

**ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ
ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ
ΤΡΟΦΙΜΩΝ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
του
ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ ΘΕΟΔΩΡΙΔΗ**

Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων
Ιόνιο Πανεπιστήμιο

Αργοστόλι Κεφαλληνίας

Φεβρουάριος 2021

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ
ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ
ΤΡΟΦΙΜΩΝ

Η πτυχιακή εργασία εγκρίθηκε από :

Αργύριος Γεράκης

Ειρήνη Κατσαλήρου

Μήλλα Σωτηρία

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στόχος αυτής της πτυχιακής εργασίας είναι η μελέτη χρήσης νερού στην Ελλάδα καθώς και στην Ε.Ε. με σκοπό την σωστή διαχείρισή του. Στο πρώτο κεφάλαιο αναλύω τις αρδεύσιμες και τις αρδευόμενες περιοχές της Ευρώπης με την Ελλάδα και την Δανία από το 1995-2016 να έχουν μειώσεις ενώ στην Ολλανδία και την Ιταλία αυξήσεις. Έπειτα, επεξηγώ για την ύδρευση και άρδευση στην Ελλάδα. Η χρήση του νερού για την Ελλάδα είναι κυρίως γεωργική με μεγάλη διαφορά από τις υπόλοιπες χρήσεις, με δεύτερη να έρχεται η οικιακή και στο τέλος βρίσκονται η βιομηχανική και η ενεργειακή χρήση. Στο τρίτο κεφάλαιο αναπτύσσω το θέμα του αγροπεριβάλλοντος. Το κλίμα είναι ο κυριότερος παράγοντας που καθορίζει την κατανάλωση νερού στην γεωργία, όπως και η τεχνολογία άρδευσης στον τομέα της γεωργίας. Επίσης, τίθεται το ερώτημα, αν είναι σημαντική η οικονομία του νερού. Στο τέταρτο κεφάλαιο αναλύω τα αρδευτικά συστήματα, όπως τα υπόγεια, στάγδην άρδευση, άρδευση με ψεκαστήρα και η επιφανειακή άρδευση. Η επιφανειακή άρδευση είναι λιγότερο διαδεδομένη με τα κύρια πλεονεκτήματα της το χαμηλό κόστος κεφαλαίου και ενέργειας καθώς και η εύκολη διαχείρισή του. Μειονέκτημά της η ένταση εργασίας. Μερικά συχνά αρδευτικά συστήματα είναι η άρδευση στάγδην, η άρδευση ψεκαστήρα και η άρδευση κεντρικού άξονα, με την πιο διαδεδομένη από αυτές να είναι η άρδευση στάγδην. Τελειώνοντας, αναλύω τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην άρδευση του αγροοικοσυστήματος και την ανάγκη προσαρμογής του. Η ταχεία αλλαγή του κλίματος θα επιφέρει επιπτώσεις στην γεωργική παραγωγικότητα.

ABSTRACT

The goal of this dissertation is the study of water use in Greece as well as in the EU, in order to properly manage it. In the first chapter, I analyze the irrigated and irrigable areas of Europe; Greece and Denmark from 1995-2016 have reductions while the Netherlands and Italy increases. Next, I explain about water supply and irrigation in Greece. The use of water in Greece is mainly agricultural with a big distance from the other uses, with second the domestic, and finally the industrial and the energy uses. Climate is the main factor determining water consumption in agriculture, as well as irrigation technology. The question arises as to whether water economy is important. In the fourth chapter I analyze the irrigation systems, such as underground, drip irrigation, sprinkler irrigation and surface irrigation. Surface irrigation is less widespread with its main advantages being low cost of capital and energy as well as its easy management. Disadvantage is the labor intensity. Some most common types of irrigation systems are the drip irrigation, the sprinkler irrigation, the center pivot irrigation, with the most widespread to be the drip irrigation. Finally, I analyze the effects of climate change on the irrigation of the agro-ecosystem and the need to adapt it. Rapid climate change will affect agricultural productivity.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Κεφάλαιο	Σελίδα
I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	
ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΡΔΕΥΣΙΜΗΣ ΓΗΣ.....	12
1.1 ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΡΔΕΥΣΙΜΗΣ ΓΗΣ ΣΤΗΝ ΕΕ ΑΛΛΑ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	12
1.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΕ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ.....	19
II. Η ΥΔΡΕΥΣΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	23
2.1 ΠΟΡΟΙ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ	25
2.2 ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	29
2.3 Η ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	29
2.4 ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ ΣΤΗ ΒΟΡΕΙΑ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟ.....	32
2.5 ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ ΣΤΗ ΝΑΞΟ (ΚΥΚΛΑΔΕΣ)	36
2.6 ΤΟ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΚΑΘΕΣΤΩΣ ΤΟΥ ΑΝΑΤΟΛΙΚΟΥ ΛΕΚΑΝΟΠΕΔΙΟΥ ΤΗΣ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ	38
2.7 ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΑΡΣΕΝΙΚΟΥ ΣΤΑ ΥΠΟΓΕΙΑ ΥΔΑΤΑ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ, ΒΟΡΕΙΑ ΕΛΛΑΔΑ	42
2.8 Ο ΡΟΛΟΣ ΚΑΙ Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΩΝ ΚΟΙΝΩΝ ΥΔΡΟΦΟΡΕΩΝ ...	44
III. ΑΓΡΟΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ	47
3.1 ΕΙΝΑΙ ΣΗΜΑΝΤΙΚΗ Η ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ?.....	48

3.2 ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗ.....	53
3.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΕΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ	57
IV. ΑΡΔΕΥΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	
4.1 ΠΟΙΚΙΛΙΑ ΤΥΠΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΑΡΔΕΥΣΗΣ.....	73
4.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ (ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ).....	75
1) ΥΠΟΓΕΙΑ ΑΡΔΕΥΣΗ ΣΤΑΓΔΗΝ	75
I. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ.....	76
II. ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	80
2) ΑΡΔΕΥΣΗ ΜΕ ΨΕΚΑΣΤΗΡΑ	84
I. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ.....	92
II. ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	92
3) ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΑΡΔΕΥΣΗ	93
I. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ.....	101
II. ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	102
V. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΣΤΗΝ ΑΡΔΕΥΣΗ ΤΟΥ	
ΑΓΡΟΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΑΙ Η ΑΝΑΓΚΗ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ	104
VI. ΝΕΡΟ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ: ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΚΑΙ	
ΠΟΙΟΤΗΤΑ.....	107
VI. ΣΥΖΗΤΗΣΗ-ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	113
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	119

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας	Σελίδα
Πίνακας 1: Αρδεύσιμες περιοχές Ευρώπης και Νορβηγίας το 2005 και το 2016	14
Πίνακας 2: Άδειες που χορηγούνται ετησίως από το 1981 έως το 1995, οι οποίες επιτρέπουν στους κατόχους να τρυπούν πηγάδια και να χρησιμοποιούν υπόγεια ύδατα στην περιοχή μελέτης	40
Πίνακας 3: Χημικές παράμετροι των υπόγειων υδάτων στην περιοχή μελέτης κατά την περίοδο 1999 - 2000	41
Πίνακας 4: Παγκόσμιος χάρτης αρδευτικών περιοχών ΕΛΛΑΔΑΣ.....	46

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ

Γράφημα	Σελίδα
Γράφημα 1: Μερίδια αδρεύσιμων περιοχών το 2016.....	15
Γράφημα 2: Αυξομειώσεις μεριδίων αρδεύσιμων περιοχών από το 2015 έως το 2016.....	17
Γράφημα 3: Αυξομειώσεις μεριδίων αρδεύσιμων περιοχών από το 1995 – 2016	18

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα	Σελίδα
Εικόνα 1: Μερίδια αρδεύσιμων περιοχών σύμφωνα με το NUTS 2 το 2016 στην Ευρώπη	21
Εικόνα 2: Μερίδιο αρδευόμενων περιοχών σύμφωνα με το NUTS 2 το 2016 στην Ευρώπη	22
Εικόνα 3: Χρήση νερού στην Ελλάδα	27
Εικόνα 4: Βόρεια Πελοπόννησος	35
Εικόνα 5: Νάξος.....	38
Εικόνα 6: Θεσσαλία.....	42
Εικόνα 7: Χαλκιδική.....	44
Εικόνα 8: Εξατμισοδιαπνοή.....	55
Εικόνα 9: Μέθοδος δοχείων εξάτμισης	60
Εικόνα 10: (κυκλικό δοχείο εξάτμισης) κατηγορίας Α	61
Εικόνα 11: Βυθισμένο Κολοράντο (τετράγωνο δοχείο εξάτμισης).....	62
Εικόνα 12: Προσθέτουμε νερό όταν το βάθος του νερού στο δοχείο εξάτμισης πέσει πάρα πολύ	63
Εικόνα 13: Βγάζουμε νερό από το δοχείο εξάτμισης όταν το βάθος του νερού αυξάνεται πάρα πολύ	64

Εικόνα 14: Σχηματικά σχέδια λυσιμέτρου διήθησης (αποστράγγισης) και λυσιμέτρου ζύγισης (όχι σε κλίμακα)	67
Εικόνα 15: Αριστερά: Φορητή κεφαλή ψεκαστήρα κρούσης συνδεδεμένη σε σωλήνα κήπου Δεξιά: Αναδυόμενες κεφαλές ψεκασμού μισού κύκλου που τροφοδοτούνται από έναν εύκαμπτο σωλήνα κάτω από την επιφάνεια	85
Εικόνα 16: Αρκετές κεφαλές ψεκαστήρα συνδέονται με έναν πλευρικό σωλήνα, ο οποίος παρέχεται από μια κύρια γραμμή	86
Εικόνα 17: Αριστερά: Ένα κεντρικό σύστημα περιστροφής ποτίζει έως 132 στρέμματα (~ 0,5 km ²) Δεξιά: Άρδευση κεντρικού άξονα στα νότια της Βρετανικής Κολομβίας, Καναδάς	87
Εικόνα 18: Ένα σύστημα γραμμικής κίνησης ποτίζει ορθογώνια πεδία ενός με μισό μίλι. Είναι ένα κοινό σύστημα για πολύ μεγάλα πεδία	88
Εικόνα 19: Τα περισσότερα συστήματα μεγάλων όπλων χρησιμοποιούνται σε μέγιστο βαθμό από 80 έως 100 στρέμματα ανά όπλο (~ 0,3 έως 0,4 km ²).....	89
Εικόνα 20: Σύστημα άρδευσης τροχού.....	90
Εικόνα 21: Δύο τυπικά πεδία άρδευσης λεκανών επιφανείας	95
Εικόνα 22: Παραδείγματα συστημάτων άρδευσης των συνόρων. (α) Τυπικό διαβαθμισμένο σύστημα άρδευσης συνόρων. (β) Σύστημα άρδευσης τυπικού επιπέδου. (γ) Σύστημα άρδευσης με τυπικό περίγραμμα ή σύνορα.....	96
Εικόνα 23: Δενδρώδεις καλλιέργειες αρδευόμενες από σύστημα επιφανειακών συνόρων	97
Εικόνα 24: Αριστερά: Μέτρηση ενός σχήματος αυλακιού. Δεξιά: Ένα πεδίο αρδευόμενο από αυλάκια	98

Εικόνα 25: Διανομή νερού της γης.....	115
Εικόνα 26: Έλλειψη νερού σε 'φτωχές' Χώρες	116
Εικόνα 27: Διαθεσιμότητα γλυκού νερού: υπόγεια και ροή ποταμού.....	117

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ι

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Αναλυτικά στοιχεία αρδεύσιμης γης στην ΕΕ αλλά και στην Ελλάδα

Τα δύο τρίτα της γεωργικής γης της ΕΕ εξοπλισμένης με άρδευση αρδεύτηκαν στην πραγματικότητα το 2016.

Το 2016, η συνολική γεωργική έκταση εξοπλισμένη για άρδευση (αρδευτική περιοχή) στην ΕΕ ήταν 15,5 εκατομμύρια εκτάρια (πίνακας 1). Ωστόσο, η περιοχή που πραγματικά αρδεύτηκε (αρδευόμενη περιοχή) ήταν χαμηλότερη, φθάνοντας τα 10,2 εκατομμύρια εκτάρια (ha). Στην πραγματικότητα, καμία χώρα δεν ανέφερε ότι όλες οι αρδεύσιμες περιοχές είχαν αρδευτεί.

Η έκταση της ίδιας της αρδευόμενης περιοχής δεν επιτρέπει μια δήλωση σχετικά με την πραγματική ποσότητα νερού που χρησιμοποιήθηκε. Η αποδοτικότητα της ύδρευσης στην άρδευση, καθώς και η υποβάθμιση των υπογείων υδάτων σε αρδευόμενες περιοχές, πρέπει επίσης να παρακολουθούνται και να αντιμετωπίζονται.

Οι αρδεύσιμες και αρδευόμενες αγροτικές ¹περιοχές ποικίλλουν σημαντικά μεταξύ των χωρών κυρίως λόγω του περιφερειακού κλίματος και του τύπου παραγωγής. Απαιτείται πλήρης άρδευση σε πολλούς τύπους γεωργικής παραγωγής των χωρών της Νότιας Ευρώπης. Η Ισπανία και η Ιταλία ανέφεραν τις μεγαλύτερες αρδεύσιμες εκτάσεις

¹Η αρδεύσιμη περιοχή είναι η περιοχή που είναι εξοπλισμένη για άρδευση. Αυτή η περιοχή δεν παρουσιάζει τόσο μεγάλη διακύμανση από έτος σε έτος, καθώς είναι δαπανηρό για τον αγρότη να επενδύσει σε εξοπλισμό άρδευσης. Η αρδευόμενη περιοχή μετρά την πραγματική ποσότητα αρδευόμενων εκτάσεων και μπορεί να διαφέρει σημαντικά από έτος σε έτος εξαιτίας, για παράδειγμα, των μετεωρολογικών συνθηκών ή της επιλογής της καλλιέργειας.

σε απόλυτες τιμές (3,6 εκατομμύρια και 4,1 εκατομμύρια εκτάρια, αντίστοιχα) το 2016. Τα μερίδια των αρδεύσιμων και αρδευόμενων περιοχών στη συνολική χρησιμοποιούμενη γεωργική έκταση (UAA) δεν ήταν εκπληκτικά μεγαλύτερες στις μεσογειακές χώρες (Πίνακας 1 και Σχήμα 1). Η Κύπρος (34,1%), η Μάλτα (32,9%), η Ιταλία (32,6%) και η Ελλάδα (29,7%) είχαν τα μεγαλύτερα μερίδια αρδευόμενων UAA το 2016. Οι ίδιες χώρες ανέφεραν τα μεγαλύτερα μερίδια της UAA που είχαν αρδευτεί το 2016, με 31,4% στη Μάλτα, 23,6% στην Ελλάδα, 21% στην Κύπρο και 20,2% στην Ιταλία. Στην Ολλανδία η αρδεύσιμη περιοχή ήταν επίσης σημαντική στο 29,1%. Στην Κεντρική και Δυτική Ευρώπη, η άρδευση χρησιμοποιείται σε συμπληρωματική βάση για τη βελτίωση της καλλιέργειας σε ξηρά καλοκαίρια. Ο τύπος της γεωργίας παίζει επίσης ρόλο. Τα φρούτα και τα λαχανικά συχνά απαιτούν άρδευση και η κηπουρική είναι εμφανής στην Ολλανδία.

Πίνακας 1: Αρδεύσιμες περιοχές Ευρωπαϊκής Ένωσης και Νορβηγίας το 2005 και το 2016²

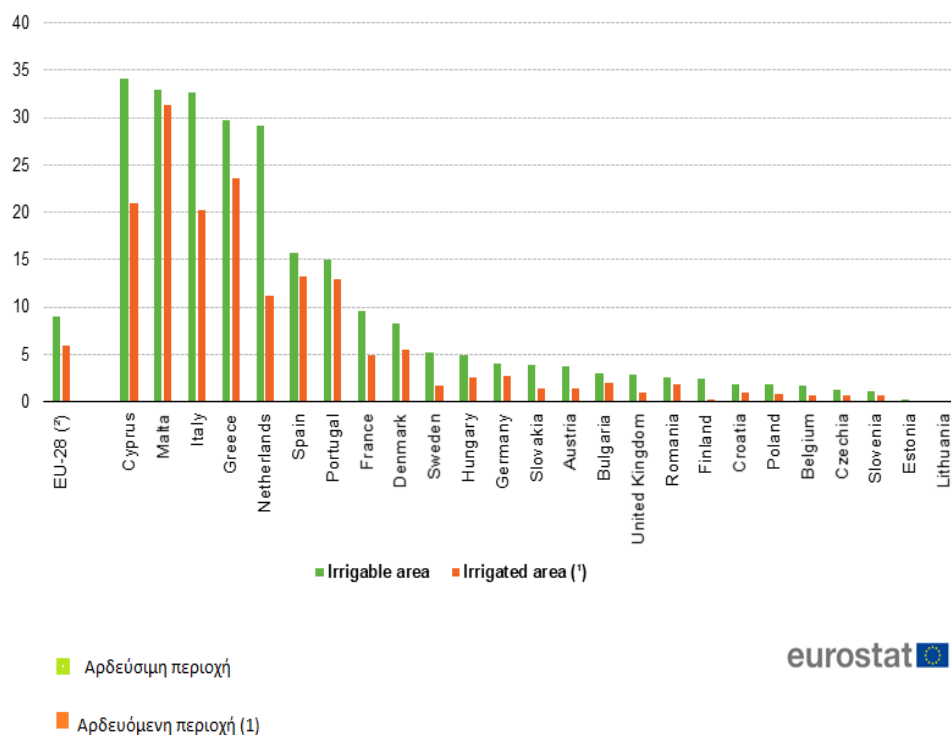
	UAA Total		Αρδεύσιμη περιοχή				Αρδευόμενη περιοχή			
	2005	2016	2005	2016	2005	2016	2005	2016	2005	2016
	(ha)	(ha)	(ha)	(ha)	(% of UAA)	(% of UAA)	(ha)	(ha)	(% of UAA)	(% of UAA)
EU-28 (*)	154 002 920 (*)	173 207 880 (*)	15 581 510 (*)	15 478 160 (*)	10.1 (*)	8.9 (*)	10 484 800 (*)	10 212 820 (*)	6.8 (*)	5.9 (*)
Belgium	1 385 580	1 354 240	21 710	24 110	1.6	1.8	3 380	10 280	0.2	0.8
Bulgaria	2 729 390	4 468 500	111 600	135 870	4.1	3.0	53 650	92 780	2.0	2.1
Czechia	3 557 790	3 455 410	47 030	45 850	1.3	1.3	17 320	24 990	0.5	0.7
Denmark	2 707 690	2 614 600	448 950	217 770	16.6	8.3	261 720	145 470	9.7	5.6
Germany	:	16 715 320	:	676 400	:	4.0	:	451 730	:	2.7
Estonia	:	995 100	:	2 730	:	0.3	:	1 930	:	0.2
Ireland	4 219 380	4 883 640	0	0	0.0	0.0	0	0	0.0	0.0
Greece	3 983 790	4 553 840	1 593 780	1 352 280	40.0	29.7	1 312 650	1 074 930	32.9	23.6
Spain	24 855 130	23 229 720	3 765 130	3 637 650	15.1	15.7	3 364 530	3 076 670	13.5	13.2
France	27 590 940	27 814 180	2 706 480	2 690 700	9.8	9.7	1 696 370	1 366 510	6.1	4.9
Croatia	:	1 562 980	:	29 670	:	1.9	:	16 070	:	1.0
Italy	12 707 850	12 598 150	3 972 670	4 113 150	31.3	32.6	2 613 420	2 549 830	20.6	20.2
Cyprus	151 500	111 930	45 850	38 140	30.3	34.1	33 310	23 490	22.0	21.0
Latvia	1 701 680	1 930 880	790	670	0.0	0.0	0	590	0.0	0.0
Lithuania	2 792 040	2 924 600	4 420	4 490	0.2	0.2	230	2 060	0.0	0.1
Luxembourg	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
Hungary	4 266 550	4 670 560	152 750	230 050	3.6	4.9	75 140	121 380	1.8	2.6
Malta	10 250	11 120	3 020	3 660	29.5	32.9	2 460	3 490	24.0	31.4
Netherlands	1 958 060	1 796 260	407 920	522 590	20.8	29.1	93 020	201 360	4.8	11.2
Austria	3 266 240	2 669 740	119 420	99 750	3.7	3.7	40 020	38 200	1.2	1.4
Poland	14 754 880	14 405 650	124 200	271 020	0.8	1.9	70 450	132 670	0.5	0.9
Portugal	3 679 590	3 641 680	616 970	548 320	16.8	15.1	453 540	474 180	12.3	13.0
Romania	13 906 700	12 502 550	808 370	334 670	5.8	2.7	89 330	240 010	0.6	1.9
Slovenia	485 430	488 400	4 430	5 460	0.9	1.1	2 240	3 500	0.5	0.7
Slovakia	1 879 490	1 889 810	180 140	73 550	9.6	3.9	44 790	28 260	2.4	1.5
Finland	2 263 560	2 233 080	70 500	53 970	3.1	2.4	0	7 890	0.0	0.4
Sweden	3 192 450	3 012 650	167 000	156 660	5.2	5.2	48 850	52 410	1.5	1.7
United Kingdom	15 956 960	16 673 290	208 380	473 680	1.3	2.8	208 380	171 040	1.3	1.0
Norway	1 035 400	:	117 140	:	11.3	:	43 390	:	4.2	:

eurostat 

- (1) Αρδεύεται τουλάχιστον μία φορά το χρόνο, εξαιρούνται οι λαχανόκηποι³
- (2) Οι τιμές του 2016 για την ΕΕ δεν περιλαμβάνουν το Λουξεμβούργο: Οι τιμές του 2005 αποκλείουν τη Γερμανία, Εσθονία, Κροατία και Λουξεμβούργο. Η Κροατία δεν ήταν κράτος μέλος το 2005.
- (3) Γερμανία, Εσθονία, Κροατία και Λουξεμβούργο εξαιρούνται επειδή τα δεδομένα δεν είναι διαθέσιμα. Η Κροατία δεν ήταν κράτος μέλος το 2005.
- (4) Το Λουξεμβούργο εξαιρείται επειδή τα δεδομένα δεν είναι διαθέσιμα.

²https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Agri-environmental_indicator_-_irrigation#Analysis_at_EU_and_country_level (εξακριβώθηκε 29 Ιουνίου 2020)

³ Ο όρος 'Λαχανόκηπος', επίσης γνωστός ως potager (στα γαλλικά, jardin potager) ή στη Σκωτία a kailyard, είναι ένας χώρος ξεχωριστός από τον υπόλοιπο κήπο κατοικιών. Είναι τα καλλωπιστικά φυτά και οι περιοχές του γκαζόν. Ουσιαστικά είναι ένας κήπος όπου μπορεί να καλλιεργούνται βότανα, λαχανικά, φρούτα.



Γράφημα 1: Μεριδία αρδεύσιμων περιοχών το 2016⁴

(1) Αρδεύεται τουλάχιστον μία φορά το χρόνο, εξαιρούνται οι λαχανόκηποι

(2) Το Λουξεμβούργο εξαιρείται επειδή τα δεδομένα δεν είναι διαθέσιμα.

Τόσο οι αρδεύσιμες όσο και οι αρδευόμενες περιοχές μειώθηκαν στην ΕΕ μεταξύ του 2005 και του 2016.

Σε σύγκριση με το 2005, οι αρδεύσιμες εκτάσεις μειώθηκαν κατά 3,5% και οι αρδευόμενες περιοχές κατά 6,1% . Το σχήμα 2 δείχνει την μεταβολή των μεριδίων αρδεύσιμων και αρδευόμενων περιοχών στη συνολική UAA στην ΕΕ μεταξύ 2005 και 2016 σε εκατοστιαίες μονάδες. Το μερίδιο της περιοχής που ήταν εξοπλισμένο με άρδευση αυξήθηκε περισσότερο στην Ολλανδία (8,3 ποσοστιαίες μονάδες , p.p.), Ακολουθούμενη από την Κύπρο (3,8 ποσοστιαίες μον.) και τη Μάλτα (3,5 ποσοστιαίες

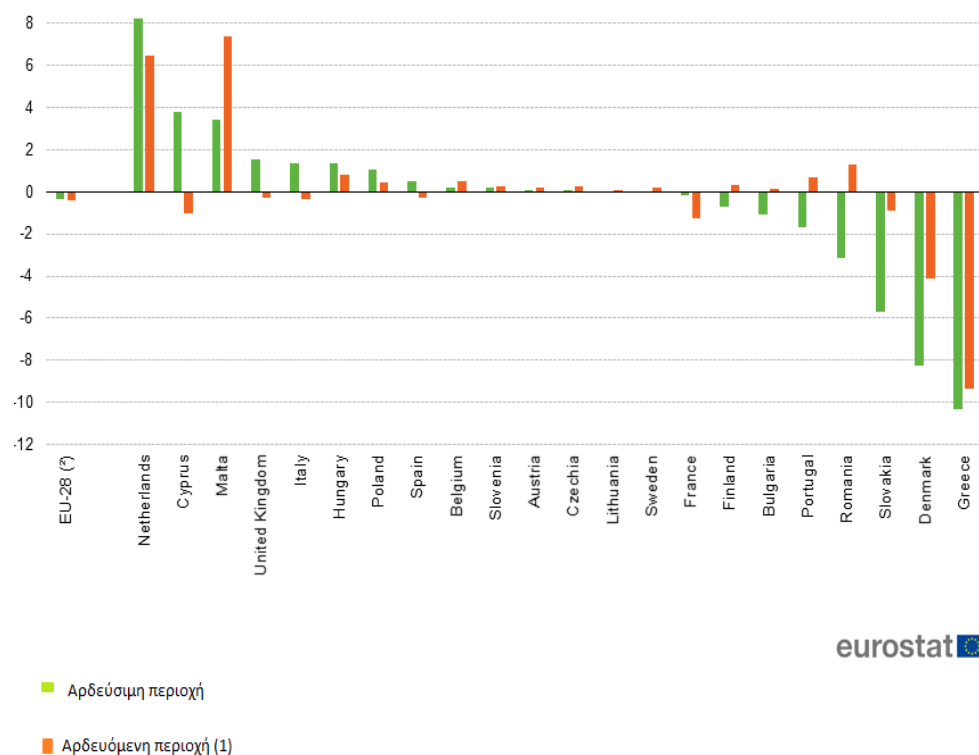
⁴https://ec.europa.eu/eurostat/statisticsexplained/index.php?title=File:Figure1_Share_of_irrigable_and_irrigated_areas_in_UAA_EU-28_2016.png&oldid=421993 (εξακριβώθηκε 29 Ιουνίου 2020)

μον). Ωστόσο, σημαντική αύξηση του μεριδίου των αρδευόμενων περιοχών μπορεί να αναφερθεί μόνο για τη Μάλτα (7,4 p.p.) και στην Ολλανδία (6,5 ποσοστιαίες μον.).

Η Ελλάδα και η Δανία ανέφεραν τις μεγαλύτερες μειώσεις των μετοχών τόσο των αρδεύσιμων όσο και των αρδευόμενων περιοχών (Σχήμα 2), ακολουθούμενη από τη Σλοβακία. Η Γαλλία ήταν η μόνη άλλη χώρα που ανέφερε μειωμένα μερίδια και στις δύο περιοχές που ήταν εξοπλισμένες για άρδευση και στις αρδεύσιμες περιοχές.

Σημείωση: Ιρλανδία : δεν υπάρχουν δεδομένα, Λετονία: ασήμαντα δεδομένα, Λουξεμβούργο : τα δεδομένα δεν είναι διαθέσιμα για το 2005 και 2016, Γερμανία, Εσθονία, Κροατία τα δεδομένα δεν είναι διαθέσιμα για το 2005.

Αναλύοντας μια μεγαλύτερη χρονική περίοδο χρησιμοποιώντας δεδομένα από το 1995 σε σύγκριση με το 2016 , τρεις χώρες παρουσίασαν σημαντική αύξηση του μεριδίου των αρδευόμενων περιοχών στο σύνολο των UAA με την πάροδο του χρόνου. Ιταλία, Κάτω Χώρες και Ισπανία (Σχήμα 3). Σημαντικές μειώσεις σημειώθηκαν στη Δανία, την Πορτογαλία και την Ελλάδα.

