V_e = \sum_p T_e[p] * WF'_{\text{προϊόν}}[p] \quad (28)$$

Όπου,

$T_e[p]$  = Η εξαγόμενη ποσότητα του προϊόντος p από το έθνος σε μονάδες προϊόντος ανά χρόνο

$WF'_{\text{προϊόν}}[p]$  = Ο μέσος όρος του υδατικού αποτυπώματος του εξαγόμενου προϊόντος p σε μονάδες όγκου νερού ανά προϊόν

Το  $WF'_{\text{προϊόν}}[p]$  υπολογίζεται ως εξής :

$$WF'_{\text{προϊόν}}[p] = \frac{P[p] * WF_{\text{προϊόν}}[p] + \sum_{ne} (T_i[ne,p] * WF_{\text{προϊόν}}[ne,p])}{P[p] + \sum_{ne} T_i[ne,p]} \quad (29)$$

Όπου,

$P[p]$  = Η παραγόμενη ποσότητα του προϊόντος p στο έθνος σε μονάδες προϊόντος ανά χρόνο

## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :

“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”

$Ti[ne,p]$  = Η εισαγόμενη ποσότητα του προϊόντος  $p$  από το έθνος  $ne$  σε μονάδες προϊόντος ανά χρόνο

$WF_{\text{προϊόν}}[p]$  = Το υδατικό αποτύπωμα του προϊόντος  $p$  όταν παράγεται στο έθνος που εξετάζουμε σε μονάδες όγκου νερού ανά προϊόν

$WF_{\text{προϊόν}}[ne,p]$  = Το υδατικό αποτύπωμα του προϊόντος  $p$  όπως στη χώρα εξαγωγής  $ne$  σε μονάδες όγκου νερού ανά προϊόν

### 2<sup>η</sup> προσέγγιση

Η 2<sup>η</sup> προσέγγιση βασίζεται στη μέθοδο του υπολογισμού του υδατικού αποτυπώματος μιας ομάδας καταναλωτών. Η ομάδα των καταναλωτών αποτελείται από τους κατοίκους του έθνους αυτού. Το υδατικό αποτύπωμα της εθνικής κατανάλωσης είναι ίσο με το άμεσο και το έμμεσο υδατικό αποτύπωμα των καταναλωτών:

$$WF_{\text{καταναλωτή}} = WF_{\text{άμεσο,καταναλωτή}} + WF_{\text{έμμεσο,καταναλωτή}} \quad (30)$$

Το άμεσο υδατικό αποτύπωμα αναφέρεται στην κατανάλωση και στην μόλυνση νερού κατά την χρήση του νερού από τους καταναλωτές στο σπίτι ή στο κήπο. Το έμμεσο υδατικό αποτύπωμα των καταναλωτών αναφέρεται στο νερό που χρησιμοποιείται από άλλους για την παραγωγή προϊόντων και υπηρεσιών που καταναλώνονται. Υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας όλα τα προϊόντα που καταναλώνονται από τους κατοίκους του έθνους με το αντίστοιχο υδατικό αποτύπωμα των προϊόντων αυτών :

$$WF_{\text{έμμεσο,καταναλωτή}} = \sum_p (C[p] * WF'_{\text{prod}}[p]) \quad (31)$$

Όπου,

$C[p]$  = Η κατανάλωση του προϊόντος  $p$  από τους καταναλωτές του έθνους σε μονάδες προϊόντος ανά χρόνο

$WF'_{\text{προϊόν}}$  = Το υδατικό αποτύπωμα του προϊόντος (το έχουμε υπολογίσει) σε ποσότητα νερού ανά προϊόν

Το σύνολο των προϊόντων που θεωρούνται αναφέρεται σε ολόκληρο το σύνολο των καταναλωτικών αγαθών και υπηρεσιών. Ο όγκος του προϊόντος  $p$  που καταναλώνεται σε ένα έθνος εν μέρει είτε θα προέρχεται από το ίδιο έθνος είτε από άλλα έθνη. Ο μέσος όρος του υδατικού αποτυπώματος ενός προϊόντος  $p$  που καταναλώνεται σε ένα έθνος υπολογίζεται χρησιμοποιώντας τον ίδιο τύπο που χρησιμοποιήσαμε στην προσέγγιση 1.

Το  $WF'_{\text{προϊόν}}[p]$  υπολογίζεται ως εξής :

$$WF'_{\text{προϊόν}}[p] = \frac{P[p] * WF_{\text{προϊόν}}[p] + \sum_{ne} (Ti[ne,p] * WF_{\text{προϊόν}}[ne,p])}{P[p] + \sum_{ne} Ti[ne,p]} \quad (32)$$

## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :

“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”

Όπου,

$P[p]$  = Η παραγόμενη ποσότητα του προϊόντος  $p$  στο έθνος σε μονάδες προϊόντος ανά χρόνο

$Ti[ne, p]$  = Η εισαγόμενη ποσότητα του προϊόντος  $p$  από το έθνος  $ne$  σε μονάδες προϊόντος ανά χρόνο

$WF_{\text{προϊόν}}[p]$  = Το υδατικό αποτύπωμα του προϊόντος  $p$  όταν παράγεται στο έθνος που εξετάζουμε σε μονάδες όγκου νερού ανά προϊόν

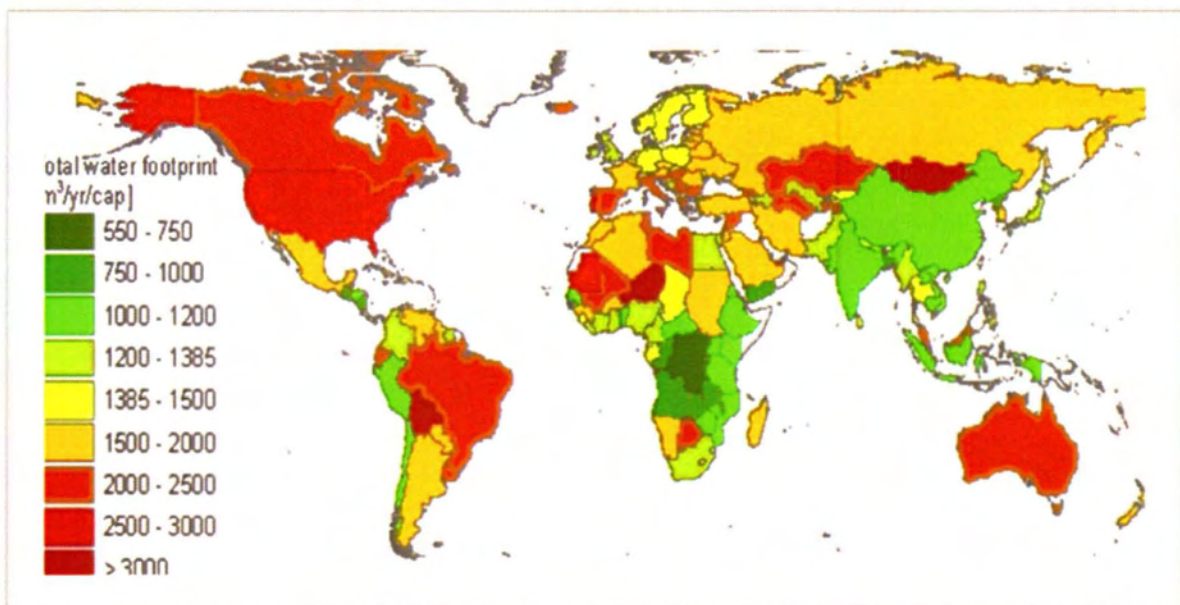
$WF_{\text{προϊόν}}[ne, p]$  = Το υδατικό αποτύπωμα του προϊόντος  $p$  όπως στη χώρα εξαγωγής  $ne$  σε μονάδες όγκου νερού ανά προϊόν

Μετά από την ανάλυση των παραπάνω κατηγοριών προκύπτει ότι το άθροισμά τους αποτελεί το παγκόσμιο υδατικό αποτύπωμα . Δηλαδή:

Παγκόσμιο Υδατικό Αποτύπωμα		
Εθνικό Υδατικό Αποτύπωμα	Υδατικό Αποτύπωμα Καταναλωτών	Υδατικό Αποτύπωμα προϊόντων

Πίνακας 2.4: Παγκόσμιο Υδατικό Αποτύπωμα

Το παγκόσμιο υδατικό αποτύπωμα ανέρχεται περίπου στα  $7450\text{Gm}^3/\text{yr}$ , με αντιστοιχία σε κάθε κάτοικο  $1240\text{m}^3/\text{cap}/\text{yr}$ . Η Ινδία είναι η χώρα με το μεγαλύτερο υδατικό αποτύπωμα στο κόσμο το οποίο ανέρχεται στα  $987\text{Gm}^3/\text{yr}$ . Παρόλα αυτά ενώ η συγκεκριμένη χώρα συνεισφέρει στο 17 % του παγκόσμιου πληθυσμού, οι κάτοικοι της Ινδίας συνεισφέρουν μόνο με ποσοστό 13% στο παγκόσμιο υδατικό αποτύπωμα.



Εικόνα 2.2: Μέσο αποτύπωμα νερού της εθνικής κατανάλωσης σε  $\text{m}^3$  ανά έτος και ανά κάτοικο για την περίοδο 1996-2005.

Πηγή : [www.waterfootprint.org](http://www.waterfootprint.org)

## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :

“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”

---

Οι απεικονιζόμενες με πράσινο χώρες έχουν υδατικό αποτύπωμα το οποίο είναι μικρότερο από τον παγκόσμιο μέσο όρο υδατικού αποτυπώματος. Αντιθέτως, οι χώρες οι οποίες είναι απεικονισμένες με κόκκινο και κίτρινο χρώμα έχουν υδατικό αποτύπωμα ανά κάτοικο μεγαλύτερο από τον παγκόσμιο μέσο όρο. Πιο συγκεκριμένα, το μεγαλύτερο υδατικό αποτύπωμα κατέχουν οι άνθρωποι οι οποίοι κατοικούν στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής με  $2480\text{m}^3/\text{yr}$  ανα άτομο, και ακολουθούν οι Νότιο Ευρωπαίοι. όπως Έλληνες, Ιταλοί, Ισπανοί με  $2300\text{-}2400\text{m}^3/\text{yr}$  ανα κάτοικο. Επίσης, χαμηλό υδατικό αποτύπωμα έχουν οι κάτοικοι της Κίνας το οποίο υπολογίζεται περίπου  $700\text{m}^3/\text{yr}$ .

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

## ΕΙΚΟΝΙΚΟ ΝΕΡΟ

---

### 3.1 Η έννοια του Εικονικού Νερού

Η ποσότητα του νερού που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ενός αγροτικού ή βιομηχανικού προϊόντος, εμπεριέχεται μέσα στο προϊόν και ανταλλάσσεται μεταξύ διάφορων περιοχών σε τοπικό, περιφερειακό, εθνικό επίπεδο ή εξάγεται σε άλλες χώρες ονομάζεται «**Εικονικό Νερό**». Η ποσότητα αυτή αποκαλείται «εικονική» διότι μετά την παραγωγή ενός προϊόντος, η πραγματική ποσότητα νερού που χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή του δεν εμπεριέχεται πια στο προϊόν. Το εικονικό νερό αποτελεί ένα ιδιαίτερα χρήσιμο εργαλείο μιας και επιτρέπει στο μελετητή να συνειδητοποιήσει την πραγματική ποσότητα του νερού η οποία απαιτείται για την παραγωγή διαφόρων προϊόντων και παρέχει προοπτικές σχετικά με την καλύτερη διαχείριση των υδατικών πόρων.

Ο υπολογισμός του εικονικού νερού που εμπεριέχεται σε ένα προϊόν εξαρτάται από διάφορους παράγοντες οι οποίοι κάνουν τον ακριβή υπολογισμό του μια πολύ δύσκολη και επίπονη διαδικασία. Συγκεκριμένα αναφέρονται τέσσερις παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν τον ακριβή υπολογισμό του:

-Η τοποθεσία και ο χρόνος της παραγωγής του προϊόντος. Η ποσότητα του νερού που απαιτείται διαφέρει εξαιτίας των κλιματικών συνθηκών κάτω από τις οποίες ένα αγροτικό προϊόν αναπτύσσεται. Το κλίμα διαφέρει όχι μόνο από περιοχή σε περιοχή αλλά επίσης από εποχή σε εποχή, και πιθανότατα να διαφέρει από τον ένα χρόνο στον άλλο.

-Η στιγμή κατά την οποία η μέτρηση λαμβάνεται. Στη περίπτωση μιας αρδευόμενης γεωργίας, είναι σχετικό το πότε μετριέται η κατανάλωση του νερού, τη στιγμή της απόσυρσης ή κατά το πεδίο. Αν η μέτρηση λαμβάνεται κατά το πεδίο, το νερό που απελευθερώνεται μέσω της εξατμισοδιαπνοής πρέπει να συνυπολογίζεται.

## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :

“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”

- Η παραγωγική μέθοδος και η αποδοτικότητα του νερού που χρησιμοποιείται. Σχετικό με αυτό είναι οι απώλειες νερού εξαιτίας της κακής υποδομής ή της αναποτελεσματικής άρδευσης.

- Η μέθοδος με την οποία το νερό της κατανάλωσης προστίθεται στο εικονικό νερό που εμπεριέχεται στο τελικό προϊόν όταν, για παράδειγμα υπάρχουν ενδιάμεσα προϊόντα. Αυτό συμβαίνει κυρίως στα αγροτικά προϊόντα και σε άλλα αγαθά. Στη παραγωγή του καπνού, για παράδειγμα, οι απαιτήσεις σε νερό της φυτείας του καπνού μπορεί να μετρηθούν και επίσης να μετρηθούν και οι απαιτήσεις σε νερό του δέντρου που απαιτείται να χρησιμοποιηθεί ως καυσόξυλα για την διαδικασία ξήρανσης του καπνού.

Πρέπει να επισημανθεί ότι η θέσπιση μιας διαδικασίας για τον ακριβή προσδιορισμό του εικονικού νερού που εμπεριέχεται σε ένα προϊόν είναι ιδιαίτερα δύσκολη (Hoekstra). Οι δυσκολίες που παρουσιάζονται, σχετίζονται με το γεγονός ότι η ποσότητα του εικονικού νερού διαφέρει από μέρος σε μέρος και ανάλογα με το χρόνο κατά τον οποίο υπολογίζεται.

Ανάλογα το σκοπό για τον οποίο πραγματοποιείται μια έρευνα, μπορεί να είναι απαραίτητο να υπολογιστούν οι μέσες τιμές για προϊόντα προκειμένου να απεικονιστούν οι παγκόσμιες ροές. Σε μια μελέτη που σχετίζεται με τις συναλλαγές του εικονικού νερού σε εθνικό επίπεδο, πολύ πιθανόν να ήταν χρήσιμο να υπολογιστούν επακριβώς οι ποσότητες για τη συγκεκριμένη περιοχή.

### **3.2 Εμπορικές συναλλαγές εικονικού νερού**

Με την πρόοδο της παγκοσμιοποίησης, το παγκόσμιο εμπόριο και το εμπόριο εικονικού νερού ολοένα και αυξάνονται. Η διεθνής ανταλλαγή εμπορευμάτων και άλλων ειδών συνεπάγεται την μεταφορά μεγάλων ποσοτήτων νερού σε ολοένα και μεγαλύτερες αποστάσεις. Η σχέση μεταξύ του διεθνούς εμπορίου και της προστασίας του νερού είναι κάτι το οποίο οι κυβερνήσεις δε σκέφτονται επίσημα. Η αιτία αυτού εστιάζεται στο γεγονός ότι το νερό δεν εμπορεύεται σχεδόν καθόλου σε παγκόσμια κλίμακα. Δεν πρέπει να ξεχνάμε όμως το γεγονός ότι το νερό εμπορεύεται σε εικονική μορφή, για παράδειγμα σε μορφή αγροτικών ή βιομηχανικών προϊόντων.

Τα γεωργικά προϊόντα καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο μερίδιο στο εμπόριο αυτό, αντιπροσωπεύοντας περίπου το 80% σχεδόν των συναλλαγών νερού.

Το σκεπτικό της στρατηγικής «**των ροών του εικονικού νερού**» βασίζεται κυρίως στην ιδέα ότι οι εμπορικές ροές θα πρέπει να καθοδηγούνται, έτσι ώστε το προϊόντα για την παραγωγή των οποίων απαιτείται μεγάλη ποσότητα νερού, να εξάγονται από τις χώρες που έχουν αφθονία στους υδατικούς πόρους σε εκείνες οι οποίες έχουν προβλήματα λειψυδρίας. Με τον τρόπο αυτό οι παγκόσμιοι υδατικοί πόροι χρησιμοποιούνται και διανέμονται με τον πιο αποτελεσματικό τρόπο. Επομένως, τα αγροτικά προϊόντα θα πρέπει

## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :

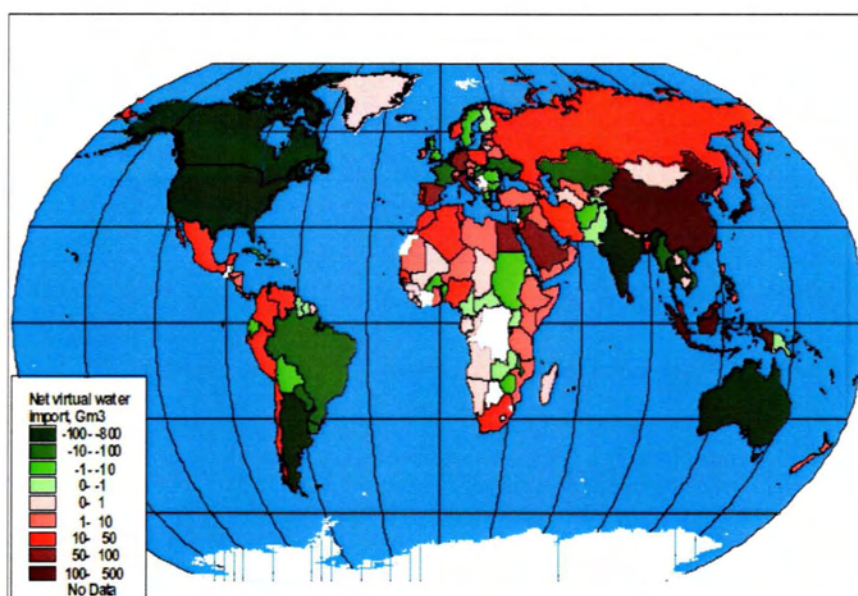
“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”

να παράγονται σε μεγάλο βαθμό σε χώρες και περιοχές όπου το νερό υπάρχει σε αφθονία μιας και απαιτούν μεγάλες ποσότητες νερού για την παραγωγή τους. Ο αυτός εφαρμόζεται σε πολλές χώρες της Μέσης Ανατολής με σκοπό την επιβίωση των χωρών αυτών. Οι χώρες αυτές ικανοποιούν τις ανάγκες τους για φαγητό και προστατεύουν τα δικά τους αποθέματα εισάγοντας προϊόντα από άλλες χώρες.

### 3.2.1 Επισκόπηση του διεθνούς εμπορίου εικονικού νερού

Οι υπολογισμοί που έχουν πραγματοποιηθεί μέσα από δεκάδες έρευνες δείχνουν ότι ο παγκόσμιος όγκος του εικονικού νερού που εμπορεύεται και σχετίζεται με καλλιέργειες είναι  $695 \text{ Gm}^3/\text{gr}$  κατά μέσο όρο την περίοδο 1995-1999. Με σκοπό την παρουσίαση ενός κριτηρίου σύγκρισης αναφέρεται ότι οι παγκόσμιες αποσύρσεις νερού στον τομέα της γεωργίας (νερό που χρησιμοποιείται για άρδευση) υπολογίζονται περίπου στα  $2500 \text{ Gm}^3/\text{gr}$  το 1995 και  $2600 \text{ Gm}^3/\text{gr}$  το 2000 (Shiklomanov, 1997).

Λαμβάνοντας υπόψη την χρήση του βρόχινου νερού για τις καλλιέργειες, η συνολική χρήση νερού στο τομέα των καλλιεργειών σε παγκόσμια κλίμακα έχει υπολογιστεί ότι φτάνει τα  $5400 \text{ Gm}^3/\text{gr}$  (Rockström και Gordon, 2001). Αυτό σημαίνει ότι περίπου το 13% του νερού που χρησιμοποιείται για την παραγωγή καλλιεργειών δεν χρησιμοποιείται για εγχώρια παραγωγή αλλά για εξαγωγή (νερό σε εικονική μορφή). Πρέπει να τονιστεί ότι αυτό είναι ένα παγκόσμιο ποσοστό, η κατάσταση μεταξύ των διάφορων χωρών του κόσμου διαφέρει. Στη παρακάτω εικόνα απεικονίζεται το διεθνές εμπόριο εικονικού νερού για την περίοδο 1995-1999. Οι χώρες οι οποίες απεικονίζονται με πράσινο χρώμα παρουσιάζουν καθαρή εξαγωγή εικονικού νερού. Οι χώρες οι οποίες απεικονίζονται με κόκκινο χρώμα έχουν καθαρή εισαγωγή εικονικού νερού.



Εικόνα3.1 : Διεθνές εμπόριο εικονικού νερού κατά την περίοδο 1995-1999.

Πηγή : [www.waterfootprin.org](http://www.waterfootprin.org)

### ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :

“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”

Κατά την περίοδο 1995-1999 οι πέντε χώρες με την υψηλότερη καθαρή εξαγωγή εικονικού νερού είναι οι παρακάτω:

1. Ηνωμένες Πολιτείες
2. Καναδάς
3. Ταυλάνδη
4. Αργεντινή
5. Ινδία

Κατά την περίοδο 1995-1999 οι πέντε χώρες με την υψηλότερη καθαρή εισαγωγή εικονικού νερού είναι οι παρακάτω:

1. Σρι Λάνκα
2. Ιαπωνία
3. Ολλανδία
4. Κορέα
5. Κίνα

Πίνακας 3.1 : Χώρες με την υψηλότερη καθαρή εξαγωγή και εισαγωγή εικονικού νερού κατά την περίοδο 1995-1999

Οι εμπορικές αυτές συναλλαγές του εικονικού νερού οι οποίες πραγματοποιούνται σε ολόκληρη την επικράτεια της γης οδηγούν στην ανάπτυξη οικονομικών σχέσεων μεταξύ των χωρών, καθώς επίσης αναπτύσσονται και σχέσεις εξάρτησης χωρών με ελάχιστα αποθέματα νερού από άλλες οι οποίες θεωρούνται ισχυρές στο τομέα των υδάτων. Οι σημαντικότερες όμως επιπτώσεις σχετίζονται με τα διαθέσιμα αποθέματα νερού και με την διατήρηση των αποθεμάτων αυτών και στο μέλλον. Πιο συγκεκριμένα, αναφέρονται οι παρακάτω περιπτώσεις:

→ Η εισαγωγή νερού σε εικονική μορφή, π.χ σε μορφή γεωργικών ή βιομηχανικών προϊόντων, μπορεί να αποτελεί έναν αποτελεσματικό τρόπο για τις χώρες οι οποίες έχουν έλλειψη σε νερό να προστατέψουν τις δικές τους τοπικές πηγές νερού.