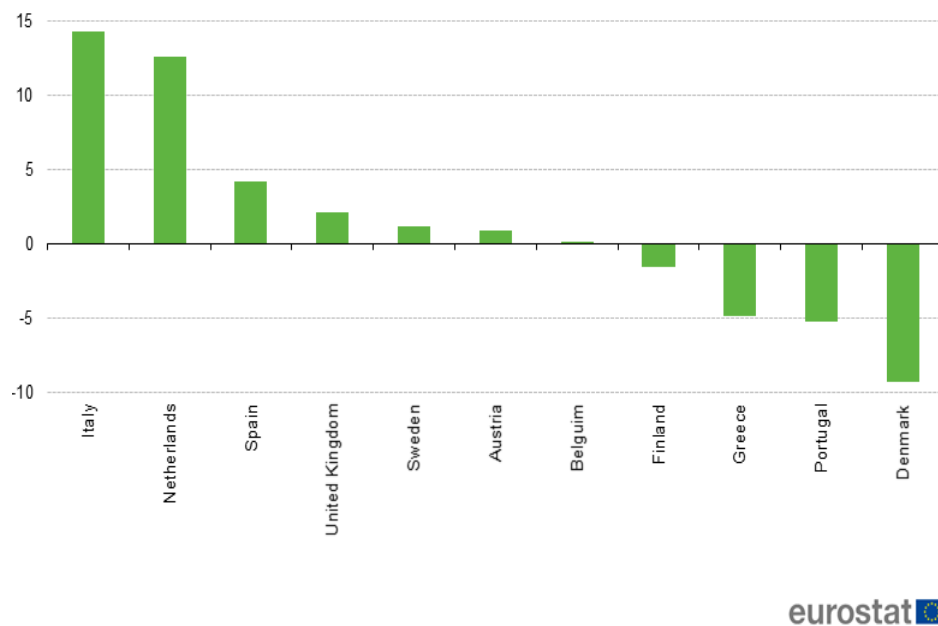


Γράφημα 2: Αυξομειώσεις μεριδίων αρδεύσιμων περιοχών από το 2015 έως το 2016⁵ (%)

(1) Αρδεύεται τουλάχιστον μία φορά το χρόνο, εξαιρούνται οι λαχανόκηποι

(2) Οι τιμές ισχύουν για την ΕΕ εκτός από την Γερμανία, Εσθονία, Κροατία και Λουξεμβούργο διότι δεν υπάρχουν δεδομένα για τουλάχιστον 1 χρόνο

⁵https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Agri-environmental_indicator_-_irrigation#Analysis_at_EU_and_country_level (εξακριβώθηκε 29 Ιουνίου 2020)



Γράφημα 3: Αυξομειώσεις μεριδίων αρδεύσιμων περιοχών από το 1995-2016⁶ (%)

Σημείωση: Βουλγαρία, Τσεχία, Εσθονία, Γαλλία, Κύπρος, Κροατία, Λετονία, Λιθουανία, Μάλτα, Ουγγαρία, Πολωνία, Ρουμανία, Σλοβενία, Σλοβακία: τα δεδομένα δεν είναι διαθέσιμα για το 1995, Γερμανία: δεν έχουν συλλεχθεί δεδομένα για το 1995-αρδεύσιμη περιοχή έχουν θεωρηθεί μη σημαντικά, Ιρλανδία : δεν υπάρχουν δεδομένα ή είναι ασήμαντα, Λουξεμβούργο : τα δεδομένα δεν είναι διαθέσιμα για το 2016

⁶https://ec.europa.eu/eurostat/statisticsexplained/index.php/Agrienviromental_indicator_-_irrigation#Analysis_at_EU_and_country_level (εξακριβώθηκε 29 Ιουνίου του 2020)

Ανάλυση σε περιφερειακό επίπεδο

Η άρδευση εφαρμόζεται κυρίως στις περιοχές της Νότιας Ευρώπης. Η εικόνα 1 δείχνει το μερίδιο των αρδευόμενων περιοχών και η εικόνα 2 το μερίδιο των αρδευόμενων περιοχών σε UAA σε περιφερειακό επίπεδο NUTS 2 ⁷το 2016. Το υψηλότερο μερίδιο το 2016 εντοπίστηκε στην πορτογαλική νήσο Μαδέρα τόσο για τις αρδεύσιμες περιοχές (83,6%) όσο και για τις αρδευόμενες περιοχές (75,3%). Η Μαδέρα παρέχει ένα ευρύτατο υδραυλικό σύστημα καναλιών άρδευσης, το λεγόμενο Levadas, το οποίο χρησιμοποιείται για γεωργική άρδευση.

Επιπλέον, μεγάλα μερίδια αρδευτικών και αρδευόμενων περιοχών βρίσκονται στις περιοχές των χωρών της Νότιας Ευρώπης, ιδίως στην Ελλάδα, την Ισπανία, την Ιταλία και τη Μάλτα, αλλά και στη Γαλλία, την Κύπρο και την Πορτογαλία, όπου η άρδευση αποτελεί βασικό στοιχείο πολλών ειδών γεωργικών παραγωγών.

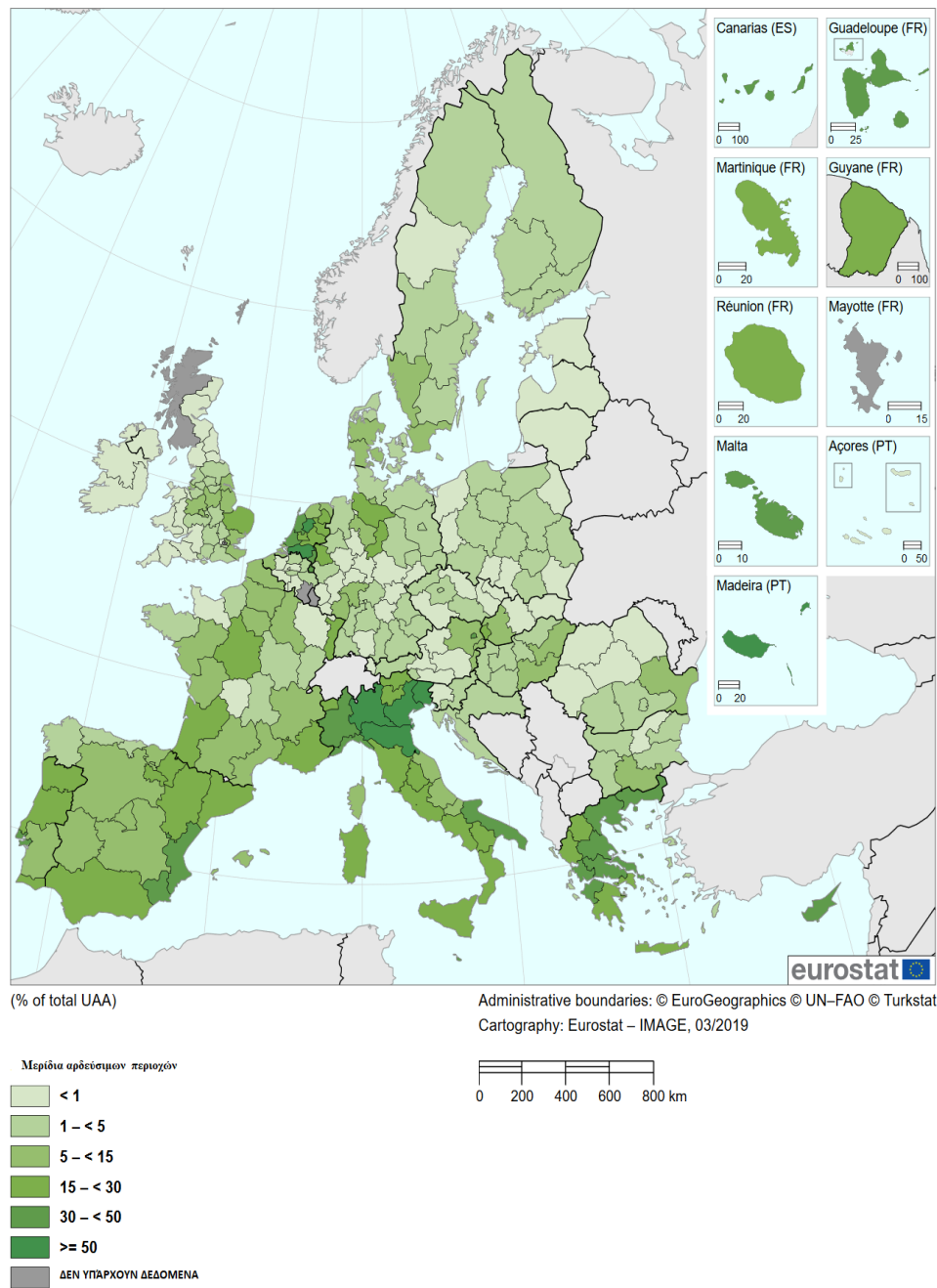
Συγκεκριμένα, οι βόρειες περιοχές της Ιταλίας είναι κατά κύριο λόγο εξοπλισμένες για άρδευση. Οι ιταλικές περιφέρειες με ποσοστό αρδευόμενων περιοχών άνω του 50% ήταν η Lombardia, Veneto, Emilia-Romagna, Friuli-Venezia Giulia και Piemonte . Αυτές ήταν και οι περιοχές με το μεγαλύτερο μερίδιο της πραγματικής άρδευσης στην Ιταλία. Στην Ελλάδα, η Κεντρική Μακεδονία, η Θεσσαλία και η Ανατολική Μακεδονία (Θράκη) ήταν οι περιοχές με το μεγαλύτερο μερίδιο αρδεύσιμων και αρδευόμενων περιοχών. Στην Ισπανία, οι νότιες περιοχές Comunidad Valenciana και Región de Murcia ανέφεραν το μεγαλύτερο μερίδιο τόσο των αρδεύσιμων όσο και των αρδευόμενων περιοχών.

Στις χώρες της Κεντρικής και Βόρειας Ευρώπης, η συμπληρωματική άρδευση χρησιμοποιείται γενικά για τη βελτίωση της παραγωγής σε ξηρά καλοκαίρια, ειδικά όταν

⁷Nuts: βγαίνει από τα αρχικά των λέξεων NomenclaturedesUnitésTerritorialestatistiques που είναι ουσιαστικά η ονοματολογία των στατιστικών εδαφικών μονάδων.

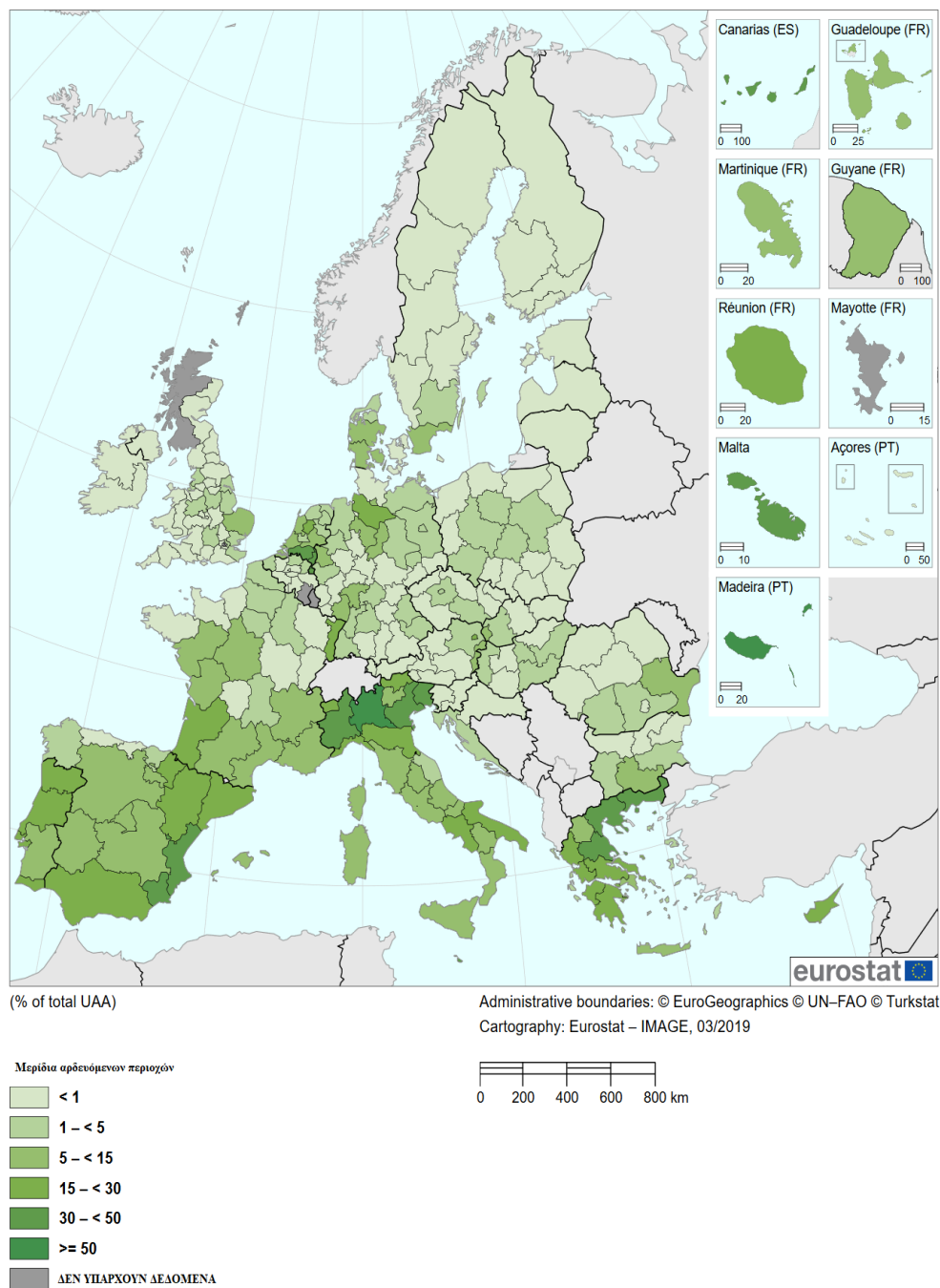
η ξηρή περίοδος εμφανίζεται σε ευαίσθητο στάδιο καλλιέργειας. Στην Ολλανδία , για παράδειγμα, στις περιοχές Noord-Brabant και Limburg (αυτές οι περιοχές έχουν κυρίως αμμώδη εδάφη ευαίσθητα στην ξηρασία με χαμηλή διαθεσιμότητα επιφανειακών υδάτων) βρέθηκε σχετικά μεγάλο ποσοστό αρδευτικών περιοχών. Ωστόσο, η περιοχή Flevoland ανέφερε το μεγαλύτερο ποσοστό αρδευτικών περιοχών στην Ολλανδία και το δεύτερο μεγαλύτερο σε όλα τα κράτη μέλη ανερχόταν σε 73,7%. Ωστόσο, η άρδευση χρησιμοποιήθηκε μόνο στο 21,6% των UAA στο Flevoland το 2016.

Γενικά, η άρδευση άρχισε στην Ιρλανδία, στο Ηνωμένο Βασίλειο (εκτός της Ανατολικής Αγγλίας), στα κράτη μέλη της Σκανδιναβίας και της Βαλτικής, στη Βόρεια Ισπανία, στα Βόρεια και Ανατολικά της Γαλλίας (εκτός της Αλσατίας), στο Βέλγιο, σε μεγάλες περιοχές της Γερμανίας και της Αυστρίας στα Ανατολικά κράτη μέλη.



**Εικόνα 1: Μερίδια αρδεύσιμων περιοχών σύμφωνα με το NUTS 2 το 2016 της
Ευρωπαϊκής Ένωσης⁸ (%)**

⁸https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Agri-environmental_indicator_-_irrigation#Analysis_at_EU_and_country_level (εξακριβώθηκε 29 Ιουνίου του 2020)



Εικόνα 2: Μερίδιο αρδευόμενων περιοχών σύμφωνα με το NUTS 2 το 2016 στην Ευρωπαϊκή Ένωση⁹ (%)

⁹https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Agri-environmental_indicator_-_irrigation#Analysis_at_EU_and_country_level (εξακριβώθηκε 29 Ιουνίου του 2020)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ II

Η ΥΔΡΕΥΣΗ ΚΑΙ ΑΡΔΕΥΣΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Η Ελλάδα είναι μια χώρα στη Νοτιοανατολική Ευρώπη, που βρίσκεται στο νότιο άκρο της Βαλκανικής Χερσονήσου. Συνορεύει με τη Βουλγαρία, την Πρώην Γιουγκοσλαβική Δημοκρατία της Μακεδονίας και την Αλβανία στα Βόρεια και με την Τουρκία προς τα Ανατολικά. Το Αιγαίο βρίσκεται στα Ανατολικά της ηπειρωτικής Ελλάδας, ενώ το Ιόνιο πέφτει στα Δυτικά. Η έκταση της Ελλάδας είναι 130.100 km² εκ των οποίων το 20% διανέμεται στα 3.000 νησιά της, ενώ τα δύο τρίτα της ελληνικής επικράτειας είναι ορεινή, καθιστώντας τη χώρα ένα από τα πιο ορεινά στην Ευρώπη. Η Ελλάδα διαθέτει τη μεγαλύτερη ακτογραμμή στην Ευρώπη συνολικού μήκους άνω των 15.000 χλμ. Εκ των οποίων το 5% ανήκει σε περιοχές μοναδικής οικολογικής αξίας. Ο εθνικός πληθυσμός φτάνει τα 11 εκατομμύρια με πυκνότητα 84 κατοίκων / km² (μία από τις χαμηλότερες πυκνότητες στην Ευρώπη). Περίπου το ένα τρίτο του ελληνικού πληθυσμού συγκεντρώνεται κατά μήκος των ακτών (Λαζάρου, 2006)

Η Ελλάδα εξαρτάται από τους πόρους των υπόγειων υδάτων για την παροχή νερού. Οι κύριοι υδροφόροι ορίζοντες βρίσκονται μέσα σε ανθρακικά βράχια και σε χονδρόκοκκα νεογενή και τεταρτοταγή κοιτάσματα (πορώδη υδροφόρα στρώματα). Η χρήση υπογείων υδάτων έχει γίνει ιδιαίτερα εντατική στις παράκτιες περιοχές τις τελευταίες δεκαετίες με την έντονη αστικοποίηση, την τουριστική ανάπτυξη και την επέκταση των αρδευόμενων γαιών.

Πηγές ρύπανσης των υπογείων υδάτων είναι

- η διείσδυση του θαλασσινού νερού λόγω της υπερεκμετάλλευσης των παράκτιων υδροφορέων
- τα λιπάσματα από γεωργικές δραστηριότητες και
- τη διάθεση των αποβλήτων.

Η Ελλάδα χαρακτηρίζεται από μακρά ακτογραμμή που ευνοεί την υδραυλική επικοινωνία μεταξύ των παράκτιων υδροφορέων και του θαλασσινού νερού, επίσης και από μια μη ομοιογενή κατανομή βροχοπτώσεων και υδάτινων πόρων.

Οι υδάτινοι πόροι χαρακτηρίζονται από υψηλές απαιτήσεις ύδατος για τη γεωργία και τον τουρισμό κατά την ξηρά περίοδο (Απρίλιος - τέλη Οκτωβρίου), όταν η διαθεσιμότητα του νερού είναι χαμηλή. Η Ελλάδα είναι στην 31η θέση στις 50 πρώτες χώρες με έντονο υδατικό άγχος. Η κύρια χρήση του νερού είναι η άρδευση για τη γεωργία. Το 86% της συνολικής κατανάλωσης. Η αρδευόμενη γη αυξήθηκε σημαντικά τις τελευταίες δεκαετίες, όπως φαίνεται από τον αριθμό των γεωτρήσεων. Οι ανάγκες σε νερό καλύπτονται κυρίως από υπόγεια ύδατα που αντλούνται από τους υδροφόρους ορίζοντες μέσω πολυάριθμων πηγαδιών και γεωτρήσεων (περίπου 300.000 για όλη την Ελλάδα). Κατά συνέπεια, δημιουργείται αρνητικό ισοζύγιο υδάτων στα συστήματα παράκτιων υδροφορέων που προκαλούν διείσδυση στη θάλασσα και έχει αρνητικές συνέπειες στην κοινωνικοοικονομική ανάπτυξη αυτών των περιοχών. Πολλά συστήματα υδροφόρου ορίζοντα έχουν αναφερθεί ότι επηρεάζονται από την υποβάθμιση της ποιότητας (αλάτωση και νιτρορύπανση) εξαιτίας της παράλογης διαχείρισης (Daskalaki, 2006)

A. Πόροι υπόγειων υδάτων

Το κλίμα της Ελλάδας αποτελείται από τρεις τύπους που επηρεάζουν συγκεκριμένες περιοχές της επικράτειάς του. Αυτά είναι η Μεσόγειος, οι Άλπεων και οι Θερμικοί τύποι. Η πρώτη περιλαμβάνει ήπιους, υγρούς χειμώνες και ζεστά, ξηρά καλοκαίρια. Τα νησιά του Αιγαίου και το Νοτιοανατολικό τμήμα της ηπειρωτικής Ελλάδας επηρεάζονται κυρίως από τον συγκεκριμένο τύπο. Ο αλπικός τύπος κυριαρχεί κυρίως στη Δυτική Ελλάδα. Τέλος, ο θερμικός τύπος επηρεάζει το Κεντρικό και Βορειοανατολικό τμήμα της χώρας. Η Αθήνα βρίσκεται σε μια μεταβατική περιοχή με τους Μεσογειακούς και τους Άλπεων τύπους.

Η χρήση υπόγειων υδάτων αντιπροσωπεύει το 42% της συνολικής ζήτησης νερού. Επιπλέον, η μεγάλη χρήση των υπόγειων υδάτων είναι η γεωργία (36%), η δημόσια προμήθεια (5%) και οι αυτόνομες βιομηχανίες (1%).

Τα ανθρακικά πετρώματα καλύπτουν περισσότερο από το 35% της Ελλάδας και πολλά από αυτά εξορύσσονται στην ακτή. Οι καρστικοί υδροφόροι ορίζοντες της Ελλάδας μπορούν να χωριστούν στις ακόλουθες ομάδες: i) Στερεά Ελλάδα (δηλ. Υδροφορείς του νότιου Παρνασσού και Ghiona) με υφάλμυρο νερό εξαιτίας της επιρροής των θαλάσσιων υδάτων, ii) Υδροφορείς Πάρνηθα-Πατέρας και Υμηττού με καρστικούς αγωγούς 150 μέτρα κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας, iii) Ανατολική Πελοπόννησο (Υδροφόροι Τριπόλεως και Αργολίδας) με υψηλή εκροή ύδατος προς τη θάλασσα από υποβρύχιες πηγές και iv) Κρήτη με τις γνωστές πηγές Αλμυρού που μπορούν να απαλλάξουν πάνω από 50 m³ / s (Λαζάρου, 2006).

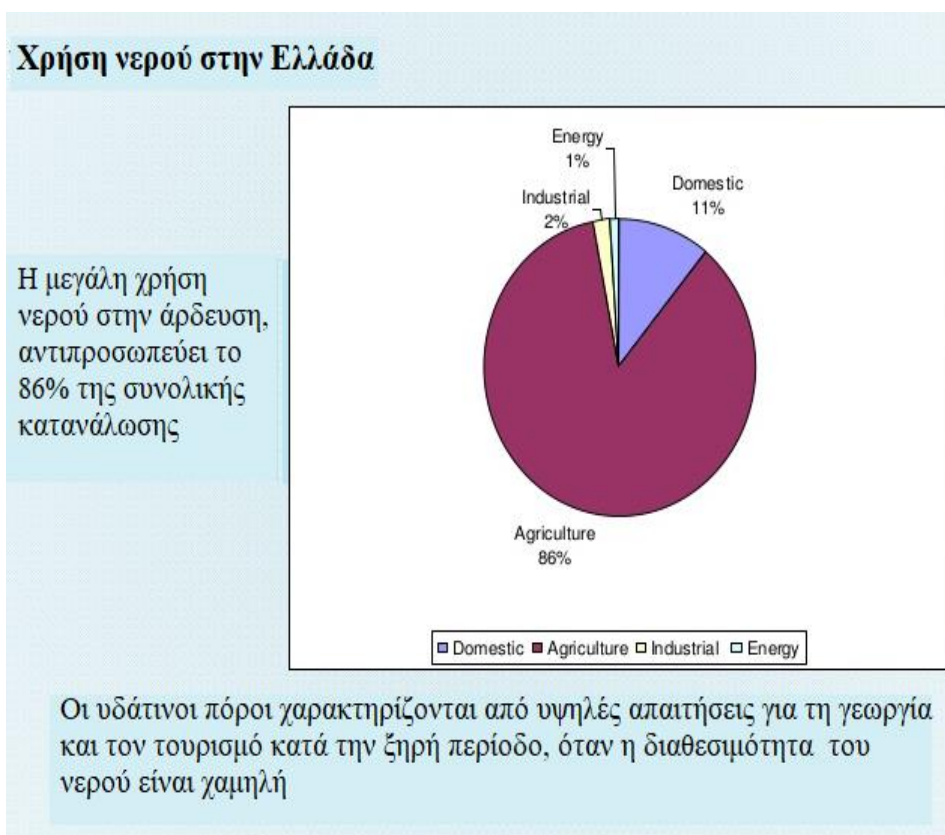
Στην Ελλάδα, η μέση ετήσια επιφανειακή απορροή των ηπειρωτικών ποταμών είναι 35 δισ. Κυβικά μέτρα. Περισσότερο από το 80% των επιφανειακών ροών προέρχεται από οκτώ μεγάλα ποτάμια : τον Αχελώο, τον Αξιό, τον Στρυμόνα και τον Αλιάκμονα

(Μακεδονία), τον Έβρο και τον Νέστο (Θράκη) και τον Άραχθο και τον Καλαμά (Ηπείρου). Εννέα ποτάμια διασχίζουν πάνω από 100 χιλιόμετρα στην Ελλάδα. Τέσσερα μεγάλα ποτάμια προέρχονται από γειτονικές χώρες: τον Έβρο (Τουρκία), τον Νέστο και τον Στρυμόνα (Βουλγαρία) και τον Αξιό (ΠΓΔΜ). Η συνολική εισροή από τις γειτονικές χώρες ανέρχεται σε 12 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα. Περίπου 41 φυσικές λίμνες καταλαμβάνουν περισσότερα από 600.000 εκτάρια ή το 0,5% της συνολικής έκτασης της χώρας. Οι μεγαλύτερες είναι οι λίμνες Τριχωνίδα, Βόλβη και Βεγορίτιδα. Η λίμνη Πρέσπα βρίσκεται στα σύνορα με την Αλβανία και την ΠΓΔΜ.

Ο αριθμός των ελληνικών υγροτόπων, σύμφωνα με την απογραφή του Ελληνικού Κέντρου Βιοτόπων / Υγροτόπων (ή ΕΚΒΥ από τα ελληνικά αρχικά), ανέρχεται σε περίπου 400 με 10 από αυτούς χαρακτηρίζονται ως υδροβιότοποι Ramsar διεθνούς σημασίας. Οι 14 τεχνητές λίμνες καταλαμβάνουν 26.000 εκτάρια. Περίπου το 80-85% των πόρων γλυκού νερού έχουν τη μορφή επιφανειακών υδάτων και το υπόλοιπο είναι υπόγεια ύδατα. Η κατανάλωση νερού ανά κάτοικο είναι περίπου 830 m³ με τις κορυφές που καταγράφηκαν κατά τις ημέρες θερμικού κύματος και τις ημέρες έντονης πτώσης του χιονιού.