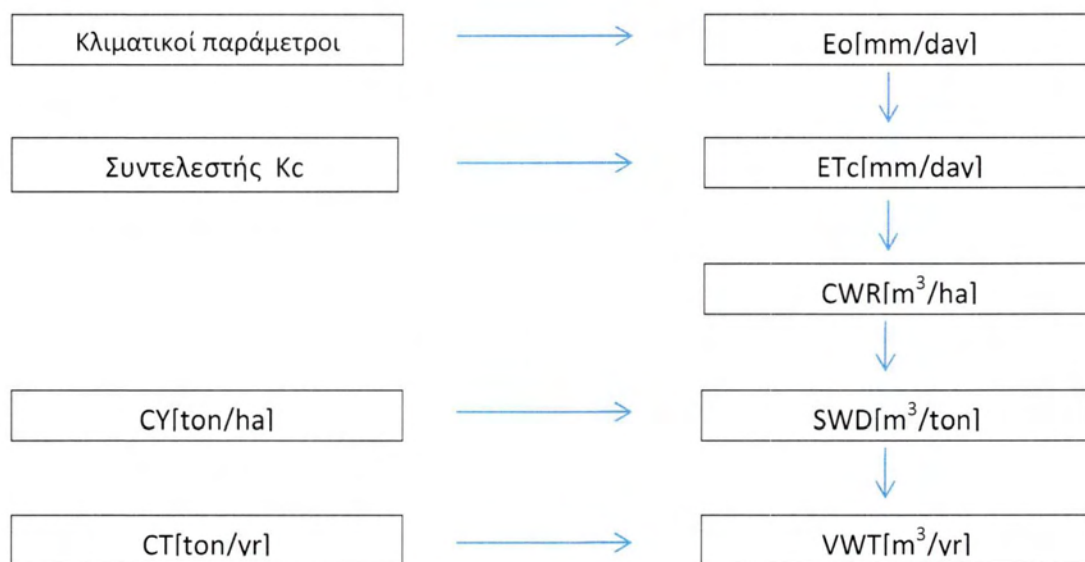
→ Η εξαγωγή προϊόντων και υπηρεσιών που απαιτούν πολύ νερό για την παραγωγή τους θα αυξήσουν τη χρήση των υδάτινων πόρων και επομένως μπορεί να εμφανιστούν προβλήματα λειψυδρίας στις χώρες που εξάγουν προϊόντα.

### **3.2.2 Υπολογισμός εμπορικών συναλλαγών εικονικού νερού στο τομέα των καλλιεργειών σε διεθνές επίπεδο**

Το παγκόσμιο εμπόριο εικονικού νερού έχει επιπτώσεις στα διαθέσιμα αποθέματα νερού κάθε χώρας. Οι επιπτώσεις αυτές είναι διαφορετικού χαρακτήρα κάθε φορά, ανάλογα με την εμπορική συμπεριφορά της εκάστοτε χώρας. Πριν γίνει η ανάλυση των επιπτώσεων αυτών, θα γίνει μια αναφορά του τρόπου υπολογισμού των συναλλαγών αυτών. Για την επίτευξη του στόχου αυτού αρχικά θα παρουσιαστούν κάποια εργαλεία τα οποία είναι ιδιαίτερα απαραίτητα. Τα βήματα που ακολουθούνται για τον υπολογισμό του παγκόσμιου εμπορίου εικονικού νερού είναι:

## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :

“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”



Σχήμα 3.1 : Διάγραμμα ροής για τον υπολογισμό των παγκόσμιων εμπορικών συναλλαγών

### 1<sup>α</sup>. Υπολογισμός της ανάγκης νερού ανά είδος καλλιέργειας

Ο μέσος όρος των αναγκών σε νερό ανά είδος καλλιέργειας έχει υπολογιστεί ξεχωριστά, χρησιμοποιώντας δεδομένα του FAO και εξαρτάται από τις απαιτήσεις των καλλιεργειών σε νερό και τις αποδόσεις των καλλιεργειών αυτών. Δηλαδή :

$$SWD[n,c] = \frac{CWR[n,c]}{CY[n,c]} \quad (33)$$

Όπου,

$SWD[n,c]$  = Η ειδική ζήτηση σε νερό της καλλιέργειας  $c$  στη χώρα  $n$  σε  $m^3/ton$

$CWR[n,c]$  = Η απαίτηση της καλλιέργειας σε νερό σε  $m^3/ha$

$CY[n,c]$  = Η απόδοση των καλλιεργειών σε  $ton/ha$

Ο συνολικός όγκος νερού που χρησιμοποιείται για την παραγωγή καλλιεργειών παγκοσμίως είναι  $6390 Gm^3/yr$  σε επίπεδο χωραφίου.



Το ρύζι έχει το μεγαλύτερο μερίδιο στο συνολικό όγκο νερού που δαπανάται για την παγκόσμια παραγωγή καλλιεργειών. Καταναλώνει περίπου  $1.359 Gm^3/yr$ , ήτοι το 21 % του συνολικού όγκου νερού που χρησιμοποιείται για την παραγωγή σε επίπεδο χωραφίου. Ο παγκόσμιος μέσος όρος του εικονικού νερού που εμπεριέχεται στο ρύζι είναι  $2291m^3/ton$ . Ο παγκόσμιος μέσος όρος του εικονικού νερού του ρυζιού το οποίο ο καταναλωτής αγοράζει είναι  $3420m^3/ton$ .



## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :

“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”



Το δεύτερο υψηλότερο αγροτικό προϊόν είναι το σιτάρι με 12% επί του συνολικού όγκου νερού που χρησιμοποιείται παγκοσμίως για την παραγωγή σε επίπεδο χωραφίου.

### 1β. Υπολογισμός των εμπορικών συναλλαγών εικονικού νερού

Η ποσότητα του εικονικού νερού που εμπορεύεται υπολογίζεται ως εξής :

$$VWT[n_e, n_i, c, t] = CT[n_e, n_i, c, t] * SWD[n_e, n_i, c, t] \quad (34)$$

Όπου,

$VWT$  = Η ποσότητα του εικονικού νερού που εμπορεύεται από την χώρα εξαγωγής  $n_e$  στην χώρα εισαγωγής  $n_i$  ως αποτέλεσμα του εμπορίου καλλιεργειών  $c$  κατά το έτος  $t$ . Εκφράζεται σε μονάδες  $m^3/year$ .

$CT$  = Υποδηλώνει τον όγκο της καλλιέργειας που εμπορεύεται από την χώρα εξαγωγής  $n_e$  στη χώρα εισαγωγής  $n_i$  κατά το έτος  $t$  για την καλλιέργεια  $c$ . Εκφράζεται σε μονάδες  $ton/year$ .

$SWD$  = Η ειδήκη ζήτηση σε νερό της καλλιέργειας  $c$  στην χώρα που εξαγει.

Το συνολικό ακαθάριστο εισαγόμενο εικονικό νερό μιας χώρας  $n_i$  είναι ίσο με το άθροισμα όλων των εισαγωγών:

$$GVWI[n_i, t] = \sum_{n_e, c} VWT [n_e, n_i, c, t] \quad (35)$$

Το συνολικό ακαθάριστο εξαγόμενο εικονικό νερό μιας χώρας  $n_e$  είναι ίσο με το άθροισμα όλων των εξαγωγών :

$$GVWE[n_e, t] = \sum_{n_i, c} VWT [n_e, n_i, c, t] \quad (36)$$

Το καθαρό εισαγόμενο εικονικό νερό μιας χώρας (δηλαδή το εμπορικό ισοζύγιο εικονικού νερού ) είναι ίσο με :

$$NVWI[x, t] = GVWI[x, t] - GVWE[x, t] \quad (37)$$

Εκφράζεται σε μονάδες:  $m^3/year$ .

## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :

“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω η πραγματοποίηση εμπορικών συναλλαγών μεταξύ των εθνών έχει ως αποτέλεσμα μια σειρά από επιπτώσεις σχετικά με τους εθνικούς υδατικούς πόρους. Πιο συγκεκριμένα:

- Το διεθνές εμπόριο εικονικού νερού αυξάνει την εθνική έλλειψη νερού
- Το διεθνές εμπόριο εικονικού νερού μειώνει την εθνική έλλειψη νερού

### 3.2.3 Το διεθνές εμπόριο εικονικού νερού αυξάνει την εθνική έλλειψη νερού

Στην εποχή που ζούμε τα παγκόσμια εμπορικά πρότυπα επηρεάζουν τη χρήση του νερού σε πολλές χώρες του κόσμου είτε μειώνοντας την τοπική χρήση νερού είτε ενδυναμώνοντας τη. Όπου η εισαγωγή προϊόντων μπορεί να ανακουφίσει τα εθνικά αποθέματα νερού, η εξαγωγή προϊόντων που απαιτούν πολύ νερό θα αυξήσει τη χρήση του νερού και επιπλέον θα δημιουργήσει προβλήματα έλλειψης νερού στις χώρες που εξάγουν. Επομένως, γίνεται κατανοητό ότι το διεθνές εμπόριο επιβαρύνει την έλλειψη νερού σε κάποια μέρη της γης. Κατά την περίοδο 1997-2001, το 16% της χρήσης του νερού σε όλο τον κόσμο δεν ήταν για την παραγωγή προϊόντων για εγχώρια κατανάλωση αλλά για την παραγωγή προϊόντων τα οποία θα εξάγονταν (Hoekstra και Charagain, 2007, 2008). Πολλά από τα προβλήματα σχετικά με τους υδατικούς πόρους που εμφανίζονται σε χώρες οι οποίες εξάγουν νερό σε εικονική μορφή σχετίζονται με την αυξανόμενη εξαγωγική τους συμπεριφορά.

<u>Χώρα</u>	<u>Ετήσια Καθαρή Χρήση Νερού</u>
1. Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής	92 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα νερού
2. Αυστραλία	57 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα νερού
3. Αργεντινή	47 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα νερού
4. Καναδάς	43 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα νερού
5. Βραζιλία	36 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα νερού
6. Ταϊλάνδη	26 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα νερού

Πίνακας 3.2: Χώρες με τη μεγαλύτερη ετήσια καθαρή χρήση νερού για την παραγωγή προϊόντων για εξαγωγή την περίοδο 1997-2001

<u>Χώρα</u>	<u>Προϊόν</u>
1. Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής	Δημητριακά
2. Αυστραλία	Δημητριακά και Κτηνοτροφία
3. Αργεντινή	Πετρέλαιο
4. Καναδάς	Δημητριακά και Κτηνοτροφία
5. Βραζιλία	Πετρέλαιο
6. Ταϊλάνδη	Ρύζι

Πίνακας 3.3: Προϊόντα που παράχθηκαν από τη χρήση των εθνικών αποθεμάτων νερού για τις παραπάνω χώρες την περίοδο 1997-2001

1. Η Ταϊλάνδη παρουσιάζει προβλήματα στο τομέα του νερού λόγω της υπερκατανάλωσης αυτού στην άρδευση για την παραγωγή και στη συνέχεια την εξαγωγή μεγάλων ποσοτήτων ρυζιού. Οι περισσότερες καλλιέργειες ρυζιού γινόταν κατά την περίοδο των βροχοπτώσεων αλλά οι υπάρχουσες αρδεύσεις ήταν τόσες πολλές για να πετύχουν συγκομιδή δύο φορές σε ένα έτος. Πιο συγκεκριμένα, στην προαναφερθείσα περίοδο 1997-2001 η συγκεκριμένη χώρα χρησιμοποίησε 27,8 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα νερού (άθροισμα νερού βροχοπτώσεων και άρδευσης) για την παραγωγή ρυζιού το οποίο εξήγαγε (Maclean κ.α, 2002).

2. Η κυριότερη ποικιλία λουλουδιών που καλλιεργείται και εξάγεται από την Κένυα είναι τα τριαντάφυλλα και κυριαρχεί, αντιπροσωπεύοντας πάνω από το 70% του όγκου των εξαγωγών. Οι κύριες περιοχές καλλιέργειας λουλουδιών είναι η λίμνη Ναϊβάσα, και οι περιοχές Θήκα και Λιμούρου, με τη λίμνη Ναϊβάσα να έχει περίπου το 95% των καλλιεργούμενων εκτάσεων. Από τα τέλη της δεκαετίας του 1990, τα αγροκτήματα λουλουδιών άρχισαν να αναπτύσσονται έντονα, δεσμεύοντας το 43% της συνολικής αρδευόμενης έκτασης γύρω από τη λίμνη Ναϊβάσα, δηλαδή 1913 εκτάρια από τα συνολικά 4450. Επίσης :

- Η κατά μέσο όρο εικονική εξαγωγή νερού από τη λεκάνη της λίμνης Ναϊβάσα που συνδέεται με την εξαγωγή ανθέων ήταν  $16 \text{ Mm}^3/\text{yr}$  στην περίοδο 1996-2005 (22% πράσινο, 45% μπλε και το 33% γκρι).
- Η Ολλανδία είναι η κύρια αγορά, αντιπροσωπεύοντας το 69% των συνολικών εξαγωγών, ακολουθεί το Ηνωμένο Βασίλειο με 18% και η Γερμανία με 7%.
- Σχεδόν διπλασιασμός του εξαγόμενου εικονικού νερού λόγω εξαγωγής ανθέων από  $11 \text{ Mm}^3/\text{yr}$  το 1996 -  $21 \text{ Mm}^3/\text{yr}$  το 2005.

Η λίμνη έχει προσελκύσει την προσοχή τόσο από εθνικούς όσο και διεθνείς οργανισμούς για την μείωση της στάθμης, την υποβάθμιση της ποιότητας των υδάτων και τη μείωση της βιοποικιλότητας.

Πίνακας 3.4: Χώρες με έντονη εξαγωγική συμπεριφορά οι οποίες παρουσιάζουν προβλήματα σχετικά με τους υδατικούς πόρους την περίοδο 1997-2001

Η διαδικασία παραγωγής προϊόντων σε χώρες με υψηλά αποθέματα νερού και στη συνέχεια η εξαγωγή τους σε άλλες χώρες προκειμένου να καταναλωθούν δημιουργεί ένα

## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :

“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”

χάσμα μεταξύ της περιοχής παραγωγής και της περιοχής κατανάλωσης. Οι καταναλωτές δεν μπορούν να δουν τις επιπτώσεις της δικής τους συμπεριφοράς εξαιτίας της απόστασης μεταξύ της περιοχής κατανάλωσης και της περιοχής παραγωγής. Τα οφέλη είναι στην μεριά της κατανάλωσης και μέχρι η χρήση του νερού να μπει κάτω από μια άλλη τιμολογιακή πολιτική το κόστος παραμένει στην μεριά της παραγωγής. Από την πλευρά των αποθεμάτων νερού θα ήταν μια πολύ καλή σκέψη για τις χώρες που εξάγουν σε ολόκληρο τον κόσμο προϊόντα να αναθεωρήσουν την χρήση του νερού για την παραγωγή προϊόντων που θα εξαχθούν και να δουν σε ποια έκταση η πολιτική που ακολουθούν είναι αποτελεσματική δίνοντας βάση στο αν το εισόδημα που προέρχεται από το εμπόριο αυτό καλύπτει πολλά από τα κόστη που σχετίζονται με την χρήση του νερού.

### 3.2.4 Το διεθνές εμπόριο εικονικού νερού ανακουφίζει την εθνική έλλειψη νερού

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως τα παγκόσμια εμπορικά πρότυπα επηρεάζουν τη χρήση του νερού σε πολλές χώρες του κόσμου είτε μειώνοντας την τοπική χρήση νερού είτε ενδυναμώνοντας τη. Το διεθνές εμπόριο εικονικού νερού και, πιο συγκεκριμένα, η εισαγωγή εικονικού νερού με την μορφή προϊόντων βοηθάει στην διάσωση των αποθεμάτων νερού στις χώρες οι οποίοι είναι εισαγωγείς αυτών των προϊόντων.

Τα εθνικά αποθέματα νερού τα οποία διασώζονται και σχετίζονται με τις εισαγωγές μπορούν να υπολογιστούν πολλαπλασιάζοντας τον όγκο του εισαγόμενου προϊόντος με τον όγκο του νερού ο οποίος θα απαιτούνταν για την παραγωγή του προϊόντος εγχώρα.

Σε πολλές χώρες το διεθνές εμπόριο εικονικού νερού με τη μορφή γεωργικών προϊόντων μειώνει σημαντικά την εγχώρα ζήτηση νερού. Αυτές οι χώρες εισάγουν αγαθά τα οποία απαιτούν σχετικά πολύ μεγάλες ποσότητες για την παραγωγή τους και εξάγουν προϊόντα τα οποία απαιτούν σχετικά λίγο νερό για την παραγωγή τους.

1. Η Αίγυπτος είναι μια χώρα με πολύ χαμηλές βροχοπτώσεις και το μεγαλύτερο ποσοστό των γεωργικών καλλιεργειών είναι αρδευόμενες. Η εισαγωγή σιταριού στην χώρα αυτή την οδηγεί στο να σώζει κάθε χρόνο περίπου 3,6 δισεκατομμύρια  $m^3$ . Τα κόστη τα οποία καλύπτονται από την εισαγωγή του σιταριού δεν σχετίζονται μόνο με το κόστος νερού αλλά και με το κόστος άλλων παραγόντων όπως η εργασία, και η διαθέσιμη γη. Στην Αίγυπτο η γόνιμη γη είναι σε έλλειψη. Η εισαγωγική της επομένως συμπεριφορά, όχι μόνο ανακουφίζει τα υδάτινα αποθέματα της τα οποία προέρχονται από το Νείλο, αλλά επίσης μειώνει τη πίεση για αύξηση της διαθέσιμης γης για αγροτικές καλλιέργειες. Μέσα από έρευνες (Greenway κ.α, 1994 και Wichelus, 2001 αποδείχθηκε ότι η εισαγωγή σιταριού στην Αίγυπτο οδήγησε όχι μόνο στη σωτηρία των υδάτινων πόρων αλλά και σε σωτηρία της ίδιας της χώρας.

### ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :

“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”

2. Η Ιαπωνία, η οποία αποτελεί τον μεγαλύτερο εισαγωγέα προϊόντων που απαιτούν πολύ νερό για την παραγωγή τους στο κόσμο, έσωσε ετησίως 94 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα νερού φυσικά από τα εγχώρια αποθέματα

3. Η Ιορδανία είναι επίσης μια ακόμη χώρα η οποία βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στις εισαγωγές προϊόντων που απαιτούν πολύ νερό για την παραγωγή τους. Εισάγει περίπου 5-7 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα νερού το χρόνο σε εικονική μορφή το οποίο έρχεται σε αντίθεση με το 1 δισεκατομμύριο κυβικά μέτρα νερού που αποσύρει ετησίως από τα εγχώρια αποθέματα νερού

4. Το Μεξικό σώζει ετησίως 65 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα νερού

5. Η Ιταλία σώζει 59 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα νερού

6. Η Κίνα σώζει περίπου 56 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα νερού

Πίνακας 3.5: Χώρες με έντονη εισαγωγική συμπεριφορά την περίοδο 1997-2001 (Charagain κ.α, 2006)

### **3.2.5 Εμπορικές συναλλαγές εικονικού νερού σε εθνικό επίπεδο**

Μερικές χώρες στις οποίες παρουσιάζονται περιοχές με ανομοιόμορφα κλιματικά και φυσικά χαρακτηριστικά οι συναλλαγές εικονικού νερού σε τοπικό επίπεδο αλλά και σε διεθνές είναι μια πολύ καλή λύση για την επίλυση των προβλημάτων τους σε σχέση με το νερό. Στις χώρες αυτές θα έπρεπε να αποτελεί θέμα πρωταρχικής σημασίας η κατάστρωση προγραμμάτων και στρατηγικών σχετικά με τις ροές εικονικού νερού εντός των συνόρων της χώρας.

Τα πλεονεκτήματα που θα παρουσιάζονταν από την κατάστρωση αυτών των στρατηγικών θα ήταν ιδιαίτερα σημαντικά και πολλαπλά. Αρχικά, θα ήταν σωστό να τονιστεί ότι η ανάπτυξη εθνικής στρατηγικής σχετικά με τις εθνικές συναλλαγές εικονικού νερού δεν θα επέτρεπε να δημιουργηθεί οποιαδήποτε διεθνή εξάρτηση. Είναι γεγονός ότι διάφορες χώρες οι οποίες αναφέρθηκαν και παραπάνω, λαμβάνοντας την απόφαση να αναπτύξουν εμπορικές συναλλαγές με χώρες οι οποίες θεωρούνται ισχυρές στο τομέα του νερού οδηγούνται σε εθνική εξάρτηση, τόσο σε πολιτικό επίπεδο όσο και σε επίπεδο υδάτων.

Επιπλέον, οι κοινωνικές, κοινωνικό-οικονομικές και οικολογικές επιπτώσεις που θα προέκυπταν από την αύξηση των εθνικών συναλλαγών εικονικού νερού θα ήταν ιδιαίτερα θετικές δεδομένου ότι θα ενίσχυε τον τοπικό αγροτικό πληθυσμό της χώρας. Τη στιγμή που θα γίνονται επενδύσεις σχετικά με την γεωργική παραγωγή σε περιοχές οι οποίες είναι

## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :

“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”

κατάλληλες, θα μπορούσε να γίνει μια προσπάθεια στα υπόλοιπα μέρη μιας χώρας τα οποία δε συνίστανται για γεωργική παραγωγή μιας και είναι πιο άγονα, να ενισχυθούν άλλοι τομείς εκτός από το τομέα της γεωργίας.

1. Η Κίνα αποτελεί μια χώρα η οποία στο μέλλον θα συναντήσει πιθανότατα σημαντικά προβλήματα σχετικά με τα αποθέματα νερού. Αυτό θα συμβεί για το λόγο ότι η Κίνα αποτελεί μια από τις εκατοντάδες χώρες της γης στην επικράτεια της οποίας υπάρχουν χιλιάδες ανομοιόμορφες περιοχές. Η στρατηγική η οποία θα έπρεπε να αναπτύξει σχετίζεται με το εμπόριο εικονικού νερού εντός των συνόρων της και μεταξύ αυτών των διάφορων ανομοιογενών περιοχών.
2. Η Κένυα αποτελεί παράδειγμα όσων αναφέρθηκαν παραπάνω και θα δώσει μια καλή εικόνα σχετικά με τις επιπτώσεις της κατάστασης αυτής και της πρόσφατης πείνας που έπληξε τη χώρα το 2006. Στη χώρα αυτή υπήρχαν άνθρωποι οι οποίοι κατοικούσαν σε περιοχές ξηρές οι οποίοι λιμοκτονούσαν λόγω έλλειψης νερού, ενώ την ίδια στιγμή άνθρωποι σε πιο ευνοημένες περιφέρειες είχαν πλεόνασμα τροφίμων και νερού. Η περίπτωση δείχνει πόσο σημαντική είναι η παρουσία υποδομών και συστημάτων εμπορίου των τροφίμων στο εσωτερικό των χωρών καθώς και η αξιοποίηση των γεωργικών δυνατοτήτων μιας χώρας με σκοπό να αποφευχθούν τέτοιες επιπτώσεις.

Πίνακας 3.6: Χώρες και η σχέση τους με το εμπόριο του εικονικού νερού (Charagain κ.α, 2006).

### 3.3 Εξοικονόμηση νερού

#### 3.3.1 Εξοικονόμηση νερού σε παγκόσμιο επίπεδο

Η παγκόσμια εξοικονόμηση νερού  $S_g$  (Όγκος νερού/χρόνος) που προκύπτει από το εμπόριο ενός προϊόντος  $p$  από την χώρα  $n_e$  στην χώρα εισαγωγής  $n_i$  ορίζεται ως:

$$S_g [n_e, n_i, p] = T[n_e, n_i, p] * (WF_{\text{προϊόν}}[n_i, p] - WF_{\text{προϊόν}}[n_e, p]) \quad (38)$$

Όπου,

$T[n_e, n_i, p]$  = Ο όγκος του προϊόντος  $p$  που εμπορεύεται μεταξύ των δύο εθνών σε μονάδες προϊόντος ανά χρόνο

$WF_{\text{προϊόν}}[n_i, p]$  = Το υδατικό αποτύπωμα του  $p$  στο έθνος  $n_i$  που εισάγει σε μονάδες όγκου νερού ανά προϊόν

$WF_{\text{προϊόν}}[n_e, p]$  = Το υδατικό αποτύπωμα του  $p$  στο έθνος  $n_e$  που εξαγει σε μονάδες όγκου νερού ανά προϊόν

### ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :

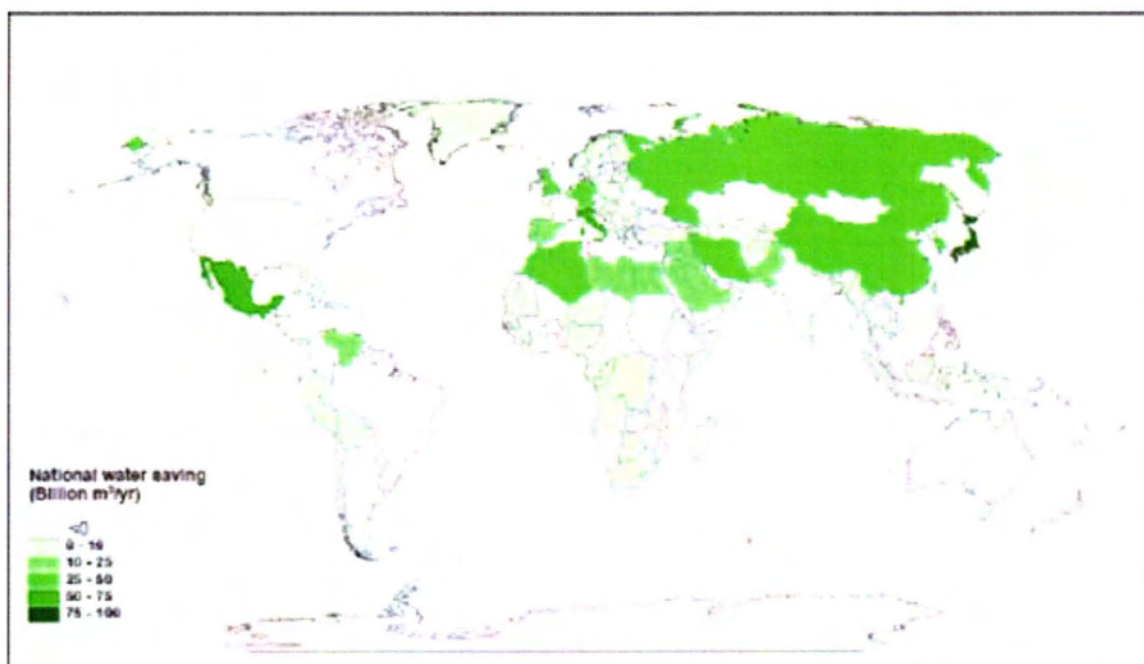
“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”

Όσον αφορά τη παγκόσμια κλίμακα το εμπόριο εικονικού νερού μπορεί να οδηγεί σε «χάσιμο» υδατικών πόρων όταν ο εισαγωγέας του προϊόντος παράγει το προϊόν με μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα νερού (De Fraiture κ.α).

1. Η Ινδονησία εισάγει 2,3 Mtons σιτηρών από την Ινδία. Ενώ, όμως η Ινδία χρειάζεται  $17,4\text{km}^3$  νερού για να παράγει σιτηρά, την ίδια στιγμή η Ινδονησία χρειάζεται  $16,7\text{km}^3$ . Η ποσότητα δηλαδή του νερού που χάνεται παγκοσμίως είναι περίπου  $0,7\text{km}^3$ .
2. Την ίδια χρονιά το Σουδάν εισήγαγε σιτηρά από την Νότια Αφρική και τη Ρωσία μεταξύ άλλων χωρών και προκάλεσαν μια παγκόσμια απώλεια του αρδευόμενου νερού  $0,2\text{km}^3$  αφού η ίδια μπορεί να παράγει σιτηρά με χρήση αρδευόμενης γεωργίας, ενώ οι εξαγωγείς χρησιμοποιούν μερική άρδευση.

Πίνακας 3.7: Χώρες οι οποίες προκαλούν απώλειες υδατικών πόρων σε παγκόσμια κλίμακα

Γενικά, επικρατεί η άποψη ότι είναι ιδιαίτερα σημαντικό να διατηρούμε τα αποθέματα νερού στα σημεία της γης όπου είναι σχετικά περιορισμένα και να αποσύρουμε το νερό από τα σημεία της γης όπου είναι διαθέσιμο σε ικανοποιητικές ποσότητες. Αν η φυσική μεταφορά δεν είναι δυνατή ή κατάλληλη η στρατηγική του εμπορίου του εικονικού νερού μπορεί να αποτελεί μια λύση, συγκρίνοντας τη με το άμεσο εμπόριο του νερού, το οποίο είναι πολύ δύσκολο να πραγματοποιηθεί.



Εικόνα 3.2: Εθνικές αποταμιεύσεις νερού λόγω του διεθνούς εμπορίου γεωργικών προϊόντων.

Πηγή: Charagain & Hoekstra, 2004

## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :

“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”

### 3.3.2 Εξοικονόμηση νερού σε εθνικό επίπεδο

Η εθνική εξοικονόμηση νερού  $S_n$  (Όγκος νερού/χρόνος) ενός έθνους σαν αποτέλεσμα του εμπορίου του προϊόντος  $p$  ορίζεται ως:

$$S_n[p] = (T_i[p] - T_e[p]) * WF_{\text{προϊόν}}[p] \quad (39)$$

Όπου,

$WF_{\text{προϊόν}}[p]$  = Το υδατικό αποτύπωμα του  $p$  στο έθνος που εξετάζουμε σε μονάδες όγκου νερού ανά προϊόν

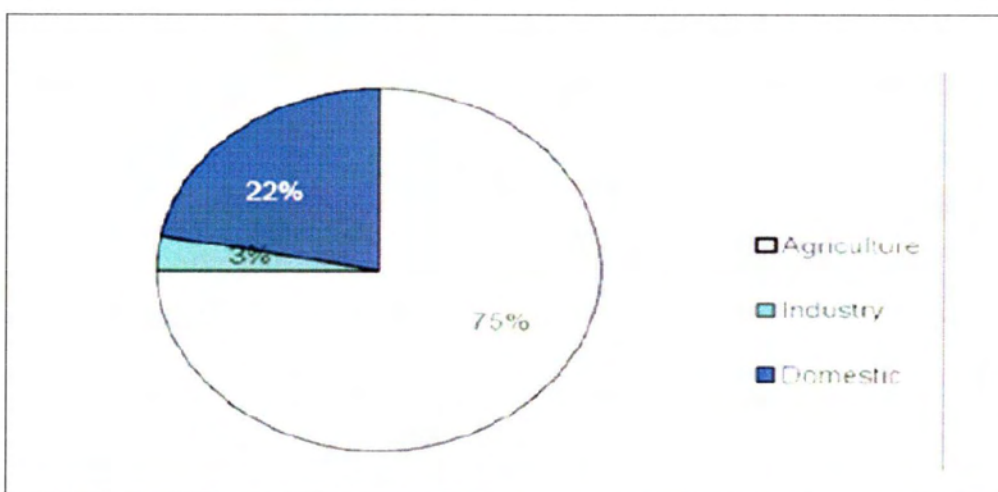
$T_i[p]$  = Όγκος προϊόντος που εισάγεται σε μονάδες προϊόντος ανά χρόνο

$T_e[p]$  = Όγκος προϊόντος που εξάγεται σε μονάδες προϊόντος ανά χρόνο

Σε περίπτωση που το  $S_n[p]$  έχει αρνητικό πρόσημο έχουμε καθαρή απώλεια νερού και όχι εξοικονόμηση.

Η εξοικονόμηση νερού σε εθνικό επίπεδο συνδέεται προφανώς με τις εμπορικές συναλλαγές εικονικού νερού σε εθνικό επίπεδο. Θα γίνει αναφορά στη περίπτωση αυτή με ένα απλό παράδειγμα.

Η Ιορδανία χρησιμοποιεί  $1,45 \text{ km}^3$  των υδάτινων πόρων της κάθε χρόνο για την παραγωγή προϊόντων για εγχώρια κατανάλωση. Την ίδια περίοδο μια ποσότητα περίπου  $4,73 \text{ km}^3$  περίπου εισάγεται σε μορφή γεωργικών προϊόντων. Εκτός από αυτό, οι συνολικές ετήσιες εθνικές αποσύρσεις νερού φτάνουν περίπου το 150% των ανανεώσιμων υδάτινων πόρων (Charagain και Hoekstra). Το παρακάτω διάγραμμα παρέχει πληροφορίες σχετικά με τις τεράστιες ποσότητες νερού οι οποίες θα μπορούσαν να διασωθούν σε εθνικό ή περιφερειακό επίπεδο μέσω μιας μείωσης της παραγωγής γεωργικών προϊόντων εφαρμόζοντας μια κατάλληλη στρατηγική εμπορίου του εικονικού νερού.



Εικόνα 3.3: Απόσυρση των επιφανειακών υδάτων τομέα της Ιορδανίας(1993)

Πηγή: [http://earthtrends.wri.org/pdf\\_library/country\\_profiles/wat\\_cou\\_400.pdf](http://earthtrends.wri.org/pdf_library/country_profiles/wat_cou_400.pdf)



### 3.4 Υπολογισμός της λειψυδρίας, της εξάρτησης από το νερό και της αυτάρκειας

Η φιλοσοφία των συναλλαγών του εικονικού νερού οδηγεί στο συμπέρασμα, ότι μια χώρα που παρουσιάζει σημαντικά προβλήματα λειψυδρίας, σε γενικές γραμμές θα προσπαθήσει να επωφεληθεί από την καθαρή εισαγωγή εικονικού νερού. Αντίθετα, μια χώρα με αφθονία στους υδατικούς πόρους θα προσπαθήσει να επωφεληθεί εξάγοντας νερό σε εικονική μορφή. Με σκοπό να ελεγχθεί αν αυτή η υπόθεση είναι σωστή χρειαζόμαστε να γνωρίζουμε δείκτες σχετικά με το ποσοστό λειψυδρίας σε μια χώρα και με το ποσοστό εξάρτησης της χώρας αυτής από τις εισαγωγές σε εικονικό νερό.

Σαν δείκτη της εθνικής λειψυδρίας (WS) χρησιμοποιούμε την αναλογία:

$$WS = \frac{WU}{WA} * 100 \quad (40)$$

Όπου ,

WS= Εθνική λειψυδρία σε ποσοστό επί %

WU= Η συνολική χρήση νερού στη χώρα σε m<sup>3</sup>/έτος

WA= Η εθνική διαθεσιμότητα νερού σε m<sup>3</sup>/έτος

Με αυτόν τον τρόπο το ποσοστό της λειψυδρίας κυμαίνεται μεταξύ του 0% και του 100%. Ως μέτρο της εθνικής διαθεσιμότητας νερού (WA) παίρνουμε τον όγκο των εσωτερικών ετήσιων ανανεώσιμων υδατικών πόρων, ο οποίος υπολογίζεται ως ο μέσος όρος των ανανεώσιμων διαθέσιμων υδατικών πόρων γλυκού νερού από ένα συγκεκριμένο χρόνο από την βροχή που έπεσε εντός των συνόρων της χώρας.

Σχετικά με την συνολική χρήση του νερού στη χώρα (WU) πρέπει κανονικά να υπολογιστεί το άθροισμα της μπλε και της πράσινης χρήσης νερού. Ωστόσο, λόγω της απουσίας δεδομένων τις περισσότερες φορές σχετικά με την πράσινη χρήση νερού η πράσινη χρήση νερού αμελείται.

Ο δείκτης αυτός πρέπει να αντικατοπτρίζει το επίπεδο στο οποίο ένα έθνος είναι εξαρτημένο από ξένους υδατικούς πόρους (μέσω της εισαγωγής νερού σε εικονική μορφή). Ο δείκτης εξάρτησης ενός έθνους στη παρούσα μελέτη υπολογίζεται ως η αναλογία του καθαρού εισαγόμενου εικονικού νερού μιας χώρας με τις συνολικές εθνικές πιστώσεις μιας χώρας. Δηλαδή,

$$WD = \frac{NVWI}{NVWI + WU} * 100 \quad \text{αν } NVWI \geq 0 \quad (41)$$

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :**

“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”

1. Αν  $NVWI < 0$  τότε  $WD = 0$ . Αυτό σημαίνει ότι η ακαθάριστη εισαγωγή και εξαγωγή εικονικού νερού είναι σε ισορροπία ή ότι υπάρχει καθαρή εξαγωγή εικονικού νερού.
2. Αν  $WD = 100$  τότε το συγκεκριμένο έθνος στηρίζεται σχεδόν αποκλειστικά στην εισαγωγή εικονικού νερού με τη μορφή προϊόντων .

Κλείνοντας ως δείκτη αυτάρκειας ορίζεται:

$$WSS = \frac{WU}{NVWI + WU} * 100 \quad \text{αν } NVWI \geq 0 \quad (42)$$

Αν  $NVWI < 0$  τότε  $WSS = 100$ . Αυτό σημαίνει ότι η ποσότητα του νερού η οποία χρειάζεται ένα έθνος είναι διαθέσιμο και λαμβάνεται από πηγές εντός της επικράτειας.

Αν  $WSS = 0$  τότε το συγκεκριμένο έθνος στηρίζεται μόνο σε εισαγωγές νερού σε εικονική μορφή.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΟΥ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΟΣ ΕΝΟΣ ΠΡΟΙΟΝΤΟΣ ΣΕ ΕΠΙΠΕΔΟ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ

---

#### 4.1 Μέθοδος HOEKSTRA-CHARAGAIN

Σύμφωνα με τους Hoekstra και Charagain, το συνολικό υδατικό αποτύπωμα της διαδικασίας ανάπτυξης μιας καλλιέργειας είναι το άθροισμα της πράσινης, της μπλε και της γκρι συνιστώσας του:

$$\begin{aligned} & \text{Ολικό Υδατικό Αποτύπωμα} \\ & = \\ & \text{Πράσινο Υδατικό αποτύπωμα} \\ & + \\ & \text{Μπλε Υδατικό αποτύπωμα} \\ & + \\ & \text{Γκρι Υδατικό αποτύπωμα} \end{aligned}$$

Τα υδατικά αποτυπώματα που αφορούν την διαδικασία ανάπτυξης μιας καλλιέργειας εκφράζονται σε μονάδες όγκου προς μάζα. Στην προκειμένη περίπτωση τα αποτυπώματα θα εκφραστούν σε  $\text{m}^3/\text{ton}$ , που είναι και η συνηθέστερα χρησιμοποιούμενη μονάδα μέτρησης και ισοδυναμεί με  $1 \text{ l/kg}$ .

Στη συνέχεια παρουσιάζεται μια ακολουθία βημάτων, τα οποία παρουσιάζονται με αντίστροφη σειρά, στο τέλος των οποίων θα έχει επιτευχθεί ο υπολογισμός της κάθε συνιστώσας του υδατικού αποτυπώματος.

#### ΒΗΜΑ 10

Ο υπολογισμός του όγκου του νερού ο οποίος χρησιμοποιήθηκε στην ανάπτυξη μιας καλλιέργειας, δηλαδή η ποσότητα του νερού την οποία έχει ανάγκη η καλλιέργεια για να αναπτυχθεί ορίζεται ως:

$$WF = \frac{WU}{Y} \quad (43)$$

όπου,

WF= Η ειδική ζήτηση σε νερό της καλλιέργειας, σε  $\text{m}^3/\text{ton}$

WU= Η απαίτηση της καλλιέργειας σε νερό, σε  $\text{m}^3/\text{ha}$

### ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :

“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”

$Y$  = Η απόδοση της καλλιέργειας, σε  $\text{ton/ha}$

#### ΒΗΜΑ 9

Η απαίτηση της καλλιέργειας σε νερό  $WU$  χωρίζεται σε δύο επιμέρους συστατικά. Αυτά είναι :

$$WU = WU_{\text{εξάτμισης}} + WU_{\text{μη-εξάτμισης}} \quad (44)$$

όπου,

$WU_{\text{εξάτμισης}}$  = Η ποσότητα του γλυκού νερού η οποία εξατμίζεται, σε  $\text{m}^3/\text{ha}$

$WU_{\text{μη-εξάτμισης}}$  = Η ποσότητα του νερού η οποία δεν είναι διαθέσιμη για περαιτέρω χρήση λόγω μόλυνσης, σε  $\text{m}^3/\text{ha}$

#### ΒΗΜΑ 8

Η ποσότητα του γλυκού νερού η οποία εξατμίζεται από την καλλιέργεια ( $WU_{\text{εξάτμισης}}$ ) κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης της, διασπάται σε δύο επιμέρους συστατικά, τα οποία είναι:

$$WU_{\text{εξάτμισης}} = WU_g + WU_b \quad (45)$$

όπου,

$WU_g$  = Η ποσότητα του βρόχινου νερού η οποία εξατμίζεται από τη καλλιεργήσιμη γη (πράσινη χρήση νερού), σε  $\text{m}^3/\text{h}$

$WU_b$  = Η ποσότητα του νερού άρδευσης η οποία εξατμίζεται από την καλλιεργήσιμη γη (μπλε χρήση νερού), σε  $\text{m}^3/\text{ha}$

#### ΒΗΜΑ 7

Η ποσότητα του νερού η οποία δεν είναι διαθέσιμη για περαιτέρω χρήση λόγω μόλυνσης είναι ίση με :

$$WU_{\text{μη-εξάτμισης}} = WU_{\text{μόλυνσης}} \quad (46)$$

όπου,

$WU_{\text{μόλυνσης}}$  = Η ποσότητα του νερού η οποία μολύνεται λόγω ανάπτυξης της καλλιέργειας, σε  $\text{m}^3/\text{ha}$

#### ΒΗΜΑ 6

Επομένως, το συνολικό εικονικό νερό το οποίο αντιστοιχεί σε μια καλλιέργεια προκύπτει ως άθροισμα του λόγου της ποσότητας του γλυκού νερού η οποία εξατμίζεται προς την απόδοση της καλλιέργειας συν το λόγο της ποσότητας του νερού η οποία δεν είναι διαθέσιμη για περαιτέρω χρήση λόγω μόλυνσης προς την απόδοση της καλλιέργειας. Δηλαδή:

### ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :

“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”

$$WF = \frac{WU_{\text{εξάτμισης}}}{\gamma} + \frac{WU_{\text{μη-εξάτμισης}}}{\gamma} = WF_{\text{εξάτμισης}} + WF_{\text{μη-εξάτμισης}}$$

(47)

$$WF_{\text{εξάτμισης}} = \frac{WU_{\text{εξάτμισης}}}{\gamma} = \frac{WU_g}{\gamma} + \frac{WU_b}{\gamma} = WF_g + WF_b$$

$$WF_{\text{μη-εξάτμισης}} = \frac{WU_{\text{μόλυνσης}}}{\gamma} = WF_{\text{μόλυνσης}}$$

όπου,

$WU_g$  = Η ποσότητα του βρόχινου νερού η οποία εξατμίζεται από τη καλλιεργήσιμη γη (πράσινη χρήση νερού), σε  $m^3/h$

$WU_b$  = Η ποσότητα του νερού άρδευσης η οποία εξατμίζεται από την καλλιεργήσιμη γη (μπλε χρήση νερού), σε  $m^3/ha$

$\gamma$  = Η απόδοση της καλλιέργειας, σε  $ton/ha$

$WF_g$  = Η πράσινη συνιστώσα της διαδικασίας ανάπτυξης μιας καλλιέργειας

$WF_b$  = Η μπλε συνιστώσα της διαδικασίας ανάπτυξης μιας καλλιέργειας

$WF_{\text{μόλυνσης}}$  = Η μολυσμένη συνιστώσα της διαδικασίας ανάπτυξης μιας καλλιέργειας

### **ΒΗΜΑ 5**

Η ποσότητα του βρόχινου νερού η οποία εξατμίζεται από τη καλλιεργήσιμη ( $WU_g$ ) και η αντίστοιχη ποσότητα του νερού άρδευσης ( $WU_b$ ) εξαρτάται από τις απαιτήσεις εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας (η οποία συμβολίζεται σαν  $ET_c$  και υπολογίζεται σε  $mm/day$ ) κι από την διαθεσιμότητα της εδαφικής υγρασίας της καλλιέργειας σε ολόκληρη την καλλιεργητική περίοδο. Εκφράζει την εξατμισοδιαπνοή για φυτά υγιή, με επαρκή λίπανση, ανεπτυγμένα σε μεγάλες καλλιεργήσιμες εκτάσεις, κάτω από βέλτιστες συνθήκες υγρασίας.

$$ET_c = ET_o * K_c \quad (48)$$

Όπου,

$ET_c$  = Η δυνητική εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας, σε  $mm/day$

$K_c$  = Συντελεστής καλλιέργειας

$ET_o$  = Η εξατμισοδιαπνοή αναφοράς

## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :

“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”

### **-Εξατμισοδιαπνοή Αναφοράς ET<sub>0</sub>**

Επηρεάζεται μόνο από τις κλιματικές παραμέτρους. Εκφράζει την δυνατότητα εξατμίσου της ατμόσφαιρας σε συγκεκριμένο τόπο και χρόνο του έτους και δεν λαμβάνει υπόψη χαρακτηριστικά των καλλιεργειών και παράγοντες του εδάφους. Ο υπολογισμός του προκύπτει από μια εξίσωση η οποία εισήχθη από τους Smith κ.α., 1992, Allen κ.α., 1994, Allen κ.α., 1998. Ένα από τα πιο γνωστά μοντέλα το οποίο χρησιμοποιούμε για τον υπολογισμό της ET είναι το CROPWAT το οποίο αναπτύχθηκε από FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations).

### **-Συντελεστής εδάφους K<sub>c</sub>**

Ο συντελεστής καλλιέργειας K<sub>c</sub> εκφράζει τα χαρακτηριστικά που διαφοροποιούν την κάθε καλλιέργεια από την καλλιέργεια αναφοράς (ως καλλιέργεια αναφοράς θεωρείται συνήθως το χόρτο/γρασίδι). Οι παράγοντες που επηρεάζουν το K<sub>c</sub> είναι το είδος της καλλιέργειας, το κλίμα και το στάδιο ανάπτυξης της καλλιέργειας. Λόγω των διαφορών στην εξατμίσου κατά τη διάρκεια των διάφορων σταδίων ανάπτυξης, ο συντελεστής K<sub>c</sub> για μια δεδομένη καλλιέργεια ποικίλει κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, από την φύτευση μέχρι την συγκομιδή (Charagain και Orr, 2009).

## **ΒΗΜΑ 4**

Η υγρασία που υπάρχει στο έδαφος διατηρείται από δύο κυρίως παράγοντες. Ο πρώτος παράγοντας είναι η ωφέλιμη βροχόπτωση ( $p_{eff}$ ) και ο δεύτερος το παρεχόμενο αρδευτικό νερό. Το μοντέλο CROPWAT διαθέτει επιλογές για την εκτίμηση της ωφέλιμης βροχόπτωσης.

Ως ωφέλιμη βροχόπτωση ( $p_{eff}$ , σε mm/μήνα) θεωρείται το κομμάτι της συνολικής βροχόπτωσης που συγκρατείται από το έδαφος έτσι ώστε να είναι δυνητικά διαθέσιμο για την κάλυψη των αναγκών της καλλιέργειας σε νερό. Συνήθως η ωφέλιμη βροχόπτωση είναι μικρότερη από τη συνολική, επειδή δεν μπορεί όλη η ποσότητα της βροχής να απορροφηθεί από την καλλιέργεια, για παράδειγμα, εξαιτίας επιφανειακής απορροής ή διήθησης (Dastane, 1978). Υπάρχουν διάφοροι τρόποι για να υπολογιστεί η ωφέλιμη βροχόπτωση εάν η συνολική βροχόπτωση είναι γνωστή.