Οι βροχοπτώσεις στην Ελλάδα ποικίλλουν, αυξάνοντας από τα Νότια προς τα Βόρεια, λόγω της αλλαγής των κλιματικών συνθηκών που κυμαίνονται από τις ξηρές και τις θερμότερες έως τις υγρές και ψυχρότερες συνθήκες λόγω της αύξησης του γεωγραφικού πλάτους, καθώς και από την Ανατολή προς τη Δύση για τον χωρισμό της χώρας σε δύο διαφορετικές κλιματικές ενότητες, που έφερε η γκάμα της Πίνδου και η επέκταση της στην Πελοπόννησο και την Κρήτη. Η Δυτική Ελλάδα δέχεται την πλειοψηφία των βροχοπτώσεων, περισσότερο από 1500mm / έτος, ενώ η Ανατολική Ελλάδα, μαζί με τα νησιά του Αιγαίου και της Κρήτης, έχουν σημαντικά μικρότερες βροχοπτώσεις, π.χ. Η μέση ετήσια βροχόπτωση της Αθήνας είναι περίπου 400 mm / έτος.

Η έλλειψη νερού (ξηρασία) σε μια περιοχή δεν σχετίζεται μόνο με τη διαθεσιμότητα των υδάτινων πόρων, αλλά και με τη χρήση του νερού. Δυστυχώς, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, οι σημαντικότεροι χρήστες νερού στην Ελλάδα βρίσκονται κυρίως στις Ανατολικές και Νότιες περιοχές της χώρας, γεγονός που είναι μάλλον μειονεκτικό σε σύγκριση με τον φυσικό εμπλουτισμό. Όπως προκύπτει από το Σχήμα 1, η Ελλάδα δεν παρουσιάζει ένα ισορροπημένο σύστημα χρήσης νερού, καθώς η χρήση της υπαίθρου ανέρχεται σε 86% (Λαζάρου, 2006)



Εικόνα 3: Χρήση νερού στην Ελλάδα¹⁰ (energy=ενέργεια, domestic= οικιακή χρήση, industrial= βιομηχανική, agriculture= γεωργική)

Παρόλο που δεν έχουν γίνει ακριβείς εκτιμήσεις για τους διαθέσιμους υδάτινους πόρους στην Ελλάδα, οι περισσότερες αρχές συμφωνούν ότι η κατανάλωση και η χρήση

¹⁰https://easac.eu/fileadmin/PDF_s/reports_statements/Greece_Groundwater_country_report.pdf

του νερού αποτελούν μόνο ένα μικρό ποσοστό, λιγότερο από δέκα και δεκαπέντε τοις εκατό της ετήσιας βροχόπτωσης και του υδάτινου δυναμικού αντίστοιχα . Η συνολική ετήσια βροχόπτωση υπολογίζεται ότι είναι $115.375 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{έτος}$ και το συνολικό δυναμικό νερού εκτιμάται σε $69.000 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{έτος}$ (συμπεριλαμβανομένου του νερού που μεταφέρεται στην Ελλάδα από τις βόρειες χώρες). Από την αρχή των ενενήντα, η συνολική κατανάλωση νερού εκτιμήθηκε στα $5.500 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{έτος}$, ενώ μέχρι το τέλος της τελευταίας δεκαετίας αυξήθηκε περίπου κατά 30%. Εκτιμάται ότι η κατανάλωση νερού στην Ελλάδα αυξάνεται κατά περισσότερο από 3% ετησίως.

Η κυριότερη χρήση νερού στην Ελλάδα είναι η άρδευση (17-95%), ενώ η οικιακή χρήση κυμαίνεται μεταξύ 3 έως 66% και η βιομηχανική χρήση από 0,2 έως 16,0% της συνολικής κατανάλωσης. Η αυξημένη ζήτηση νερού, είτε για αστική είτε για γεωργική χρήση, δεν μπορεί να επιτευχθεί πάντα παρά τις κατάλληλες βροχοπτώσεις. Συχνά παρατηρείται ανισορροπία του ύδατος, ιδιαίτερα στις παράκτιες και Νοτιοανατολικές περιοχές, λόγω των χρονικών και χωρικών διακυμάνσεων των βροχοπτώσεων, της αυξημένης ζήτησης νερού κατά τους καλοκαιρινούς μήνες και της δυσκολίας μεταφοράς νερού λόγω του ορεινού εδάφους. Ωστόσο, κατά μέσο όρο, υπάρχει σχετικά υψηλή κατά κεφαλήν διαθεσιμότητα νερού, δηλαδή περίπου 5.800 m^3 , αν και είναι χαμηλότερη από τις περισσότερες ευρωπαϊκές χώρες, αλλά πολύ υψηλότερη από αυτή άλλων μεσογειακών περιοχών. Η γεωργία της Ελλάδας έχει βελτιωθεί ουσιαστικά από το 1980 και η πρόσθετη γεωργική ανάπτυξη εξαρτάται κυρίως από τη διαθεσιμότητα νερού. Από την άλλη πλευρά, υπάρχουν μεγάλες απώλειες (εξάτμιση, διαρροές κ.λπ.) από το νερό που παραδίδεται στους αγροτικούς χώρους για άρδευση και από τους δημοτικούς χώρους οικιακής χρήσης. Σε ορισμένες περιπτώσεις, οι ζημιές αυτές εκτιμάται ότι ανέρχονται στο 45%. Ένα εναλλακτικό σχέδιο για τη διαχείριση των υδάτινων πόρων θα πρέπει να περιλαμβάνει τα αποχετευτικά απόβλητα που προέρχονται από τα απόβλητα

της μονάδας επεξεργασίας λυμάτων. Το σχέδιο αυτό μπορεί να παρέχει αρκετό νερό για άρδευση, ενώ ταυτόχρονα θα μειωθούν τα φορτία ρύπανσης που εισέρχονται στη θάλασσα ή στα εσωτερικά ύδατα (Τσαγκαράκης, 2002).

B. Σύστημα άρδευσης στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα ο κύριος χρήστης / καταναλωτής του νερού είναι η γεωργία. Για αρδευτικούς σκοπούς χρησιμοποιείται το 80-85% της συνολικής κατανάλωσης νερού. Η καλλιεργούμενη γη καλύπτει 3.470.000 εκτάρια από τα οποία αρδεύονται 1.430.000 εκτάρια. Τα συμμετοχικά έργα άρδευσης καλύπτουν περίπου το 40% της αρδευόμενης γης και τα ιδιωτικά έργα 60% αντίστοιχα.

Υπάρχει σημαντική ποικιλία συστημάτων άρδευσης με χαρακτηριστικά πλεονεκτήματα για ορισμένες εδαφοκλιματικές συνθήκες καθώς και για απαιτήσεις καλλιέργειας.

Γ. Η ποιότητα των υπόγειων υδάτων στην Ελλάδα

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων (Δασκαλάκη και Βουδούρης, 2006), μπορούν να εξαχθούν τα ακόλουθα γενικά χαρακτηριστικά:

Υψηλές τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας κατά μήκος της ακτογραμμής οφείλονται στην διείσδυση θαλασσινού νερού ως αποτέλεσμα της εντατικής εκμετάλλευσης. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα δείχνει μια σταδιακή αύξηση από τις ορεινές περιοχές επαναφόρτισης προς τις περιοχές εκφόρτωσης πεδινών. Η διακύμανση του pH μεταξύ 6,8 και 8,3 δείχνει ότι τα υπόγεια ύδατα είναι ελαφρώς όξινα έως αλκαλικά. Τα υπόγεια ύδατα περιέχουν $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{K}^+$ και $\text{HCO}_3^- \rightarrow \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^- > \text{NO}_3^-$. Η υψηλή περιεκτικότητα σε κάλιο σχετίζεται με λιπάσματα μικτού τύπου ή / και με την παρουσία K-feldspar. Οι υψηλές συγκεντρώσεις Fe και Mn αποδίδονται σε λιθολογικές συνθήκες.

Υψηλές συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων (Zn, Cu, Ni, Pb) καταγράφονται σε περιοχές με δραστηριότητες εξόρυξης (Λαύριο, Χαλκιδική).

Η σύσταση νερού Ca-Mg-HCO_3 είναι ο κυρίαρχος τύπος στην Ελλάδα, που αντιπροσωπεύει γλυκό νερό πρόσφατης διήθησης. Η υπερεκμετάλλευση των παράκτιων υδροφορέων προκαλεί πάντα μείωση στα επίπεδα του υδροφόρου ορίζοντα. Όταν οι όγκοι είναι μεγαλύτεροι από την επαναφόρτιση, ακόμη και σε τοπική βάση, αρχίζει η διαδικασία αλάτωσης στον υδροφορέα καθώς το θαλασσινό νερό ρέει προς την ενδοχώρα. Η διείσδυση του θαλασσινού νερού στις περισσότερες παράκτιες περιοχές έχει προχωρήσει σε μεγάλη απόσταση στο εσωτερικό της χώρας με συνέπεια η συγκέντρωση χλωριούχου να είναι μεγαλύτερη από 100 mg / L . Η συνολική έκταση των υδροφορέων που επηρεάζονται από την εισβολή θαλάσσιου νερού λόγω υπερεκμετάλλευσης εκτιμάται ότι είναι 1500 km^2 .

Τοπικά (Μακεδονία, Θράκη), η αλατότητα των υπογείων υδάτων συσχετίζεται με το παγιδευμένο θαλασσινό νερό στα ιζήματα. Η συγκέντρωση Cl είναι υψηλότερη στο τέλος της ξηρασίας (Οκτώβριος). Η διείσδυση του θαλασσινού νερού έχει ευνοηθεί από ορισμένες διαδρομές προτίμησης, ανάλογα με τις γεωλογικές συνθήκες κάθε περιοχής. Λόγω της περιεκτικότητάς της σε άλατα, περίπου το 2% του θαλασσινού νερού που αναμιγνύεται με γλυκό νερό καθιστά το νερό που προκύπτει ακατάλληλο από πλευράς προδιαγραφών πόσιμου νερού. Μόλις μολυνθεί με θαλασσινό νερό, ο υδροφορέας μπορεί να παραμείνει μολυσμένος για μεγάλες περιόδους (50-600 χρόνια).

Οι συμβατικές μέθοδοι επεξεργασίας των υπόγειων υδάτων δεν εξαλείφουν τα ιόντα χλωρίου. Η διείσδυση θαλάσσιων υδάτων σε παράκτιους καρσικούς υδροφορείς είναι ένα πολύ κοινό φαινόμενο λόγω της σύνδεσης βαθιών αγωγών θαλάσσιου ύδατος με αβαθείς αγωγούς εσωτερικής ναυσιπλοΐας. Η θέση της διεπαφής θαλασσινού-γλυκού νερού εξαρτάται από την ανύψωση της υδραυλικής κεφαλής και ορίζεται ως το σημείο

όπου η πίεση του θαλασσινού νερού είναι ίση με την αντίστοιχη του γλυκού νερού. Σε υγρή περίοδο όταν οι εκφορτίσεις είναι υψηλές, το επίπεδο ισορροπίας είναι χαμηλό, ενώ κατά τη διάρκεια των χαμηλών απορρίψεων της ξηρής περιόδου μπαίνει το θαλασσινό νερό. Για παράδειγμα, το καρστικό ελατήριο Αλμυρού-Ηρακλείου εκκενώνεται ($250 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{έτος}$) σε απόσταση 1,1 χλμ. από τη θάλασσα. Την ξηρή περίοδο, το νερό της πηγής είναι υφάλμυρο λόγω της διείσδυσης του θαλασσινού νερού και η συγκέντρωση του χλωρίου (Cl^-) μπορεί να φθάσει στα 6.000 mg / L . Τα νιτρικά είναι η πλέον άφθονη θρεπτική ουσία στα υπόγεια ύδατα και μπορούν να αποδοθούν σε διαφορετικές πηγές. Σε πολλούς πορώδεις υδροφόρους ορίζοντες, η περιεκτικότητα σε νιτρικά άλατα υπερβαίνει τη μέγιστη επιτρεπόμενη συγκέντρωση των 50 mg / L από το Συμβούλιο της ΕΕ για πόσιμο νερό, καθιστώντας τα περισσότερα από τα υπόγεια ύδατα ακατάλληλα για ανθρώπινη κατανάλωση.

Τα εφαρμοζόμενα λιπάσματα [NH_4NO_3 , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, μεικτά είδη φωσφορικού καλίου- αζώτου] σε καλλιεργούμενες εκτάσεις (αμπελώνας, βαμβάκι, καπνός, κίτρο), οι μονάδες βοοειδών, ο μεγάλος αριθμός βιομηχανιών ρουστίκ (μονάδες τυροκομίας) οι αστικές περιοχές και η διάθεση οικιακών και βιομηχανικών λυμάτων μέσω ποταμών είναι οι σημαντικότερες πηγές νιτρικών αλάτων. Στις αστικές περιοχές η υψηλή συγκέντρωση νιτρικών αποδίδεται στην άμεση απόρριψη ακατέργαστων οικιακών λυμάτων σε πρώην πηγάδια που χρησιμοποιούνται σήμερα ως σηπτικές δεξαμενές.

Οι πιο ευάλωτες περιοχές με ρύπανση από νιτρικά άλατα από γεωργικές δραστηριότητες είναι η Βόρεια Πελοπόννησος και η Θεσσαλία. Η στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων των χημικών αναλύσεων οδηγεί στο συμπέρασμα ότι υπάρχει μια τάση αύξησης των συγκεντρώσεων νιτρικών αλάτων στις περιοχές αυτές. Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις καταγράφονται στην ξηρή περίοδο, λόγω της καθοδικής κίνησης των ρηχών νερών, που είναι πλούσια σε νιτρικά άλατα. Οι αλλουβιακοί και

ρηχοί υδροφόροι είναι ιδιαίτερα ευάλωτοι στη ρύπανση από νιτρικά άλατα, ενώ τα βαθιά ή περιορισμένα υδροφόρα στρώματα είναι γενικά καλύτερα προστατευμένα. Ωστόσο, οι επιφανειακές ή ακανόνιστες εκτάσεις περιορισμένων υδροφορέων μπορούν να επιτρέψουν τη μετανάστευση νιτρικών προς τα βαθύτερα στρώματα. Με βάση τις μέσες υδραυλικές παραμέτρους του αλλουβιακού υδροφόρου ορίζοντα της Βορειοανατολικής Πελοποννήσου υπολογίζεται ότι απαιτείται περίοδος 16,5 ετών για την αποκατάσταση της ποιότητας των υπόγειων υδάτων σε επίπεδο βάσης 15 mg / l νιτρικού άλατος, υπό την προϋπόθεση ότι επιβάλλεται η πλήρης παύση της γονιμοποίησης

Δ. Ποιότητα των υπόγειων υδάτων στη Βόρεια Πελοπόννησο

Τα υπόγεια ύδατα διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην αστική και αγροτική παροχή νερού στο Βόρειο τμήμα της Πελοποννήσου. Παρά το γεγονός ότι αυξάνεται η περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση σε αυτόν τον τομέα, τα υπόγεια ύδατα είναι ένας πόρος που τονίζεται (Voudouris et al., 2005). Το Βόρειο τμήμα της Πελοποννήσου, στη Νότια Ελλάδα συμπεριλαμβανομένου του νομού Αχαΐας και Κορινθίας, έχει έκταση 6.000 km² και πληθυσμό περίπου 477.400. Μεταξύ της δεκαετίας του 1970 και του 2000 ο πληθυσμός αυξήθηκε γρήγορα, αυξάνοντας κατά 35%. Η πληθυσμιακή πυκνότητα στις παράκτιες περιοχές είναι 200 άτομα ανά km² και μειώνεται στα 15 άτομα ανά km² στην ορεινή περιοχή.

Η υδροδότηση καλύπτεται κυρίως από υπόγεια ύδατα που αντλούνται από τους αλλουβιακούς παράκτιους υδροφορείς μέσω πολυάριθμων φρεατίων και γεωτρήσεων. Ο αριθμός των πηγαδιών και γεωτρήσεων έφθασε τις 8,000 στο νομό Κορινθίας. Ως αποτέλεσμα, παρατηρήθηκε μείωση των επιπέδων υπογείων υδάτων, από το 1980 λόγω της υπερεκμετάλλευσης των γεωργικών και δημοτικών εισροών ύδατος στο παράκτιο τμήμα της περιοχής μελέτης σε συνδυασμό με παρατεταμένες περιόδους ξηρασίας.

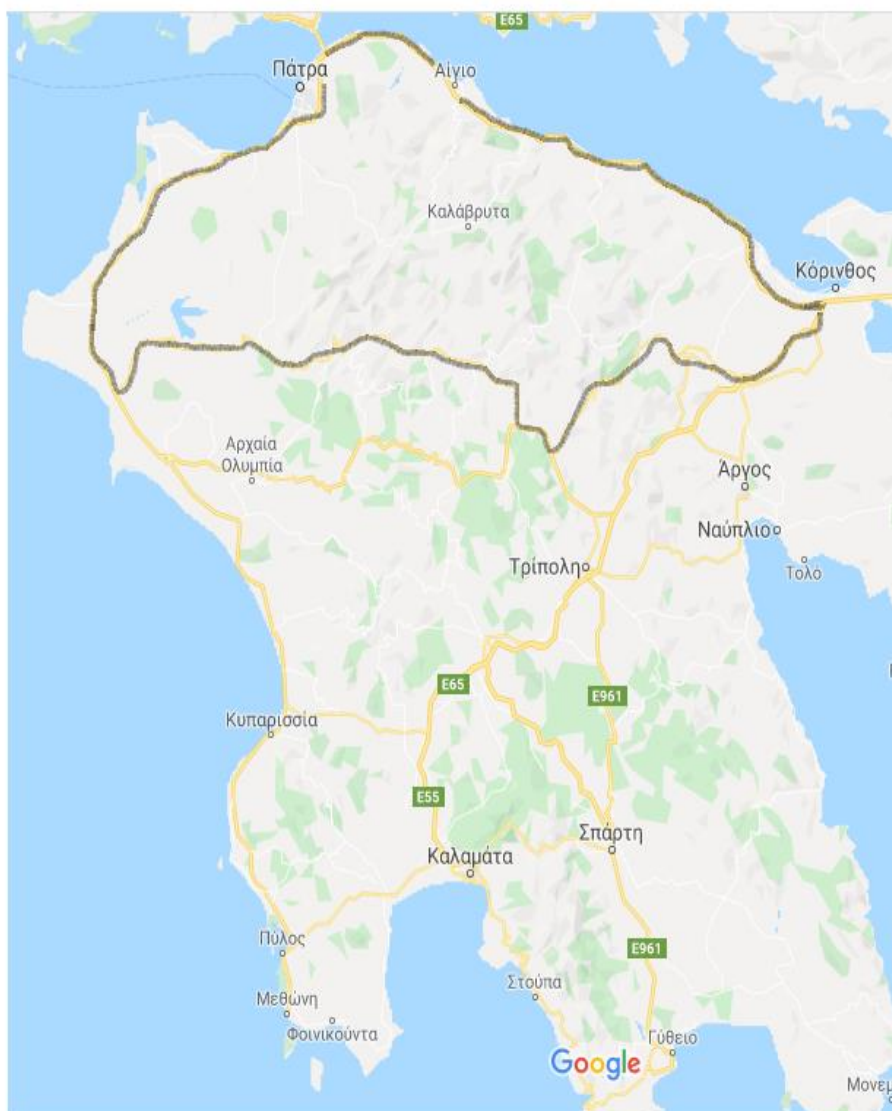
Επιπλέον, στα παράκτια συστήματα υδροφόρου ορίζοντα δημιουργείται αρνητική ισορροπία νερού. Σε αυτά τα συστήματα καταγράφηκε διείσδυση θαλασσινού νερού λόγω υπερβολικής άντλησης σε συνδυασμό με παρατεταμένες ξηρές περιόδους. Μία αύξηση των διαλυμένων συστατικών στα υπόγεια ύδατα, ιδιαίτερα χλωριούχο και νάτριο, έχει παρατηρηθεί σε πολλές γεωτρήσεις που έχουν τρυπηθεί σε υδροφορείς, κατά μήκος της ακτής της περιοχής μελέτης.

Η νιτρορύπανση είναι η δεύτερη σημαντική πηγή υποβάθμισης των υπογείων υδάτων στην περιοχή μελέτης. Τα νιτρικά άλατα είναι ένας κοινός ρύπος που εντοπίζεται στα υπόγεια ύδατα της περιοχής μελέτης, λόγω της παράλογης εφαρμογής λιπασμάτων. Το κοινό λίπασμα που εφαρμόζεται σε όλη την περιοχή άρδευσης είναι $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, φωσφορικό άλας και ποτάσα. Κάτω από μια διαδικασία νιτροποίησης παρουσία οξυγόνου, το αμμώνιο μετατρέπεται σε νιτρικό άλας.

Τα υψηλά επίπεδα νιτρικών αλάτων είναι πιθανώς το αποτέλεσμα της έλλειψης αποχετευτικών συστημάτων σε ορισμένες αστικές περιοχές. Η κύρια πηγή ρύπανσης των επιφανειακών υδάτων προκύπτει από την ανεξέλεγκτη άμεση απόρριψη αποβλήτων ακατέργαστων ελαιοτριβείων στους χειμάρρους και τους ποταμούς. Η εισβολή θαλάσσιων υδάτων συμβαίνει σε μερικούς παράκτιους υδροφόρους ορίζοντες όπου έχει αποκατασταθεί η αρνητική υδραυλική ισορροπία. Το υψηλό ποσοστό των εξετασθέντων δειγμάτων υπερέβη τη μέγιστη αποδεκτή συγκέντρωση νιτρικών αλάτων των 50 mg l^{-1} , η οποία καθορίστηκε από την ΕΕ για πόσιμο νερό. Τα υπόγεια ύδατα στις αστικές περιοχές έχουν μολυνθεί σε διάφορους βαθμούς. Η ποιότητα του νερού ταξινομείται σε τύπους Ca-HCO_3 (γλυκού νερού) και Na-HCO_3 ή Na-Cl (υφάλμυρα νερά) στο παράκτιο μέρος, λόγω της διείσδυσης του θαλασσινού νερού.

Η υποβάθμιση της ποιότητας των υπόγειων υδάτων προκαλείται κυρίως από: τη διείσδυση θαλασσινού νερού και τη ρύπανση από νιτρικά άλατα. Το παράκτιο τμήμα

της περιοχής χαρακτηρίζεται από συνεχιζόμενη αστικοποίηση, τουριστική ανάπτυξη και εντατική γεωργία. Ως αποτέλεσμα, σε ορισμένα παράκτια συστήματα υδροφορέων της περιοχής μελέτης καθιερώνεται αρνητική ισορροπία νερού, προκαλώντας διείσδυση θαλασσινού νερού. Η εντατική γονιμοποίηση έχει οδηγήσει σε σημαντική υποβάθμιση της ποιότητας των υπογείων υδάτων, όπως αποδεικνύεται από την αυξημένη συγκέντρωση νιτρικών. Άλλες πηγές ρύπανσης των υπόγειων υδάτων είναι οι διαρροές σηπτικών δεξαμενών σε αστικές περιοχές. Μόνο τα υπόγεια ύδατα δεν μπορούν να ικανοποιήσουν τις απαιτήσεις ύδρευσης στην περιοχή μελέτης και έτσι υπάρχει ανάγκη συμπλήρωσης με επιφανειακά ύδατα (Voudouris et al., 2005).



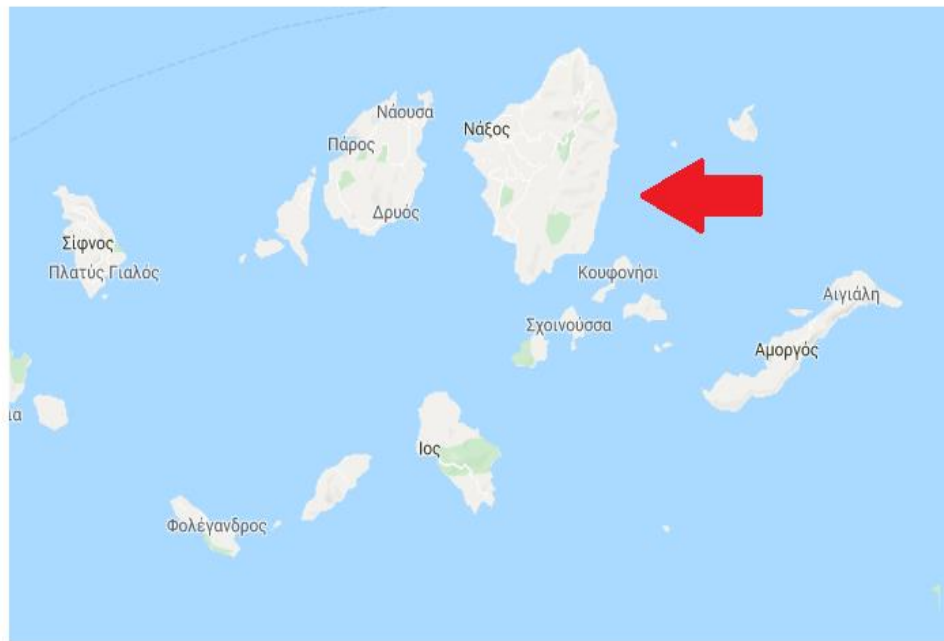
Εικόνα 4: Βόρεια Πελοπόννησος¹¹

¹¹<https://www.google.gr/maps/@37.7195862,22.571405,8.5z?hl=el>

Ε. Ποιότητα των υπόγειων υδάτων στη Νάξο (Κυκλάδες)

Το νησί της Νάξου βρίσκεται στο Αρχιπέλαγος των Κυκλάδων (Αιγαίο πέλαγος, Ελλάδα), που καλύπτει έκταση περίπου 428 km². Περίπου 18.188 άτομα κατοικούν στο νησί. Ο πληθυσμός της το καλοκαίρι αυξάνεται, λόγω του τουρισμού. Η μέση ετήσια βροχόπτωση είναι 380 mm και η πραγματική εξατμισοδιαπνοή εκτιμάται στο 74% των ετήσιων βροχοπτώσεων. Η αλατότητα των βροχοπτώσεων στο Αρχιπέλαγος των Κυκλάδων είναι υψηλή, λόγω του αερομεταφερόμενου ψεκασμού της θάλασσας και που έχει ισχυρή επίδραση στη χημική σύνθεση των υπόγειων υδάτων των νησιών. Το νησί χαρακτηρίζεται από αυξημένες απαιτήσεις νερού, τις τελευταίες δεκαετίες, λόγω της τουριστικής ανάπτυξης και της έντονης άρδευσης. Τα υπόγεια ύδατα είναι η κύρια πηγή για οικιακές και αρδευτικές χρήσεις και είναι ένας πόρος που εντείνεται. Κατά συνέπεια, εμφανίστηκαν προβλήματα σχετικά με την εντατική εκμετάλλευση σε συνδυασμό με την έλλειψη παράλογης διαχείρισης: αλάτωση, επιδείνωση της ποιότητας και μείωση της στάθμης των υπόγειων υδάτων. Πηγές ρύπανσης των υπόγειων υδάτων είναι η διείδυση των θαλασσινών υδάτων λόγω της υπερεκμετάλλευσης των παράκτιων υδροφορέων, των λιπασμάτων από γεωργικές δραστηριότητες και της διάθεσης των μη επεξεργασμένων αποβλήτων σε χείμαρρους ή σε παλιά πηγάδια άντλησης νερού. Σαράντα ένα δείγματα υπόγειων υδάτων συλλέχθηκαν από γεωτρήσεις, τον Αύγουστο-Οκτώβριο του 2004. Τα δείγματα αναλύθηκαν στο εργαστήριο Μηχανικής Γεωλογίας & Υδρογεωλογίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης για σημαντικά ιόντα, Total Hardness (TH) και SiO₂. Η θερμοκρασία του νερού (°C) στην κεφαλή των γεωτρήσεων, η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) και οι τιμές pH 87 δειγμάτων (συμπεριλαμβανομένων των προαναφερθέντων 41 δειγμάτων), μετρήθηκαν in situ. Με βάση τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων, οι τιμές του pH είναι μεγαλύτερες από 7, υποδηλώνοντας τον ελαφρώς αλκαλικό χαρακτήρα των υπόγειων υδάτων. Υψηλές