Τελικώς, η πράσινη χρήση νερού  $U_g[t]$  για χρονικό διάστημα  $t$  είναι ίση με την ελάχιστη τιμή μεταξύ της ωφέλιμης βροχόπτωσης  $p_{eff}[t]$  και της απαίτησης της καλλιέργειας σε εξατμισοδιαπνοή ET[t] στο συγκεκριμένο χρονικό βήμα. Δηλαδή:

$$U_{\text{πράσινο}}[t] = \min(ET[t], p_{eff}[t]) \quad (49)$$

όπου,

ET[t]= Η απαίτηση σε εξατμισοδιαπνοή μιας καλλιέργειας

$p_{eff}[t]$ =Η ωφέλιμη βροχόπτωση

### ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :

“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”

Η συνολική πράσινη χρήση νερού είναι το άθροισμα της πράσινης χρήσης νερού κάθε χρονικού βήματος σε ολόκληρη την καλλιεργητική περίοδο (σε ημέρες). Δηλαδή:

$$WU_{\text{πράσινο}} = \sum_{t=0}^1 U_g[t] \quad (50)$$

Η πράσινη χρήση νερού είναι ανεξάρτητη από την παροχή του αρδευόμενου νερού και βασίζεται αποκλειστικά στην ωφέλιμη βροχόπτωση και στην απαίτηση σε εξατμισοδιαπνοή, σε αντίθεση με την μπλε χρήση νερού η οποία βασίζεται στην απαίτηση σε εξατμισοδιαπνοή, στην διαθεσιμότητα του πράσινου νερού καθώς και στη παροχή του αρδευόμενου νερού.

### **ΒΗΜΑ 3**

Η μπλε υδατική χρήση εξαρτάται από τις απαιτήσεις εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας (ETc), τη διαθεσιμότητα πράσινου νερού (Ug) και από το ωφέλιμο απόθεμα νερού άρδευσης (Ieff), (Charagain και Orr, 2009). Τα δύο πρώτα στοιχεία καθορίζουν τις απαιτήσεις σε αρδευτικό νερό (Ir), που υπολογίζονται ως εξής:

$$I_r[t] = ET_c - U_g[t] \quad (51)$$

Η μπλε χρήση νερού Ub[t] για χρονικό διάστημα t είναι το ελάχιστο από την ανάγκη της καλλιέργειας σε άρδευση Ir[t] και της ωφέλιμης αρδευτικής παροχής (Ieff[t]). Η ωφέλιμη αρδευτική παροχή είναι το μέρος του αρδευόμενου νερού το οποίο αποθηκεύεται σαν υγρασία εδάφους και είναι διαθέσιμο για την εξάτμιση των καλλιεργειών. Επομένως η μπλε χρήση νερού (Ub[t]) στο συγκεκριμένο χρονικό βήμα είναι ίση με:

$$U_b[t] = \min(I_r[t], I_{eff}[t]) \quad (52)$$

Η συνολική μπλε χρήση νερού είναι το άθροισμα της μπλε χρήσης νερού κάθε χρονικού βήματος σε ολόκληρη την καλλιεργητική περίοδο (σε ημέρες). Δηλαδή:

$$WU_b = \sum_{t=0}^1 U_b[t] \quad (53)$$

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως η μπλε χρήση νερού η οποία βασίζεται στην απαίτηση σε εξατμισοδιαπνοή, στην διαθεσιμότητα του πράσινου νερού καθώς και στη παροχή του αρδευόμενου νερού.

### **ΒΗΜΑ 2**

Ο όγκος του νερού ο οποίος είναι απαραίτητος για την αραιώση των ρύπων που εκπέμπονται κατά την διάρκεια μιας παραγωγικής διαδικασίας σε τέτοιο βαθμό ώστε η ποιότητα του νερού να παραμένει μέσα στα συμφωνημένα όρια είναι δύσκολο αν υπολογιστεί μιας και τα όρια που θέτονται είναι πάντα υπό συζήτηση. Οι υδατικοί

### ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :

“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”

αποδέκτες χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, τους επιφανειακούς και τους υπόγειους και σε καθεμία από τις δύο αντιστοιχούν διαφορετικά ποιοτικά όρια και τελικά, διαφορετικές τιμές του γκρι αποτυπώματος. Οι πιθανοί ρυπαντές προέρχονται συνήθως από λιπάσματα (άζωτο, φώσφορος και ούτω καθεξής), φυτοφάρμακα και εντομοκτόνα.

$$U_{\text{μόλυνσης}}[t] = \left( \frac{L[i,t]}{La[i,t]} \right) \quad (54)$$

όπου,

$L[i, t]$  = Το βάρος του ρύπου  $i$  που εκπέμπεται στο υδατικό σύστημα από την καλλιέργεια, σε ton

$La[i, t]$  = Η επιτρεπόμενη στάθμη του συγκεκριμένου ρύπου στα υδάτινα ή στα επιφανειακά σώματα, σε ton/m<sup>3</sup>

Το συνολικό νερό που χρησιμοποιείται για την αραιώση των ρύπων είναι ίσο με :

$$WU_p = \sum_{t=0}^1 U_{\text{μόλυνσης}}[t] = WU_{\text{μη}} - \text{εξάτμισης} \quad (55)$$

### **ΒΗΜΑ 1**

Έχει υπολογιστεί ως αυτό το σημείο η συνολική χρήση πράσινου νερού  $WU_g$ , η συνολική χρήση μπλε νερού  $WU_b$ , και η συνολική χρήση γκρι νερού  $WU_{gy}$  σε m<sup>3</sup>/ton. Λαμβάνοντας υπόψη την απόδοση της καλλιέργειας προκύπτει το υδατικό αποτύπωμα στα τρία χρώματά του και επομένως το συνολικό υδατικό αποτύπωμα της υπό εξέταση καλλιέργειας.

$$WF = WF_g + WF_b + WF_p \quad (56)$$

### **4.2 Υπολογισμός του εικονικού νερού που εμπεριέχεται, μέχρι να λάβουμε την τελική μορφή του προϊόντος**

Στην περίπτωση όπου μελετούνται προϊόντα τα οποία υφίστανται περαιτέρω επεξεργασία πέραν της πρωτογενούς παραγωγής, η διαδικασία υπολογισμού του υδατικού αποτυπώματος δεν σταματάει εδώ.

Το παράδειγμα το οποίο παρουσιάστηκε ως αυτό το σημείο σχετίζονταν με τον υπολογισμό του υδατικού αποτυπώματος μιας καλλιέργειας, από την οποία το προϊόν που προκύπτει είναι έτοιμο για κατανάλωση, για παράδειγμα σχετίζονταν με μια καλλιέργεια όπου αναπτύσσονταν ντομάτες. Το ερώτημα είναι τι συμβαίνει στη περίπτωση κατά την οποία το προϊόν πρέπει να περάσει από μια συγκεκριμένη διεργασία για να φτάσει στη τελική μορφή της κατανάλωσης και πως φυσικά υπολογίζεται το υδατικό αποτύπωμα του τελικού προϊόντος. Για την καλύτερη κατανόηση της περίπτωσης αυτής θα παρουσιάσει ένα μικρό παράδειγμα με κάποια αριθμητικά δεδομένα.



## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :

“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”

---

Έστω, ότι το παράδειγμα που θα αναλυθεί σχετίζεται με την παραγωγή καφέ σε μια χώρα. Για να προκύψει η τελική μορφή του καφέ ακολουθούνται κάποια βήματα κατά την διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας. Πρέπει να τονιστεί ότι το τελικό προϊόν όλης αυτής της διαδικασίας που θα περιγραφεί είναι ένα και μοναδικό. Αυτό σημαίνει ότι η καλλιέργεια για την οποία έγινε λόγος πιο πάνω σχετίζεται μόνο με την παραγωγή ενός είδους προϊόντος. Στη περίπτωση που τα τελικά προϊόντα ήταν περισσότερα από ένα θα υπήρχαν διαφοροποιήσεις στη μέθοδο.

Σε πρώτο στάδιο θα αναφερθούν κάποιες πληροφορίες σχετικά με την παραγωγή καφέ σε επίπεδο καλλιέργειας. Από τη στιγμή που θα πραγματοποιηθεί η σπορά του προϊόντος απαιτούνται 3 με 5 χρόνια πριν έχουμε τη πρώτη σοδειά καφέ. Το φυτό αυτό φτάνει στη μέγιστη απόδοση του μεταξύ του έκτου και του δέκατου έτους ζωής του και στη συνέχεια μειώνεται σταδιακά μέχρι το 15<sup>ο</sup> έτος ζωής του σταματώντας συνολικά μετά από 40 χρόνια. Ο κόκκος του καφέ είναι ο σπόρος του δέντρου του καφέ. Οι καρποί του δέντρου του καφέ είναι πράσινοι στην αρχή και όταν ωριμάσουν γίνονται έντονα πορτοκαλή.

Πριν από το αποτέλεσμα των σπόρων του φυτού του καφέ, που έχουν ως αποτέλεσμα μια κούπα καφέ υπάρχει μια ακολουθία βημάτων. Αρχικά, οι σπόροι καφέ συγκομίζονται. Στη συνέχεια ακολουθούν μια διαδικασία μέσα από την οποία μεταποιούνται σε «πράσινο καφέ», όπως αποκαλούνται. Υπάρχουν δυο διαδικασίες με τις οποίες οι σπόροι καφέ μεταποιούνται σε πράσινο καφέ: η ξηρή και η υγρή μέθοδος. Ο πράσινος καφές μετατρέπεται σε καβουρδισμένο καφέ μέσω ψησίματος, μια διαδικασία θερμικής επεξεργασίας για τη μετατροπή των πράσινων φασολιών στο αρωματικό καφέ που όλοι γνωρίζουμε. Ο καβουρδισμένος καφές είναι το συστατικό για την παραγωγή ενός φλιτζανιού καφέ. Η παρούσα μελέτη πραγματεύεται μόνο με την μια διαδικασία με την οποία γίνεται η μετατροπή του καφέ, την υγρή μέθοδο .

Αρχικά, το εικονικό νερό που εμπεριέχεται στα σπόρια του καφέ υπολογίζεται όπως έχει αναφερθεί και πιο πριν, διαιρώντας τις απαιτήσεις σε νερό της καλλιέργειας του καφέ με τη σοδειά της καλλιέργειας.

Οι παρακάτω παρατηρήσεις, οι οποίες σχετίζονται με τα μετέπειτα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας του καφέ θα φανούν ιδιαίτερα χρήσιμες για την επίλυση του συγκεκριμένου προβλήματος.

### **Παρατήρηση 1:**

Μετά από κάθε στάδιο επεξεργασίας, το βάρος του εναπομείναντος προϊόντος είναι μικρότερο από το αρχικό του βάρος. Ας επισημανθεί στο σημείο αυτό για ακόμη μια φορά η «αναλογία προϊόντος», όπως ορίστηκε από τους Charagain και Hoekstra (2003). Η αναλογία προϊόντος σε ένα ορισμένο στάδιο της επεξεργασίας του προϊόντος, είναι ίση με το λόγο του βάρους του προϊόντος που προκύπτει προς το βάρος του αρχικού προϊόντος.

## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :

“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”

$$fp(p,i) = \frac{w[p]}{w[i]} \quad (57)$$

Η ποσότητα δηλαδή του εξαγόμενου προϊόντος ( $w[p]$ , μάζα) ανά ποσότητα εισαγόμενου προϊόντος ( $w[i]$ , μάζα).

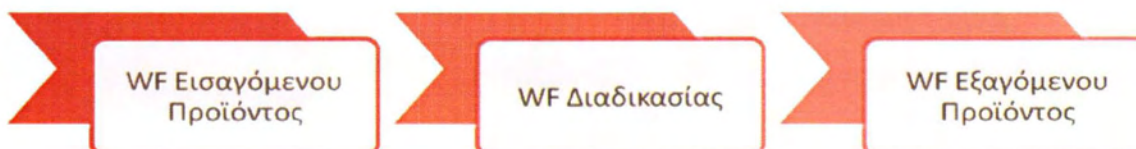
### Παρατήρηση 2:

Η περιεκτικότητα σε εικονικό νερό του προϊόντος που θα προκύψει (εκφραζόμενη σε  $m^3/ton$ ) είναι μεγαλύτερη από την περιεκτικότητα σε νερό του αρχικού προϊόντος. Μπορεί να βρεθεί διαιρώντας την περιεκτικότητα σε εικονικό νερό του αρχικού προϊόντος με την τιμή της αναλογίας προϊόντος.

### Παρατήρηση 3:

Αν ένα συγκεκριμένο στάδιο της επεξεργασίας απαιτεί νερό (για παράδειγμα, οι διεργασίες πολτοποίησης, η ζύμωση κ.α) το νερό που απαιτείται (σε  $m^3/ton$  του αρχικού προϊόντος) προστίθεται στην αρχική περιεκτικότητα σε εικονικό νερό του αρχικού προϊόντος πριν αυτή μεταφραστεί σε αξία εικονικού νερού που εμπεριέχεται στο τελικό προϊόν.

Πιο συγκεκριμένα, το υδατικό αποτύπωμα ενός προϊόντος το οποίο προκύπτει από μια διαδικασία κατά την οποία έχουμε μόνο ένα εισαγόμενο προϊόν (σπόρους καφέ) και μόνο ένα εξαγόμενο προϊόν (καφέ στη τελική μορφή) προκύπτει με βάση το παρακάτω διάγραμμα ροής:



Το υδατικό αποτύπωμα ενός εξαγόμενου προϊόντος  $p$  υπολογίζεται ως εξής:

$$WF_{\text{προϊόν}(p)} = \frac{WF_{\text{διαδ.}} + WF_{\text{προϊόν}(i)}}{fp(p,i)} \quad (58)$$

Όπου,

$WF_{\text{προϊόν}(p)}$  = Υδατικό αποτύπωμα εξαγόμενου προϊόντος  $p$ , σε μονάδες όγκου νερού ανά μάζα

$WF_{\text{προϊόν}(i)}$  = Το υδατικό αποτύπωμα του εισαγόμενου προϊόντος  $i$

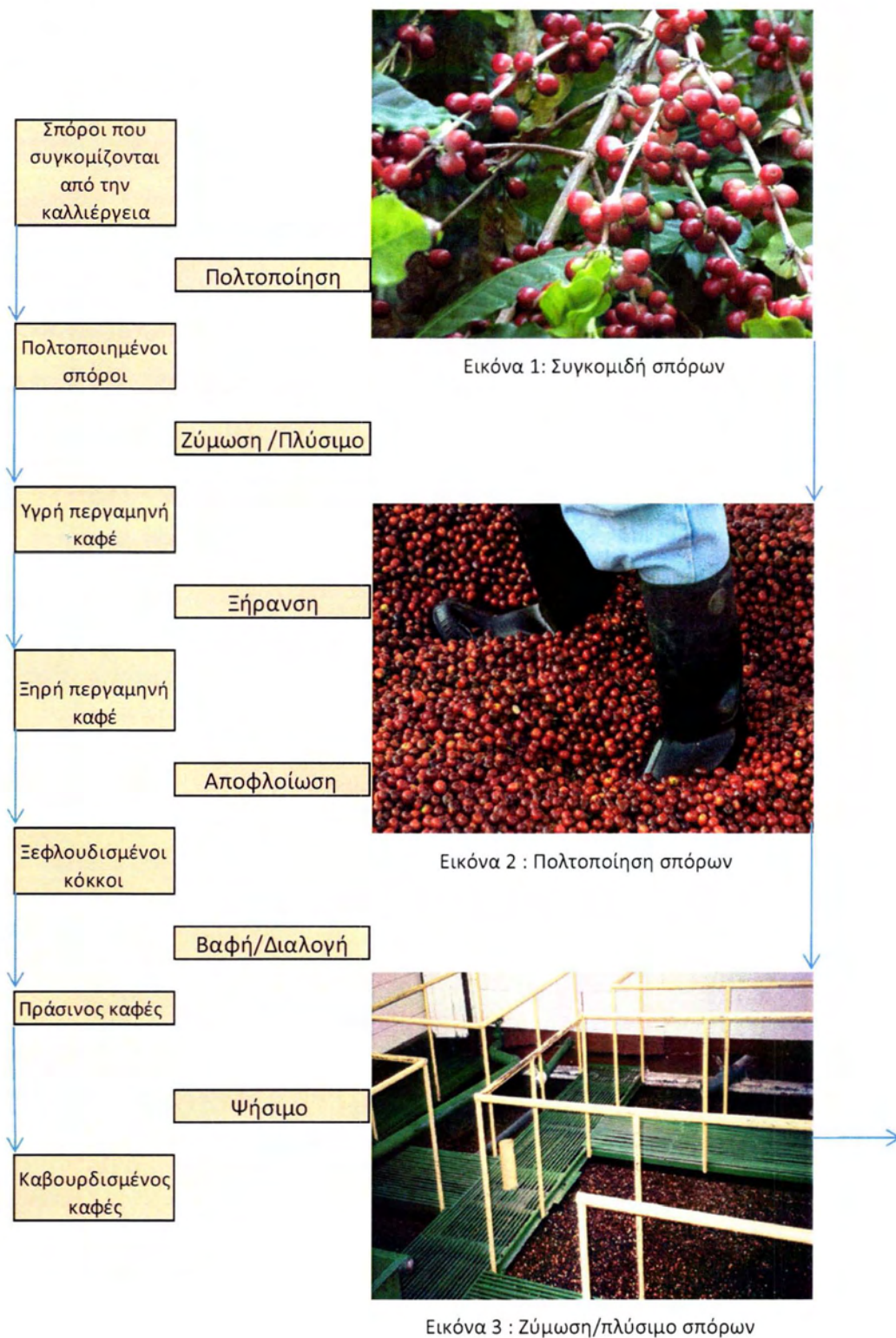
$WF_{\text{διαδ}}$  = Το υδατικό αποτύπωμα του βήματος της παραγωγικής διαδικασίας κατά τη διάρκεια της οποίας γίνεται η μετατροπή των “ $y$ ” εισαγόμενων προϊόντων σε “ $z$ ” εξαγόμενα προϊόντα και εκφράζεται ως όγκος νερού ανά μονάδα προϊόντος,

$fp(p,i)$  = Η αναλογία προϊόντος (product fraction)

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :**

“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”

Τα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας του καφέ που λαμβάνουν χώρα κατά την υγρή μέθοδο μέχρι να λάβουμε το τελικό προϊόν για κατανάλωση, φαίνονται στο παρακάτω διάγραμμα ροής:



**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :**

**“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”**



Εικόνα 4 : Ξήρανση σπόρων



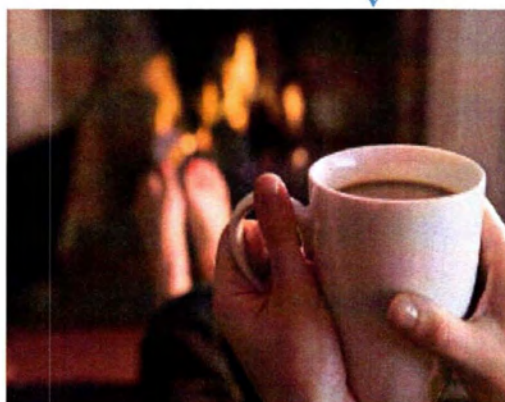
Εικόνα 5 : Αποφλοιώση σπόρων



Εικόνα 6 : Ψήσιμο σπόρων



Εικόνα 7 : Τελική μορφή καβουρδισμένου Καφέ



Εικόνα 8 : Τελική μορφή για κατανάλωση

## **ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :**

“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”

Η παρουσίαση του διαγράμματος ροής της παραγωγικής διαδικασίας του καφέ, παρέχει την δυνατότητα κατασκευής του διαγράμματος ροής όσον αφορά το εικονικό νερό το οποίο εμπεριέχεται σε κάθε στάδιο της προαναφερθείσας διαδικασίας. Στο τέλος του παρόντος κεφαλαίου παρουσιάζεται πίνακας όπου δείχνει βήμα προς βήμα τον τρόπο με τον οποίο υπολογίζεται το εικονικό νερό που εμπεριέχεται σε κάθε προϊόν το οποίο εξάγεται από την εκάστοτε διαδικασία κάθε φορά. Φυσικά, στους υπολογισμούς αυτούς συμπεριλαμβάνεται κάθε φορά και η ποσότητα του νερού η οποία μπορεί να χρησιμοποιήθηκε σε κάποιο παραγωγικό στάδιο σε περίπτωση που απαιτούνταν.

Η παρουσίαση του διαγράμματος ροής των παραγωγικών σταδίων της διαδικασίας του καφέ, από το οποίο παρουσιάζεται και η διαδικασία υπολογισμού του υδατικού αποτυπώματος κάθε διαδικασίας, οδηγεί στον υπολογισμό της συνολικής ποσότητας νερού η οποία καταναλώθηκε μέχρι τη στιγμή την οποία λάβαμε την τελική μορφή του καβουρδισμένου καφέ. Για την καλύτερη κατανόηση της μεθοδολογίας αυτής, θα γίνει μια σύντομη παρουσίαση με την βοήθεια κάποιων αριθμητικών δεδομένων.

Πιο συγκεκριμένα, λαμβάνοντας στοιχεία από μια σχετική έρευνα, η οποία πραγματοποιήθηκε από τους A.K Charagain και A.Y Hoekstra θα υπολογιστεί η συνολική ποσότητα νερού η οποία εμπεριέχεται σε κάθε παραγωγικό στάδιο με τελικό αποτέλεσμα τον υπολογισμό του συνολικού υδατικού αποτυπώματος του καφέ.

Το παράδειγμα αυτό αναφέρεται σε μία από της χώρες του κόσμου η οποία ειδικεύεται στην παραγωγή καφέ μέσω της υγρής μεθόδου. Η χώρα στην οποία γίνεται αναφορά είναι η Βραζιλία. Πιο συγκεκριμένα, οι παρακάτω πληροφορίες λήφθηκαν ως δεδομένα για την επίλυση του συγκεκριμένου προβλήματος.

### **Απαίτηση σε νερό της καλλιέργειας**

Η απαίτηση σε νερό της καλλιέργειας του καφέ, συνολικά, στη συγκεκριμένη χώρα από την στιγμή της σποράς μέχρι τη στιγμή τη συγκομιδή είναι 1277 mm. Ο αριθμός αυτός υπολογίζεται πολύ εύκολα με τη βοήθεια του CROPWAT.

### **Απόδοση καλλιέργειας καφέ**

Δεδομένα σχετικά με την παραγωγή καφέ ανά μονάδα εδάφους (σε τόνους ανά εκτάριο) έχουν ληφθεί από την βάση δεδομένων του FAOSTAT.

### **Παραγωγικοί Παράγοντες**

Από την αρχική μορφή των σπορίων τα οποία συγκομίζονται από την καλλιέργεια μέχρι αυτά να μετατραπούν σε πράσινο καφέ το βάρος τους μειώνεται κατά 16% σε σχέση με το αρχικό βάρος, εξαιτίας της διαδικασίας πολτοποίησης, ζύμωσης και μείωσης της περιεκτικότητας σε υγρασία (GTZ,2002α). Η μείωση του βάρους παρουσιάζεται σε βήματα. Στην υγρή μέθοδο, μόνο το 44% των σπορίων που συγκομίζονται παραμένει μετά την πολτοποίηση (Bressani, 2003), το 90% των αποφλοιωμένων σπόρων παραμένει μετά την

## **ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :**

“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”

ζύμωση και το πλύσιμο (Bressani, 2003), το 51% της υγρής περγαμηνής καφέ παραμένει μετά την ξήρανση (GTZ, 2002c) και το 80% της ξηρής περγαμηνής καφέ παραμένει μετά το ξεφλούδισμα, την βαφή και την διαλογή (GTZ, 2002a). Από την μορφή του πράσινου καφέ για να φτάσουμε στην μορφή του καβουρδισμένου καφέ υπάρχει ακόμα μια μείωση του βάρους, εξαιτίας της μείωσης σε περιεκτικότητα νερού. Η εναπομένουσα αναλογία μετά το ψήσιμο εκτιμάται περίπου 84% της αρχικής ποσότητας πράσινου καφέ (GTZ, 2003).

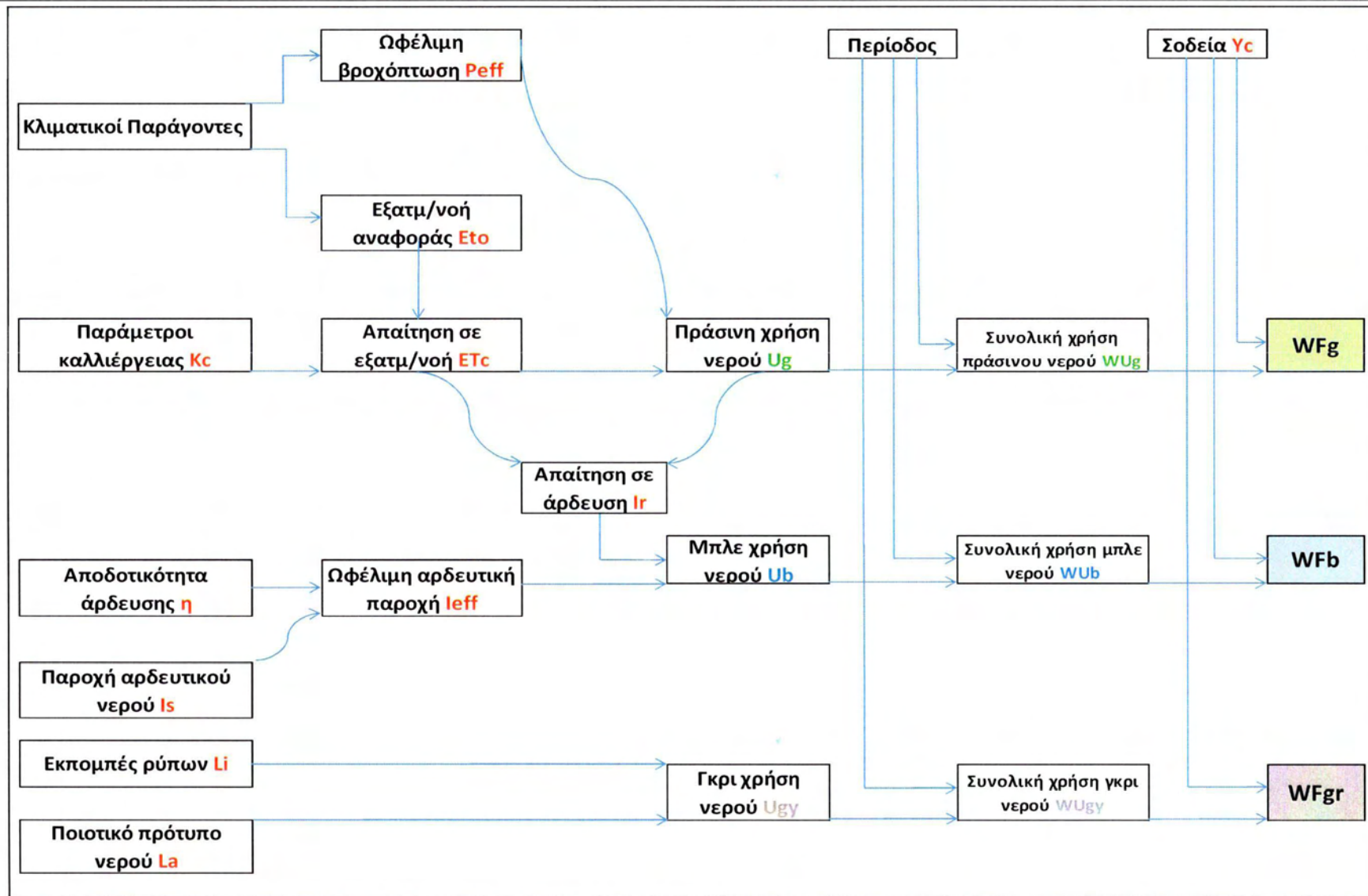
### **Απαιτήσεις νερού κατά την υγρή παραγωγική μέθοδο του καφέ**

Η υγρή παραγωγική μέθοδος του καφέ απαιτεί συγκεκριμένες ποσότητες νερού σε κάποια συγκεκριμένα στάδια. Πιο συγκεκριμένα, η διαδικασία της πολτοποίησης καθώς και της ζύμωσης και του πλυσίματος προϋποθέτουν τη χρήση νερού. Η συνολική ποσότητα νερού η οποία απαιτείται κυμαίνεται μεταξύ 1 και 15m<sup>3</sup> ανά τόνο σπόρων καφέ (GTZ, 2002b). Στα πλαίσια της παρούσας μελέτης, λαμβάνεται ως δεδομένο ότι 7,5m<sup>3</sup> νερού ανά τόνο σπόρων απαιτούνται για την διαδικασία της πολτοποίησης, και 5m<sup>3</sup> νερού ανά τόνο πολτοποιημένων σπόρων απαιτούνται κατά την διαδικασία της ζύμωσης και του πλυσίματος (The Roast and Post Coffee Company, 2003).

Η μεθοδολογία που αναπτύχθηκε παραπάνω τόσο σχετικά με την καλλιέργεια όσο και σχετικά με την μετέπειτα επεξεργασία του καφέ παρουσιάζεται και με την μορφή διαγραμμάτων ροής στις επόμενες σελίδες.

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :**

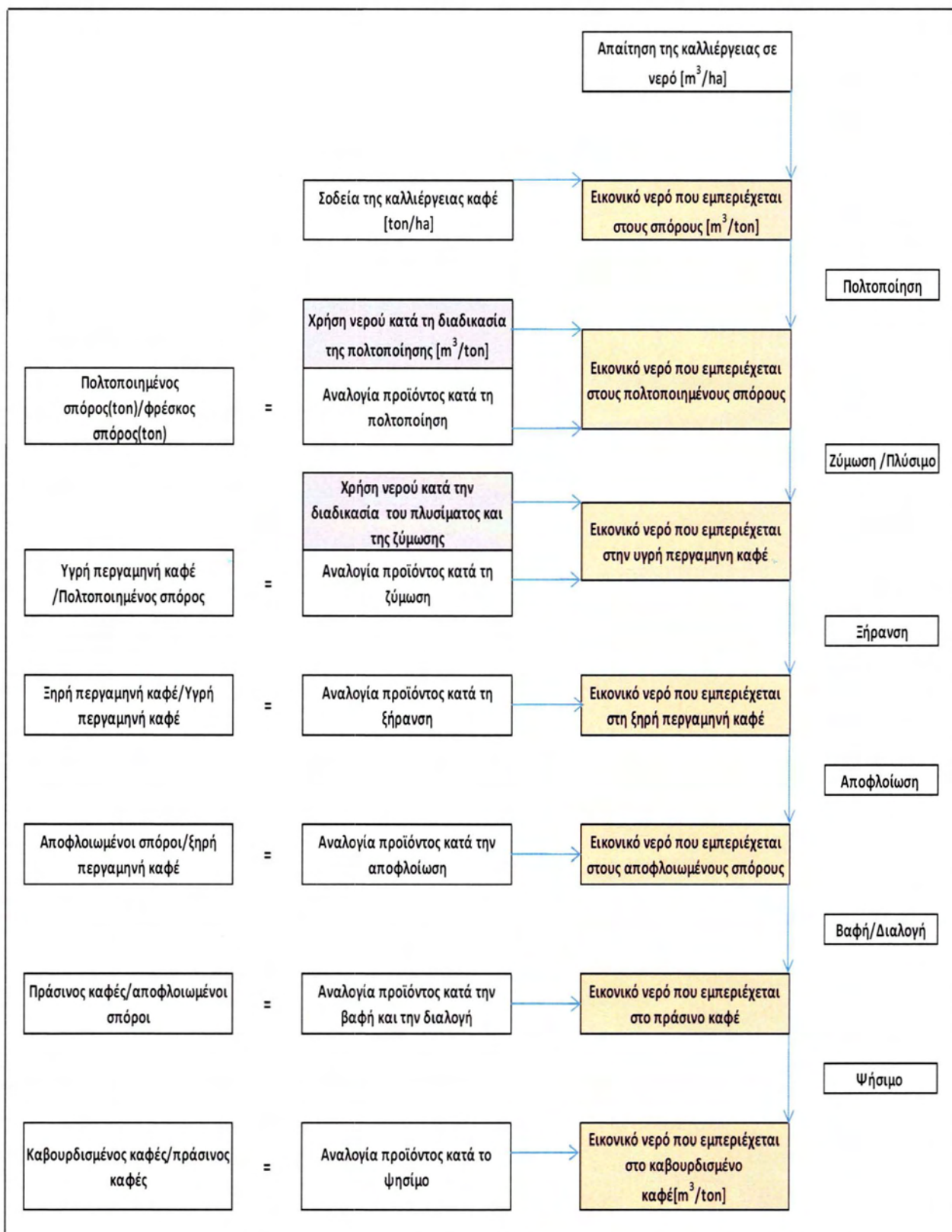
“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”



Σχήμα 4.1: Υπολογισμός του πράσινου,μπλε,γκρι υδατικού αποτυπώματος μιας καλλιέργειας

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :**

“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”

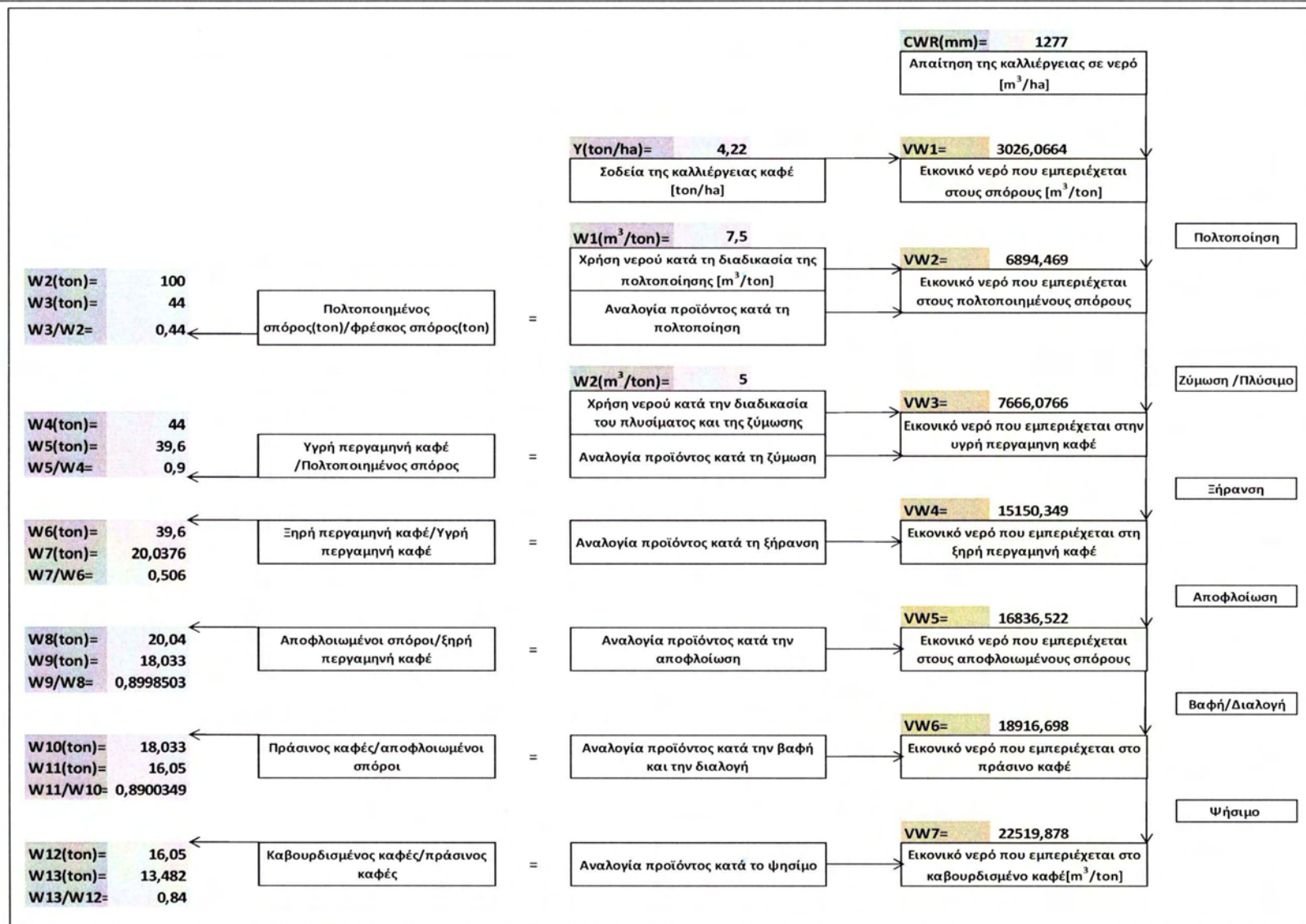


Σχήμα 4.2 Βήματα για την διαδικασία υπολογισμού του εικονικού νερού του καβουρδισμένου καφέ



**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :**

“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”



Σχήμα 4.3: Ακριβής αριθμητικός υπολογισμός του εικονικού νερού του καβουρδισμένου καφέ

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΟΥ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΟΣ ΕΝΟΣ ΠΡΟΙΟΝΤΟΣ ΣΕ ΣΕ ΕΝΑ ΔΙΚΤΥΟ ΥΔΡΕΥΣΗΣ

---

#### 5.1 Εικονικό νερό σε επίπεδο κοινότητας

Μια σημαντική μερίδα επιστημόνων, καθώς και ανθρώπων που έχουν ασχοληθεί σε μεγάλο βαθμό με την διαχείριση των υδατικών πόρων, ισχυρίζονται ότι είναι ιδιαίτερα σημαντικό ο κάθε άνθρωπος να γνωρίζει πληροφορίες και στοιχεία σχετικά με το τοπικό νερό που καταναλώνει από την βρύση του σπιτιού του. Οι πληροφορίες αυτές σχετίζονται με τον τρόπο που γίνεται η διαχείριση του νερού, η παράδοση στους καταναλωτές και φυσικά να έχουν μια αίσθηση του κόστους όλων αυτών των διαδικασιών. Με τον όρο «κόστος» δεν υπονοείται το χρηματικό κόστος αλλά τα κόστη που σχετίζονται με το περιβάλλον καθώς και την ανθρώπινη υγεία.

Οι πληροφορίες που θα παρουσιαστούν στο κεφάλαιο αυτό θα αποτελέσουν έναν οδηγό για την έρευνα και την ανάλυση του νερού μιας κοινότητας ανθρώπων.

Το υδατικό αποτύπωμα είναι ένας τρόπος μέτρησης της συνολικής ποσότητας του γλυκού νερού που χρησιμοποιείται σε μια διαδικασία, από ένα άτομο, μία ομάδα ατόμων ή διαδικασιών, όπως μια επιχείρηση, κοινότητα ή ολόκληρη τη χώρα. Αν ζητηθεί από ένα άτομο να υπολογίσει το προσωπικό υδατικό αποτύπωμα του, η πρώτη κίνηση που θα κάνει είναι να προσθέσει τη ποσότητα του νερού που χρησιμοποιεί σε διαδικασίες όπως το λούσιμο, το μαγείρεμα, το πλύσιμο του αυτοκινήτου, το πότισμα του κήπου, το πλύσιμο των χεριών και το νερό που χρησιμοποιεί στη τουαλέτα. Όλα τα παραπάνω, είναι παράγοντες ιδιαίτερα σημαντικοί οι οποίοι φυσικά και θα ληφθούν υπόψη στον υπολογισμό του υδατικού αποτυπώματος ενός ατόμου, όμως υπάρχουν πολλά περισσότερα δεδομένα που πρέπει να συνυπολογιστούν. Για παράδειγμα, πρέπει να ληφθεί υπόψη η ποσότητα του νερού η οποία χρησιμοποιείται στην παραγωγή όλων των αγαθών που το άτομο αυτό καταναλώνει.

Ως αυτό το σημείο έχουν αναφερθεί πολλά παραδείγματα σχετικά με το υδατικό αποτύπωμα ενός προϊόντος και πως αυτό υπολογίζεται στα διάφορα στάδια της παραγωγικής του διαδικασίας. Για παράδειγμα, ένα μήλο έχει ίχνος νερού 70 λίτρα. Επίσης 2 λίτρα σόδας έχουν ίχνος νερού 370 λίτρα. Στη περίπτωση της σόδας ακούγεται ιδιαίτερα υπερβολική η ποσότητα του νερού που απαιτείται για το τελικό προϊόν, όμως πρέπει να γίνει κατανοητό ότι υπάρχει ένα πλήθος διαδικασιών κατά την παραγωγική διαδικασία της σόδας στις οποίες καταναλώνονται μεγάλες ποσότητες νερού.

### ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :

“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”

Στη συγκεκριμένη ενότητα το ζητούμενο το οποίο απαιτεί απάντηση εστιάζεται στο εξής σημείο: Ποιο είναι το αποτύπωμα νερού 1 λίτρου νερού της βρύσης; Αποτελεί μια παράξενη ερώτηση μιας και λογικό είναι το υδατικό αποτύπωμα ενός λίτρου νερού να είναι ένα λίτρο, όμως πρέπει να ληφθούν υπόψη δύο σημαντικοί παράγοντες. Ο πρώτος είναι ότι ο ορισμός του αποτυπώματος νερού αναφέρεται στη ποσότητα του γλυκού νερού που απαιτείται για την παραγωγή ενός προϊόντος. Αυτό σημαίνει ότι πρέπει να δοθεί προσοχή σε όλο το σύνολο της διαδικασίας, από τη στιγμή που το νερό έχει ληφθεί από το ποτάμι, τη λίμνη ή από άλλη πηγή γλυκού ή υφάλμυρου νερού. Ο δεύτερος παράγοντας ο οποίος πρέπει να λαμβάνεται υπόψη είναι ότι η ποσότητα του νερού που καταλήγει σε κάποια βρύση για κατανάλωση, περνά μέσα από μία εγκατάσταση επεξεργασίας και διανομής πιο πριν, και υπάρχουν πολλά σημεία όπου το νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί με διάφορους τρόπους. Δυστυχώς, δεν μπορεί να εξεταστεί το υδατικό αποτύπωμα του νερού της βρύσης με τον τρόπο που έγινε με τα μήλα και τη σόδα. Για τα προϊόντα αυτά υπάρχουν πληροφορίες και τρόποι υπολογισμού των υδάτινων αποτυπωμάτων τους, σε αντίθεση με το υδατικό αποτύπωμα του νερού της βρύσης όπου λίγες πληροφορίες είναι διαθέσιμες. Η δυσκολία στη περίπτωση του συγκεκριμένου παραδείγματος έγκειται στο γεγονός ότι το αποτύπωμα του νερού της βρύσης θα είναι πολύ διαφορετικό σε διαφορετικές θέσεις. Για παράδειγμα, μερικές περιοχές έχουν πολύ καλές πηγές νερού και μπορεί να χρησιμοποιούν πιο απλές διαδικασίες και λιγότερες χημικές ουσίες για το καθαρισμό του (ιδιαίτερα μικρό αποτύπωμα), ενώ την ίδια στιγμή έχουν πολύ κακής ποιότητας πηγές νερού και πιθανότατα να απαιτούνται μεγαλύτερες ποσότητες χημικών ουσιών και πιο εντατικές διεργασίες για το καθαρισμό του (ιδιαίτερα μεγάλο αποτύπωμα).

Ο μόνος τρόπος για να βρεθεί το αποτύπωμα νερού της ποσότητας του νερού που έρχεται στη βρύση του σπιτιού μας είναι να γίνει μια αποτελεσματική έρευνα σε όλα τα βήματα και σε όλες τις διαδικασίες που λαμβάνουν μέρος από τη στιγμή που το νερό θα ξεκινήσει από τη πηγή μέχρι να φτάσει στη βρύση για κατανάλωση. Εκτός όμως από την ανάλυση όλων των διαδικασιών που περιλαμβάνονται κατά την ροή του νερού από τη πηγή μέχρι το τελικό προορισμό του, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη διάφορα εργαλεία που χρησιμοποιούνται κατά την μεταφορά αυτή, μηχανήματα, αντλίες και αγωγοί.

Πιο συγκεκριμένα, ως εκφραστούν με μορφή ερωτήσεων οι πληροφορίες οι οποίες πρέπει να εντοπιστούν σχετικά με το συγκεκριμένο πρόβλημα.

-Τι ποσότητα γλυκού νερού εισέρχεται στην εγκατάσταση επεξεργασίας πόσιμου νερού;

-Τι ποσότητα επεξεργασμένου νερού έχει μπει στο σύστημα διανομής;

Οι τιμές αυτές πρέπει να δίνονται σε μονάδες όγκου/χρόνο. Ο όγκος του νερού θα πρέπει να μετράται σε κυβικά μέτρα ή λίτρα και ο χρόνος πρέπει να μετράται σε ημέρες

## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :

“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”

δευτερόλεπτα, ή εβδομάδες. Η μέτρηση του χρόνου σε μήνες δεν είναι τόσο χρήσιμη, διότι το μήκος του ενός μήνα είναι μεταβλητό.

Η διαφορά μεταξύ αυτών των δύο τιμών μπορεί να αποκαλύψει πόσο νερό χρησιμοποιείται από την εγκατάσταση κατά τη διάρκεια της διαδικασίας επεξεργασίας για λειτουργίες, όπως τον καθαρισμό και τη συντήρηση των φίλτρων και πόσο νερό χάνεται στην εξάτμιση.

### -Τι είδη χημικών ουσιών χρησιμοποιούνται και σε τι ποσότητες;

Οι συνηθισμένοι τύποι χημικών που χρησιμοποιούνται στην επεξεργασία του νερού περιλαμβάνουν πηκτικά, απολυμαντικά, οξειδωτικά και άλλα πολλά. Αυτές οι πληροφορίες θα πρέπει να εκφράζονται σε μονάδες όγκου/χρόνο, όπως το ακατέργαστο και το επεξεργασμένο νερό. Όπως και για κάθε άλλο προϊόν, λίγο νερό χρησιμοποιείται κατά την παρασκευή αυτών των χημικών ουσιών. Η ποσότητα του γλυκού νερού που μολύνεται από την διαδικασία κατασκευής των υποπροϊόντων αυτών μπορούν επίσης να ληφθούν υπόψη. Για τον υπολογισμό του υδατικού αποτυπώματος των χημικών ουσιών που χρησιμοποιούνται κατά την διαδικασία επεξεργασίας του νερού θα χρησιμοποιήσουμε την πολύ συντηρητική μετατροπή των εκατό λίτρων νερού για κάθε λίτρο χημικών ουσιών που χρησιμοποιούνται.

### -Ποια είναι η συνολική μετρημένη χρήση νερού της περιοχής που εξυπηρετείται από την παρούσα εγκατάσταση επεξεργασίας νερού;

### -Ποια είναι η μη-μετρημένη χρήση νερού της περιοχής από λειτουργίες, όπως οι πυροσβεστικοί κρούνοι;

Πρέπει να τονιστεί ότι νερό χάνετε μέσα στο σύστημα διανομής, μέσω μικρών ή μεγάλων διαρροών και συχνά αποτελεί το πιο σημαντικό μέρος του υδατικού αποτυπώματος του νερού της βρύσης. Η ποσότητα του νερού που χάνεται στο σύστημα διανομής είναι ίση με την ποσότητα του επεξεργασμένου νερού το οποίο εισήχθη στο δίκτυο μείον την ποσότητα του νερού που λήφθηκε από αυτό. Πιο συγκεκριμένα, η μη-μετρημένη χρήση νερού αναφέρεται στη ποσότητα του νερού που δεν χάνεται σε διαρροές, αλλά δεν καταμετράται με έναν μετρητή, είτε, όπως το νερό που λαμβάνεται από πυροσβεστικούς κρουνοί. Ακριβώς όπως και οι άλλες τιμές, αυτές πρέπει να είναι σε μονάδες όγκου/χρόνου.