τιμές καταγράφονται στο παράκτιο τμήμα του νησιού, λόγω της διείσδυσης του θαλασσινού νερού. Η συγκέντρωση χλωρίου κυμαίνεται μεταξύ 24 και 5460 mg L⁻¹. Η υψηλότερη συγκέντρωση Cl είναι το 29% της συγκέντρωσης χλωρίου που βρίσκεται στο θαλασσινό νερό. Οι συγκεντρώσεις νιτρικών κυμαίνονται μεταξύ 3,5-141 mg L⁻¹, η μέση τιμή νιτρικών είναι 27,8 mg L⁻¹. Οι συγκεντρώσεις νιτρικών αλάτων στα περισσότερα από τα δείγματα υπόγειων υδάτων που αναλύθηκαν υπερβαίνουν τη μέγιστη αποδεκτή συγκέντρωση 50 mg L⁻¹, που καθορίστηκε από την ΕΕ για πόσιμο νερό, λόγω ανθρωπίνων δραστηριοτήτων. Γενικά, παρατηρείται σημαντική σχέση στα κύρια ιόντα που έχουν το διαφορετικό φορτίο αλλά το ίδιο σθένος: Na⁺-Cl⁻, Na⁺-HCO₃⁻, K⁺-HCO₃⁻ και στα ιόντα που έχουν το ίδιο φορτίο και το ίδιο σθένος Na⁺-K⁺, Cl⁻ HCO₃⁻. Μπορούν να αναγνωριστούν δύο κύριοι τύποι υπόγειων υδάτων: Ca (Mg) -HCO₃ (γλυκό νερό) και Na-Cl (νερό που επηρεάζεται από την εισβολή των θαλασσινών υδάτων). Τα αποτελέσματα της ανάλυσης διασποράς αναγνώρισαν την ύπαρξη δύο προαναφερθέντων τύπων υπόγειων υδάτων. Δεν είναι δυνατόν να καθοριστεί μια γενικευμένη τάση για κατανομή θερμοκρασίας στο νησί. Οι θερμοκρασίες των υπόγειων υδάτων κυμαίνονται από 13,6-18,5°C στο Βόρειο κεντρικό τμήμα του νησιού, 19-22 °C στο παράκτιο τμήμα του νησιού, 21-25,5 °C και 26,7-32,6 °C στο Νοτιοδυτικό τμήμα του νησιού. Οι τιμές υψηλής θερμοκρασίας δείχνουν τοπική γεωθερμική ανωμαλία (Vasalakis et al., 2005)



Εικόνα 5: Νάξος¹²

ΣΤ. Το υδρολογικό καθεστώς του Ανατολικού λεκανοπεδίου της Θεσσαλίας

Ένα τυπικό παράδειγμα ενός λεκανοπεδίου με σοβαρή έλλειψη νερού λόγω της κακής διαχείρισης των υδάτινων πόρων και της αυξημένης ζήτησης νερού είναι το Ανατολικό λεκανοπέδιο της Θεσσαλίας. Η τρέχουσα κατάσταση σχετικά με τους υδάτινους πόρους στο Ανατολικό λεκανοπέδιο αναλύεται και αξιολογείται διεξοδικά. Η μέση ετήσια βροχόπτωση είναι περίπου 530 mm και κυμαίνεται από 353-734 mm ετησίως. Το 87% των βροχοπτώσεων χάνεται μέσω της εξατμισοδιαπνοής. $45 \times 10^6 \text{ m}^3$ επιφανειακών υδάτων από τον ποταμό Πηνειό εξυπηρετούν αρδευτικούς σκοπούς (Petalas *et al.*, 2005). Στο λεκανοπέδιο, σχεδόν το 100% (ή $30 \times 10^6 \text{ m}^3$) των απαιτήσεων πόσιμου νερού και το 76% των απαιτήσεων νερού άρδευσης ($145 \times 10^6 \text{ m}^3$) πληρούνται από τα υπόγεια ύδατα. Η άρδευση των 75.000 εκταρίων που χρησιμοποιούνται για τη γεωργία στο λεκανοπέδιο απαιτεί $335 \times 10^6 \text{ m}^3$ νερού. Τα συστήματα υδροφορέων σε

¹²<https://www.google.gr/maps/@37.0277967,25.3814866,9.75z?hl=el>

πολλές περιπτώσεις υπερεκμεταλλεύονται. Μια συνεχής πτώση της στάθμης του νερού (έως 2m / έτος) έχει συμβεί τις τελευταίες δύο δεκαετίες ως αποτέλεσμα ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Παρά το γεγονός ότι τα επίσημα στοιχεία σχετικά με τη μόλυνση των υπόγειων υδάτων είναι σπάνια και ασαφή, η ρύπανση των υδροφορέων από ανθρώπινες δραστηριότητες μπορεί να είναι σοβαρή σε ορισμένες περιοχές. Σε τμήματα ορισμένων υδροφορέων υπάρχουν περιοχές στις οποίες NO_3^- υπερβαίνει το όριο των 50 mg / L για πόσιμο νερό. Η διεύδυση θαλασσινού νερού συμβαίνει στις παράκτιες περιοχές. Πολύτιμοι υγρότοποι έχουν καταστραφεί (π.χ. Λίμνη Κάρλα) λόγω εσφαλμένης ανάπτυξης και διαχείρισης υδάτινων πόρων. Οι ανθρώπινες δραστηριότητες επηρέασαν αρνητικά τη μακροπρόθεσμη αλληλεπίδραση μεταξύ υπόγειων και επιφανειακών υδάτων σε ορισμένες περιοχές του ποταμού Πηνειού. Η ποιότητα των υπόγειων υδάτων είναι γενικά κατάλληλη για τις περισσότερες χρήσεις. Η ποιότητα των υπόγειων υδάτων επηρεάζεται συχνότερα από τη ρύπανση και τη διάθεση των αποβλήτων χωρίς σημείο.

Η υποβάθμιση της ποιότητας των υπόγειων υδάτων στο αλούβιο προκαλείται από τρεις διαδικασίες. Πρώτον, όπου το νερό του ποταμού που επαναφορτίζει τον υδροφορέα είναι κακής ποιότητας. Δεύτερον, ρύπανση σημειακής πηγής από χωματερές ή απόβλητα και τρίτον ρύπανση από μη γεωργικές πηγές. Η εκμετάλλευση των υπόγειων υδάτων ξεκίνησε στις αρχές της δεκαετίας του 1970.

Η ποιότητα των φρεατίων αυξήθηκε σταδιακά όπως φαίνεται στον Πίνακα 2, όπως και η ποσότητα που αντλείται από τους υδροφορείς. Αναπτύχθηκε ένα σύστημα αδειών στην περιοχή μελέτης που επιτρέπει στους κατόχους να τρυπήσουν πηγάδια και να χρησιμοποιούν υπόγεια ύδατα. Οι άδειες μπορεί να είναι για την απόσυρση μιας συγκεκριμένης ποσότητας νερού για χρήση ως αστική ή γεωργική χρήση. Γενικά, οι άδειες δεν βασίζονται σε επιστημονικά κριτήρια. Περίπου 12.000 άδειες για γεώτρηση

καταγράφηκαν στην περιοχή μελέτης από το 1980 έως το 1995. Περίπου 11.400 πηγάδια τρυπήθηκαν τελικά.

Στο Ανατολικό λεκανοπέδιο της Θεσσαλίας υπάρχει επίσης άγνωστος αριθμός παράνομων γεωτρήσεων, καθώς και μεγάλος αριθμός εγκαταλελειμμένων πηγαδιών. Τοπικά, τα υπόγεια ύδατα έχουν επηρεαστεί από διείσδυση θαλασσινού νερού. Η ακατάλληλη διαχείριση των λιπασμάτων έχει οδηγήσει σε υπερβολικά επίπεδα νιτρικών αλάτων, μερικές φορές στο σημείο όπου το νερό καθίσταται ακατάλληλο για κατανάλωση ως πόσιμο νερό. Η συγκέντρωση νιτρικών κυμαίνεται από 0,53 έως 143,14 mg / L. Η μέση συγκέντρωση είναι 21,05 mg / L. Η συγκέντρωση αμμωνίας κυμαίνεται από 0 έως 0,76 mg / L με μέση συγκέντρωση 0,55 mg / L. Ο Πίνακας 3 παρουσιάζει χημικές και φυσικές παραμέτρους των υπόγειων υδάτων για την περίοδο 1999-2000. Η δειγματοληψία υπόγειων υδάτων περιλάμβανε 24 πηγάδια.

Πίνακας 2: Άδειες που χορηγούνται ετησίως από το 1981 έως το 1995, οι οποίες επιτρέπουν στους κατόχους να τρυπούν πηγάδια και να χρησιμοποιούν υπόγεια ύδατα στην περιοχή μελέτης.¹³

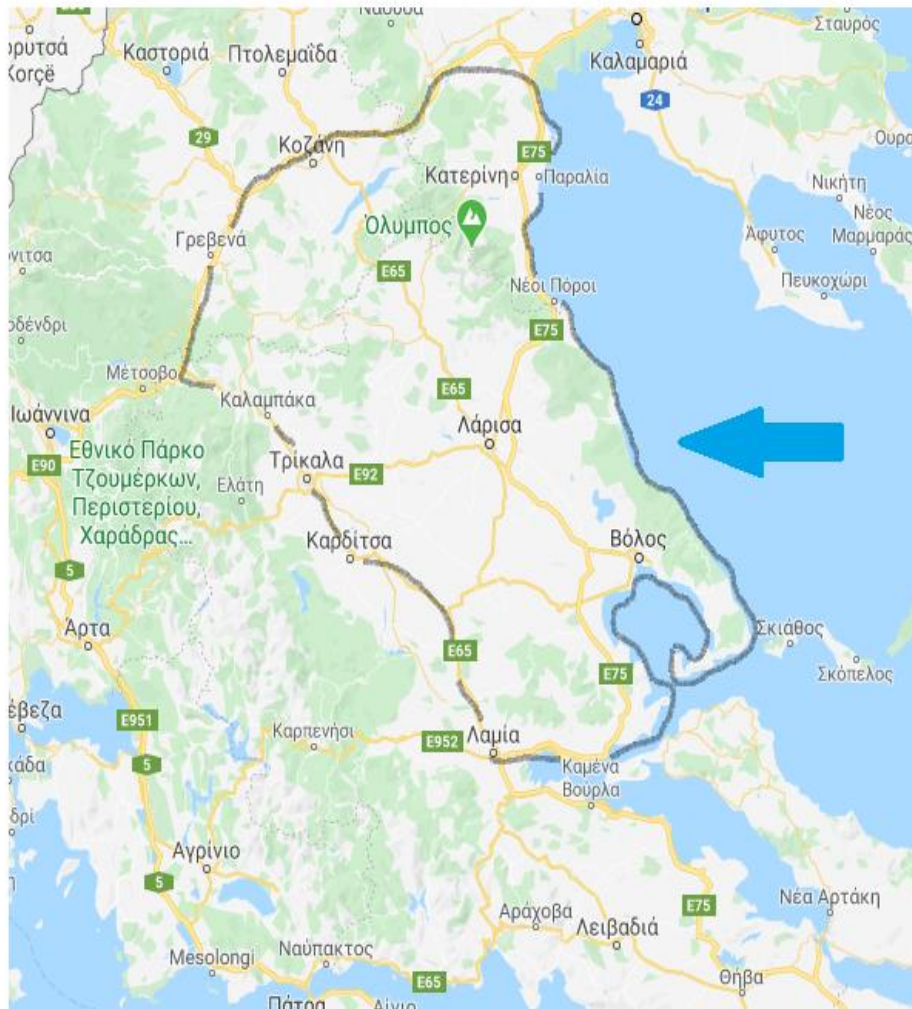
1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
320	431	568	1012	1284	939	320	971
1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	
860	849	461	798	852	544	620	

¹³https://easac.eu/fileadmin/PDF_s/reports_statements/Greece_Groundwater_country_report.pdf

Πίνακας 3: Χημικές παράμετροι των υπόγειων υδάτων στην περιοχή μελέτης κατά την περίοδο 1999 -2000¹⁴

		SEC	Salinity type	Cl ⁻	CO ₃ ⁻²
	pH	(μS/cm)		(mg/L)	(mg/L)
Average	7.48	851	C2-C4	49.04	26.50
Min	7.00	449		4.01	0.00
Max	7.90	2790		307.96	72.00
	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺
	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)
Average	326.50	52.07	66.28	43.04	75.98
Min	3.50	2.49	30.70	8.10	8.44
Max	567.30	335.85	134.50	89.80	554.95

¹⁴https://easac.eu/fileadmin/PDF_s/reports_statements/Greece_Groundwater_country_report.pdf



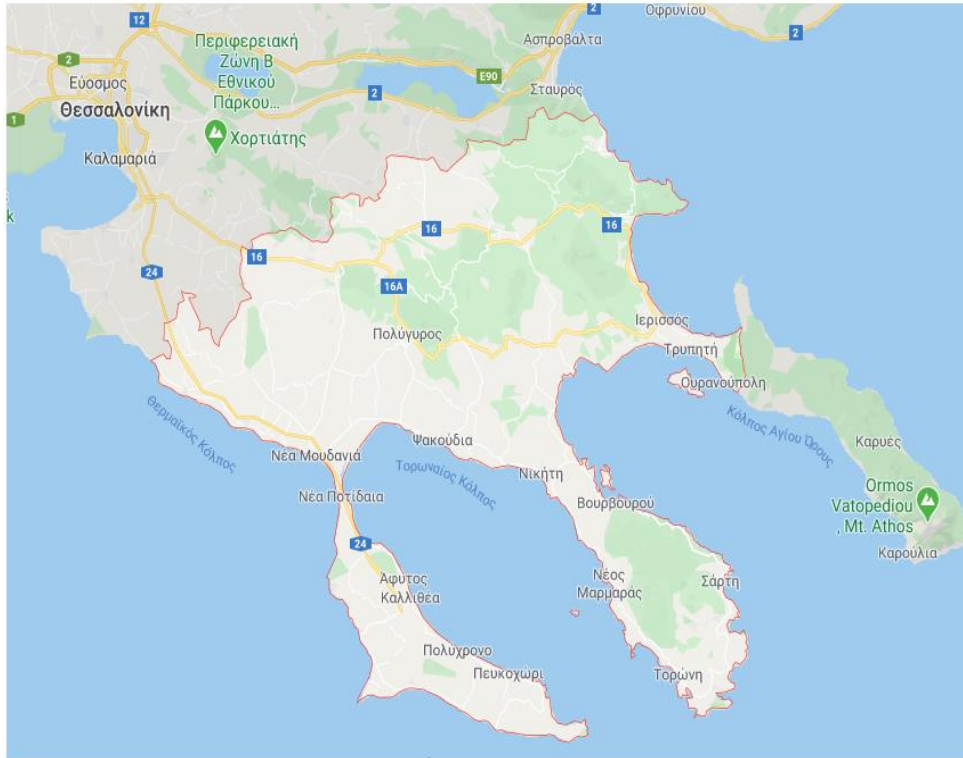
Εικόνα 6: Θεσσαλία¹⁵

Z. Κατανομή αρσενικού στα υπόγεια ύδατα στην περιοχή της Χαλκιδικής, Βόρεια Ελλάδα

Πραγματοποιήθηκε μια ολοκληρωμένη μελέτη που στοχεύει στην εμφάνιση και διανομή του αρσενικού στα υπόγεια ύδατα στην περιοχή της Χαλκιδικής, Βόρεια Ελλάδα. Δείγματα υπόγειων υδάτων από δημόσια πηγάδια ύδρευσης και ιδιωτικά πηγάδια αναλύθηκαν για αρσενικό και άλλες παραμέτρους ποιότητας (T, pH, EC, Ca, Mg, Na, K, Cl, HCO₃, NO₃, SO₄, B, Fe, Mn). Το αρσενικό έδειξε υψηλή χωρική

¹⁵<https://www.google.gr/maps/@39.4782041,22.8006083,9.25z?hl=el>

διακύμανση, κυμαίνονταν από 0,001 έως 1,840 mg / L. Σχεδόν το 65% των υπόγειων υδάτων που εξετάστηκαν εμφανίζουν συγκεντρώσεις αρσενικού υψηλότερες από το μέγιστο όριο συγκέντρωσης 0,010 mg / L, που προτείνεται για νερό που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση. Ανάλυση συσχέτισης και ανάλυση κύριων συστατικών χρησιμοποιήθηκαν για να ανακαλυφθούν πιθανές σχέσεις μεταξύ των παραμέτρων που εξετάστηκαν και των δειγμάτων υπόγειων υδάτων. Το αρσενικό συσχετίζεται σε μεγάλο βαθμό με το κάλιο, το βόριο, το όξινο ανθρακικό άλας, το νάτριο, το μαγγάνιο και τον σίδηρο που υποδηλώνουν κοινή γηγενή προέλευση αυτών των στοιχείων και συνθηκών που ενισχύουν την κινητικότητά τους. Στην περιοχή της μελέτης βρέθηκαν τρεις ομάδες υπόγειων υδάτων με διαφορετικά φυσικοχημικά χαρακτηριστικά: (α) υπόγεια ύδατα με εξαιρετικά υψηλές συγκεντρώσεις αρσενικού (1,6-1,9 mg / L) και υψηλή θερμοκρασία (33-42 °C) από γεωθερμικά φρεάτια, (β) υπόγεια ύδατα με σχετικά υψηλές συγκεντρώσεις αρσενικού (> 0,050 mg / L), χαμηλότερες θερμοκρασίες και σχετικά υψηλές συγκεντρώσεις σημαντικών ιόντων, σιδήρου και μαγγανίου και, (γ) υπόγεια ύδατα με χαμηλές συγκεντρώσεις αρσενικού που πληρούν τα προτεινόμενα όρια για το νερό βύθισης (Kouras *et al.*, 2007)



Εικόνα 7: Χαλκιδική¹⁶

Η. Ο ρόλος και η σημασία των κοινών υδροφορέων

Τα διακρατικά σύνορα μπορεί να διασχίζουν τους υδροφορείς χωρίς να αναγνωρίζουν υδρολογικές και υδρογεωλογικές διεργασίες που μπορεί να πραγματοποιούνται με διαφορετικούς τρόπους από κάθε πλευρά του συνόρου. Σε διεθνώς κοινόχρηστα ποτάμια και λίμνες σημειώθηκε μεγάλη πρόοδος στο πώς να προσδιοριστεί τι είδους προβλήματα υδάτινων πόρων είναι ή πιθανόν να τεθούν για διμερείς ή πολυμερείς διακρατικές λύσεις. Η κατάσταση είναι αρκετά διαφορετική στην περίπτωση των διασυνοριακών πόρων υπόγειων υδάτων.

¹⁶<https://www.google.gr/maps/@40.277723,23.5226175,9.5z?hl=el>

Δυσκολίες προκύπτουν σε επιστημονικά και τεχνικά θέματα (παρακολούθηση υπόγειων υδάτων, ερμηνεία δεδομένων, μοντελοποίηση), η έλλειψη πολιτικής προθυμίας για συνεργασία και η αδυναμία των εμπλεκόμενων φορέων.

Σημαντικές δυσκολίες στο σχεδιασμό σχεδίων ανάπτυξης υπόγειων υδάτων είναι ότι η ροή των υπόγειων υδάτων και η ποιότητα των υπόγειων υδάτων υπόκεινται σε διάφορους τύπους αβεβαιοτήτων πολύ πιο σημαντικές από ό, τι στην επιφανειακή υδρολογία. Αυτά σχετίζονται με την υψηλή μεταβλητότητα του χώρου και του χρόνου των υδρογεωλογικών, χημικών και βιολογικών διεργασιών.

Η κύρια πρόκληση είναι να δημιουργηθεί ένα πλαίσιο συνεργασίας στο οποίο ιδρύματα που εμπλέκονται και από τις δύο πλευρές θα μπορούσαν να συνεργαστούν αποτελεσματικά. Μια πολύ χαρακτηριστική περίπτωση αλληλεξαρτήσεων υπόγειων-επιφανειακών υδάτων μπορεί να βρεθεί στα Νότια Βαλκάνια, στην περιοχή της λίμνης Dojran, που μοιράζεται διεθνώς μεταξύ της Ελλάδας και της Πρώην Γιουγκοσλαβικής Δημοκρατίας της Μακεδονίας (ΠΓΔΜ). Την τελευταία δεκαετία, κατά τη διάρκεια της περιόδου ξηρασίας πολλαπλών ετών, η εκτεταμένη άντληση από την ελληνική πλευρά για άρδευση μπορεί να συνέβαλε στη σημαντική μείωση της στάθμης του νερού της λίμνης (EUWI / MED, 2007)

Η έκταση που αναφέρεται ως αρδεύσιμη αυξήθηκε στην Ελλάδα από 1.130.570 εκτάρια το 1990 σε 1.235.300 εκτάρια το 1995 και 1.521.600 εκτάρια το 2003. Η περιοχή που ουσιαστικά αρδεύτηκε αυξήθηκε επίσης από 932.980 εκτάρια το 1990 σε 1.142.180 εκτάρια το 1995 και 1.294. 400 εκτάρια το 2003. Η περιοχή που είναι εξοπλισμένη για άρδευση υπολογίστηκε επιλέγοντας το μέγιστο της αρδεύσιμης έκτασης, όπως αναφέρει η EUROSTAT για 13 περιοχές και για τα έτη 1997, 2000 και 2003 .Το νησί της Κρήτης υποδιαιρέθηκε περαιτέρω σε τέσσερις συνοικίες, επειδή οι στατιστικές άρδευσης μπορούσαν να ληφθούν από τη βιβλιογραφία .Η περιοχή που είναι εξοπλισμένη για

άρδευση ανά περιφέρεια που υπολογίζεται με αυτό τον τρόπο ανέρχεται σε 1.544.530 εκτάρια. Η περιοχή αυτή είναι ορατή στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 4: Παγκόσμιος χάρτης αρδευτικών περιοχών ΕΛΛΑΔΑ¹⁷

Περιοχή	NUTS1-region	Περιοχή εξοπλισμένη για άρδευση (ha)		Με επιφανειακά νερά	Στην πραγματικότητα αρδεύσιμη
		Συνολικά μεγ. (1997,2000,2003)	Με υπόγεια νερά		
	Anatoliki Makedonia, Thraki	211 390	80 638	130 752	177 410
	Attiki	15 000	12 522	2 478	9 820
	Dytiki Ellada	147 520	42 648	104 872	104 587
	Dytiki Makedonia	53 360	29 049	24 311	35 710
	Ionia Nisia	5 930	3 590	2 340	2 113
	Ipeiros	50 910	8 068	42 842	38 297
	Kentriki Makedonia	347 900	108 862	239 038	292 387
Iraklion	Kriti	59 045			
Khania	Kriti	28 577			
Lasithi	Kriti	25 311			
Rethimni	Kriti	9 877			
	Kriti		103 937	18 873	86 200
	Notio Aigaio	14 440	8 051	6 389	6 870
	Peloponnisos	127 840	82 299	45 541	90 323
	Stereia Ellada	143 830	92 415	51 415	117 793
	Thessalia	294 570	169 112	125 458	238 617
	Voreio Aigaio	9 030	7 345	1 685	5 890
Greece total		1 544 530	748 535	795 995	1 206 017

Η αρδευόμενη περιοχή κατατάχθηκε πρώτα σε όλες τις περιοχές που ταξινομούνται ως "μόνιμα αρδευόμενες εκτάσεις" ή "πεδία ρυζιού" από τη βάση δεδομένων κάλυψης εδάφους Corine 2000 για την Ευρώπη . 658.386 εκτάρια κατανέμονται συνολικά με αυτόν τον τρόπο. Επιπρόσθετα, άλλοι χώροι άρδευσης ψηφιοποιήθηκαν από χάρτη άρδευσης ή από χάρτη χρήσης γης που δημοσιεύθηκε σε έναν άτλαντα.

¹⁷<http://www.fao.org/nr/water/aquastat/irrigationmap/grc/GRC-gmia.pdf> (εξακριβώθηκε 29 Ιουνίου του 2020)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙΙΙ

1. ΑΓΡΟΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ

Εντός της Ευρώπης, υπάρχει μεγάλη ποικιλία στη διαθεσιμότητα των υδάτινων πόρων και, ως εκ τούτου, μια έντονη χωρική μεταβλητότητα στις πρακτικές και στην κατανάλωση των γεωργικών υδάτων. Το κλίμα είναι ο κύριος παράγοντας που καθορίζει την κατανάλωση νερού στη γεωργία. Υπάρχουν περιοχές όπου η άρδευση είναι η μόνη πηγή νερού για την καλλιέργεια (αυτό συμβαίνει κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού σε ορισμένες μεσογειακές περιοχές), ενώ σε άλλες περιοχές, η άρδευση χρησιμοποιείται ως συμπλήρωμα της γεωργικής καλλιέργειας με βροχή. Η τεχνολογία άρδευσης είναι επίσης ένας σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει το επίπεδο κατανάλωσης νερού στο γεωργικό τομέα. Ο αριθμός των κρατών μελών που αντιμετωπίζουν εποχιακές ή μακροχρόνιες ξηρασίες έχει αυξηθεί με την πάροδο των ετών. Η χρήση των γεωργικών υδάτων αποτελεί σοβαρό πρόβλημα, ιδίως στα Νότια μέρη της Ευρώπης, όπου το νερό είναι σπάνιο και ποικίλλει από έτος σε έτος. Σε ξηρές περιόδους του έτους ή σε γενικά ξηρές περιοχές είναι απαραίτητο να αρδεύονται ορισμένες καλλιέργειες για να επιτευχθούν λογικές αποδόσεις. Εάν δεν εφαρμοστεί σωστά, η άρδευση μπορεί να οδηγήσει σε υπερβολική άντληση των αποθεμάτων υπογείων υδάτων, δευτερογενή αλάτωση αλατοποίησης (με πλούσιο σε άλατα νερό άρδευσης ή / και ανεπαρκή αποστράγγιση) και στη ρύπανση του νερού από θρεπτικά συστατικά, φυτοφάρμακα και άλλες γεωργικές εισροές. Η διάβρωση του εδάφους μπορεί να προκύψει από την εντατική άρδευση σε πλαγιές. Ωστόσο, το περιβαλλοντικό αντίκτυπο της άρδευσης εξαρτάται από το ρυθμό υδροληψίας και τη διαθεσιμότητα ύδατος σε τοπικό επίπεδο. Οι

πηγές ύδατος που χρησιμοποιούνται για άρδευση έχουν επίσης σημασία, π.χ. τα επιφανειακά ύδατα μπορούν να αναπληρώνονται πολύ ταχύτερα από τα υπόγεια ύδατα.

Η άρδευση μπορεί επίσης να έχει περιβαλλοντικά οφέλη. Μέσω της αναδιανομής των υδάτινων πόρων, νέα έργα άρδευσης μπορούν να συμβάλουν στη βελτίωση της επαναφόρτισης των υδροφορέων και της διατήρησης των οικοτόπων στις περιοχές που λαμβάνουν το νέο νερό. Αυτό μπορεί να συμβαίνει, για παράδειγμα, για σχέδια άρδευσης που συνεπάγονται τη δημιουργία υγροβιότοπων, γεγονός που μπορεί να προσφέρει νέες δυνατότητες διατροφής ή / και αναπαραγωγής για την άγρια πανίδα. Οι επενδύσεις σε σύγχρονο εξοπλισμό άρδευσης μπορούν να μειώσουν την κατανάλωση νερού και να αυξήσουν την παραγωγικότητα των καλλιεργειών, επιτρέποντας τη βιώσιμη γεωργική παραγωγή στις αγροτικές περιοχές και καταπολεμώντας την εγκατάλειψη της γης.