### -Τι έλεγχοι της ποιότητας του νερού γίνονται στο τοπικό νερό και πόσο συχνά;

### -Ποια είναι τα αποτελέσματα των δοκιμών αυτών;

### -Ποιο είναι το μέγεθος του πληθυσμού που εξυπηρετείται από την εγκατάσταση επεξεργασίας του πόσιμου νερού;

## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :

“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”

Αυτό θα χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό των κατά κεφαλήν αποτύπωμα νερό στην συγκεκριμένη κοινότητα.

### **5.2 Υπολογισμός του Υδατικού Αποτυπώματος του τοπικού πόσιμου νερού**

Οι πληροφορίες που συγκεντρώθηκαν μέσω της έρευνας που αναφέρθηκε παραπάνω μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον υπολογισμό του αποτυπώματος νερού του τοπικού πόσιμου νερού. Καθ' όλη αυτή τη σειρά των υπολογισμών θα πρέπει να γίνεται αναφορά για τα ίχνη του νερού και των δύο διαδικασιών και των προϊόντων. Για παράδειγμα, θα υπολογιστεί το υδατικό αποτύπωμα, τόσο της διαδικασίας επεξεργασίας του νερού όσο και του ίδιου του επεξεργασμένου νερού. Η διαφορά των δύο παραπάνω είναι ότι το υδατικό αποτύπωμα της διαδικασίας είναι η μέση ποσότητα του γλυκού νερού που χρησιμοποιεί ανά δευτερόλεπτο και το υδατικό αποτύπωμα του προϊόντος είναι η μέση ποσότητα του γλυκού νερού η οποία χρησιμοποιείται για την παραγωγή του προϊόντος.

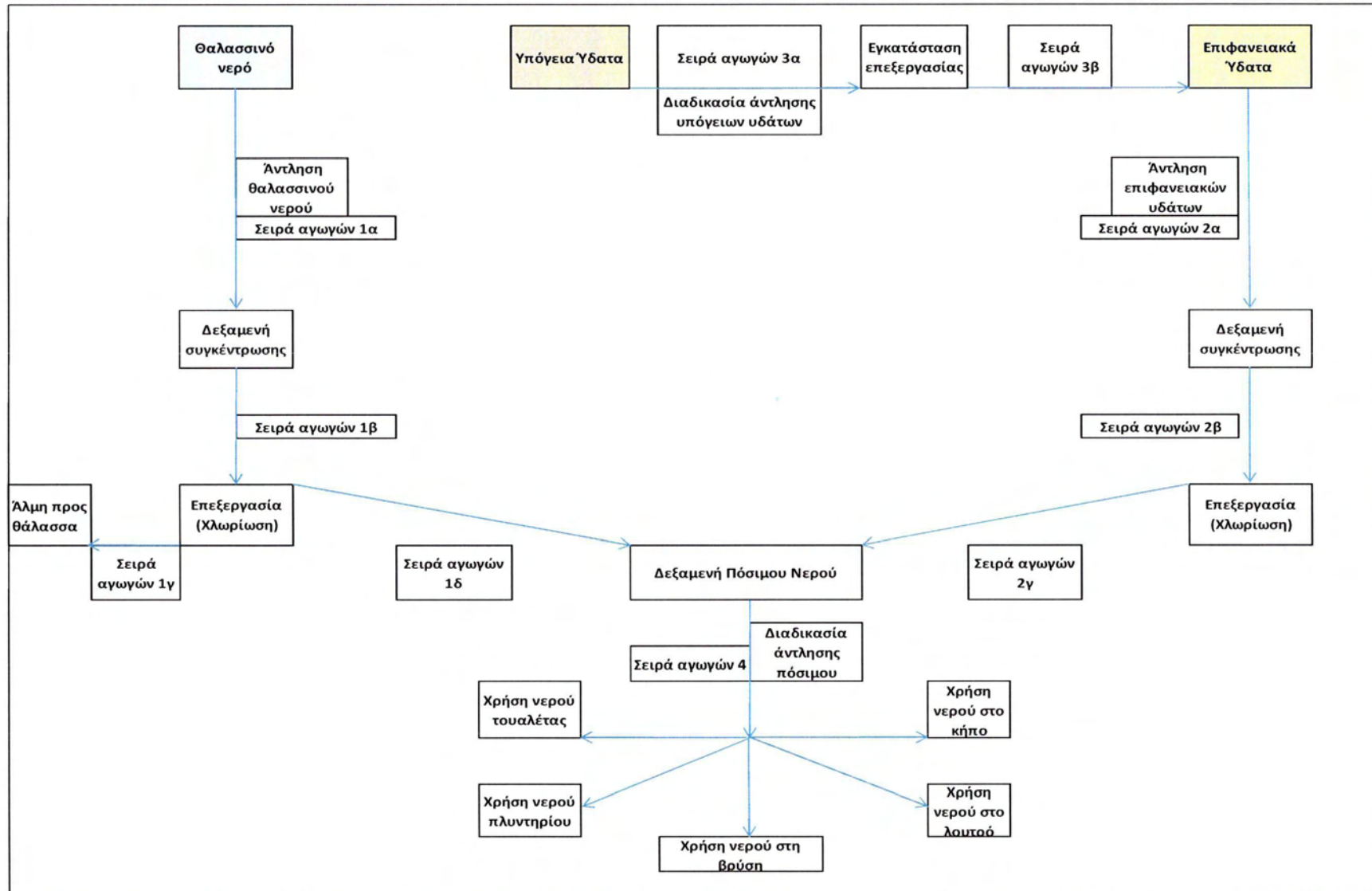
Παρακάτω θα γίνει η παρουσίαση, βήμα προς βήμα, του υπολογισμού του υδατικού αποτυπώματος. Μέτα από κάθε στάδιο της περιγραφής θα γίνεται η παρουσίαση δύο παραδειγμάτων. Πρωταρχικό ζήτημα που πρέπει να αποσαφηνιστεί είναι η πηγή από την οποία προέρχεται το νερό που λαμβάνεται για κατανάλωση. Πιο συγκεκριμένα, το νερό που φτάνει στην βρύση μιας κατοικίας και χρησιμοποιείται για την ικανοποίηση των αναγκών των ανθρώπων μπορεί να προέρχεται από τρεις κυρίως πηγές, που είναι:

- Η θάλασσα, υφάλμυρο δηλαδή νερό το οποίο πρέπει να περάσει από μια διαδικασία επεξεργασίας αρκετών και διαφορετικών σταδίων μέχρι να φτάσει στη τελική μορφή με την κατάλληλη ποιότητα, που θα το καταστήσει κατάλληλο για διανομή και κατανάλωση.
- Υπόγεια Ύδατα, δηλαδή νερό το οποίο δεν είναι άμεσα διαθέσιμο, βρίσκεται κάτω από την επιφάνεια της γης και το οποίο πρέπει και αυτό με τη σειρά του να περάσει από μια σειρά διαδικασιών για την επεξεργασία του μέχρι να φτάσει στη μορφή, η οποία το καθιστά κατάλληλο για την προώθηση του σε κάποιο επιφανειακό φορέα.
- Επιφανειακά Ύδατα, δηλαδή νερό το οποίο βρίσκεται σε ρυάκια, ποτάμια, λίμνες. Η ανάκτηση του είναι ιδιαίτερα εύκολη και τα στάδια επεξεργασίας τα οποία θα περάσει είναι τα λιγότερα και πιο σύντομα σε σχέση με την διαδικασία την οποία υφίσταται το νερό των δυο παραπάνω κατηγοριών μέχρι να φτάσει στη τελική αποδεκτή ποιότητα.

Έστω, λαμβάνεται ως δεδομένο ότι η πηγή από την οποία λαμβάνουμε το νερό μας είναι ένας επιφανειακός φορέας. Αρχικά, γίνεται ανάκτηση μιας **ποσότητας νερού (A)** από τον φορέα αυτό, για παράδειγμα ένα ποτάμι και στη συνέχεια η προώθηση του νερού αυτού σε μια αρχική δεξαμενή συγκέντρωσης.

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :**

“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”



Σχήμα 5.1: Διαδρομή που ακολουθεί το νερό από την πηγή μέχρι τον τελικό προορισμό του

### ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :

“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”

Γενικά, η ποσότητα του νερού (A) η οποία ανακτάται από το ποτάμι θα είναι σε μονάδες [ποσότητα γλυκού νερού/ώρα]. Όπως αναφέρθηκε ο όγκος πρέπει να εκφράζεται σε λίτρα ή κυβικά μέτρα και ο χρόνος θα πρέπει να είναι σε βδομάδες, ημέρες ή δευτερόλεπτα. Ανεξάρτητα από τη θα δίνεται, θα γίνεται η μετατροπή του σε λίτρα ανά δευτερόλεπτο.

Παράδειγμα 1 (Μέρος 1 <sup>ο</sup> )	Παράδειγμα 2 (Μέρος 1 <sup>ο</sup> )
Ποσότητα γλυκού νερού (A) που ανακτάται από τον επιφανειακό φορέα =0,12 κυβικά μέτρα/δευτερόλεπτο	Ποσότητα γλυκού νερού (A) που ανακτάται από τον επιφανειακό φορέα =12000000 λίτρα/βδομάδα
$\frac{0,12\text{m}^3}{1\text{s}} * \frac{1000\text{L}}{1\text{m}^3} = 120\text{L/sec}$	$\frac{15000000}{1\text{week}} * \frac{1\text{week}}{7\text{days}} * \frac{1\text{day}}{24\text{hours}} * \frac{1\text{hour}}{3600\text{s}} = 19,8\text{L/sec}$
Ποσότητα γλυκού νερού (B) που φτάνει στη δεξαμενή=110 L/sec	Ποσότητα γλυκού νερού (B) που φτάνει στη δεξαμενή=17.8 L/sec
Απώλειες στη σειρά αγωγών 2α= 120L/sec-110 L/sec=10 L/sec	Απώλειες στη σειρά αγωγών 2α= <b>19,8L/sec</b> -17.8 L/sec =2 L/sec

### ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:

- 1.Χρησιμοποιούνται αντλίες πίεσης (i) για την ανάκτηση αυτής της ποσότητας νερού (A)
- 2.Η μεταφορά προς τη δεξαμενή της ποσότητας αυτής γίνεται με μια σειρά αγωγών (2α).
- 3.Η διαφορά της τιμής B από την A δίνει τις απώλειες σε αυτή τη σειρά αγωγών 2α και στη διαδικασία της άντλησης.

Η ποσότητα γλυκού νερού (B) η οποία έχει φτάσει στην δεξαμενή, από εκεί με μια σειρά αγωγών 2β θα προχωρήσει προς μια εγκατάσταση επεξεργασίας νερού και μετά από την επεξεργασία που θα υποστεί με μια σειρά αγωγών 2γ θα μεταφερθεί σε μια δεξαμενή πόσιμου νερού. Έστω ποσότητα (Γ) η οποία εισέρχεται στην εγκατάσταση αυτή και (Δ) η ποσότητα του νερού που φτάνει στη δεξαμενή πόσιμου νερού.

Παράδειγμα 1 (Μέρος 2 <sup>ο</sup> )	Παράδειγμα 2 (Μέρος 2 <sup>ο</sup> )
Ποσότητα γλυκού νερού (Γ) που εισέρχεται στην εγκατάσταση =100 L/sec	Ποσότητα γλυκού νερού (Γ) που εισέρχεται στην εγκατάσταση = <b>16.53L/sec</b>
Απώλειες στη σειρά αγωγών 2β= 110L/sec-100 L/sec=10 L/sec	Απώλειες στη σειρά αγωγών 2β= 17,8L/sec-16,53 L/sec=1,27 L/sec
Ποσότητα επεξεργασμένου νερού (Δ) που εισέρχεται στη δεξαμενή πόσιμου νερού =96 L/sec	Ποσότητα επεξεργασμένου νερού (Δ) που εισέρχεται στη δεξαμενή πόσιμου νερού =15,5 L/sec

## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :

“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”

### **ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:**

1. Η μεταφορά της ποσότητας νερού προς την εγκατάσταση επεξεργασίας γίνεται με μια σειρά αγωγών 2β.
2. Η μεταφορά της ποσότητας του επεξεργασμένου νερού προς την δεξαμενή πόσιμου νερού γίνεται με μια σειρά αγωγών 2γ.
3. Η διαφορά της τιμής του επεξεργασμένου νερού Δ που εισέρχεται στην δεξαμενή πόσιμου νερού από την τιμή Γ του γλυκού νερού που εισέρχεται στην εγκατάσταση επεξεργασίας μας δίνει την ποσότητα του νερού που χρησιμοποιείται ανά δευτερόλεπτο κατά την διάρκεια της διαδικασίας επεξεργασίας καθώς και πιθανές απώλειες της σειράς αγωγών 2γ.

Σε ορισμένες περιπτώσεις το νερό αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί και να επιστραφεί στην πηγή από την οποία προήλθε σχετικά αμετάβλητο, αλλά σε άλλες περιπτώσεις το νερό που χρησιμοποιείται πρέπει να αντιμετωπίζεται ως απόβλητο. Αν πρέπει το νερό αυτό να αντιμετωπίζεται ως απόβλητο τότε η πραγματική ποσότητα του νερού που χρησιμοποιείται διπλασιάζεται λόγω του νερού που απαιτείται για την πρόσθετη αυτή διαδικασία.

Παράδειγμα 1 (Μέρος 3 <sup>ο</sup> )	Παράδειγμα 2 (Μέρος 3 <sup>ο</sup> )
Η ποσότητα του νερού που χρησιμοποιείται κατά την διάρκεια της επεξεργασίας	Η ποσότητα του νερού που χρησιμοποιείται κατά την διάρκεια της επεξεργασίας
$100 \text{ L/sec} - 96 \text{ L/sec} = 4 \frac{\text{L γλυκού νερού}}{\text{sec}}$	$16.53 \text{ L/sec} - 15.5 \text{ L/sec} = 1.03 \frac{\text{L γλυκού νερού}}{\text{sec}}$
Δεν απαιτείται επεξεργασία λυμάτων	Απαιτείται επεξεργασία λυμάτων $1,03 \text{ L/sec} * 2 = 2,06 \frac{\text{L γλυκού νερού}}{\text{sec}}$

Η επόμενη συνιστώσα του υδατικού αποτυπώματος η οποία λαμβάνεται υπόψη προέρχεται από τις χημικές ουσίες που χρησιμοποιούνται. Λαμβάνεται ως δεδομένο η ποσότητα των χημικών ουσιών που χρησιμοποιούνται σε μονάδες όγκου/ώρα, και στη συνέχεια μετατρέπονται σε λίτρα/δευτερόλεπτα. Οι ποσότητες αυτές μπορούν να αθροιστούν με σκοπό να βρεθεί ο συνολικός όγκος των χημικών τα οποία χρησιμοποιούνται ανά δευτερόλεπτο κατά την επεξεργασία. Στη συνέχεια, ο συντελεστής μετατροπής των 100 λίτρων γλυκού νερού ανά 1 λίτρο χημικών ουσιών θα χρησιμοποιηθεί έτσι ώστε να βρεθεί το υδατικό αποτύπωμα των χημικών ουσιών που χρησιμοποιούνται.

Παράδειγμα 1 (Μέρος 4 <sup>ο</sup> )	Παράδειγμα 2 (Μέρος 4 <sup>ο</sup> )
Συνολική χρήση χημ. ουσιών=0,0074 L/sec	Συνολική χρήση χημ. ουσιών=0,0008 L/sec
Υδατικό αποτύπωμα των χημικών ουσιών που χρησιμοποιούνται	Υδατικό αποτύπωμα των χημικών ουσιών που χρησιμοποιούνται
$0,0074 \frac{\text{Lχημ.ουσιών}}{\text{1s}} * 100 \frac{\text{Lγλυκού νερού}}{\text{1Lχημ.ουσιών}} = 0,74 \frac{\text{L γλυκού νερού}}{\text{sec}}$	$0,0008 \frac{\text{Lχημ.ουσιών}}{\text{1s}} * 100 \frac{\text{Lγλυκού νερού}}{\text{1Lχημ.ουσιών}} = 0,08 \frac{\text{L γλυκού νερού}}{\text{sec}}$



**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :**

“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”

Οπότε προκύπτει ότι:

Υδατικό αποτύπωμα της διαδικασίας επεξεργασίας του νερού

=

υδατικό αποτύπωμα χημικών ουσιών που χρησιμοποιούνται

+

Ποσότητα νερού που χρησιμοποιείται κατά την διάρκεια της επεξεργασίας

Ο παραπάνω υπολογισμός μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να υπολογιστεί η ποσότητα του γλυκού νερού που χρησιμοποιείται ανά λίτρο επεξεργασμένου νερού, διαιρώντας το με την ποσότητα του επεξεργασμένου νερού που εισέρχεται στη δεξαμενή πόσιμου νερού ανά δευτερόλεπτο.

Παράδειγμα 1 (Μέρος 5 <sup>ο</sup> )	Παράδειγμα 2 (Μέρος 5 <sup>ο</sup> )
Υδατικό αποτύπωμα της διαδικασίας επεξεργασίας	Υδατικό αποτύπωμα της διαδικασίας επεξεργασίας
$4 \text{ L/sec} + 0,74 \text{ L/sec} = 4,74 \frac{\text{L γλυκού νερού}}{\text{sec}}$	$2,06 \text{ L/sec} + 0,08 \text{ L/sec} = 2,14 \frac{\text{L γλυκού νερού}}{\text{sec}}$
Ποσότητα γλυκού νερού που χρησιμοποιείται ανά λίτρο επεξεργασμένου νερού που παράγεται	Ποσότητα γλυκού νερού που χρησιμοποιείται ανά λίτρο επεξεργασμένου νερού που παράγεται
$\frac{4,74 \frac{\text{L γλυκού νερού}}{\text{sec}}}{\text{L επεξ. νερού}} = 0,05 \frac{\text{L γλυκού νερού}}{\text{L επεξ. νερού}}$	$\frac{2,14 \frac{\text{L γλυκού νερού}}{\text{sec}}}{\text{L επεξ. νερού}} = 0,14 \frac{\text{L γλυκού νερού}}{\text{L επεξ. νερού}}$

Το υδατικό αποτύπωμα ενός λίτρου επεξεργασμένου νερού που εισέρχεται στη δεξαμενή πόσιμου νερού υπολογίζεται προσθέτοντας το λίτρο αυτό με την ποσότητα του γλυκού νερού που χρησιμοποιείται ανά λίτρο επεξεργασμένου νερού.

Παράδειγμα 1 (Μέρος 6 <sup>ο</sup> )	Παράδειγμα 2 (Μέρος 6 <sup>ο</sup> )
Ποσότητα γλυκού νερού που χρησιμοποιείται για να πάρουμε 1 λίτρο επεξεργασμένου νερού στο σύστημα διανομής=0,05L	Ποσότητα γλυκού νερού που χρησιμοποιείται για να πάρουμε 1 λίτρο επεξεργασμένου νερού στο σύστημα διανομής=0,14L
Υδατικό αποτύπωμα 1 λίτρου επεξεργασμένου νερού	Υδατικό αποτύπωμα 1 λίτρου επεξεργασμένου νερού
0,05 L+1 L=1,05 L	0,14 L+1 L=1,14 L

Ως αυτό το σημείο το νερό πρακτικά βρίσκεται στην δεξαμενή πόσιμου νερού. Από την δεξαμενή αυτή, με αντλίες πίεσης (j) γίνεται η άντληση του και με μια σειρά αγωγών 4 γίνεται η διανομή της ποσότητας νερού (Δ) μέσω του συστήματος διανομής. Στη συνέχεια θα πραγματοποιηθούν οι υπολογισμοί σχετικά με το υδατικό αποτύπωμα του συστήματος διανομής.

## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :

“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”

### **ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:**

- 1.Χρησιμοποιούνται αντλίες πίεσης (j) για την διανομή της ποσότητας του νερού (Δ) που βρίσκεται στην δεξαμενή πόσιμου νερού.
- 2.Χρησιμοποιείται μια σειρά αγωγών 4 για την διανομή αυτή.
- 3.Μέσα στο σύστημα διανομής υπάρχουν απώλειες οι οποίες υπολογίζονται παρακάτω.

Η εκτιμώμενη ποσότητα του νερού που καταναλώνεται από τις νόμιμες μη-μετρήσιμες πηγές και η μετρήσιμη χρήση νερού μπορεί να αφαιρεθεί από την ποσότητα του επεξεργασμένου νερού το οποίο εισέρχεται στο σύστημα διανομής με αποτέλεσμα να οδηγούμαστε στον υπολογισμό της ποσότητας του νερού η οποία χάνεται κατά την διαδρομή του κάπου μέσα στο σύστημα. Η ποσότητα αυτή θα είναι σε μονάδες λίτρα επεξεργασμένου νερού ανά δευτερόλεπτο. Για να υπολογιστεί το υδατικό αποτύπωμα ενός συστήματος διανομής θα πρέπει αρχικά να μετατραπεί το παραπάνω σε μονάδες λίτρο γλυκού νερού ανά δευτερόλεπτο. Αυτό θα γίνει αν το πολλαπλασιαστεί με την αναλογία γλυκού νερού ανά επεξεργασμένου νερού, συντελεστής ο οποίος προέκυψε από το προηγούμενο βήμα.

Παράδειγμα 1 (Μέρος 7 <sup>ο</sup> )	Παράδειγμα 2 (Μέρος 7 <sup>ο</sup> )
-Ποσότητα επεξεργασμένου νερού που εισέρχεται στο σύστημα διανομής =96 L/sec -Μετρήσιμη χρήση νερού =73 L/sec -Μη- μετρήσιμη χρήση νερού =1 L/sec	-Ποσότητα επεξεργασμένου νερού που εισέρχεται στο σύστημα διανομής =15,5 L/sec -Μετρήσιμη χρήση νερού =13,2 L/sec -Μη- μετρήσιμη χρήση νερού =0,4 L/sec
Ποσότητα επεξεργασμένου νερού που χάνεται μέσα στο σύστημα διανομής 96 L/sec-73 L/sec-1 L/sec=22 L/sec	Ποσότητα επεξεργασμένου νερού που χάνεται μέσα στο σύστημα διανομής 15,5 L/sec-13,2 L/sec-0,4 L/sec=1,9 L/sec
Υδατικό αποτύπωμα του συστήματος διανομής $22 \frac{\text{L επεξ. νερού}}{1\text{s}} * 1.05 \frac{\text{L γλυκού νερού}}{1\text{L επεξ. νερού}} =$ $23,1 \frac{\text{L γλυκού νερού}}{\text{sec}}$	Υδατικό αποτύπωμα του συστήματος διανομής $1.9 \frac{\text{L επεξ. νερού}}{1\text{s}} * 1.14 \frac{\text{L γλυκού νερού}}{1\text{L επεξ. νερού}} =$ $2.2 \frac{\text{L γλυκού νερού}}{\text{sec}}$

Συνολικό υδατικό αποτύπωμα από τις διαδικασίες της άντλησης της επεξεργασίας και της διανομής

=

Υδατικού αποτυπώματος του συστήματος διανομής

+

Υδατικού αποτυπώματος της διαδικασίας επεξεργασίας

+

Ποσότητα νερού που χάνεται κατά την σειρά αγωγών 2α και 2β

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :**

“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”

Τέλος, αν αυτή η τελική τιμή που προέκυψε διαιρεθεί από την μετρήσιμη χρήση του νερού θα βρεθεί η ποσότητα του γλυκού νερού που χρησιμοποιείται για να φτάσει ένα λίτρο νερού βρύσης στο τελικό καταναλωτή.