Είναι σημαντική η οικονομία του νερού:

Το νερό είναι τόσο πολύτιμο, επειδή είναι περιορισμένο από την φύση¹⁸. Η επιστήμη της οικονομίας του ύδατος μελετά τον τρόπο με τον οποίο είναι περιορισμένοι οι υδάτινοι πόροι και τον τρόπο με τον οποίο θα πρέπει να καταστεί δυνατή η ικανοποίηση των γεωργικών αναγκών χωρίς να δημιουργηθούν κοινωνικές ανισότητες και μη βιώσιμες περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Συνολικά, ο πλανήτης διαθέτει περίπου 1,4 δισεκατομμύρια κυβικά χιλιόμετρα νερού (97,5% αλμυρό νερό και το υπόλοιπο 2,5 γλυκό). Ωστόσο, εκτιμάται ότι λιγότερο από 45.000 κυβικά χιλιόμετρα (0.003 τοις εκατό του συνόλου) είναι θεωρητικά χρησιμοποιήσιμο και ότι μόνο 9.000 έως 14.000 κυβικά χιλιόμετρα (περίπου 0.001 τοις εκατό του συνόλου) είναι κατάλληλα για ανθρώπινη

¹⁸https://pacinst.org/wp-content/uploads/2002/02/new_economy_of_water3.pdf

χρήση, πράγμα που σημαίνει ότι είναι επαρκούς ποιότητας και είναι προσβάσιμο με αποδεκτό κόστος.

Κάθε δύο χρόνια ενημερώνεται μία έκθεση στο Pacific Institute (Φεβρουάριο του 2002¹⁹) , που κατανέμεται το γλυκό νερό ανά τον κόσμο. Σύμφωνα με αυτό λοιπόν, έδειξε ότι το 65% περίπου του γλυκού νερού κατανέμεται σε 13 χώρες.

Από την άλλη πλευρά υπάρχει και ένας αυξανόμενος αριθμός χωρών που αντιμετωπίζουν σοβαρή έλλειψη νερού.

Η λειψυδρία μπορεί να αποτελέσει πηγή σύγκρουσης μεταξύ εκείνων με λιγοστή προσφορά και εκείνων με υπερβολική προσφορά, οπότε η δίκαιη και προσεκτική παρακολούθηση της διαχείρισης και της διανομής της προσφοράς είναι παγκόσμιας σημασίας. Εκτός από το νερό που χρησιμοποιείται για πόσιμο και γεωργία, το εικονικό ύδωρ – νερό²⁰ που χρησιμοποιείται κατά τη διαδικασία του παγκόσμιου εμπορίου - είναι ένας σημαντικός πόρος που πρέπει να ποσοτικοποιηθεί και να αναλυθεί. Η χρήση εικονικού νερού ήταν λιγότερο ανησυχητική στο παρελθόν διότι ο λόγος νερού προς τους ανθρώπους ήταν τόσο μεγάλος που ήταν σαν η παροχή νερού να μας ήταν απεριόριστη. Αυτό βέβαια δεν ισχύει και την σήμερα ημέρα διότι ο πληθυσμός είναι τεράστιος (7 δισεκατομμύρια άνθρωποι), η λειψυδρία δεν είναι μία πιθανότητα αλλά η πραγματικότητα για πολλούς.

¹⁹https://pacinst.org/wp-content/uploads/2002/02/new_economy_of_water3.pdf

²⁰Η ιδέα του εικονικού νερού εισήχθη από τον Tony Allan, έναν από τους κορυφαίους εμπειρογνώμονες στον κόσμο στον τομέα του νερού. Ο Allan ορίζει το εικονικό νερό (PDF) ως μέσο για να αποκαλύψει τους κρυμμένους παράγοντες της πραγματικής παγκόσμιας κατανάλωσης νερού μας. Το πραγματικό νερό είναι το νερό που απαιτείται για την παραγωγή γεωργικών προϊόντων . Η ιδέα θα μπορούσε να επεκταθεί ώστε να συμπεριλάβει το νερό που απαιτείται για την παραγωγή μη γεωργικών προϊόντων. Ο συγγραφέας δεν επιχείρησε να επεκτείνει το πεδίο πέρα από τη γεωργία. Το εικονικό νερό είναι ένας όρος που συνδέει το νερό, τα τρόφιμα και το εμπόριο.

Το εικονικό νερό διαπραγματεύεται σε τεράστιους όγκους, καθώς οι καλλιέργειες που χρειάζονται μεγάλες ποσότητες νερού για καλλιέργεια μεταφέρονται σε μεγάλη απόσταση, όχι πάντα με λογικά αποτελέσματα. Για παράδειγμα, τρεις από τις 10 πρώτες χώρες που εξάγουν σιτάρι στον πλανήτη έχουν σοβαρή έλλειψη νερού και τρεις από τους δέκα κορυφαίους εισαγωγείς σιταριού είναι ευλογημένοι με μεγάλη αφθονία. Εάν η ζήτηση αυξάνεται και οι πόροι μειώνονται - εν μέρει λόγω της ρύπανσης και της κλιματικής αλλαγής - τότε σαφώς θα αυξηθεί η οικονομική αξία του νερού και το χάσμα μεταξύ εκείνων που έχουν άφθονο νερό και όσων δεν το κάνουν θα προκαλέσει νέες συγκρούσεις. Η ιδιωτικοποίηση του νερού όταν οι ιδιωτικοί τομείς αγοράζουν το δικαίωμα συμμετοχής στην αποχέτευση και τη διανομή των υδάτινων πόρων - έχει αναφερθεί ως μια πιθανή, αν και διαλυτική λύση στο πρόβλημα αυτό.

Αν δεν ληφθούν σύντομα μέτρα, το νερό θα είναι σπάνιο στις περιοχές όπου είναι σήμερα άφθονη - όπως η Κεντρική Αφρική και η Ανατολική Ασία - και η έλλειψη θα επιδεινωθεί σε περιοχές όπου το νερό είναι ήδη ελλιπές - όπως η Μέση Ανατολή και το Σαχέλ στην Αφρική.

Η άρδευση είναι η τεχνητή εφαρμογή του νερού στη γη για τη γεωργική παραγωγή. Η αποτελεσματική άρδευση θα επηρεάσει ολόκληρη την αναπτυξιακή διαδικασία από την προετοιμασία της σποράς, τη βλάστηση, την ανάπτυξη των ριζών, τη χρήση θρεπτικών συστατικών και την ανάπτυξη των φυτών, την απόδοση και την ποιότητα.

Το να αποφασίσετε ποια συστήματα άρδευσης είναι καλύτερα για τη λειτουργία σας απαιτεί γνώση του εξοπλισμού, του σχεδιασμού του συστήματος, των φυτικών ειδών, του σταδίου ανάπτυξης, της δομής ρίζας, της σύνθεσης του εδάφους και του σχηματισμού γης. Τα συστήματα άρδευσης θα πρέπει να ενθαρρύνουν την ανάπτυξη των φυτών ελαχιστοποιώντας παράλληλα τις ανισορροπίες αλάτων, τα εγκαύματα των φύλλων, τη διάβρωση του εδάφους και την απώλεια νερού. Απώλειες νερού θα

προκύψουν εξαιτίας της εξάτμισης, του ανέμου, της απορροής και του νερού (και των θρεπτικών στοιχείων) που βυθίζονται βαθιά κάτω από τη ζώνη ρίζας. Ενδεικτικά μερικά συστήματα άρδευσης είναι τα εξής :

Σύστημα αδράνειας

Το σύστημα αυτό περιλαμβάνει μια σειρά από μικρά, ρηχά κανάλια που χρησιμοποιούνται για να κατευθύνουν το νερό σε μια πλαγιά ,σε ένα παρακλάδι.

Οι γέφυρες είναι γενικά ίσιες, αλλά μπορεί επίσης να είναι καμπύλες για να ακολουθήσουν το περίγραμμα της γης, ειδικά σε απότομα κεκλιμένες εκτάσεις.

Οι καλλιέργειες σειρών τυπικά αναπτύσσονται στην κορυφογραμμή ή την κλίνη μεταξύ των αυλακώσεων, σε απόσταση από το ένα μέτρο

Συστήματα ελέγχου πλημμυρών ή συνοριακών ελέγχων

Το νερό ρέει κάτω από την κλίση της μάντρας ως ένα φύλλο οδηγούμενο από κορυφογραμμές. Σε απότομα κεκλιμένες εκτάσεις, οι κορυφογραμμές είναι πιο κοντά και μπορεί να είναι καμπύλες για να ακολουθήσουν το περίγραμμα της γης.

Τα συστήματα συνόρων είναι κατάλληλα για οπωρώνες και αμπελώνες, καθώς και για βοσκότοπους και καλλιέργειες σιτηρών

Συστήματα λεκάνης επιπέδου

Τα συστήματα αυτά διαφέρουν από τα παραδοσιακά συστήματα ελέγχου των συνόρων ή από τα συστήματα πλημμύρων σε αυτή την κλίση της γης είναι επίπεδα και τα άκρα της περιοχής είναι κλειστά. Το νερό εφαρμόζεται σε μεγάλους όγκους για να

επιτευχθεί μια ομοιόμορφη, γρήγορη απορρόφηση του επιθυμητού βάθους εφαρμογής μέσα σε λεκάνες απορροής.

Συστήματα άρδευσης χαμηλής ροής (στα οποία περιλαμβάνεται στάλαξη και στάλαξη)

Τα συστήματα άρδευσης χαμηλής ροής (συμπεριλαμβανομένων των σταγόνων και των σταχτών) χρησιμοποιούν μικρούς διάμετρους σωλήνες τοποθετημένους πάνω ή κάτω από την επιφάνεια του εδάφους. Συχνές, αργές εφαρμογές νερού εφαρμόζονται στο έδαφος μέσα από μικρές οπές ή εκπομπούς.

Οι εκπομποί παρέχονται από ένα δίκτυο κύριων, δευτερευόντων και πλευρικών γραμμών. Το νερό διανέμεται απευθείας στη ζώνη της ρίζας, αποφεύγοντας την απορροή ή τη βαθιά διήθηση και ελαχιστοποιώντας την εξάτμιση. Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούνται γενικά σε οπωρώνες, αμπελώνες ή καλλιέργειες λαχανικών υψηλής αξίας.

Εξατμισοδιαπνοή

Τι είναι η εξατμισοδιαπνοή ;

Η εξατμισοδιαπνοή είναι μια εκτίμηση της απώλειας νερού από τα φυτά και το έδαφος. Οι κύριοι οδηγοί της εξατμισοδιαπνοής είναι το ηλιακό φως, ο άνεμος, η υγρασία και η θερμοκρασία. Παρέχει ένα σχετικό στόχο και αξιόπιστη εκτίμηση των απαιτήσεων ύδατος των ενεργά αναπτυσσόμενων φυτών σε κατάσταση εκμετάλλευσης. Οι πληροφορίες εξατμισοδιαπνοής μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τους ψεκαστήρες για τον ακριβέστερο προγραμματισμό των αρδεύσεων για να συμβάλει στην επίτευξη κορυφαίων αποδόσεων καθώς και για τη βελτίωση του νερού και την παραγωγικότητα.

Χρησιμοποιείται συνήθως η «εξατμισοδιαπνοή αναφοράς» (ET₀) ως πρότυπη εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής. Για πρακτικούς λόγους, η ET₀ παρέχει μια λειτουργική αναπαράσταση του νερού για τις απαιτήσεις καλών παραγωγικών βοσκοτόπων σε μία αρδευόμενη εκμετάλλευση.

Εξατμισοδιαπνοή (ET): Ο συνδυασμός δύο χωριστών διεργασιών με τις οποίες το νερό χάνεται αφενός από την επιφάνεια του εδάφους με εξάτμιση και αφετέρου από τη συγκομιδή με διαπνοή αναφέρεται ως evapotranspiration (ET).

Εξάτμιση: Η εξάτμιση είναι η διαδικασία κατά την οποία το υγρό νερό μετατρέπεται σε υδρατμούς (εξάτμιση) και απομακρύνεται από την επιφάνεια εξάτμισης (αφαίρεση ατμών). Το νερό εξατμίζεται από μια ποικιλία επιφανειών, όπως λίμνες, ποτάμια, πεζοδρόμια, εδάφη και υγρή βλάστηση.

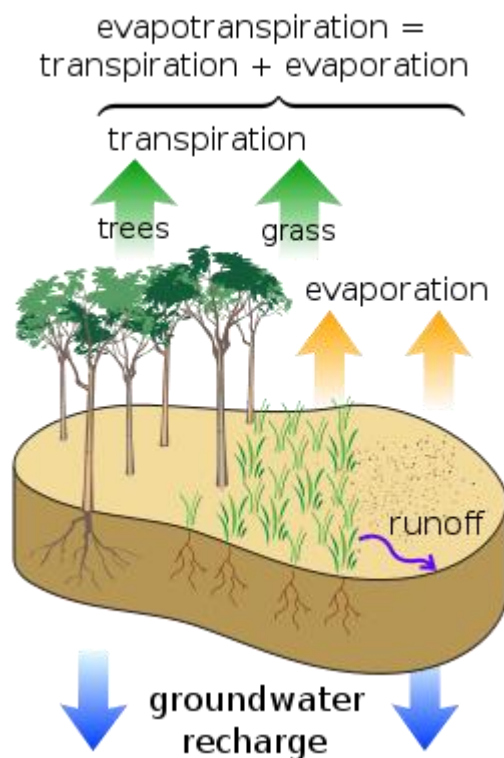
Διαπνοή: Η διαπνοή συνίσταται στην εξάτμιση του υγρού νερού που περιέχεται στους φυτικούς ιστούς και στην απομάκρυνση των ατμών στην ατμόσφαιρα. Οι καλλιέργειες χάνουν κυρίως το νερό τους μέσω στοματικών. Αυτά είναι μικρά ανοίγματα στο φύλλο του φυτού από τα οποία περνούν αέρια και υδρατμοί

Εξατμισοδιαπνοή (ET): Η εξάτμιση και η διαπνοή συμβαίνουν ταυτόχρονα και δεν υπάρχει εύκολος τρόπος διάκρισης μεταξύ των δύο διαδικασιών. Εκτός από τη διαθεσιμότητα νερού στο έδαφος, η εξάτμιση από ένα καλλιεργημένο έδαφος καθορίζεται κυρίως από το κλάσμα της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στην επιφάνεια του εδάφους. Αυτό το κλάσμα μειώνεται κατά την περίοδο ανάπτυξης καθώς η καλλιέργεια αναπτύσσεται και ο θόλος της καλλιέργειας σκιάζει όλο και περισσότερο την έκταση. Όταν η καλλιέργεια είναι μικρή, το νερό χάνεται κυρίως από την εξάτμιση του εδάφους, αλλά μόλις η καλλιέργεια αναπτυχθεί καλά και καλύπτει πλήρως το έδαφος, η διαπνοή γίνεται η κύρια διαδικασία.

Παράγοντες που επηρεάζουν την εξατμισοδιαπνοή

Οι καιρικές παράμετροι, τα χαρακτηριστικά των καλλιεργειών, η διαχείριση και οι περιβαλλοντικές πτυχές είναι παράγοντες που επηρεάζουν την εξάτμιση και την διαπνοή.

1. Παράμετροι καιρού: Οι κύριες καιρικές παράμετροι που επηρεάζουν την εξατμισοδιαπνοή είναι η ακτινοβολία, η θερμοκρασία του αέρα, η υγρασία και η ταχύτητα του ανέμου.



Εικόνα 8: Εξατμισοδιαπνοή²¹

Η ισχύς εξάτμισης της ατμόσφαιρας εκφράζεται από την εξατμισοδιαπνοή συγκομιδής αναφοράς (ET_o). Η εξατμισοδιαπνοή συγκομιδής αναφοράς αντιπροσωπεύει την εξατμισοδιαπνοή από μια τυποποιημένη φυτική επιφάνεια.

2. Παράγοντες καλλιέργειας: Ο τύπος της καλλιέργειας, η ποικιλία και το στάδιο ανάπτυξης πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την αξιολόγηση της εξατμισοδιαπνοής από καλλιέργειες που καλλιεργούνται σε μεγάλους, καλά διαχειριζόμενους αγρούς. Οι διαφορές στην αντίσταση της αναπνοής, το ύψος της καλλιέργειας, την τραχύτητα της καλλιέργειας, την αντανάκλαση, την κάλυψη του εδάφους και τα χαρακτηριστικά ρίζας των καλλιεργειών έχουν ως αποτέλεσμα διαφορετικά επίπεδα ET σε διαφορετικούς τύπους καλλιεργειών υπό πανομοιότυπες περιβαλλοντικές συνθήκες.

²¹https://en.wikipedia.org/wiki/File:Surface_water_cycle.svg (εξακριβώθηκε 29 Ιουνίου του 2020)

3. Διαχείριση και περιβαλλοντικές συνθήκες: Παράγοντες όπως η αλατότητα του εδάφους, η κακή γονιμότητα της γης, η περιορισμένη εφαρμογή λιπασμάτων, η παρουσία σκληρών ή αδιαπέρατων οριζόντων του εδάφους, η απουσία ελέγχου ασθενειών και παρασίτων και η κακή διαχείριση του εδάφους ενδέχεται να περιορίσουν την ανάπτυξη των καλλιεργειών και να μειώσουν την εξατμισοδιαπνοή. Άλλοι παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την αξιολόγηση του ET είναι η κάλυψη του εδάφους, η πυκνότητα των φυτών και η περιεκτικότητα του εδάφους σε νερό. Η επίδραση της περιεκτικότητας του εδάφους στα ύδατα εξαρτάται κυρίως από το μέγεθος του ελλείμματος νερού και τον τύπο του εδάφους. Από την άλλη πλευρά, πάρα πολύ νερό θα οδηγήσει σε υπερχειλίση που μπορεί να βλάψει τη ρίζα και να περιορίσει την πρόσληψη νερού ρίζας αναστέλλοντας την αναπνοή.

Εξατμισοδιαπνοή συγκομιδής αναφοράς (ET₀)

Ο ρυθμός εξατμισοδιαπνοής από μια επιφάνεια αναφοράς, όχι κοντά σε νερό, ονομάζεται εξατμισοδιαπνοή συγκομιδής αναφοράς ή εξατμισοδιαπνοή αναφοράς και δηλώνεται ως ET₀. Η επιφάνεια αναφοράς είναι μια υποθετική καλλιέργεια αναφοράς γρασιδιού με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά. Οι μόνοι παράγοντες που επηρεάζουν το ET₀ είναι οι κλιματολογικές παράμετροι. Κατά συνέπεια, το ET₀ είναι μια κλιματική παράμετρος και μπορεί να υπολογιστεί από δεδομένα καιρού.

Το ET₀ εκφράζει την εξάτμιση της ατμόσφαιρας σε μια συγκεκριμένη τοποθεσία και ώρα του έτους και δεν λαμβάνει υπόψη τα χαρακτηριστικά της καλλιέργειας και τους παράγοντες του εδάφους

Εξατμισοδιαπνοή καλλιεργειών υπό τυπικές συνθήκες (ET_c)

Η εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας υπό τυπικές συνθήκες, που χαρακτηρίζεται ως ET_c, είναι η εξατμισοδιαπνοή από καλλιέργειες απαλλαγμένες από ασθένειες, καλώς

λιπασμένες, που καλλιεργούνται σε μεγάλα χωράφια, υπό βέλτιστες συνθήκες εδάφους και επιτυγχάνουν πλήρη παραγωγή υπό τις δεδομένες κλιματολογικές συνθήκες. Η τιμή ET_c θα κυμαίνεται μεταξύ 1 έως 9 mm / ημέρα από τη μέση θερμοκρασία έως τη θερμοκρασία. Η ποσότητα νερού που απαιτείται για την αντιστάθμιση της απώλειας εξατμισοδιαπνοής από το καλλιεργημένο πεδίο ορίζεται ως απαίτηση νερού καλλιέργειας. Παρόλο που οι τιμές για την εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας και την απαίτηση ύδατος καλλιέργειας είναι πανομοιότυπες, η απαίτηση νερού καλλιέργειας αναφέρεται στην ποσότητα νερού που πρέπει να τροφοδοτείται, ενώ η εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας αναφέρεται στην ποσότητα νερού που χάνεται μέσω της εξατμισοδιαπνοής. Η απαίτηση νερού άρδευσης αντιπροσωπεύει βασικά τη διαφορά μεταξύ της απαίτησης νερού καλλιέργειας και της αποτελεσματικής βροχόπτωσης. Η απαίτηση νερού άρδευσης περιλαμβάνει επίσης πρόσθετο νερό για έκπλυση αλάτων και για την αντιστάθμιση της μη ομοιομορφίας της εφαρμογής νερού.

Υπολογιστικές προσεγγίσεις

Υπάρχουν πολλές μέθοδοι για τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής ανάλογα με διαφορετικές προσεγγίσεις / αρχές:

1. Άμεσες προσεγγίσεις

- A. Προσέγγιση ισορροπίας νερού πεδίου
- B. Προσέγγιση εξάντλησης υγρασίας εδάφους

2. Ακριβείς προσεγγίσεις

- A. Εμπειρικές / Στατιστικές Μέθοδοι
- B. Μικρομετεωρολογικές μέθοδοι
- Γ. Μέθοδοι τηλεπισκόπησης

1. Άμεσες προσεγγίσεις

A. Προσέγγιση ισορροπίας νερού πεδίου

Το νερό πεδίου εξισορροπεί έναν απολογισμό όλων των ιδιοτήτων του νερού που προστίθενται, αφαιρούνται και αποθηκεύονται εντός της ρίζας ζώνης κατά τη διάρκεια μιας δεδομένης χρονικής περιόδου. Η διαφορά μεταξύ του συνολικού προστιθέμενου ποσού και του αποσυρθέντος ποσού πρέπει να ισούται με την αλλαγή στην αποθήκευση. Όταν τα κέρδη υπερβαίνουν τις απώλειες, η αποθήκευση αυξάνεται. Αντίθετα, όταν οι απώλειες υπερβαίνουν τα κέρδη, η αποθήκευση μειώνεται. Έτσι,

$$\text{Συσχέτιση} = \text{Κέρδη} - \text{Ζημίες}$$

Αυτή η γενική δήλωση μπορεί να ενισχυθεί ως αγρανάπαυση:

$$\Delta S = (P + I + U) - (R + D + E + T) \quad [1]$$

Όπου, ΔS = αλλαγή στην αποθήκευση νερού του εδάφους στη ριζική ζώνη, P = Βροχόπτωση, I = Άρδευση, U = ανοδική τριχοειδής ροή στη ρίζα ζώνη από κάτω, R = Εκροή, D = Κάτω αποστράγγιση εκτός της ρίζας ζώνης, E = Άμεση εξάτμιση από την επιφάνεια του εδάφους, T = Διαπνοή από φυτά.

B. Μέθοδος εξάντλησης υγρασίας εδάφους

Η τεχνική εξάντλησης της υγρασίας του εδάφους χρησιμοποιείται συνήθως για τον προσδιορισμό της καταναλωτικής χρήσης των αρδευόμενων καλλιεργειών που καλλιεργούνται σε αρκετά ομοιόμορφο έδαφος, όπου το βάθος του νερού είναι τέτοιο ώστε να μην επηρεάζει τις διακυμάνσεις της υγρασίας του εδάφους εντός της ριζικής ζώνης. Αυτή η τεχνική περιλαμβάνει τη μέτρηση της υγρασίας του εδάφους σε διάφορα βάθη στην αποτελεσματική ριζική ζώνη αρκετές φορές κατά τη διάρκεια της περιόδου

ανάπτυξης της καλλιέργειας. Όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των μετρήσεων τόσο μεγαλύτερη θα είναι η ακρίβεια. Συνοψίζοντας τη μείωση της υγρασίας καθενός από το στρώμα του εδάφους και για κάθε διάστημα για την περίοδο ανάπτυξης, το ET μπορεί να βρεθεί ως:

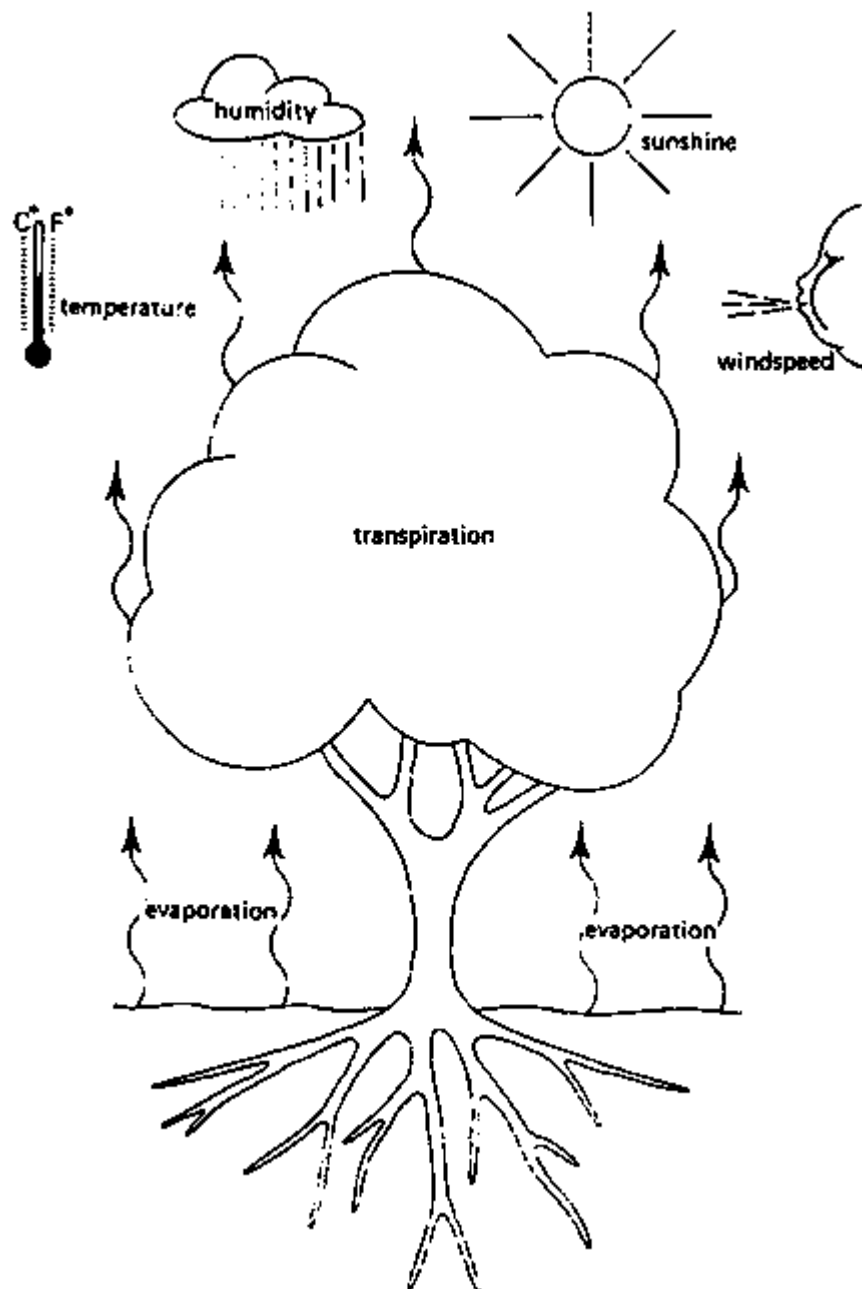
$$U = \sum_{i=1}^n U_i + CPE$$

[2]

όπου, το CPE είναι η αθροιστική εξάτμιση μεταξύ της ημερομηνίας άρδευσης και της δειγματοληψίας.

Μέθοδος εξάτμισης δοχείων εξάτμισης

Τα δοχεία εξάτμισης παρέχουν μια μέτρηση της συνδυασμένης επίδρασης της θερμοκρασίας, της υγρασίας, της ταχύτητας του ανέμου και του ήλιου στην καλλιέργεια αναφοράς εξατμισοδιαπνοή ET₀ (Εικ. 9)

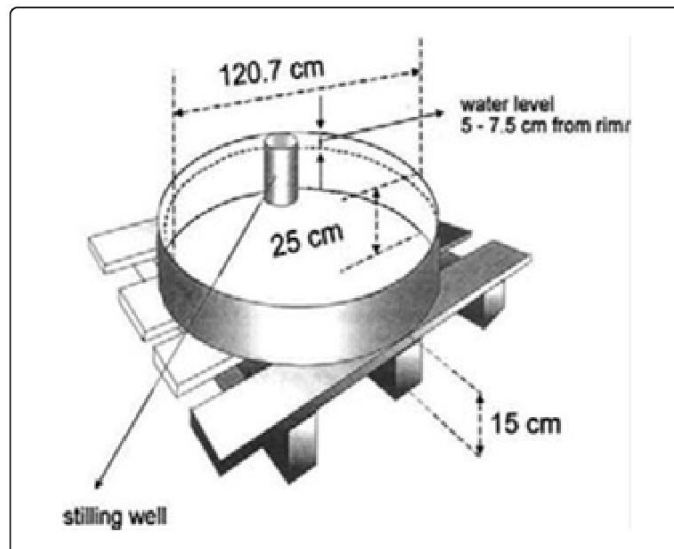


Εικόνα 9: Μέθοδος εξάτμισης δοχείων εξάτμισης²²

Χρησιμοποιούνται πολλοί διαφορετικοί τύποι δοχείων εξάτμισης . Τα πιο γνωστά δοχεία εξάτμισης είναι το δοχείο εξάτμισης της κατηγορίας Α (κυκλικό

²²<http://www.fao.org/3/S2022E/s2022e07.htm>

δοχείο εξάτμισης) (Εικ. 14) και το δοχείο εξάτμισης του Βυθισμένου Κολοράντο (τετράγωνο δοχείο εξάτμισης) (Εικόνα. 15).



Εικόνα 10: (κυκλικό δοχείο εξάτμισης) κατηγορίας A²³

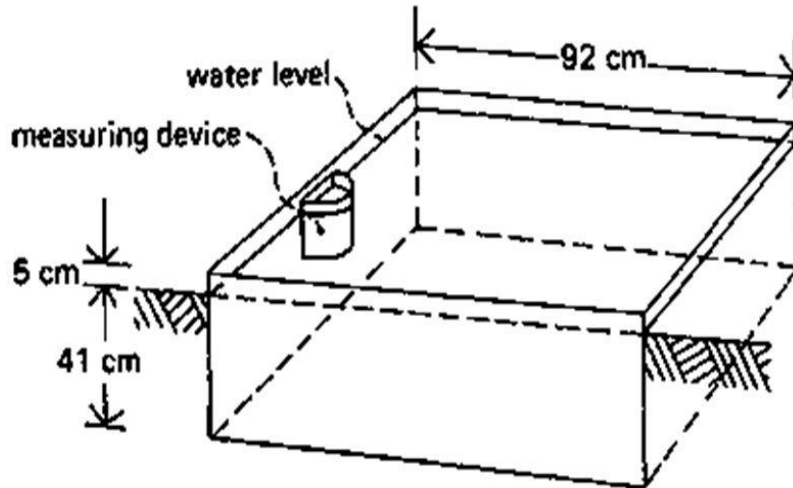
Η αρχή του δοχείου εξάτμισης είναι η ακόλουθη:

- το δοχείο εξάτμισης είναι εγκατεστημένο στο πεδίο
- το δοχείο εξάτμισης είναι γεμάτο με μια γνωστή ποσότητα νερού (η επιφάνεια του δοχείου εξάτμισης είναι γνωστή και το βάθος του νερού μετριέται)
- το νερό αφήνεται να εξατμιστεί για μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο (συνήθως 24 ώρες). Για παράδειγμα, κάθε πρωί στις 7 η ώρα γίνεται μια μέτρηση. Η βροχόπτωση, εάν υπάρχει, μετράται ταυτόχρονα

²³https://www.researchgate.net/publication/323945435_Methods_of_Evapotranspiration (εξακριβώθηκε

29 Ιουνίου του 2020)

Sunken Colorado Pan



<http://www.fao.org/docrep/S2022E/s2022e07.htm>

Εικόνα 11: Βυθισμένο Κολοράντο (τετράγωνο δοχείο εξάτμισης)²⁴

- μετά από 24 ώρες, μετράται η εναπομένουσα ποσότητα νερού (δηλ. βάθος νερού)
- υπολογίζεται η ποσότητα της εξάτμισης ανά μονάδα χρόνου (η διαφορά μεταξύ των δύο μετρημένων βάθους νερού). Αυτή είναι η εξάτμιση E δοχείου εξάτμισης (σε mm / 24 ώρες)
- Το E δοχείου εξάτμισης πολλαπλασιάζεται με συντελεστή K_{pan} , K δοχείου εξάτμισης, για να ληφθεί το ET_o . Τύπος:

$$ET_o = K_{pan} \times E_{pan} [3]$$

²⁴<http://www.fao.org/3/S2022E/s2022e07.htm> (εξακριβώθηκε 29 Ιουνίου του 2020)

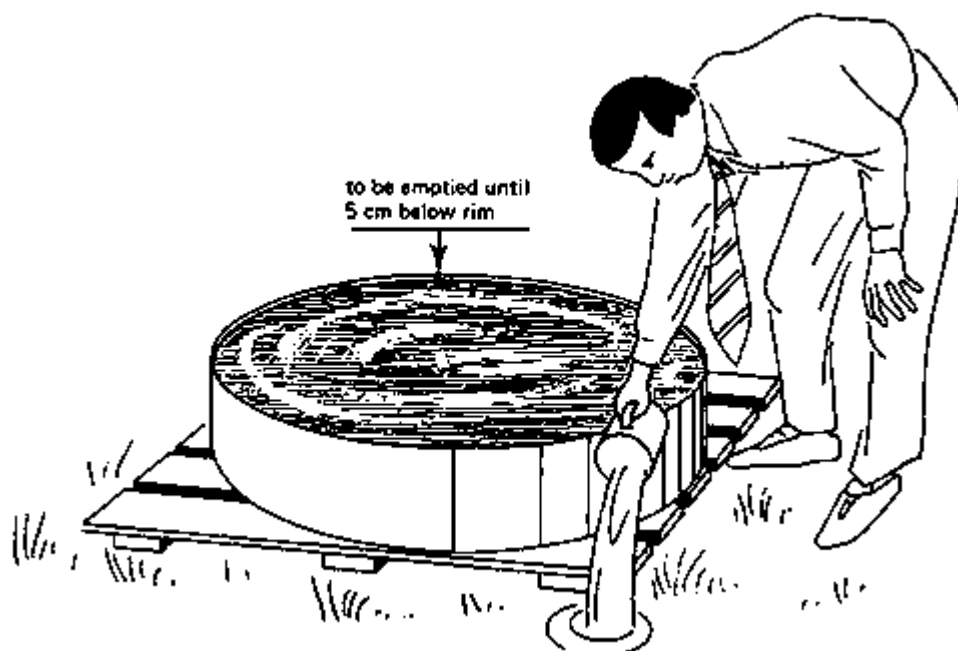
Όπου, ET_o : εξατμισοδιαπνοή συγκομιδής αναφοράς, K_{pan} : συντελεστής δοχείου εξατμησης, E_{pan} : εξατμηση δοχείου εξατμησης

Εάν το βάθος νερού στο δοχείο εξατμησης πέσει πάρα πολύ (λόγω έλλειψης βροχής), προστίθεται νερό (βλ. Εικ. 16) και το βάθος νερού μετριέται πριν και μετά την προσθήκη του νερού. Εάν η στάθμη του νερού αυξηθεί πάρα πολύ (λόγω βροχής), το νερό αφαιρείται από τη λεκάνη (βλ. Εικ. 17) και μετρώνται τα βάθη του νερού πριν και μετά.



Εικόνα 12: Προσθέτουμε νερό όταν το βάθος του νερού στο δοχείο εξατμησης πέσει πάρα πολύ²⁵

²⁵<http://www.fao.org/3/S2022E/s2022e07.htm> (εξακριβώθηκε 29 Ιουνίου του 2020)



Εικόνα 13: Βγάζουμε νερό από το δοχείο εξάτμισης όταν το βάθος του νερού αυξάνεται πάρα πολύ²⁶

Προσδιορισμός του δοχείου εξάτμισης K

Όταν χρησιμοποιείτε το δοχείο εξάτμισης για την εκτίμηση του ET_0 , στην πραγματικότητα, γίνεται σύγκριση μεταξύ της εξάτμισης από την επιφάνεια του νερού στο δοχείο εξάτμισης και της εξατμισοδιαπνοής του τυπικού γρασιδιού.

Φυσικά το νερό στο δοχείο εξάτμισης και το γρασίδι δεν αντιδρούν με τον ίδιο ακριβώς τρόπο στο κλίμα. Επομένως χρησιμοποιείται ένας ειδικός συντελεστής ($K_{\text{δοχείου εξάτμισης}}$) για να συσχετιστεί το ένα με το άλλο.

Ο συντελεστής του δοχείου εξάτμισης, το δοχείο εξάτμισης K, εξαρτάται από: τον τύπο του δοχείου εξάτμισης που χρησιμοποιείται, το περιβάλλον του δοχείου εξάτμισης: εάν το δοχείο εξάτμισης τοποθετείται σε μια αγρανάπαυση ή περικομμένη περιοχή, το κλίμα: η υγρασία και η ταχύτητα του ανέμου

²⁶<http://www.fao.org/3/S2022E/s2022e07.htm> (εξακριβώθηκε 29 Ιουνίου του 2020)

Για το δοχείο εξάτμισης κατηγορίας A, το δοχείο K κυμαίνεται μεταξύ 0,35 και 0,85.

Μέσος όρος K = 0,70.

Για το δοχείο εξάτμισης Sunken Colorado, το τηγάνι K κυμαίνεται μεταξύ 0,45 και 1,10.

Μέσος όρος K = 0,80.

Το K δοχείο εξάτμισης είναι	Το K δοχείο εξάτμισης είναι
υψηλό εάν:	χαμηλό εάν:
το ταψί τοποθετείται σε μια	το ταψί τοποθετείται σε
περιοχή αγραναπαύσεων	περικομμένη περιοχή
η υγρασία είναι υψηλή (δηλ.	η υγρασία είναι χαμηλή (δηλαδή
υγρασία)	ξηρή)
η ταχύτητα του ανέμου είναι	η ταχύτητα του ανέμου είναι
χαμηλή	υψηλή

Λυσίμετρα

Ένα λυσίμετρο είναι μια συσκευή μέτρησης που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μέτρηση της ποσότητας της πραγματικής εξατμισοδιαπνοή που απελευθερώνεται από φυτά, συνήθως από καλλιέργειες ή δέντρα. Καταγράφοντας το ποσό της καθίζησης που λαμβάνει μια περιοχή και την ποσότητα που χάνεται μέσω του εδάφους, μπορεί να υπολογιστεί η ποσότητα του νερού που χάνεται από την εξατμισοδιαπνοή. Τα λυσίμετρα είναι δύο τύπων: Ζύγιση και μη ζύγιση.

Ένα λυσίμετρο είναι πιο ακριβές όταν μεγαλώνει η βλάστηση σε μια μεγάλη δεξαμενή εδάφους που επιτρέπει την εύκολη υπολογισμό της εισροής βροχόπτωσης και του νερού που χάνεται μέσω του εδάφους. Η ποσότητα του νερού που χάνεται με την

εξατμισοδιαπνοή μπορεί να υπολογιστεί υπολογίζοντας τη διαφορά μεταξύ του βάρους πριν και μετά την είσοδο καθίζησης.

Για τα δέντρα, τα λυσίμετρα μπορεί να είναι ακριβά και είναι μια κακή αναπαράσταση των συνθηκών έξω από ένα εργαστήριο, καθώς θα ήταν αδύνατο να χρησιμοποιήσετε ένα λυσίμετρο για τον υπολογισμό της ισορροπίας νερού για ένα ολόκληρο δάσος. Όμως, για τις καλλιέργειες, μπορεί να αντιπροσωπεύει τις συνθήκες του αγρού καλά αφού πραγματοποιείται εκτός του εργαστηρίου. Ένα λυσίμετρο ζύγισης, για παράδειγμα, αποκαλύπτει την ποσότητα των καλλιεργειών νερού που χρησιμοποιούνται ζυγίζοντας συνεχώς ένα τεράστιο κομμάτι εδάφους σε ένα χωράφι για να ανιχνεύσει απώλειες υγρασίας του εδάφους.

Η Βιόσφαιρα 2 του Πανεπιστημίου της Αριζόνα²⁷ κατασκευάζει τα μεγαλύτερα λυσίμετρα ζύγισης στον κόσμο χρησιμοποιώντας ένα μείγμα τριάντα 220.000 και 333.000 λίβρες κυψελών φορτίου στήλης από τη Honeywell, Inc. στο πλαίσιο του νέου έργου του Landscape Evolution Observatory. Το ET υπολογίζεται ως: $ET = \Delta W \times 0,6 + \text{βροχόπτωση}$, όπου, μεταβολή βάρους λυσσιμέτρου. Είναι θετικό σε περίπτωση απώλειας βάρους και αρνητικό σε περίπτωση αύξησης βάρους.

Ακριβείς προσεγγίσεις

A. Εμπειρικές / στατιστικές μέθοδοι

1. Μέθοδος Thornthwaite:

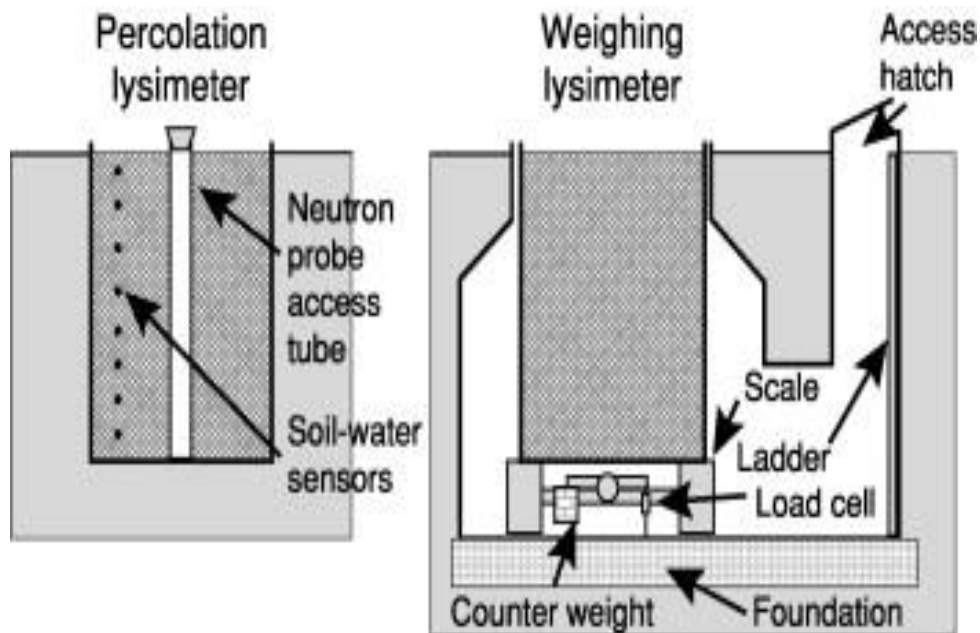
Η μέθοδος Thornthwaite (1948) έδωσε τον ακόλουθο τύπο υπολογισμού ET:

$$E = 1.6 (10T / I)^a (D / 12) (N / 30) \quad [4]$$

Για τον μήνα που αποτελείται από 30 ημέρες και 12 ώρες την ημέρα, η παραπάνω εξίσωση μπορεί να γραφτεί ως:

²⁷<https://biosphere2.org/research-outcomes>

$$E = 1.6 (10T / I)^a [5]$$



Εικόνα 14: Σχηματικά σχέδια λυσιμέτρου διήθησης (αποστράγγισης) και λυσιμέτρου ζύγισης (όχι σε κλίμακα)²⁸

Όπου,

E = μη προσαρμοσμένο PET, cm / μήνα

T = μέση θερμοκρασία αέρα, 0°C

I = ετήσιος δείκτης θερμότητας. Είναι το άθροισμα των 12 τιμών των μηνιαίων δεικτών θερμότητας i .

$$i = (T / 5)^{1.514}$$

a = ένας εμπειρικός εκθέτης που υπολογίζεται από μια έκφραση,

$$= (6.75 \times 10^{-7}) I^3 - (7.71 \times 10^{-5}) I^2 + (1.79 \times 10^{-2}) I + 0.49239 [6]$$

²⁸<https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/lysimeters>(εξακριβώθηκε 29

Ιουνίου του 2020)

Για τον καθημερινό υπολογισμό, η εξίσωση τροποποιείται ως εξής:

$$PET = (K \times E \times 10) / 30 \text{ mm} / \text{ημέρα} \quad [7]$$

Όπου, K = συντελεστής προσαρμογής

Περιορισμοί:

1. Το υπολογιζόμενο PET υπολογίζεται κατά τη στιγμή της πραγματικής μέγιστης λήψης ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού και κατά συνέπεια εκτός φάσης το φθινόπωρο επίσης.
2. Η εφαρμογή της μεθόδου σε σύντομο χρονικό διάστημα συχνά οδηγεί σε σοβαρά σφάλματα, επειδή η βραχυπρόθεσμη θερμοκρασία δεν είναι κατάλληλο μέτρο της εισερχόμενης ακτινοβολίας.

2. Μέθοδος Παπαδάκη:

Η μέθοδος Papadakis (1965) για τον υπολογισμό του καθημερινού PET μπορεί να γραφτεί ως:

$$PET = [0,5625 (e_{\max} - e_{\min}^{-2}) \times 10] / \text{όχι. ημερών σε μήνα} \quad [8]$$

όπου

PET = καθημερινό PET (mm)

$e_{\max}$ = πίεση ατμού κορεσμού (mb) που αντιστοιχεί στην ημερήσια μέγ. θερμοκρασία

$e_{\min}^{-2}$ = πίεση ατμού κορεσμού (mb) που αντιστοιχεί στην ημερήσια θερμοκρασία σημείου μέσης.

Ο Παπαδάκης θεωρούσε την τιμή του σημείου δροσιάς περίπου ίση με την τιμή της ελάχιστης θερμοκρασίας. -2 °C.

3. Μέθοδος Hamon

Ο Hamon έδωσε (1963) τον ακόλουθο τύπο για την εκτίμηση PET:

$$PET = 0,0055 (D / 12)^2 [(217 \text{ ed} \times 2,88) / T] 25,4 \quad [9]$$

Πού, D = διάρκεια ημέρας, ώρες

ed = πραγματική πίεση ατμών, Μιλιμπαρ

T = μέση θερμοκρασία αέρα. °K.

4. Μέθοδος Makkink

Ο Makkink πρότεινε τον ακόλουθο τύπο για τη συνένωση PET:

$$PET = R_s [(s / \gamma) / ((s / \gamma) + 1)] + 0,12 \quad [10]$$

Όπου,

R_s = ηλιακή ακτινοβολία σε ισοδύναμο νερού, mm / ημέρα

s = κλίση τάσης ατμών κορεσμού έναντι θερμοκρασίας

γ = ψυχομετρικό περιεχόμενο

Περιορισμός: Αυτή η μέθοδος έχει δώσει καλά αποτελέσματα σε κρύα υγρά κλίματα, αλλά δεν έχει βρεθεί ικανοποιητική σε ξηρές περιοχές.

5. Μέθοδος Jensen και Haise:

Οι Jensen και Haise (1963) πρότειναν τον τύπο:

$$PET = R_s (0,025 T_a + 0,08) \quad [11]$$

Όπου,

T_a = μέση θερμοκρασία αέρα. °C

R_s = ηλιακή ακτινοβολία σε ισοδύναμο νερού, mm / ημέρα

6. Τροποποιημένη μέθοδος Jensen και Haise:

Ο Chaudhary (1995) έδωσε την ακόλουθη τροποποιημένη εξίσωση για τον υπολογισμό

PET

$$PET = 0,012 (T-15,4 R_s) \quad [12]$$

Όπου,

T = μέση θερμοκρασία αέρα, °F

R_s = ηλιακή ακτινοβολία σε ισοδύναμο νερού, mm / ημέρα

Περιορισμός: αυτή η μέθοδος τείνει να υπολογίζει σοβαρά το PET υπό συνθήκες πρόσληψης.

7. Μέθοδος Blaney-Criddle

Οι Blaney-Criddle (1950) πρότεινε τον ακόλουθο τύπο για τη συνένωση PET:

$$PET = (0,0173 T_a - 0,314) K_c \times T_a (D / 4465,6) 25,4 \text{ mm} / \text{ημέρα} \quad [13]$$

Όπου,

T_a = μέση θερμοκρασία αέρα, °F

K_c = συντελεστής καλλιέργειας

D = διάρκεια ημέρας

Περιορισμός: Αυτή η δόση μεθόδου δεν αντιστοιχεί στις περισσότερες από τις κλιματολογικές παραμέτρους, οι οποίες επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό το PET. Η τιμή του K_c ποικίλλει για τα είδη των φυτών και το στάδιο της κρίσης.

8. Μέθοδος Turc

Η Turc έδωσε τον ακόλουθο τύπο για την εκτίμηση της καθημερινής PET:

$$PET = 0,40 T_c (RI + 50) / [(T_c + 15) N] \quad [14]$$

Όπου,

T_c = μέση θερμοκρασία αέρα, °F

RI = ηλιακή ακτινοβολία, ly, ημέρα

$N =$ ημέρες σε μήνα

9. Μέθοδος Stephens και Stewart

Οι Stephens και Stewart (1963) πρότειναν τον ακόλουθο τύπο για την εκτίμηση του PET:

$$PET = (0,0082 T_a - 0,19) (RI / 1500) \times 25,4 \text{ mm ημέρα}^{-1} \quad [15]$$

Γιατί θα ήθελα να χρησιμοποιήσω το ET_o για να προγραμματίσω την άρδευση;

Τα τελευταία χρόνια αυξάνεται το ενδιαφέρον για το ET_o και άλλα εργαλεία προγραμματισμού άρδευσης λόγω εν μέρει του αυξανόμενου κόστους του νερού και της ανάγκης βελτίωσης της παραγωγικότητας του νερού. Το αυξανόμενο ενδιαφέρον είναι επίσης αποτέλεσμα ενός συστήματος εφοδιασμού στο αγρόκτημα και αναβαθμίσεις άρδευσης. Ως αποτέλεσμα αυτών των αναβαθμίσεων, πολλοί αρδευτές έχουν βρει ότι έχουν περισσότερο έλεγχο του νερού στην εκμετάλλευσή τους και είναι σε θέση να αποκτήσουν μεγαλύτερη αξία από εργαλεία προγραμματισμού άρδευσης.

Οι πληροφορίες της ET_o επιτρέπουν την καλύτερη αντιστοίχιση των αρδευτικών συστημάτων άρδευσης με τις απαιτήσεις της ενεργούς καλλιέργειας φυτών, συμβάλλοντας έτσι στην επίτευξη υψηλότερων αποδόσεων και στην βελτίωση της παραγωγικότητας του νερού.

Το ET_o βοηθάει στην βελτίωση της τεχνολογίας για τον προγραμματισμό της άρδευσης. Μία μικρή, αλλά τακτική βελτίωση του προγραμματισμού άρδευσης μπορεί να αυξήσει σημαντικά την παραγωγή φυτών και την ποιότητα. Με την τακτική παρακολούθηση των δεδομένων της ET_o, οι αρδευτές μπορούν να ενημερωθούν καλύτερα για τα φυτά, τις απαιτήσεις νερού και να είναι σε θέση να βελτιώσουν τις

ανάγκες τους προγραμματισμού δεξιοτήτων και να «επανα-βαθμονομήσουν» άλλες βολικές μεθόδους προγραμματισμού. Το ET₀ μπορεί να είναι μια πολύ χρήσιμη μάθηση-εργαλείο.

Ένα άλλο πλεονέκτημα της χρήσης της ET₀ είναι ότι οι τοπικές τιμές ET₀ είναι συναφείς σε ολόκληρη την μάντρα και στις περισσότερες περιπτώσεις σε ένα ολόκληρο αγρόκτημα ή μία μικρή περιοχή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ IV

ΑΡΔΕΥΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Ποικιλία τύπων τεχνολογιών άρδευσης

Υπάρχει τεράστια ποικιλία στους τύπους των τεχνολογιών άρδευσης / συστημάτων που χρησιμοποιούνται, τα οποία οφείλονται στους εξής παράγοντες:

- Παραλλαγές στους τύπους εδάφους
- Διαφορετική τοπογραφία της γης
- Διαθεσιμότητα πηγών ενέργειας
- Διαθεσιμότητα νερού
- Πηγές νερού
- Η χρονική περίοδος κατά την οποία εγκαταστάθηκε το σύστημα
- Το μέγεθος της περιοχής που αρδεύεται
- Στην ικανότητα αποθήκευσης νερού εκμετάλλευσης
- Διαθεσιμότητα εργασίας / οικονομικών πόρων

Πηγή νερού άρδευσης

Η συντριπτική πλειοψηφία της χρήσης του νερού άρδευσης αντλείται απευθείας από μια πηγή νερού (ποτάμι, ρυάκι, κανάλι, γραμμή ολίσθησης, τρύπα, φράγμα ή οπή).

Προβλήματα

Ενώ η άρδευση έδωσε πολλά σημαντικά οφέλη, τα δυνητικά μειονεκτήματα του άνω / κάτω ποτίσματος περιλαμβάνουν,

Υπο-πότισμα

Υπάρχει απώλεια της αγοραία αξίας μέσω της μείωσης της απόδοσης καθώς και μείωση του μεγέθους και της ποιότητας των καρπών

Υπερ-πότισμα

Όσον αφορά το υπερ-πότισμα, το αποτέλεσμα είναι η ανεπιθύμητη φυτική ανάπτυξη. Επίσης είναι και οι απώλειες πολύτιμων υδάτων για το νερό. Το νερό άρδευσης που διέρχεται από το έδαφος μπορεί να προκαλέσει διάβρωση. Η υπερβολική μετατόπιση του ανώτερου εδάφους μπορεί επίσης να επηρεάσει την γονιμότητα του εδάφους (και συνεπώς και τις αποδόσεις των καλλιεργειών) , μπορεί επίσης να προκαλέσει φράγματα και ρυάκια αποστράγγισης, να βλάψει τους υδρόβιους βιοτόπους, τα νερά που χρησιμοποιούνται για ψυχαγωγικές δραστηριότητες και αυξάνει την ανάγκη επεξεργασίας νερού. Ένα ακόμη μειονέκτημα για το υπερ-πότισμα είναι και ότι η άρδευση μπορεί να προκαλέσει εξάπλωση φυτοφαρμάκων, παθογόνων και ζιζανίων κατά την άρδευση.

Αιτία απορροής

Τα αίτια απορροής είναι, ότι υπάρχει αυξημένο λειτουργικό κόστος (εργασία, άντληση, κόστος νερού). Επίσης η έκπλυση θρεπτικών συστατικών όπως το άλας και ο φώσφορος μπορεί να οδηγήσει σε ανάπτυξη των αλγών , αλατότητα και συσσώρευση νιτρικών (δηλητηρίαση) αλλού στην λεκάνη απορροής. Επίσης υπάρχει υποβαθμισμένη

ποιότητα προϊόντος, μειωμένη απόδοση καθώς και υψηλότερο λειτουργικό κόστος για τον παραγωγό (που συνεπάγεται και μειωμένο κέρδη)

Συστήματα άρδευσης (αναλυτικά)

1. Υπόγεια άρδευση στάγδην

Τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της υπόγειας άρδευσης στάγδην (SDI) σε σύγκριση με την εναλλακτική λύση. Τα αρδευτικά συστήματα συζητούνται εννοιολογικά. Κάθε κατηγορία (πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα) είναι χωρισμένη σε τρεις ομάδες: 1) Ζητήματα ύδατος και εδάφους. 2) καλλιεργητικές και πολιτιστικές πρακτικές, και 3) Θέματα υποδομής συστήματος. Η προσαρμογή και υιοθέτηση συστημάτων SDI σε διαφορετικές καλλιέργειες στα συστήματα, οι γεωγραφικές περιοχές, το έδαφος και το κλίμα εξαρτάται, σε μεγάλο βαθμό, από το πόσο τα πιθανά πλεονεκτήματα εξισορροπούνται με πιθανά μειονεκτήματα. Σε ορισμένες περιπτώσεις, υπάρχουν λίγα πλεονεκτήματα που εκφράζονται για ένα δεδομένο σύστημα καλλιέργειας, αλλά εκφράζονται τόσο έντονα που παρέχουν καλή αντιστάθμιση των πιθανών μειονεκτημάτων. Η μελλοντική έρευνα και ανάπτυξη πιθανώς θα προστεθεί στον κατάλογο των πιθανών πλεονεκτημάτων κατά την αντιμετώπιση και τη μείωση των μειονεκτημάτων. Ωστόσο, αυτή η καταχώριση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη και την προσαρμογή άλλων πιθανών χρήσεων για το SDI. Ειδικά παραδείγματα χρήσης SDI στο καλαμπόκι (*Zea mays* L.), αμύγδαλα (*Prunis dulcis*), πεπόνι (*Cucurbita melo*) και οι εφαρμογές των αποβλήτων να συζητούνται σε σχέση με τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα εξισορρόπησης.