Παράδειγμα 1 (Μέρος 8 <sup>ο</sup> )	Παράδειγμα 2 (Μέρος 8 <sup>ο</sup> )
Συνολικό υδατικό αποτύπωμα από τις διαδικασίες της επεξεργασίας και της διανομής $23,1 \frac{\text{Λυγλυκού νερού}}{\text{sec}} + 4,74 \frac{\text{Λυγλυκού νερού}}{\text{sec}} + 20 \frac{\text{Λυγλυκού νερού}}{\text{sec}} = 47,84 \frac{\text{Λυγλυκού νερού}}{\text{sec}}$	Συνολικό υδατικό αποτύπωμα από τις διαδικασίες της επεξεργασίας και της διανομής $2,2 \frac{\text{Λυγλυκού νερού}}{\text{sec}} + 2,14 \frac{\text{Λυγλυκού νερού}}{\text{sec}} + 3,27 \frac{\text{Λυγλυκού νερού}}{\text{sec}} = 7,61 \frac{\text{Λυγλυκού νερού}}{\text{sec}}$
Ποσότητα του γλυκού νερού που χρησιμοποιείται για να παραχθεί 1L νερού βρύσης. $47,84 \frac{\text{Λυγλυκού νερού}}{\text{sec}} / 73 \frac{\text{Λνερού βρύσης}}{\text{sec}} = 0,66 \frac{\text{Λυγλυκού νερού}}{\text{Λνερού βρύσης}}$	Ποσότητα του γλυκού νερού που χρησιμοποιείται για να παραχθεί 1L νερού βρύσης. $7,61 \frac{\text{Λυγλυκού νερού}}{\text{sec}} / 13,2 \frac{\text{Λνερού βρύσης}}{\text{sec}} = 0,57 \frac{\text{Λυγλυκού νερού}}{\text{Λνερού βρύσης}}$

Το υδατικό αποτύπωμα ενός λίτρου νερού από τη βρύση βρίσκεται προσθέτοντας το λίτρο αυτό με την ποσότητα του γλυκού νερού που χρησιμοποιείται ανά λίτρο νερού βρύσης .

Παράδειγμα 1 (Μέρος 9 <sup>ο</sup> )	Παράδειγμα 2 (Μέρος 9 <sup>ο</sup> )
Ποσότητα του γλυκού νερού που χρησιμοποιείται για να παραχθεί 1L νερού βρύσης 0,66L	Ποσότητα του γλυκού νερού που χρησιμοποιείται για να παραχθεί 1L νερού βρύσης 0.57L
Υδατικό αποτύπωμα ενός λίτρου του νερού της βρύσης 0,66 L+1 L=1,66 L	Υδατικό αποτύπωμα ενός λίτρου του νερού της βρύσης 0,57 L+1 L=1,57 L

Το υδατικό αποτύπωμα μιας κοινότητας μπορεί να βρεθεί πολλαπλασιάζοντας το υδατικό αποτύπωμα ενός λίτρου νερού της βρύσης με το άθροισμα του μετρούμενου και του μη μετρούμενου νερού που χρησιμοποιείται. Μετά και από διαίρεση και με το συνολικό πληθυσμό της κοινότητας μπορεί να υπολογιστεί και το κατά κεφαλή υδατικό αποτύπωμα.

Παράδειγμα 1 (Μέρος 10 <sup>ο</sup> )	Παράδειγμα 2 (Μέρος 10 <sup>ο</sup> )
Υδατικό αποτύπωμα κοινότητας $1,66 \frac{\text{Λυγλυκού νερού}}{\text{Λνερού βρύσης}} * (73 \frac{\text{Λνερού βρύσης}}{\text{1sec}} + 1 \frac{\text{Λνερού βρύσης}}{\text{1sec}}) = 122,84 \frac{\text{Λυγλυκού νερού}}{\text{sec}}$	Υδατικό αποτύπωμα κοινότητας $1,57 \frac{\text{Λυγλυκού νερού}}{\text{Λνερού βρύσης}} * (13,2 \frac{\text{Λνερού βρύσης}}{\text{1sec}} + 0,4 \frac{\text{Λνερού βρύσης}}{\text{1sec}}) = 22,92 \frac{\text{Λυγλυκού νερού}}{\text{sec}}$

### ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :

“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”

Πλυθισμός=10000 άτομα	Πλυθισμός=1000 άτομα
Υδατικό αποτύπωμα ανά κάτοικο	Υδατικό αποτύπωμα ανά κάτοικο
$122,84 \frac{\text{L γλυκού νερού}}{\text{sec}} / 10000 \text{ άτομα} =$	$22,92 \frac{\text{L γλυκού νερού}}{\text{sec}} / 1000 \text{ άτομα} =$
$0,0122 \frac{\text{L γλυκού νερού}}{\text{sec}}$ ανά κάτοικο	$0,0229 \frac{\text{L γλυκού νερού}}{\text{sec}}$ ανά κάτοικο

#### 5.2.1 Υπολογισμός του Υδατικού Αποτυπώματος του τοπικού πόσιμου νερού λαμβάνοντας υπόψη και το υδατικό αποτύπωμα των υλικών που χρησιμοποιούνται

Σε μια προσπάθεια για τον υπολογισμό του υδατικού αποτυπώματος ενός προϊόντος ή ενός δικτύου διανομής νερού, ή γενικά οποιουδήποτε αγαθού, σημαντικό κριτήριο για την σωστή αντιμετώπιση του προβλήματος είναι η θέσπιση ορίων. Αυτό σημαίνει ότι πρέπει να αποφασιστεί το σημείο στο οποίο θα σταματάει μια έρευνα. Στο συγκεκριμένο πρόβλημα που αναλύθηκε παραπάνω, σε μια προσπάθεια επέκτασης της επίλυσης αυτής, μπορούν να αναφερθούν κάποιοι επιπλέον παράγοντες οι οποίοι με τη σειρά τους θα αύξαναν το συνολικό τελικό υδατικό αποτύπωμα που υπολογίστηκε.

Πιο συγκεκριμένα, για τον υπολογισμό του υδατικού αποτυπώματος ενός δικτύου διανομής νερού, υπολογίστηκε η ποσότητα του νερού η οποία χάνεται κατά τη διαδικασία της επεξεργασίας του νερού, της διανομής καθώς και οι απώλειες αυτού κατά την διαδικασία της άντλησης του και της μεταφοράς του στις δεξαμενές συγκέντρωσης. Επιπλέον συνυπολογίστηκε και το υδατικό αποτύπωμα των χημικών ουσιών οι οποίες χρησιμοποιούνται. Παρόλα αυτά όμως, κατά την ροή του νερού από την πηγή μέχρι τον τελικό προορισμό του, εκτός από τις χημικές ουσίες που χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία του νερού, όπως για παράδειγμα την χλωρίωση του, λαμβάνουν μέρος σε όλες αυτές τις διαδικασίες προϊόντα και μηχανήματα τα οποία έχουν ιδιαίτερα μεγάλο υδατικό αποτύπωμα σχετικά με τη κατασκευή τους.

Από την στιγμή ανάκτησης του νερού από την πηγή, η οποία στη συγκεκριμένη περίπτωση ήταν ένας επιφανειακός φορέας, μέχρι τη στιγμή που το νερό έφτασε στη βρύση μιας κατοικίας, για την ολοκλήρωση και την επίτευξη όλων των εργασιών χρησιμοποιήθηκαν τα εξής εργαλεία:

1. Αντλία με πίεση (i) για την ανάκτηση του νερού από τον επιφανειακό φορέα
2. Σειρά αγωγών 2α για την μεταφορά του νερού από τον επιφανειακό φορέα σε μια αρχική δεξαμενή
3. Σειρά αγωγών 2β για την μεταφορά του νερού από την αρχική δεξαμενή στην εγκατάσταση επεξεργασίας

## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :

“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”

4. Σειρά αγωγών 2γ για την μεταφορά του νερού από την εγκατάσταση επεξεργασίας στην δεξαμενή πόσιμου νερού
5. Αντλία με πίεση (j) για την ανάκτηση του νερού από την δεξαμενή πόσιμου νερού
6. Σειρά αγωγών 4 που βρίσκονται στο σύστημα διανομής

Επιπλέον με τη σειρά τους τα παραπάνω εργαλεία αποτελούνται από διάφορα εξαρτήματα τα οποία και αυτά έχουν το δικό τους υδατικό αποτύπωμα. Όπως αναφέρθηκε όμως πρέπει να θεσπιστούν κάποια όρια στην έρευνα με αποτέλεσμα να μην γίνεται περαιτέρω επέκταση. Αναφορικά αναφέρεται ότι :

- 1.Οι αντλίες αποτελούνται από διάφορα εξαρτήματα, όπως για παράδειγμα διάφορες βίδες.
- 2.Οι σειρές αγωγών αποτελούνται από διάφορες σωληνώσεις, βίδες και διάφορα άλλα αντικείμενα.

Επομένως, στη μελέτη η οποία παρουσιάστηκε παραπάνω μπορεί να προστεθεί και το υδατικό αποτύπωμα των παραπάνω εξαρτημάτων. Αυτό σημαίνει, ότι εφόσον λαμβάνεται σαν δεδομένο το υδατικό αποτύπωμα των διάφορων εξαρτημάτων, το νέο τελικό υδατικό αποτύπωμα ανα κάτοικο μιας κοινότητας θα προκύπτει ως εξής:

$$\begin{aligned} & \underline{\text{Συνολικό υδατικό αποτύπωμα}} \\ & = \\ & \underline{\text{Υδατικού αποτυπώματος του συστήματος διανομής}} \\ & + \\ & \underline{\text{Υδατικού αποτυπώματος της διαδικασίας επεξεργασίας}} \\ & + \\ & \underline{\text{Ποσότητα νερού που χάνεται κατά την σειρά αγωγών 2α και 2β}} \\ & + \\ & \underline{\text{Υδατικό αποτύπωμα των διάφορων εξαρτημάτων που χρησιμοποιούνται}} \end{aligned}$$

Η αλλαγή η οποία θα συμβεί στους παραπάνω υπολογισμούς, είναι ότι στο μέρος 8 του παραδείγματος θα συνυπολογιστεί και μια επιπλέον τιμή Z η οποία αντιπροσωπεύει το υδατικό αποτύπωμα όλων αυτών των εξαρτημάτων που αναφέρθηκαν. Ακολουθώντας τα βήματα 9 και 10 θα καταλήξουμε και πάλι στον υπολογισμό του υδατικού αποτυπώματος κάθε κατοίκου μιας κοινότητας.

### **5.2.2 Υδατικό Αποτύπωμα αγωγών ύδρευσης**

Οι σειρές αγωγών οι οποίες χρησιμοποιούνται σε ένα δίκτυο ύδρευσης, απαιτούν σε όλη την διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας τους, από την επεξεργασία μέχρι την παραγωγή τους ιδιαίτερα μεγάλες ποσότητες νερού, είτε ο αγωγός είναι κατασκευασμένος από σκυρόδεμα είτε από πλαστικό. Για κάποιον ο οποίος κατέχει τις βασικές γνώσεις για το πώς κατασκευάζονται υλικά από σκυρόδεμα και από πλαστικό, το σκυρόδεμα μπορεί να

## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :

“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”

εμφανίζεται ως ένα υλικό το οποίο απαιτεί μεγαλύτερες ποσότητες νερού, καθώς αυτό είναι και το βασικό συστατικό του, το οποίο ενυδατώνει ως συνδεδετικό υλικό το τσιμέντο για να διαμορφωθεί το σκυρόδεμα. Ωστόσο, η ποσότητα του ενσωματωμένου νερού η οποία σχετίζεται με την παραγωγή ενός αγωγού σκυροδέματος είναι σημαντικά χαμηλότερη σε σχέση με αυτή που σχετίζεται με την παραγωγή ενός αγωγού από πλαστικό του ίδιου μεγέθους.

Πληροφορίες σχετικά με την χρήση νερού κατά την διάρκεια της παραγωγής θερμοπλαστικών υλικών είναι διαθέσιμες στην βάση δεδομένων Plastics Europe LCA, από την οποία προέρχονται και τα δεδομένα τα οποία θα παρουσιαστούν και πιο κάτω. Οι τιμές αυτές οι οποίες προέρχονται από τις εκθέσεις της LCA σχετίζονται με διάφορους τύπους πλαστικών σωλήνων. Η ποσότητα του νερού που χρησιμοποιείται για την παραγωγή διαφορετικών πλαστικών αγωγών και σωλήνων παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα:

	<b>uPVC Αγωγός</b>	<b>HDPE Αγωγός</b>	<b>PP Αγωγός</b>
Λίτρα ανά τόνο προϊόντος	80,000	58,000	62,960

Πίνακας 5.1: Απαίτηση νερού ανά τόνο προϊόντος διαφορετικών ειδών πλαστικών αγωγών  
Πηγή: Plastics Europe LCA, (2005-2006)

Η ποσότητα του νερού η οποία χρησιμοποιείται για την παραγωγή αγωγών από πλαστικό είναι υψηλότερη από την ποσότητα του νερού η οποία χρησιμοποιείται για την παραγωγή αγωγών από σκυρόδεμα. Οι αγωγοί από σκυρόδεμα είναι άκαμπτα δομικά στοιχεία, ενώ οι αγωγοί από πλαστικό θεωρούνται σε γενικές γραμμές εύκαμπτα στοιχεία. Σε όρους σχεδιασμού και κατασκευής, οι αγωγοί από πλαστικό δεν μπορούν να αντέξουν τα φορτία και τις καταπονήσεις που επιβάλλονται σε αυτούς, αλλά διαθέτουν την ικανότητα να αλληλεπιδρούν με το υποστηρικτικό υλικό που τους περιβάλλει. Η αποτελεσματικότητα τους φυσικά στηρίζεται στον σωστό σχεδιασμό και στη σωστή εγκατάστασή τους, έτσι ώστε να εξασφαλιστεί η ακεραιότητα μιας σειράς αγωγών και είναι σημαντικά ελαφρύτεροι από το αντίστοιχο βάρος άλλων εναλλακτικών λύσεων που αποτελούνται από σκυρόδεμα. Συγκρίνοντας, πλαστικούς αγωγούς και αγωγούς από σκυρόδεμα με βάση το μέγεθος παρατηρούμε και πάλι ότι η ποσότητα του νερού η οποία εμπεριέχεται στους αγωγούς από πλαστικό είναι και πάλι πολύ μεγαλύτερη.

	<b>PVC Αγωγός</b>	<b>HDPE Αγωγός</b>	<b>PP Αγωγός</b>	<b>Αγωγός από Σκυρόδεμα</b>
<b>DN300</b>	521.6	-	495.8	78.08
<b>DN600</b>	-	1,102 to 1,508	1,021.4	387.2
<b>DN900</b>	-	2,088 to 2,784	3,185.8	614.4
<b>DN1200</b>	-	3,886 to 5,220	-	1,072

Πίνακας 5.2: Υδατικό αποτύπωμα σε λίτρα ανά ένα μέτρο μήκους αγωγού

### Συμπεράσματα

Το υδατικό αποτύπωμα ενός αγωγού από σκυρόδεμα είναι περίπου 2,6 με 6,7 φορές μικρότερο από το υδατικό αποτύπωμα ενός πλαστικού αγωγού του ίδιου μεγέθους. Η πληροφορία αυτή αποτελεί μια έκπληξη στον τομέα των κατασκευών. Γενικά, επικρατεί η άποψη ότι ο κυριότερος λόγος για τον οποίο παρατηρείται αυτή η σημαντική διαφορά στο υδατικό αποτύπωμα μεταξύ των δύο αυτών αγωγών από διαφορετικό υλικό είναι ότι το υδατικό αποτύπωμα του πλαστικού αγωγού επιμερίζεται σε υδάτινα αποτυπώματα τα οποία σχετίζονται με διαφορετικά μέρη ανά την επικράτεια ολόκληρης της γης. Πιο συγκεκριμένα, το υλικό το οποίο χρησιμοποιείται στην παραγωγή των HDPE και PP αγωγών κατασκευάζεται στο Ηνωμένο Βασίλειο, ενώ το κύριο μέρος του υδατικού αποτυπώματος του υλικού αυτού μπορεί να προέρχεται από περιοχές στις οποίες παρουσιάζεται ιδιαίτερα υψηλή πίεση στις τοπικές πηγές νερού, όπως για παράδειγμα η Μέση Ανατολή. Απόδειξη της παραπάνω πληροφορίας είναι ότι μέχρι το 2015 η Ευρώπη θα έχει εισάγει μια καθαρή ποσότητα πολυαιθυλενίου της τάξης των 1,2 εκατομμυρίων τόνων με συνολικό αποτύπωμα νερού 38,4 km<sup>3</sup>.

Στον τομέα των υδατικών πόρων, η ύπαρξη νέων μεθοδολογιών και προτύπων θα αποτελέσουν ένα σημαντικό βήμα στην κατανόηση των ορίων και των συνεπειών των υδάτινων αποτυπωμάτων. Προς το παρόν, ο τομέας της βιομηχανίας θα πρέπει να χρησιμοποιήσει τα καλύτερα διαθέσιμα στοιχεία αναφοράς για να υπολογίσει το υδατικό αποτύπωμα των συστημάτων αγωγών. Λαμβάνοντας υπόψη, συγχρόνως, και πληροφορίες σχετικά με το αποτύπωμα άνθρακα η αξιολόγηση της παραγωγικής διαδικασίας και των συνεπειών αυτής στο περιβάλλον αποτελούν ένα σχετικά εύκολο αντικείμενο.

#### 5.2.3 Αγωγοί PVC : Μια καλή επιλογή για το περιβάλλον

Ο αγωγός PVC αποτελεί ένα από τα πιο βιώσιμα προϊόντα στον κόσμο, καθιστώντας το ιδανικό για μακροχρόνια χρήση σε υπόγειες υποδομές. Απαιτεί λιγότερη ενέργεια και λιγότερους πόρους για να κατασκευαστεί σε σχέση με παλαιότερης τεχνολογίας υλικά και η παραγωγή του δεν δημιουργεί σχεδόν καθόλου απόβλητα. Επίσης παράγεται με άφθονες, βιώσιμες πηγές όπως το χλώριο, το οποίο προέρχεται από το αλάτι, το φυσικό αέριο το οποίο παράγεται από εγχώριες πηγές το οποίο βοηθάει στην μείωση της κατανάλωσης του εισαγόμενου πετρελαίου.

#### Καθαρή και ασφαλή παραγωγή

Η διαδικασία της κατασκευής αγωγών PVC έχει εξαιρετικά υψηλή απόδοση, με σχεδόν την 100% χρησιμοποίηση του μείγματος PVC σε όλη την παραγωγική διαδικασία. Απαιτείται τέσσερις φορές λιγότερη ενέργεια για να κατασκευαστεί ένας αγωγός PVC σε σχέση με έναν αγωγό από σκυρόδεμα, και η μισή ενέργεια σε σχέση με αυτή που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ενός αγωγού από σίδερο.

## **ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :**

“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”

---

Στις βιομηχανίες στις οποίες κατασκευάζονται οι αγωγοί αυτοί δεν υπάρχουν καμινάδες, δηλαδή η ατμοσφαιρική ρύπανση που προκαλούν είναι ελάχιστη και το υλικό τους είναι πλήρως ανακυκλώσιμο, καθιστώντας τους με αυτό τον τρόπο να διαθέτουν το μικρότερο περιβαλλοντικό αποτύπωμα σε σχέση με άλλα ανταγωνιστικά υλικά σωληνώσεων. Πρέπει να τονίσουμε ότι οι βιομηχανίες τσιμέντου θεωρούνται η τρίτη μεγαλύτερη πηγή εκπομπής αέριων ρύπων στον κόσμο που εντείνουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Δεδομένου ότι η αειφορία και η βιωσιμότητα περιλαμβάνει και την κοινωνική διάσταση είναι σημαντικό να εστιάσουμε την προσοχή μας στους ανθρώπινους πόρους και στην ασφάλεια των εργαζομένων. Σύμφωνα με το Bureau of Labor των Ηνωμένων Πολιτειών, η βιομηχανία πλαστικών αγωγών παρουσιάζει μια εξαιρετική επίδοση στον τομέα αυτό, σημειώνοντας κατά μέσο όρο τους λιγότερους τραυματισμούς κατά την φάση παραγωγής σε σύγκριση με άλλες παρόμοιες βιομηχανίες.

### **Μικρότερο ανθρώπινο αποτύπωμα**

Η εξαιρετικά λεία επιφάνεια των αγωγών PVC μειώνει το κόστος άντλησης και η σύνδεση τους ελαχιστοποιεί τις απώλειες νερού, οι οποίες μπορεί να ανέρχονται πάνω από 40 % σε ορισμένα παλαιότερα δίκτυα τα οποία έχουν υποστεί σημαντικές διαβρώσεις. Η Αμερικανική Κοινότητα Πολιτικών Μηχανικών υπολόγισε ότι 2,6 τρισεκατομμύρια γαλόνια πόσιμου νερού χάνονται κάθε χρόνο από διαρροές στους αγωγούς ή το 17% της συνολικής ποσότητας του νερού το οποίο αντλείται στην Αμερική.

Όμως, το πιο ισχυρό περιβαλλοντικό χαρακτηριστικό των αγωγών αυτών είναι ίσως η εξαιρετική αντοχή που παρουσιάζουν και κυρίως η αντοχή τους σε διάβρωση, η οποία οδηγεί στην καλύτερη διατήρηση του νερού, στην μικρότερη ανάγκη αντικατάστασης, και μικρότερο κόστος συντήρησης και επισκευής. Μια πρόσφατη μελέτη του American Water Works Association Research Foundation προσδιόρισε την διάρκεια ζωής ενός αγωγού PVC περισσότερο από 110 χρόνια. Επιπλέον, το μικρό τους βάρος και η εύκολη εγκατάσταση τους μειώνουν το μεταφορικό κόστος και το κόστος εγκατάστασης αποδίδοντας περαιτέρω οφέλη για το περιβάλλον.

### **Δυο εκατομμύρια μίλια βιώσιμων σωληνώσεων**

Η ανθεκτικότητα, η αντοχή τους η αποδοτική κατασκευή τους από άποψη ενέργειας και μεταφοράς έχουν καταστήσει τους αγωγούς PVC την πρώτη επιλογή για εγκαταστάσεις νερού και υγρών αποβλήτων. Σήμερα, περισσότερα από δυο εκατομμύρια μίλια αγωγών PVC βρίσκονται σε λειτουργία σε όλη τη Βόρεια Αμερική ενισχύοντας την θέσπιση ενός «πράσινου» μέλλοντος.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

---

#### 6.1 Η χρησιμότητα του ΥΑ ως δείκτης νερού

Το Υδατικό Αποτύπωμα αποτελεί ένα χρήσιμο εργαλείο στην προσπάθεια εκτίμησης της αιφορίας της οικειοποίησης φυσικών πόρων από τον άνθρωπο. Είναι ένας δείκτης που εισάγει στη συζήτηση για την αιφορία έναν από τους σημαντικότερους φυσικούς πόρους, το νερό. Δίνει χρήσιμες πληροφορίες όσον αφορά την διαχείριση των υδατικών πόρων, καθώς και τη δέσμευση αυτών αλλά δεν μπορεί ως μεμονωμένος δείκτης να δώσει ασφαλή συμπεράσματα, αφού στη διαχείριση του νερού υπεισέρχονται επίσης περιβαλλοντικά, κοινωνικά και οικονομικά κριτήρια. Επίσης, το υδατικό αποτύπωμα μπορεί να δώσει σημαντικές πληροφορίες σχετικά με την λειψυδρία μιας περιοχής και να βοηθήσει έτσι στον περιορισμό των προβλημάτων έλλειψης νερού σε πολλές περιπτώσεις. Είναι ένα ιδιαίτερα σημαντικό εργαλείο μιας και μας δίνει την δυνατότητα να κατανοήσουμε το πώς ο καταναλωτής συνδέεται με την παραγωγή των προϊόντων και με τη χρήση υδάτινων πόρων. Είναι μια ογκομετρική μέτρηση της κατανάλωσης.

Μια μελέτη σχετικά με τον υπολογισμό του υδατικού αποτυπώματος είναι ιδιαίτερα σημαντική για πολλούς και διάφορους λόγους. Το σημαντικότερο στοιχείο μιας τέτοιας έρευνας σχετίζεται με το ποιός κάνει την έρευνα αυτή. Με άλλα λόγια, αν είναι γνωστό το ποιος ενδιαφέρεται να μάθει πληροφορίες σχετικά με το υδατικό αποτύπωμα μιας διαδικασίας, ενός προϊόντος ή μιας γεωγραφικά οριοθετημένης περιοχής μπορούμε να αναγνωρίσουμε τον βαθύτερο λόγο για τον οποίο πραγματοποιείται η έρευνα αυτή. Ας δοθεί λίγη προσοχή στις παρακάτω περιπτώσεις.