A. Πλεονεκτήματα SDI

Η ακόλουθη λίστα θα πρέπει να θεωρείται ως δυνητικά πλεονεκτήματα της υπόγειας άρδευσης στάγδην (SDI) όταν γίνεται σωστή διαχείριση και / ή όταν οι συνθήκες εγκατάστασης και τα συστήματα καλλιέργειας επιτρέπουν την πραγματοποίηση του πλεονεκτήματος. Επιπλέον, ορισμένοι καλλιεργητές θα μπορούσαν να δουν μια πτυχή ως πλεονέκτημα, ενώ άλλος μπορεί να δει μια πτυχή ως μειονέκτημα.

Για παράδειγμα, υπάρχουν ευκαιρίες για βελτιωμένες πολιτιστικές πρακτικές με την SDI, ενώ παράλληλα μπορεί να υπάρχουν λιγότερες εναλλακτικές λύσεις καλλιέργειας. Αυτά τα πλεονεκτήματα μπορούν να υποδιαιρεθούν περαιτέρω με βάση τα ζητήματα που αφορούν το νερό και το έδαφος, τις καλλιεργητικές και καλλιεργητικές πρακτικές και τα θέματα υποδομής του συστήματος

Οφέλη που σχετίζονται με το νερό και το έδαφος

Αποτελεσματικότερη χρήση νερού - Η εξάτμιση του εδάφους, η επιφανειακή απορροή και η βαθιά διήθηση μειώνονται σημαντικά ή εξαλείφονται. Η διήθηση και η αποθήκευση των εποχιακών βροχοπτώσεων μπορεί να ενισχυθεί από ξηρότερα εδάφη με λιγότερα κρούστα εδάφους. Σε ορισμένες περιπτώσεις, το σύστημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ένα μικρό event άρδευσης για χρήση στη βλάστηση, ανάλογα με το βάθος της ροής, το ρυθμό ροής και τους περιορισμούς του εδάφους. Η εγγενής ικανότητα να εφαρμόζουν μικρά ποσά άρδευσης μπορούν να επιτρέψουν καλύτερες αποφάσεις για το νερό σχετικά με τα αρδευτικά event κοντά στο τέλος της καλλιεργητικής περιόδου. Σε ευρέως οργανωμένες καλλιέργειες, ένα μικρότερο μέρος του όγκου του εδάφους μπορεί να διαβραχεί, μειώνοντας έτσι περαιτέρω τις περιττές απώλειες νερού άρδευσης.

Λιγότερες απειλές για την ποιότητα του νερού - Οι ροές σε ρέματα μειώνονται ή εξαλείφονται και υπάρχει λιγότερη θρεπτική ουσία και χημική απόπλυση λόγω βαθιάς διήθησης.

Βελτιωμένες δυνατότητες χρήσης υποβαθμισμένων υδάτων - Λιγότερη και συχνότερη άρδευση, οι εφαρμογές μπορούν να διατηρήσουν μια πιο συνεκτική και μικρότερη δυνατότητα δυναμικού εδάφους που μπορεί να μειώσει τον κίνδυνο αλατότητας. Η εφαρμογή των υπογείων υδάτων μπορεί να μειώσει την μετακίνηση των παθογόνων καθώς και την επαφή ανθρώπων και ζώων με τέτοια ύδατα.

Μεγαλύτερη ομοιομορφία εφαρμογής νερού - Η βελτιωμένη ομοιομορφία του πεδίου μπορεί να οδηγήσει σε καλύτερο έλεγχο του νερού, θρεπτικά συστατικά και άλατα. Οι ευρέως διαχωρισμένες καλλιέργειες μπορούν να επωφεληθούν από την εφαρμογή νερού πλησιέστερα προς την καλλιέργεια, υπό την προϋπόθεση ότι επιτυγχάνεται ικανοποιητική διαβροχή στο έδαφος.

Πλεονεκτήματα σχετικά με την καλλιέργεια και τις καλλιεργητικές πρακτικές

Βελτιωμένη ανάπτυξη φυτών, απόδοση καλλιέργειας και ποιότητα - Πολλές καλλιέργειες ανταποκρίνονται θετικά

Βελτιωμένη υγεία των φυτών - Λιγότερες ασθένειες και μυκητιακές πιέσεις συμβαίνουν εξαιτίας ξηρότερων και λιγότερο υγρών τσαμπιών καλλιέργειας. Το σύστημα μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για ορισμένους τύπους υποκαπνισμού του εδάφους

Βελτιωμένη διαχείριση λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων - Η ακριβής και έγκαιρη εφαρμογή λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων μέσω του συστήματος μπορεί να οδηγήσει σε μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα και, σε ορισμένες περιπτώσεις, μείωση της χρήσης τους

Καλύτερος έλεγχος ζιζανίων - Μειώσεις στη βλάστηση των ζιζανίων και στην ανάπτυξη ζιζανίων συμβαίνουν συχνά σε ξηρές περιοχές

Βελτιωμένες ευκαιρίες διπλής καλλιέργειας - Ο χρόνος καλλιέργειας μπορεί να ενισχυθεί, δεδομένου ότι το σύστημα δεν χρειάζεται να αφαιρεθεί κατά τη συγκομιδή και να επανεγκατασταθεί πριν από τη φύτευση της δεύτερης καλλιέργειας

Βελτιωμένες γεωργικές λειτουργίες και διαχείριση - Πολλές εργασίες πεδίου μπορεί να συμβούν κατά τη διάρκεια των εκδηλώσεων άρδευσης. Οι επιτόπιες εργασίες έχουν ως αποτέλεσμα μικρότερη συμπίκνωση του εδάφους και η κρούστα του εδάφους που προκαλείται από την άρδευση μειώνεται σημαντικά. Η μεταβλητότητα στα καθεστώτα των εδαφικών υδάτων και η ανακατανομή συχνά μειώνονται με την SDI σε σύγκριση με την άρδευση με στάγδην επιφάνεια (DI).

Επιπλέον, οι περιορισμοί που σχετίζονται με τις καιρικές συνθήκες, όπως οι υψηλοί άνεμοι, οι θερμοκρασίες κατάψυξης και οι υγρές επιφάνειες του εδάφους είναι λιγότερο σημαντικές. Η απαραίτητη λίπανση μπορεί να εφαρμοστεί σε ένα μικρό event άρδευσης ακόμη και όταν οι ανάγκες άρδευσης είναι χαμηλές. Η ικανότητα άρδευσης κατά τη διάρκεια της κατάψυξης μπορεί να είναι ιδιαίτερα επωφελής όταν χρησιμοποιείται άρδευση πριν από την καλλιέργεια για την αποτελεσματική αύξηση της εποχιακής αρδευτικής ικανότητας. Υπάρχει επίσης λιγότερος εξοπλισμός άρδευσης εκτεθειμένος σε ζημιά στον τροχό. Οι χειροτέχνες επωφελούνται από τα ξηρότερα εδάφη μειώνοντας τη χειροκίνητη άσκηση και τραυματισμούς

Πλεονεκτήματα σχετικά με την υποδομή του συστήματος

Αυτοματοποίηση - Χαρακτηριστικό του συστήματος κλειστού βρόχου υπό πίεση που μπορεί να μειώσει τη μεταβλητότητα των εφαρμογών και την ποικιλία του νερού

του εδάφους και της ανακατανομής των θρεπτικών στοιχείων καθιστούν το σύστημα ιδανικό υποψήφιο για αυτοματοποίηση και προηγμένες τεχνολογίες άρδευσης

Μειωμένο κόστος ενέργειας - Οι λειτουργικές πιέσεις είναι συχνά λιγότερες από ορισμένους τύπους άρδευσης με ψεκαστήρες. Οποιαδήποτε εξοικονόμηση νερού που αποδίδεται στην SDI θα μειώσει επίσης το ενεργειακό κόστος

Θέματα ακεραιότητας του συστήματος - Υπάρχουν λιγότερα μηχανοποιημένα μέρη σε ένα σύστημα SDI σε σύγκριση με συστήματα άρδευσης μηχανικής μετακίνησης με ψεκαστήρες. Τα περισσότερα εξαρτήματα είναι πλαστικά και υπόκεινται σε διάβρωση του συστήματος άρδευσης λιγότερο. Τα συστήματα SDI δεν χρειάζεται να αφαιρούνται και να εγκαθίστανται μεταξύ των καλλιεργειών και επομένως έχουν λιγότερες ζημιές. Η δυνατότητα βανδαλισμού μειώνεται επίσης

Ευελιξία σχεδίασης - Υπάρχει αυξημένη ευελιξία με το SDI στην αντιστοίχιση του σχήματος του πεδίου και του μεγέθους του πεδίου σε σύγκριση με τα συστήματα άρδευσης με κεντρικό άξονα. Το σύστημα SDI μπορεί να είναι εύκολου και οικονομικού μεγέθους με την διαθέσιμη παροχή νερού. Σε καλλιέργειες με μεγάλη απόσταση, μπορούν να τοποθετηθούν μοσχεύματα για βέλτιστη πρόσληψη νερού και θρεπτικών ουσιών. Τα συστήματα SDI που αντισταθμίζουν την πίεση έχουν λιγότερους περιορισμούς κλίσης από την άρδευση της επιφανειακής βαρύτητας

Διάρκεια ζωής του συστήματος - Οι εγκαταστάσεις SDI μπορούν να έχουν μεγάλη οικονομική ζωή όταν σχεδιάζονται και διαχειρίζονται σωστά. Η μακρά διάρκεια ζωής του συστήματος επιτρέπει την απόσβεση του επενδυτικού κόστους για πολλά χρόνια, επιτρέποντας έτσι στην καλλιέργεια οικονομικών καλλιεργειών χαμηλότερης αξίας με SDI

Λιγότερες βλάβες από επιβλαβείς οργανισμούς - Σε ορισμένες περιπτώσεις, μπορεί να υπάρξει λιγότερη βλάβη από παράσιτα σε συστήματα SDI από άγρια ζώα και έντομα

σε σχέση με τα συστήματα DI. Ωστόσο, αυτό πρέπει να μετριάζεται από το γεγονός ότι η βλάβη από παράσιτα στα συστήματα SDI μπορεί να απαιτήσει περισσότερη προσπάθεια ανίχνευσης και επισκευής

B. Μειονεκτήματα SDI

Παρομοίως, υπάρχουν περιστάσεις και καταστάσεις που παρουσιάζουν μειονεκτήματα στην επιλογή ενός SDI συστήματος. Αυτά τα μειονεκτήματα μπορούν επίσης να υποδιαιρεθούν κατά μήκος των ζητημάτων που αφορούν το νερό και το έδαφος, τις καλλιεργητικές και πολιτιστικές πρακτικές και τα ζητήματα της υποδομής του συστήματος

Μειονεκτήματα σχετικά με το νερό και το έδαφος

Μικρότερο σχέδιο διαβροχής - Το μοτίβο διαβροχής μπορεί να είναι πολύ μικρό σε εδάφη με χονδρόκοκκους χαρακτήρες, με αποτέλεσμα την πολύ μικρή ζώνη ρίζας καλλιέργειας. Αυτή η κατάσταση μπορεί να καταστήσει την ικανότητα του συστήματος και την αξιοπιστία του σε εξαιρετικά κρίσιμα ζητήματα, καθώς υπάρχει λιγότερη ικανότητα αποκατάστασης ανεπαρκούς αρδευτικής ικανότητας ή καταστροφής του συστήματος

Παρακολούθηση και αξιολόγηση των συμβάντων άρδευσης - Οι εφαρμογές νερού μπορεί να είναι σε μεγάλο βαθμό αόρατες και είναι πιο δύσκολο να αξιολογηθεί η λειτουργία του συστήματος και η ομοιομορφία εφαρμογής. Η κακοδιαχείριση του συστήματος μπορεί να οδηγήσει σε υποβρύχωση και απόδοση καλλιεργειών και μειώσεις ποιότητας ή υπερχειλίση, με αποτέλεσμα κακό αερισμό του εδάφους και προβλήματα βαθιάς διήθησης.

Μειωμένη κίνηση νερού προς τα πάνω - Η χρήση του συστήματος SDI για βλάστηση μπορεί να είναι περιορισμένη, ανάλογα με το βάθος εγκατάστασης και τα χαρακτηριστικά του εδάφους. Αυτό μπορεί να είναι ιδιαίτερα ενοχλητικό σε εδάφη με κατακόρυφη ρωγμή. Η αλατότητα μπορεί να αυξηθεί πάνω από τη σταλάχυνση, αυξάνοντας τον κίνδυνο αλατότητας για νεογέννητα φυτά ή μικρά μεταμοσχεύματα

Μειονεκτήματα σχετικά με την καλλιέργεια και τις πολιτιστικές πρακτικές

Λιγότερες επιλογές καλλιέργειας - Οι εργασίες πρωτογενούς και δευτερογενούς καλλιέργειας μπορεί να περιοριστούν με την τοποθέτηση σε στάγδην

Περιορισμένη ανάπτυξη ρίζας φυτών - Μικρότερες ζώνες ρίζας των καλλιεργειών μπορούν να κάνουν την άρδευση και τη γονιμοποίηση πιο κρίσιμα ζητήματα τόσο από άποψη χρονισμού όσο και ποσότητας. Οι μικρότερες ζώνες των ριζών των καλλιεργειών μπορεί να είναι ανεπαρκείς για να αποφευχθούν τάσεις ημερήσιου ύδατος καλλιέργειας ακόμη και όταν η ριζική ζώνη είναι καλά ποτισμένη. Η εφαρμογή θρεπτικών ουσιών μέσω του συστήματος SDI μπορεί να απαιτηθεί για βέλτιστες αποδόσεις. Η εφαρμογή μικροθρεπτικών συστατικών μπορεί επίσης να γίνει πιο σημαντική καθώς ο μικρότερος όγκος εδάφους εξαντλείται από αυτά τα θρεπτικά συστατικά νωρίτερα

Θέματα διαστήματος γραμμών και περιστροφής - Δεδομένου ότι τα συστήματα SDI έχουν σταθεροποιηθεί χωρικά, μπορεί να είναι πιο δύσκολο να χωρέσουν καλλιέργειες διαφόρων διαχωριστικών γραμμών. Ορισμένες καλλιέργειες ενδέχεται να απαιτούν πολύ στενή απόσταση μεταξύ τους, η οποία μπορεί να είναι οικονομικά μη πρακτική. Επιπλέον προσοχή πρέπει να λαμβάνεται κατά τη διάρκεια της ετήσιας καλλιέργειας σειρών για να εξασφαλιστεί ότι ο προσανατολισμός της καλλιέργειας και η απόσταση θα ταιριάζουν κατάλληλα με τη θέση στάσης

Θέματα ανάπτυξης φυτών - Ορισμένες καλλιέργειες ενδέχεται να μην αναπτύσσονται σωστά υπό το SDI σε ορισμένα εδάφη και κλίματα. Τα αράπικα φιστίκια μπορεί να μην κολλήσουν σωστά σε ξηρό χώμα. Οι καλλιέργειες δένδρων μπορούν να επωφεληθούν από ένα μεγαλύτερο σχέδιο διαβροχής

Μειονεκτήματα σχετικά με την υποδομή του συστήματος

Κόστος - Η SDI έχει υψηλό αρχικό επενδυτικό κόστος σε σύγκριση με ορισμένα εναλλακτικά συστήματα άρδευσης. Σε πολλές περιπτώσεις, το σύστημα δεν έχει αξία μεταπώλησης ή ελάχιστη αξία διάσωσης. Οι δανειστές ενδέχεται να απαιτούν υψηλότερο επίπεδο συμμετοχής και περισσότερες εξασφαλίσεις πριν εγκρίνουν τα δάνεια του συστήματος SDI. Τέτοιες μεγάλες επενδύσεις μπορεί να μην δικαιολογούνται σε περιοχές με αβέβαιη διαθεσιμότητα νερού και καυσίμων, ιδιαίτερα εάν οι προοπτικές των τιμών των βασικών προϊόντων είναι κακές. Τα συστήματα SDI έχουν συνήθως μικρότερη διάρκεια ζωής από τα εναλλακτικά συστήματα άρδευσης, πράγμα που σημαίνει ότι το ετήσιο κόστος απόσβεσης πρέπει να αυξηθεί για να προβλεφθεί η αντικατάσταση του συστήματος

Θέματα φιλτραρίσματος - Όπως συμβαίνει με όλα τα συστήματα μικροεπεξεργασίας, η διήθηση του νερού είναι ένα κρίσιμο ζήτημα για την εξασφάλιση της σωστής λειτουργίας του συστήματος και της μακροζωίας του συστήματος. Ωστόσο, το ζήτημα μπορεί να καταστεί πιο κρίσιμο για τα μακροπρόθεσμα συστήματα SDI, όπου είναι επιθυμητή μια ζωή συστήματος μεγαλύτερη από δέκα χρόνια. Το SDI ενδέχεται να απαιτεί πιο σύνθετη διαχείριση της ποιότητας των υδάτων από ορισμένα συστήματα μικρορύπανσης επιφανείας, δεδομένου ότι δεν υπάρχουν ευκαιρίες για χειροκίνητο καθαρισμό των εκπομπών

Άλλα ζητήματα συντήρησης - Απαιτείται έγκαιρη και συνεπής συντήρηση και επισκευές. Οι διαρροές που προκαλούνται από τα τρωκτικά μπορεί να είναι πιο δύσκολο να εντοπιστούν και να επιδιορθωθούν, ιδιαίτερα για βαθύτερα συστήματα SDI. Οι διατρήσεις πρέπει να παρακολουθούνται για εισβολή ρίζας και οι διαδικασίες λειτουργίας και σχεδιασμού του συστήματος πρέπει να χρησιμοποιούν διασφαλίσεις για τον περιορισμό ή την πρόληψη περαιτέρω εισβολής. Οι ρίζες από μερικές πολυετείς καλλιέργειες μπορεί να τσιμπήσουν τα κοτσάνια, να εξαλείψουν ή να μειώσουν τις ροές. Περιοδικά, τα τρυπητήρια πρέπει να ξεπλυθούν για να αφαιρεθούν οι συσσωρεύσεις ιζήματος και άλλων ιζημάτων που μπορεί να εμφανιστούν στα τρυπάνια

Λειτουργικά ζητήματα - Η λειτουργία και η διαχείριση απαιτούν πιο συνεπή εποπτεία από ορισμένα εναλλακτικά συστήματα άρδευσης. Υπάρχουν λιγότεροι οπτικοί δείκτες της λειτουργίας του συστήματος και της ομοιομορφίας της εφαρμογής του συστήματος. Απαιτούνται διαδικασίες αρδευτικού προγραμματισμού για την αποτροπή της υποπίεσης και της υπερχειλίσσης. Για την εξακρίβωση της σωστής λειτουργίας του συστήματος απαιτείται η παρακολούθηση των μετρητών ροής του συστήματος και των μετρητών πίεσης

Θέματα σχεδιασμού - Η SDI είναι μια λιγότερο αναπτυγμένη τεχνολογία από κάποια εναλλακτικά συστήματα άρδευσης. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα σε ορισμένες περιοχές όπου οι καλλιεργητές έχουν ελάχιστη έκθεση και εμπειρία με αυτά τα συστήματα. Υπάρχουν λιγότερα συστήματα ετοιμοπαράδοτα για αγορά. Τα σφάλματα σχεδιασμού είναι πιο δύσκολα να επιλυθούν, καθώς το μεγαλύτερο μέρος του συστήματος SDI είναι κάτω από το έδαφος. Υπάρχουν τυπικά περισσότερα εξαρτήματα που απαιτούνται για συστήματα SDI από DI. Υπάρχει η πιθανότητα κατάποσης του εδάφους κατά το κλείσιμο του συστήματος, εάν παρουσιαστεί κενό, έτσι ώστε να υπάρχουν συσκευές ανακούφισης αέρα / διακόπτη κενού και να λειτουργούν σωστά. Όπως συμβαίνει με

οποιοδήποτε σύστημα μικροεπεξεργασίας, το μέγεθος της ζώνης και το μήκος της διαδρομής θα περιορίζονται από το υδραυλικό σύστημα. Η συμπίεση της ροής λόγω της υπερκείμενης επιφάνειας του εδάφους μπορεί να συμβεί σε ορισμένα εδάφη και σε ορισμένα βάθη, προκαλώντας δυσμενείς επιπτώσεις στη ροή. Τα συστήματα SDI δεν είναι συνήθως κατάλληλα για ειδική εφαρμογή μεταβλητής θέσης

Θέματα εγκατάλειψης - Σε μερικές περιπτώσεις, υπάρχουν ανησυχίες σχετικά με το γεγονός ότι τα απόβλητα πλαστικών προϊόντων (γραμμές στάγδην) στο υπέδαφος του συστήματος SDI έχουν εγκαταλειφθεί

2. Άρδευση με ψεκαστήρα

Η άρδευση με ψεκαστήρα είναι μια μέθοδος παροχής άρδευσης που μοιάζει με βροχόπτωση στις καλλιέργειες. Το νερό διανέμεται μέσω ενός συστήματος σωλήνων συνήθως με άντληση. Οι κεφαλές ψεκασμού στα σημεία εξόδου διανέμουν το νερό σε όλη την επιφάνεια του εδάφους. Οι ψεκαστήρες παρέχουν αποτελεσματική κάλυψη για μικρές έως μεγάλες περιοχές και είναι κατάλληλοι για όλους τους τύπους καλλιεργειών. Επιπλέον, μπορούν να προσαρμοστούν σε σχεδόν όλα τα αρδεύσιμα εδάφη, δεδομένου ότι οι ψεκαστήρες είναι διαθέσιμοι με ποικίλες ικανότητες εκκένωσης (FAO 1988). Ωστόσο, τα συστήματα ψεκαστήρων μπορούν εύκολα να φράξουν με την παρουσία ιζημάτων ή υπολειμμάτων και τα μεγάλα συστήματα συνεπάγονται υψηλό κόστος κεφαλαίου.

Βασικές αρχές σχεδιασμού

Κεφαλές ψεκαστήρα

Οι ψεκαστήρες πρόσκρουσης και μετάδοσης κίνησης είναι δύο γενικοί τύποι ψεκαστήρων που χρησιμοποιούνται σε γκαζόν, κήπους και βοσκότοπους.

Παράγουν κινούμενα ρεύματα νερού και ψεκάζουν ακροφύσια που απορρίπτουν νερό σε όλο το βρεγμένο μοτίβο ανά πάσα στιγμή. Οι ψεκαστήρες πρόσκρουσης ή μετάδοσης κίνησης μπορούν να φιλοξενήσουν μόνο μοτίβα εφαρμογής πλήρους ή μερικού κύκλου. Δεδομένου ότι κάθε ψεκαστήρας καλύπτει μια μεγάλη έκταση (συνήθως απόσταση 12 μέτρων από το κεφάλι προς το κεφάλι), χρησιμοποιούνται σε βοσκότοπους και σε μεγαλύτερες περιοχές γκαζόν.



Εικόνα 15: Αριστερά : Φορητή κεφαλή ψεκαστήρα κρούσης συνδεδεμένη σε σωλήνα κήπου Δεξιά: Αναδυόμενες κεφαλές ψεκασμού μισού κύκλου που τροφοδοτούνται από έναν εύκαμπτο σωλήνα κάτω από την επιφάνεια.²⁹

Αυτοί οι ψεκαστήρες μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε στερεό σετ διαμόρφωσης όπου εγκαθίστανται επαρκή ακροφύσια για κάλυψη όλων των τμημάτων της επιθυμητής περιοχής αντλώντας νερό από μια επιφάνεια ή θαμμένη κύρια γραμμή και πλευρικά. Ή μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε διαμόρφωση set-move όπου λειτουργούν πλευρικές γραμμές και μετά μετακινούνται σε διαστήματα 12 ή 24 ωρών. Τα στερεά συστήματα

²⁹<https://sswm.info/pt-pt/sswm-university-course/module-4-sustainable-water-supply/further-resources-water-use/sprinkler-irrigation> (εξακριβώθηκε 29 Ιουνίου 2020)

κοστίζουν περισσότερο για την εγκατάσταση, αλλά έχουν χαμηλότερες απαιτήσεις εργασίας και μπορεί να είναι αυτοματοποιημένα. Το κόστος εξοπλισμού και εγκατάστασης ανά στρέμμα των συστημάτων μετακίνησης είναι λιγότερο ακριβό, αλλά η λειτουργία του απαιτεί περισσότερη εργασία, καθώς δεν μπορούν να αυτοματοποιηθούν πλήρως.