Μια εθνική κυβέρνηση μπορεί να καταστρώνει σχέδια που σχετίζονται με τον υπολογισμό του υδατικού αποτυπώματος του έθνους για διάφορους λόγους. Με τον υπολογισμό του ίχνους νερού έχει την δυνατότητα να εντοπίζει τα προϊόντα τα οποία απαιτούν πολύ νερό για την παραγωγή τους καθώς επίσης και αυτά τα οποία απαιτούν λιγότερο. Οι πληροφορίες τις οποίες θα αποκομίσει από την έρευνά της αυτή θα την βοηθήσουν στο να πάρει αποφάσεις ώστε να εστιάσει την προσοχή της κυρίως στην παραγωγή προϊόντων με χαμηλό υδατικό αποτύπωμα, δηλαδή προϊόντων που απαιτούν λιγότερο νερό για την παραγωγή τους, και να εισάγει προϊόντα από άλλες χώρες των οποίων η παραγωγική διαδικασία απαιτεί πολύ νερό, δηλαδή προϊόντων με υψηλό υδατικό αποτύπωμα. Η συμπεριφορά της αυτή θα έχει ως αποτέλεσμα την διάσωση σημαντικών αποθεμάτων νερού εντός της επικράτειας της.

Όταν η περιοχή αυτή είναι λειψυδρη είναι ιδιαίτερα χρήσιμο και ενδιαφέρον να γνωρίζουμε πόσο νερό χρησιμοποιείται στην περιοχή αυτή για την παραγωγή προϊόντων τα

## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :

“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”

οποία πρόκειται να εξαχθούν και πόσο νερό εισάγεται σε εικονική μορφή με αποτέλεσμα τα προϊόντα αυτά να μην χρειάζεται να παραχθούν μέσα στη περιοχή αυτή. Με άλλα λόγια είναι ιδιαίτερα χρήσιμο να γνωρίζουμε το «ισοζύγιο του εικονικού νερού εντός μιας περιοχής».

-Αν το ισοζύγιο του εικονικού νερού εντός μιας περιοχής είναι μεγαλύτερο του μηδενός, τότε έχουμε μια καθαρή εισαγωγή εικονικού νερού στην περιοχή αυτή από άλλες περιοχές.

-Αν το ισοζύγιο του εικονικού νερού εντός μιας περιοχής είναι μικρότερο του μηδενός, τότε έχουμε μια καθαρή εκροή εικονικού νερού από την περιοχή αυτή σε άλλες περιοχές.

Οι χώρες με αρνητικό ισοζύγιο νερού θα πρέπει να ακολουθήσουν μια πολιτική, παρόμοια με αυτή που αναφέρθηκε πιο πριν, όπου θα παράγουν και εξάγουν προϊόντα με σχετικά χαμηλό υδατικό αποτύπωμα και εισάγουν προϊόντα που έχουν υψηλότερο.

Όλα τα παραπάνω εστιάζονται στο ενδιαφέρων της εθνικής κυβέρνησης να γνωρίζει το βαθμό στον οποίο εξαρτάται από ξένους υδατικούς πόρους ή πολύ πιθανόν να ενδιαφέρεται σχετικά με τη βιωσιμότητα της χρήσης του νερού στις περιοχές εντός τις επικράτειας στις οποίες παράγονται προϊόντα τα οποία απαιτούν μεγάλες ποσότητες νερού για την παραγωγή τους. Πιο συγκεκριμένα, με το να γνωρίζει πληροφορίες σχετικά με την ποσότητα του νερού που απαιτείται για την παραγωγή προϊόντων εντός της επικράτειας της μπορεί να προχωρήσει σε σημαντικές αλλαγές στον παραγωγικό τομέα.

Ένα άλλο χωρικό πλαίσιο στο οποίο μπορεί να πραγματοποιηθεί μια έρευνα σχετικά με το υδατικό αποτύπωμα είναι εντός μιας λεκάνης απορροής. Τα διοικητικά όργανα μιας λεκάνης απορροής μπορεί να ενδιαφέρονται να γνωρίζουν αν το συνολικό υδατικό αποτύπωμα των ανθρώπινων δραστηριοτήτων εντός της λεκάνης απορροής παραβιάζει τις απαιτήσεις ποιότητας του νερού ανά πάσα στιγμή. Πιο συγκεκριμένα, αν η έρευνα αυτή οδηγήσει σε αποτελέσματα τα οποία θα αποδεικνύουν υπερβολικά υψηλή χρήση νερού στο τομέα της γεωργίας ή στον οικιακό τομέα εντός της λεκάνης απορροής μελέτης, τα διοικητικά όργανα μπορούν να οδηγηθούν στη λήψη μέτρων με τα οποία θα μειώσουν την χρήση του νερού. Τέτοια μέτρα θα μπορούσαν να είναι, η αύξηση των τιμών της χρήσης νερού και η εφαρμογή μεθόδων στην άρδευση και στην γεωργία γενικότερα.

Μια βιομηχανία πιθανότατα να αποτελεί και αυτή έναν παράγοντα ο οποίος να ενδιαφέρεται να γνωρίζει την εξάρτηση της από τους υδατικούς πόρους ή να χρειάζεται στοιχεία τα οποία θα την βοηθήσουν στο να μειώσει τις επιπτώσεις στα υδατικά συστήματα. Οι διεργασίες οι οποίες πραγματοποιούνται για την παραγωγή ενός βιομηχανικού προϊόντος είναι πάρα πολλές και η ποσότητα του νερού η οποία χρησιμοποιείται σε αυτές είναι και αυτή με τη σειρά της ιδιαίτερα υψηλή. Η γνώση του υδατικού αποτυπώματος μιας βιομηχανίας, δηλαδή της ποσότητας του νερού η οποία καταναλώνεται από αυτή για την αποτελεσματική λειτουργία της μπορεί να φανερώσει την

## **ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :**

“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”

---

πίεση την οποία ασκεί η βιομηχανία αυτή στα συνολικά αποθέματα νερού της περιοχής. Επομένως, της δίνει την δυνατότητα να μειώσει την ποσότητα νερού η οποία μπορεί να χάνεται για εργασίες μη-υψηλού ενδιαφέροντος ή να την προκαλεί στο να βρει μεθοδολογίες μείωσης του αποτυπώματος της. Επιπλέον, η γνώση του υδατικού αποτυπώματος μιας βιομηχανίας, παρέχει την δυνατότητα στην εκάστοτε αρχή της λεκάνης απορροής να επιπλήξει την συγκεκριμένη εταιρία εφόσον η πίεση που ασκεί στα ύδατα είναι ιδιαίτερα υψηλή.

Η ρύπανση την οποία υφίστανται τα ύδατα μπορεί πολύ εύκολα να υπολογισθεί με τη βοήθεια του γκρι υδατικού αποτυπώματος, μέσα από τη σύγκριση του νερού που έχει ρυπανθεί και του όγκου κατανάλωσης του νερού σε σχέση με τους διαθέσιμους υδατικούς πόρους. Υπολογίζοντας την συνιστώσα αυτή του υδατικού αποτυπώματος μπορεί ο ενδιαφερόμενος ο οποίος πραγματοποιεί την έρευνα, και πιθανότατα είναι κάποια τοπική αρχή, να ενημερωθεί για το ποσοστό των καλλιεργειών της υπό εξεταζόμενη περιοχή στις οποίες γίνεται χρήση λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων. Μελετώντας τα δεδομένα που θα προκύψουν από την έρευνα αυτή μπορεί να προχωρήσει σε αλλαγές οι οποίες την συμφέρουν και οι οποίες θα την οδηγήσουν στην μείωση της γκρι συνιστώσας.

Οι καταναλωτές, οι παραγωγοί, οι επενδυτές και οι κυβερνήσεις μοιράζονται από κοινού την ευθύνη της αλόγιστης χρήσης του νερού σε παγκόσμιο επίπεδο. Ο κάθε ένας από τους παραπάνω με τον τρόπο αυξάνει το υδατικό αποτύπωμα του με αποτέλεσμα της αύξηση του συνολικού υδατικού αποτυπώματος παγκοσμίως. Οι καταναλωτές ευθύνονται για το ποια προϊόντα χρησιμοποιούν και σε τι έκταση. Έρευνες δείχνουν ότι τα καταναλωτικά πρότυπα των ανθρώπων σε παγκόσμια κλίμακα δείχνουν κατανάλωση προϊόντων τα οποία απαιτούν ιδιαίτερα μεγάλες ποσότητες για την παραγωγή τους. Οι παραγωγοί από την πλευρά τους αδιαφορούν για την εφαρμογή μεθόδων και πρακτικών μέσα από τις οποίες θα επιτευχθεί εξοικονόμηση των υδατικών πόρων και βιώσιμη χρήση των διαθέσιμων πηγών νερού. Οι επενδυτές με σκοπό το κέρδος μέσα από σκληρές επενδυτικές αποφάσεις, αδιαφορούν για την αειφορία και για τα υπάρχοντα υδατικά αποθέματα. Τέλος, οι κυβερνήσεις δεν μπορούν να απέχουν από όλη αυτή τη κατάσταση μιας και μέσα από το ελλιπές νομικό πλαίσιο επιτρέπουν όλους τους παραπάνω ενδιαφερόμενους να σπαταλούν αλόγιστα υδατικούς πόρους. Επιπλέον, η έλλειψη κινήτρων με στόχο την βιώσιμη παραγωγή και την κατανάλωση αποτελεί έναν ακόμη παράγοντα ο οποίος συμβάλει και αυτός με τη σειρά του σε όλη αυτή τη δυσμενή κατάσταση.

## **6.2 Τρόποι Μείωσης του Υδατικού Αποτυπώματος**

Μετά από την ανάλυση που πραγματοποιήθηκε στην παρούσα διπλωματική εργασία μπορούν να εντοπιστούν κάποια σημεία τα οποία σχετίζονται με την μείωση του υδατικού αποτυπώματος και τους τρόπους με τους οποίους μπορεί να πραγματοποιηθεί αυτό. Ας δοθεί προσοχή στα παρακάτω στοιχεία.

## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :

“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”

1. Σχετικά με το υδατικό αποτύπωμα ενός δικτύου διανομής, παρουσιάστηκε ότι ένα μεγάλος μέρος αυτού σχετίζεται με τις απώλειες που πραγματοποιούνται εντός αυτού. Η βελτιστοποίηση των δικτύων διανομής αποτελεί ένα σημαντικό παράγοντα ο οποίος θα οδηγήσει σε μείωση του συνολικού ίχνους νερού μιας οριοθετημένης περιοχής.
2. Με βάση την ανάλυση η οποία πραγματοποιήθηκε παραπάνω παρατηρήθηκε άμεση εξάρτηση του υδατικού αποτυπώματος από την απόδοση των καλλιεργειών. Όσο αυξάνεται η απόδοση μιας καλλιέργειας τόσο μειώνεται το αποτύπωμά της, αφού ο συντελεστής απόδοσης υπεισέρχεται πάντα στον παρανομαστή των εξισώσεων υπολογισμού. Συνεπώς, η μεγιστοποίηση της απόδοσης είναι επιθυμητή. Όμως η προσπάθεια των αγροτών να ακολουθήσουν αυτή τη στρατηγική πολλές φορές οδηγεί σε άσκοπη χρήση του αρδευτικού νερού. Για αυτό το λόγο είναι προτιμότερο να στοχεύετε μεγιστοποίηση της παραγωγικότητας των καλλιεργειών ( $\text{ton}/\text{m}^3$ ) αντί της απόδοσής τους ( $\text{ton}/\text{στρ}$ ). Αυτό μπορεί να γίνει με χρήση των κατάλληλων μεθόδων (π.χ. επιλογή μεθόδου «συμπληρωματικής άρδευσης») και τεχνικών (π.χ. προτίμηση άρδευσης με σταλακτήρες για ελαχιστοποίηση του εξατμιζόμενου νερού).
3. Διαπιστώθηκε μέσα από τα αποτελέσματα υπολογισμού του υδατικού αποτυπώματος η μεγάλη σημασία της γκρι συνιστώσας. Το γκρι υδατικό αποτύπωμα μπορεί εύκολα να μειωθεί με ελάττωση της χρήσης λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων από τους αγρότες, ή με βελτιστοποίηση των τεχνικών και του χρόνου πρόσθεσης τους στις καλλιέργειες, έτσι ώστε να είναι μικρότερη η ποσότητα των χημικών που απαιτείται η αποστραγγίζεται/απορρέει. Επίσης, μια καλή λύση για την ελαχιστοποίηση του γκρι υδατικού αποτυπώματος είναι η αντικατάσταση των καλλιεργειών από βιολογικές.
4. Όσον αφορά τον βιομηχανικό τομέα τα τελευταία χρόνια παρουσιάζεται μια συνεχής προσπάθεια από μεγάλες βιομηχανίες σχετικά με την σωστή διαχείριση του νερού, σημείο το οποίο αποτελεί κλειδί μιας αποτελεσματικής στρατηγικής η οποία στοχεύει στην ελαχιστοποίηση των αρνητικών επιπτώσεων στο περιβάλλον. Υπάρχουν αρκετοί και διάφοροι τρόποι οι οποίοι μπορεί να προταθούν για την μείωση του υδατικού αποτυπώματος μίας βιομηχανίας, και παρακάτω θα παρουσιαστούν μερικοί από αυτούς. Ας δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στα παρακάτω στοιχεία.

### Α) Έλεγχος της χρήσης νερού

Ωφέλιμο θα ήταν αν γινόταν εξέταση όλων των πηγών από τις οποίες προέρχεται το νερό το οποίο χρησιμοποιείται εντός ενός εργοστασίου. Δεν πρέπει η έρευνα αυτών των πηγών να περιορίζεται μόνο σε μεγάλες παραγωγικές διαδικασίες. Θα πρέπει να γίνεται μια συνολική απεικόνιση της χρήσης του νερού σε μια ετήσια χρονική κλίμακα και αν απαιτείται να αναθεωρούνται οι στρατηγικές της διαχείρισης του νερού και να ληφθούν μέτρα για την μείωση του υδατικού αποτυπώματος της βιομηχανίας.

## **ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :**

**“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”**

---

### **Β) Αντιμετώπιση του νερού ως πολύτιμο πόρο**

Το επεξεργασμένο νερό δεν το βρίσκουμε δωρεάν, αλλά είναι ένας πολύτιμος πόρος. Η βιομηχανία, η γεωργία και οι πόλεις χρησιμοποιούν νερό και ανταγωνίζονται για τις ίδιες πηγές νερού. Στατιστικές έρευνες δείχνουν ότι περισσότερο από το 47% του παγκόσμιου πληθυσμού μέχρι το 2030 θα κατοικούν σε περιοχές οι οποίες θα χαρακτηρίζονται από υψηλή πίεση νερού. Έτσι, όσο περισσότερο ο τομέας της βιομηχανίας μπορεί να μειώσει την χρήση νερού και επομένως και το υδατικό αποτύπωμα τους, τόσο το καλύτερο.

### **Γ) Επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση του νερού**

Αυτό μπορεί να γίνει με την εφαρμογή κάποιων μεθόδων με τις οποίες η επαναχρησιμοποίηση του νερού μπορεί να πραγματοποιηθεί αλλά χωρίς πρόσθετες επενδύσεις. Επιπλέον, μέσα από την καλύτερη διαχείριση των υδάτων και την προβολή της εικόνας ότι ενδιαφέρεται για το νερό και για το κοινωνικό σύνολο γενικότερα, μια βιομηχανία μπορεί να ενισχύσει και την δημόσια εικόνα της.

### **Δ) Μείωση της ποσότητας των αποβλήτων τους**

Τα απόβλητα μιας βιομηχανίας και η μετέπειτα επεξεργασία την οποία πρέπει να υποστούν αυξάνει πάρα πολύ το υδατικό αποτύπωμα της.

5. Όσον αφορά το υδατικό αποτύπωμα των ανθρώπων, και τους τρόπους με τους οποίους μπορεί ο καθένας από μας να μειώσει την ποσότητα του νερού που καταναλώνει άμεσα ή έμμεσα καθημερινά, παρουσιάζεται και δω μια ποικιλία μεθοδολογιών οι οποίες αν εφαρμοστούν σε καθολική κλίμακα τα αποτελέσματα θα είναι εμφανή. Σχεδόν σε όλες τις καθημερινές ανθρώπινες ασχολίες χρησιμοποιείται νερό. Ας δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στις παρακάτω πληροφορίες.

Α) Πλήρης ενημέρωση του κοινού σχετικά με το τι είναι υδατικό αποτύπωμα, τι επιπτώσεις έχει η αλόγιστη χρήση προϊόντων με υψηλό υδατικό αποτύπωμα, όπως επίσης και η αλόγιστη χρήση νερού. Αυτό το στοιχείο έχει ως στόχο την ευαισθητοποίηση του κοινού για την αγορά προϊόντων με χαμηλό υδατικό αποτύπωμα. Φυσικά αυτό το στάδιο απαιτεί την ώριμη και σωστή συμπεριφορά του καταναλωτικού κοινού απέναντι σε αυτό το θέμα.

Β) Δημιουργία ετικέτας υδατικού αποτυπώματος στα προϊόντα η οποία θα δίνει την δυνατότητα στον αγοραστή-καταναλωτή να επιλέξει το προϊόν που θέλει σύμφωνα με τα δικά του κριτήρια, με αποτέλεσμα μέρος της ευθύνης της αύξησης του ίχνος νερού σε μία χώρα να μετατοπίζεται και στους καταναλωτές.

## **ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :**

**“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”**

Γ) Σημαντικό στοιχείο για την επίτευξη του στόχου της μείωσης του συνολικού υδατικού αποτυπώματος είναι η καλύτερη επιλογή των τροφών που επιλέγουμε καθημερινά. Οι καταναλωτές θα ήταν βιώσιμο να επιλέγουν για την διατροφή τους μεγαλύτερες ποσότητες λαχανικών και μικρότερες ποσότητες κρέατος, μιας και τα λαχανικά έχουν μικρότερο υδατικό αποτύπωμα.

Δ) Η φροντίδα του κήπου είναι μια ασχολία η οποία μπορεί να μας οδηγήσει σε σπατάλη αρκετά μεγάλων ποσοτήτων νερού χωρίς να το καταλάβουμε. Η χρήση ποτιστηριού όταν φροντίζουμε το κήπο μας ή τα φυτά μας περιορίζει την αλόγιστη χρήση μεγάλων ποσοτήτων νερού. Επίσης, η συλλογή του νερού από την αποχέτευση μπορεί να μας προσφέρει νερό το οποίο θα χρησιμοποιήσουμε στο πότισμα των φυτών.

Ε) Άλλες καθημερινές ασχολίες οι οποίες κρύβουν μεγάλη κατανάλωση νερού είναι το βούρτσισμα των δοντιών, το πλύσιμο των πιάτων και των ρούχων, είτε γίνονται στο χέρι είτε στο πλυντήριο και το μαγείρεμα. Κατά την διάρκεια που πλένουμε τα δόντια μας καλό θα ήταν να κλείνουμε την βρύση, όπως και κατά την διάρκεια που πλένουμε κάποια ρούχα στο χέρι. Το πλυντήριο πριν το θέσουμε σε λειτουργία να εξασφαλίζουμε ότι είναι σχεδόν γεμάτο, έτσι ώστε να ελαχιστοποιούμαι όσο γίνεται τις φορές κατά τις οποίες πλένουμε ρούχα ή πιάτα με αυτό. Τα πιάτα μπορούμε να τα πλύνουμε σε ένα νεροχύτη γεμάτο νερό, αντί να αφήνουμε το νερό να τρέχει από τη βρύση κατά την διάρκεια του πλυσίματος.

Δ) Ελαχιστοποίηση των φορών που κάνουμε ντους, αν αυτό είναι εφικτό.

Ε) Κατανάλωση νερού από την βρύση αντί εμφιαλωμένου (αυτό έχει να κάνει περισσότερο με το ίχνος νερού και όχι με την χρήση νερού, όπως επίσης και με την μείωση των πλαστικών απορριμμάτων).

Οι παραπάνω προτεινόμενοι τρόποι μείωσης του ατομικού υδατικού αποτυπώματος αποτελούν απλά δράσεις οι οποίες δεν θα αλλάξουν την καθημερινότητα και τον τρόπο ζωής κάποιου, αν εξαιρέσουμε τα πέντε παραπάνω λεπτά που πρέπει να αφιερώσει κάποιος για το πότισμα του κήπου. Αν εφαρμοζόντουσαν σε καθολικό επίπεδο τα αποτελέσματα θα ήταν ιδιαίτερα εμφανή και θα είχαμε μείωση του συνολικού υδατικού αποτυπώματος και εξοικονόμηση μεγάλων ποσοτήτων νερού.

## Βιβλιογραφία

---

1. Allan J., “Virtual Water: A strategic resource global solutions to regional deficits”, *Ground Water*, Volume 36, Issue4, 545-546, July 1998
2. Chapagain A., Hoekstra A., “The global component of freshwater demand and supply: an assessment of virtual water flows between nations as a result of trade in agricultural and industrial products”, *Water International*, 33: 1, 19-32, 2008
3. Chapagain A., James K., “The water and carbon footprint of household food and drink waste in the UK”, 1-84405-444-6, March 2011
4. Chapagain A., Hoekstra A., “Water footprints of nations – Volume 1: Main report”, *Value of water research report series No. 16*, November 2004
5. Chapagain A., Hoekstra A., “The water needed to have the Dutch drink coffee”, *Value of water research report series No. 14*, August 2003
6. Chapagain A., Orr S., “An improved water footprint methodology linking global consumption to local water resources: A case of Spanish tomatoes”, *Journal of Environmental Management* 90 (2009) 1219–1228
7. Hoekstra A., Chapagain A., Aldaya M., Mekonnen M., “Water footprint manual – State of the Art 2009”, *Water Footprint Report*, November 2009
8. Hoekstra A., Hung P., “A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade”, *Value of water research report series No. 11*, September 2002
9. Hoekstra A., “Water security of nations: How international trade affects national water scarcity and dependency”, *University of Twente, Enschede, The Netherlands*
10. Hoekstra A., Chapagain A., “Water footprints of nations: Water use by people as a function of their consumption pattern”, *Springer Science Business Media B.V.* 2006
11. Horlemann L., Neubert S., “Virtual water trade: A realistic concept for resolving the water crisis?”, 978-3-88985-335-6, 2007
12. Mekonnen M., Hoekstra A., “The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products”, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 15, 1577–1600, 2011
13. Wichelns D., “Virtual Water: A helpful perspective, but not a sufficient policy criterion”, *Springer Science Business Media B.V.* 2009

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :**

“Υδατικό Αποτύπωμα και Εικονικό Νερό: Μέθοδοι Υπολογισμού για Προϊόντα και Υπηρεσίες”

14. Wheida E., Verhoeven R., “The role of “virtual water” in the water resources management of the Libyan Jamahiriya”, *Desalination* 205 (2007) 312–316
15. Velazquez E., Madrid C., Beltran M., “Rethinking the concepts of virtual water footprint in relation to the production – consumption binomial and the water energy nexus”, Springer Science Business Media B.V. 2010
16. Yang H., Zehnder A., “Virtual Water: An unfolding concept in integrated water resources management”, *Water resources research*, Vol. 43, W12301, 2007
17. [www.waterfootprint.org](http://www.waterfootprint.org): The Water Footprint Network
18. [www.safewater.org](http://www.safewater.org): Safe Drinking Water Foundation
19. [www.concretepipes.co.uk](http://www.concretepipes.co.uk): Concrete Pipeline Systems Association





ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ



004000110499