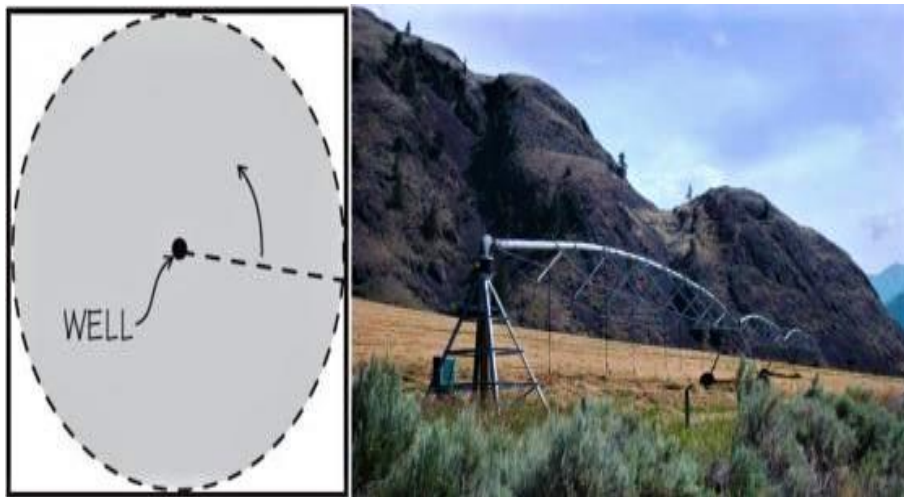
Εικόνα 16: Αρκετές κεφαλές ψεκαστήρα συνδέονται με έναν πλευρικό σωλήνα, ο οποίος παρέχεται από μια κύρια γραμμή³⁰

Κέντρο περιστροφής

Αυτό το αυτοκινούμενο σύστημα ψεκασμού περιστρέφεται γύρω από το σημείο περιστροφής και έχει τις χαμηλότερες απαιτήσεις εργασίας των συστημάτων. Είναι κατασκευασμένο με σωλήνες που συνδέονται με κινητούς πύργους. Η ποσότητα νερού

³⁰<https://sswm.info/pt-pt/sswm-university-course/module-4-sustainable-water-supply/further-resources-water-use/sprinkler-irrigation>

που εφαρμόζεται ελέγχεται από την ταχύτητα περιστροφής. Οι κεντρικοί άξονες μπορούν να προσαρμοστούν σε οποιοδήποτε ύψος καλλιέργειας και είναι ιδιαίτερα κατάλληλοι για ελαφρύτερα εδάφη. Με ένα μηχανογραφημένο σύστημα ελέγχου, ο χειριστής μπορεί να προγραμματίσει πολλά χαρακτηριστικά για τη διαδικασία άρδευσης. Επιπλέον, είναι δυνατή η εγκατάσταση ενός γωνιακού συστήματος προσάρτησης (που ονομάζεται επίσης «τελικό όπλο») που επιτρέπει την άρδευση γωνιακών περιοχών που χάνονται από συμβατικά κεντρικά συστήματα



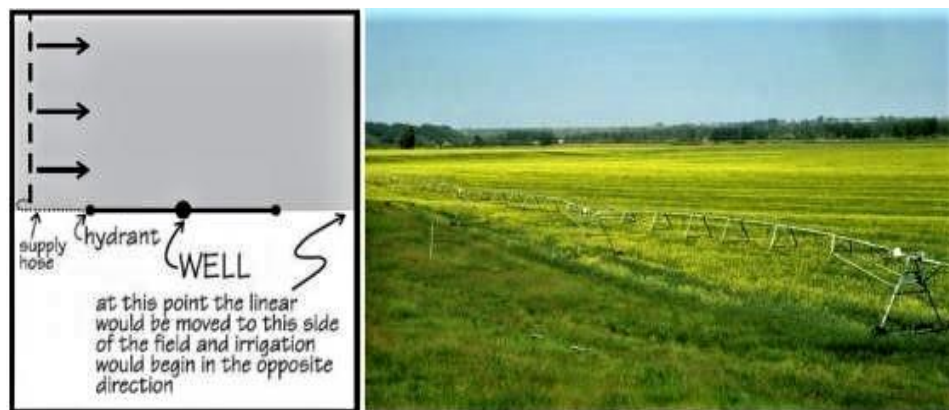
Εικόνα 17: Αριστερά : Ένα κεντρικό σύστημα περιστροφής ποτίζει έως 132 στρέμματα ($\sim 0,5 \text{ km}^2$) Δεξιά: Άρδευση κεντρικού άξονα στα νότια της Βρετανικής Κολομβίας, Καναδάς³¹

Γραμμική κίνηση

Το σύστημα άρδευσης γραμμικής κίνησης (που ονομάζεται επίσης πλευρική κίνηση) είναι κατασκευασμένο με τον ίδιο τρόπο όπως ένας κεντρικός άξονας, που κινεί πύργους

³¹<https://sswm.info/pt-pt/sswm-university-course/module-4-sustainable-water-supply/further-resources-water-use/sprinkler-irrigation> (εξακριβώθηκε 29 Ιουνίου του 2020)

και σωλήνες που διασυνδέουν τους πύργους. Η κύρια διαφορά είναι ότι όλοι οι πύργοι κινούνται με την ίδια ταχύτητα και προς την ίδια κατεύθυνση. Το νερό αντλείται σε ένα από τα άκρα ή στο κέντρο. Λόγω της υψηλής επένδυσης κεφαλαίου, χρησιμοποιούνται γραμμικές κινήσεις σε καλλιέργειες υψηλής αξίας όπως πατάτες, λαχανικά και χλοοτάπητες



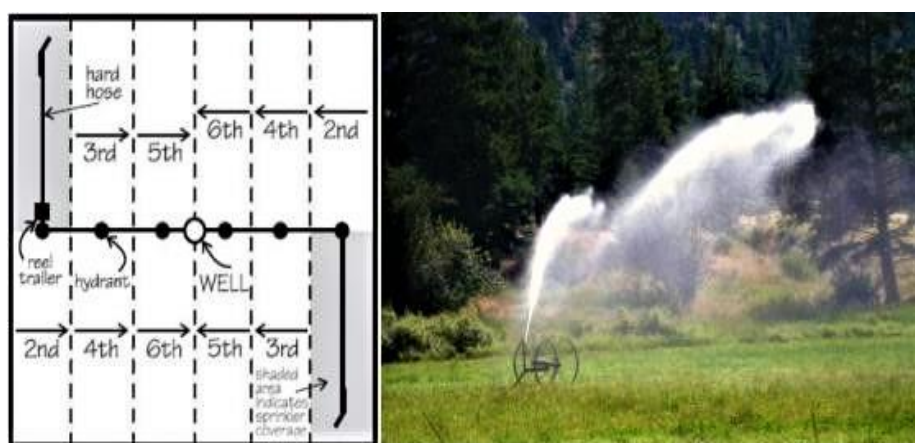
Εικόνα 18: Ένα σύστημα γραμμικής κίνησης ποτίζει ορθογώνια πεδία ενός με μισό μίλι. Είναι ένα κοινό σύστημα για πολύ μεγάλα πεδία³²

Travelling Big Gun

Το σύστημα Travelling Big Gun χρησιμοποιεί ακροφύσιο μεγάλης χωρητικότητας και έχει υψηλή πίεση για να ρίξει νερό πάνω από τη σοδειά καθώς τραβιέται μέσω ενός δρομακίου στο χωράφι. Το Travelling Big Gun διατίθενται σε δύο κύριες διαμορφώσεις: σε σκληρό σωλήνα ή σε τροφοδοσία εύκαμπτου σωλήνα. Με το σύστημα σκληρού εύκαμπτου σωλήνα, ένας σκληρός εύκαμπτος σωλήνας πολυαιθυλενίου τυλίγεται σε έναν κύλινδρο τοποθετημένο σε ένα ρυμουλκούμενο. Το τρέιλερ είναι αγκυροβολημένο στο τέλος ή στο κέντρο του γηπέδου. Το πιστόλι συνδέεται στο άκρο του σωλήνα και

³²<https://sswm.info/pt-pt/sswm-university-course/module-4-sustainable-water-supply/further-resources-water-use/sprinkler-irrigation>(εξακριβώθηκε 29 Ιουνίου του 2020)

τραβιέται προς το ρυμουλκούμενο. Το όπλο τραβιέται πέρα από το πεδίο από τον εύκαμπτο σωλήνα που τυλίγεται στον κύλινδρο. Με το εύκαμπτο σύστημα εύκαμπτων σωλήνων, το πιστόλι είναι τοποθετημένο σε ένα τετράτροχο καλάθι. Παρέχεται νερό στο πιστόλι μέσω εύκαμπτου σωλήνα από την κύρια γραμμή. Ένα βαρούλκο καλωδίων τραβά το καλάθι από το πεδίο προς το καλάθι.



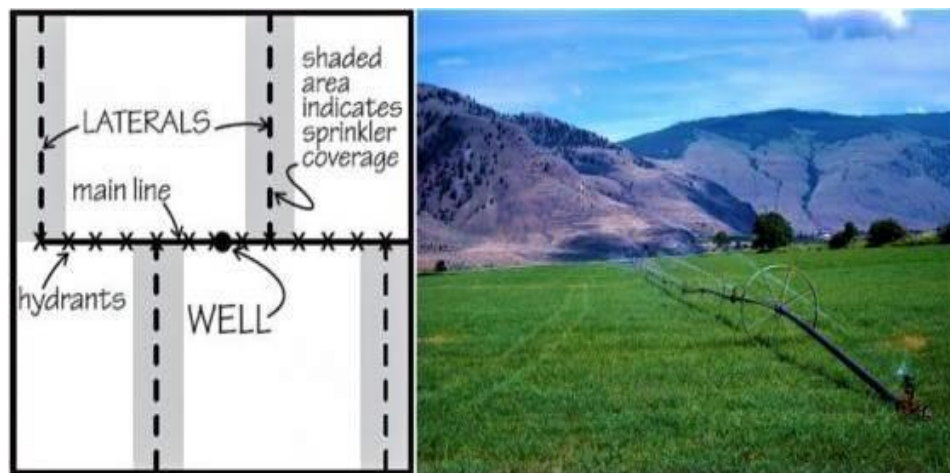
Εικόνα 19: Τα περισσότερα συστήματα μεγάλων όπλων χρησιμοποιούνται σε μέγιστο βαθμό από 80 έως 100 στρέμματα ανά όπλο (~ 0,3 έως 0,4 km²)³³

Πλευρικό ρολό

Το σύστημα πλευρικού ρολού (που ονομάζεται επίσης ρολό τροχού) αποτελείται από ένα πλευρικό, συνήθως μήκους 1/4 μιλίου, τοποθετημένο σε τροχούς διαμέτρου 4 έως 10 ποδιών (1 έως 3 μέτρων) και ο σωλήνας λειτουργεί ως άξονας. Όταν η επιθυμητή ποσότητα νερού έχει εφαρμοστεί σε μια περιοχή, χρησιμοποιείται ένας βενζινοκινητήρας στο κέντρο για να μετακινήσει το πλευρικό ρολό στο επόμενο. Οι ψεκαστήρες είναι γενικά τοποθετημένοι σε ζυγισμένους, περιστρεφόμενους συνδετήρες

³³<https://sswm.info/pt-pt/sswm-university-course/module-4-sustainable-water-supply/further-resources-water-use/sprinkler-irrigation> (εξακριβώθηκε 29 Ιουνίου του 2020)

έτσι ώστε ανεξάρτητα από το πού σταματά το πλευρικό ρολό, οι ψεκαστήρες να είναι πάντα στην κορυφή. Αυτός ο τύπος συστήματος δεν συνιστάται για κλίσεις μεγαλύτερες από 5% και πρέπει να χρησιμοποιείται κυρίως σε επίπεδο έδαφος. Τα συστήματα πλευρικού ρολού προσαρμόζονται μόνο σε χαμηλές καλλιέργειες, έχουν μεσαίες απαιτήσεις εργασίας και μέτριες αρχικές επενδύσεις.



Εικόνα 20: Σύστημα άρδευσης τροχού³⁴

Εκτιμήσεις κόστους

Το κόστος των διαφόρων συστημάτων ποικίλλει. Εκτός από τον μικρό εξοπλισμό ψεκαστήρων για κηπουρική, μεγάλα συστήματα όπως γραμμική κίνηση ή άρδευση κεντρικού άξονα επιβαρύνονται με υψηλό κόστος κεφαλαίου. Είναι επίσης σημαντικό να λάβετε υπόψη το κόστος λειτουργίας και συντήρησης για αυτά τα τεχνικά και μερικές φορές ελεγχόμενα από υπολογιστή συστήματα.

³⁴<https://sswm.info/pt-pt/sswm-university-course/module-4-sustainable-water-supply/further-resources-water-use/sprinkler-irrigation> (εξακριβώθηκε 29 Ιουνίου του 2020)

Λειτουργία και συντήρηση

Ανάλογα με το σύστημα, απαιτούνται ειδικές γνώσεις για την πραγματοποίηση άρδευσης. Είναι σημαντικό να διατηρηθεί ολόκληρη η εγκατάσταση. Οι κινητήρες, οι σωλήνες / οι σωλήνες παροχής νερού και όλα τα μηχανικά εξαρτήματα πρέπει να διατηρούνται σε φόρμα για να αποφευχθούν ζημιές και υψηλό κόστος επισκευής. Η λειτουργία και η συντήρηση του εξοπλισμού άρδευσης για κήπους, όπως οι κεφαλές ψεκασμού ή spray ψεκασμού, δεν είναι δύσκολη και επομένως είναι εύκολη στην χρήση της για όλους.

Εφαρμογή

Οι ψεκαστήρες ταιριάζουν καλύτερα για αμμώδη εδάφη με υψηλούς ρυθμούς διήθησης αν και είναι προσαρμόσιμοι στους περισσότερους τύπους εδάφους. Ο μέσος ρυθμός εφαρμογής των ψεκαστήρων (σε mm / ώρα) ορίζεται χαμηλότερος από τον βασικό ρυθμό διείσδυσης του εδάφους, έτσι ώστε να αποφεύγεται η συγκέντρωση επιφανειών και η απορροή. Οι ψεκαστήρες δεν είναι κατάλληλοι για εδάφη που σχηματίζουν εύκολα κρούστα ή σε περίπτωση κινδύνου αλάτωσης.

Επιπλέον, μπορούν εύκολα να φράξουν με την παρουσία ιζημάτων ή υπολειμμάτων. Εάν η άρδευση με ψεκαστήρα είναι η μόνη διαθέσιμη μέθοδος, τότε θα πρέπει να χρησιμοποιούνται ελαφροί ψεκασμοί. Οι ψεκαστήρες που παράγουν μεγαλύτερα σταγονίδια νερού πρέπει να αποφεύγονται (FAO 1988).

1. Πλεονεκτήματα S.I.

- **Είναι προσιτό και εντελώς εύκολο στη ρύθμιση.** Δεν θα χρειαστεί να ξοδέψετε πολλά για το κόστος εργασίας για τη ρύθμισή του.
- **Ανεξάρτητα από την τοπογραφία της περιοχής** (ακόμη και περιοχές που βρίσκονται σε υψηλότερα υψόμετρα από την πηγή που μπορεί να αρδευνεί)
- **Υπάρχει η δυνατότητα προσθήκης λιπασμάτων ή φυτοφαρμάκων**
- **Η παρεμβολή στην καλλιέργεια για τη ρύθμιση της άρδευσης του ψεκαστήρα είναι πολύ μικρότερη.** Έτσι, δεν θα αντιμετωπίσετε τεράστια απώλεια.
- **Η κατανομή του νερού θα είναι πάντα ίση.**
- **Η ποσότητα του νερού που παρέχεται μπορεί να ελεγχθεί, ώστε να μπορείτε επίσης να εξοικονομήσετε νερό ανάλογα με την ανάγκη και τις απαιτήσεις των φυτών.**
- **Η άρδευση ψεκαστήρα είναι κατάλληλη για εγκατάσταση σε όλους τους τύπους εδάφους.**
- **Δυνατότητα άρδευσης για άλλους σκοπούς: βλάστηση, προστασία από τον παγετό ή ψύξη κατά τη διάρκεια καυτών περιόδων (HOVE 2011).**

2. Μειονεκτήματα S.I.

- **Επιφέρει υψηλά έξοδα λειτουργίας λόγω της ενέργειας που απαιτείται για άντληση, εργασία και σχετικά μεγάλη επένδυση σε εξοπλισμό: ψεκαστήρες και σωλήνες (HOVE 2011)**
- **Η αναπόφευκτη διαβροχή του φυλλώματος στις καλλιέργειες του χωριού οδηγεί σε αυξημένη ευαισθησία στις ασθένειες (HOVE 2011)**

- Το κόστος κεφαλαίου είναι υψηλό με μεγαλύτερο λειτουργικό κόστος λόγω υψηλότερων ενεργειακών απαιτήσεων (HOVE 2011)
- Η χρήση της άρδευσης του ψεκαστήρα για την παροχή αλατούχου νερού μπορεί να οδηγήσει σε προβλήματα.
- Για ομοιόμορφο ψεκασμό σταγονιδίων νερού υπάρχει απαίτηση για συνεχή παροχή νερού.
- Υπάρχει πιθανότητα να εξατμιστεί το νερό από την άρδευση του ψεκαστήρα όταν το περιβάλλον είναι θυελλώδες και έχει υψηλή υγρασία.
- Υπάρχει πιθανότητα τα ακροφύσια των ψεκαστήρων να φράξουν λόγω της εναπόθεσης συντριμμιών και ιζημάτων από το νερό που χρησιμοποιείται.

3. Επιφανειακή άρδευση

Η επιφανειακή άρδευση αντιπροσωπεύει μια μεγάλη ομάδα μεθόδων άρδευσης στις οποίες το νερό κατανέμεται με βαρύτητα στην επιφάνεια του χωραφιού (σημείωση: η επιφανειακή άρδευση δεν περιλαμβάνει άρδευση της ταχύτητας). Οι τρεις πιο κοινές μέθοδοι είναι άρδευση λεκανοπεδίου, άρδευση συνόρων και άρδευση αυλακώσεων. Το νερό εισάγεται τυπικά στο υψηλότερο σημείο ή κατά μήκος της άκρης ενός χωραφιού, το οποίο επιτρέπει την κάλυψη του χωραφιού με υπερχειλίση. Ιστορικά, η επιφανειακή άρδευση ήταν η πιο κοινή μέθοδος άρδευσης γεωργικών εκτάσεων. Το καθοριστικό χαρακτηριστικό των επιφανειακών μεθόδων άρδευσης είναι ότι το έδαφος χρησιμοποιείται ως μέσο μεταφοράς (σε αντίθεση με τους αγωγούς (βλέπε υπόγεια άρδευση, στάγδην άρδευση ή μέσω του αέρα, όπως με τους ψεκαστήρες).

Οι επιφανειακές μέθοδοι άρδευσης περιέχουν δύο βασικές κατηγορίες: δεξαμενή (επιφανειακά νερά συγκεντρωμένα σε λακκούβα) και μετακίνηση νερού. Οι μέθοδοι κινούμενου νερού απαιτούν κάποια απορροή ή λιμνούλα για να διασφαλιστεί επαρκής

διείσδυση στο κάτω άκρο του χωραφιού. Ο τύπος εδάφους ελέγχει το μήκος της διαδρομής και το βάθος της διήθησης με την πάροδο του χρόνου. Όσο καλύτερη είναι η ποιότητα του εδάφους τόσο λιγότερη είναι η περιττή απορροή και τόσο καλύτερη είναι η διείσδυση στο έδαφος και συνεπώς η χρήση για τις καλλιέργειες (BURT 2000). Λόγω της λίμνης, είναι σημαντικό να μην αρδεύονται οι καλλιέργειες κατά τη διάρκεια της ημέρας, αλλά νωρίς το πρωί ή τη νύχτα, προκειμένου να αποφευχθεί η απώλεια νερού λόγω εξάτμισης.

Κάθε επιφανειακό σύστημα έχει τα δικά του μοναδικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα ανάλογα με παράγοντες όπως το αρχικό κόστος ανάπτυξης, το μέγεθος και το σχήμα των επιμέρους χωραφιών, τα χαρακτηριστικά του εδάφους, τη φύση και τη διαθεσιμότητα της παροχής νερού, το κλίμα, το μοτίβο καλλιέργειας, τις κοινωνικές προτιμήσεις και κατασκευές και την ιστορική εμπειρία

Βασικές αρχές σχεδιασμού

Άρδευση λεκάνης

Η άρδευση λεκάνης είναι η πιο κοινή μορφή επιφανειακής άρδευσης, ιδιαίτερα σε περιοχές με διάταξη μικρών χωραφιών. Εάν ένα χωράφι είναι επίπεδο προς όλες τις κατευθύνσεις, περικλείεται από έναν κύλινδρο για την αποφυγή απορροής και παρέχει μια μη κατευθυνόμενη ροή νερού στο χωράφι, εδώ ονομάζεται λεκάνη.

Εάν οι λεκάνες είναι μικρές ή εάν ο διαθέσιμος ρυθμός απόρριψης είναι σχετικά μεγάλος, υπάρχουν λίγα εδάφη που δεν επιδέχονται την άρδευση λεκανών.

Γενικά, η άρδευση λεκάνης ευνοείται από μέτρια έως αργά εδάφη πρόσληψης και καλλιέργειες βαθιάς ρίζας, σε στενή απόσταση. Οι καλλιέργειες, που δεν ανέχονται τις πλημμύρες και τα εδάφη που υπόκεινται σε κρούστα, μπορούν να αρδευτούν με λεκάνες

ή με φύτευση υπερυψωμένων κρεβατιών. Η άρδευση λεκάνης είναι μια αποτελεσματική μέθοδος έκπλυσης αλάτων από το προφίλ του εδάφους στα βαθύτερα υπόγεια ύδατα



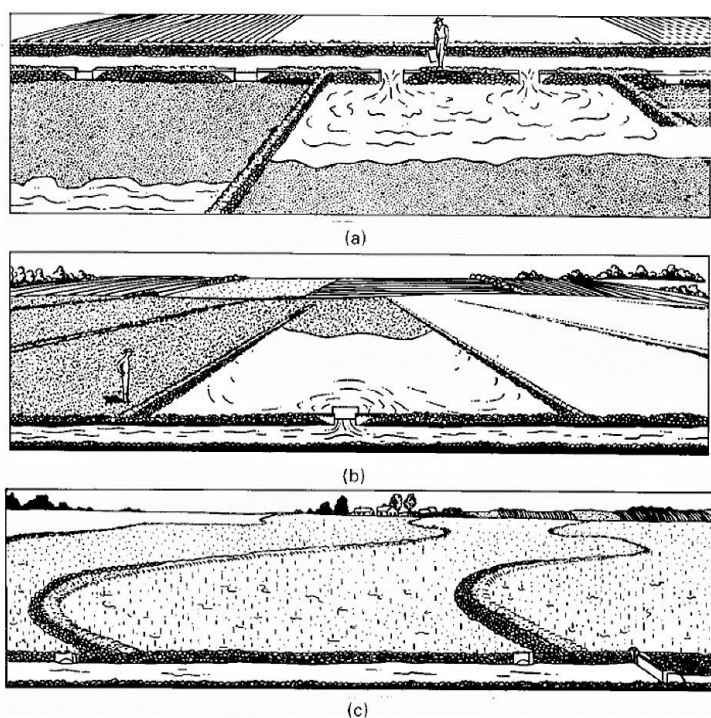
Εικόνα 21: Δύο τυπικά πεδία άρδευσης λεκανών επιφανείας.³⁵

Τα συστήματα άρδευσης λεκανών μπορούν να αυτοματοποιηθούν με σχετικά απλούς και φθηνούς ελέγχους ροής στην είσοδο λεκάνης. Ωστόσο, η άρδευση λεκάνης απορροής έχει ορισμένους περιορισμούς σε σχέση με τη γεωργία στις λιγότερο ανεπτυγμένες χώρες. Η ακριβής ισοπέδωση της γης είναι απαραίτητη για υψηλές ομοιομορφίες και αποτελεσματικότητα, αλλά αυτό είναι δύσκολο να επιτευχθεί σε μικρές περιοχές, οι περιμετρικές αναχωρήσεις πρέπει να διατηρούνται καλά για την εξάλειψη των παραβιάσεων και απόβλητα και είναι δύσκολο και συχνά ανέφικτο να ενσωματωθεί η χρήση μόντεμ αγροτικών μηχανημάτων σε μικρές λεκάνες, περιορίζοντας έτσι την άρδευση μικρής κλίμακας λεκάνης στην καλλιέργεια χεριών και ζώων (WALKER 2003)

³⁵<https://sswm.info/sswm-university-course/module-4-sustainable-water-supply/further-resources-water-use/surface-irrigation> (εξακριβώθηκε 29 Ιουνίου του 2020)

Σύστημα άρδευσης συνόρων

Σε πολλές περιπτώσεις, η άρδευση των συνόρων μπορεί να θεωρηθεί ως επέκταση της άρδευσης λεκάνης για να περιλαμβάνει μακρά ορθογώνια ή περιγράμματα σχήματα πεδίου, διαμήκη αλλά χωρίς πλευρική κλίση, και ελεύθερες συνθήκες αποστράγγισης ή μπλοκαρίσματος στο κάτω άκρο



Εικόνα 22: Παραδείγματα συστημάτων άρδευσης των συνόρων. (α) Τυπικό διαβαθμισμένο σύστημα άρδευσης συνόρων. (β) Σύστημα άρδευσης τυπικού επιπέδου. (γ) Σύστημα άρδευσης με τυπικό περίγραμμα ή σύνορα³⁶

Κατά την άρδευση των συνόρων, ένα χωράφι χωρίζεται σε λωρίδες που χωρίζονται από κορυφογραμμές που τρέχουν κάτω από την πλαγιά του χωραφιού.

Το πλάτος των λωρίδων είναι συνήθως από 20 έως 100 πόδια (6 έως 30 μέτρα). Η περιοχή μεταξύ των κορυφογραμμών πλημμυρίζει κατά την άρδευση. Η συνοριακή

³⁶<https://sswm.info/sswm-university-course/module-4-sustainable-water-supply/further-resources-water-use/surface-irrigation> (εξακριβώθηκε 29 Ιουνίου του 2020)

άρδευση χρησιμοποιείται για καλλιέργειες δέντρων και για καλλιέργειες όπως η άλφα (*Medicago sativa*) και οι μικροί σπόροι (UCCE 2003)



Εικόνα 23: Δενδρώδεις καλλιέργειες αρδευόμενες από σύστημα επιφανειακών συνόρων³⁷

Άρδευση ‘αυλάκι’

Μια εναλλακτική λύση για την πλημμύρα ολόκληρης της επιφάνειας του πεδίου είναι η κατασκευή μικρών καναλιών κατά μήκος της πρωτεύουσας κατεύθυνσης της κίνησης του νερού. Το νερό που εισάγεται σε αυτά τα αυλάκια διεισδύει μέσω της βρεγμένης περιμέτρου και μετακινείται κάθετα και πλευρικά στη συνέχεια για να ξαναγεμίσει το

³⁷<https://sswm.info/sswm-university-course/module-4-sustainable-water-supply/further-resources-water-use/surface-irrigation> (εξακριβώθηκε 29 Ιουνίου 2020)

έδαφος. Τα αυλάκια μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε συνδυασμό με λεκάνες και περιγράμματα για να ξεπεραστούν οι τοπογραφικές παραλλαγές και το φλοιό (WALKER 2003). Τα αυλάκια είναι καλά προσαρμοσμένα στις καλλιέργειες και τους οπωρώνες ή τους αμπελώνες (BURT 2000)



Εικόνα 24: Αριστερά: Μέτρηση ενός σχήματος αυλακιού. Δεξιά: Ένα πεδίο αρδευόμενο από αυλάκια.³⁸

Τα συστήματα αυλακώσεων απαιτούν περισσότερη εργασία από τα συστήματα συνόρων ή λεκανών. Μερικά μειονεκτήματα είναι οι κίνδυνοι αλατότητας μεταξύ των αυλακώσεων, η περιορισμένη κινητικότητα των μηχανημάτων κατά την πλευρική κατεύθυνση του πεδίου και ένα αυξημένο δυναμικό διάβρωσης. Από την άλλη πλευρά, οι τοπογραφικές συνθήκες μπορεί να είναι πιο σοβαρές και μεταβλητές, και η μικρότερη υγρή περιοχή μπορεί να μειώσει την απώλεια εξάτμισης (WALKER 2003).

Τα τρία πιο σημαντικά στοιχεία υλικού για αποτελεσματική άρδευση αυλακώσεων είναι (BURT 2000):

³⁸<https://sswm.info/sswm-university-course/module-4-sustainable-water-supply/further-resources-water-use/surface-irrigation> (εξακριβώθηκε 29 Ιουνίου του 2020)

- Ένα σύστημα ροής επιστροφής των υδάτων, που ενσωματώνει μια δεξαμενή
- Κοντά αυλάκια για αποδεκτή προηγμένη αναλογία
- Μια μεγάλη μεταβλητή ροή παροχής νερού

Η σημασία του τύπου εδάφους

Υπάρχει ένα μειονέκτημα της επιφανειακής άρδευσης που αντιμετωπίζει κάθε σχεδιαστή και αρδευτήρα. Το έδαφος, το οποίο πρέπει να χρησιμοποιηθεί για τη μεταφορά του νερού πάνω από το χωράφι, έχει ιδιότητες που ποικίλλουν πολύ χωρικά και χρονικά. Γίνονται σχεδόν αόριστα εκτός από το αμέσως πριν από το πότισμα ή κατά τη διάρκεια αυτού. Αυτό δημιουργεί ένα πρόβλημα μηχανικής στο οποίο τουλάχιστον δύο από τις κύριες μεταβλητές σχεδιασμού, η εκφόρτιση και ο χρόνος εφαρμογής, πρέπει να εκτιμηθούν όχι μόνο στο στάδιο της διάταξης του πεδίου, αλλά και να κριθεί από τον αρδευτήρα πριν από την έναρξη κάθε εκδήλωσης. Έτσι, ενώ είναι δυνατόν για τη νέα γενιά μεθόδων άρδευσης επιφανειών να είναι ελκυστικές εναλλακτικές λύσεις έναντι των συστημάτων ψεκασμού και ψεκασμού, οι σχετικές πρακτικές σχεδιασμού και διαχείρισης είναι πολύ πιο δύσκολο να προσδιοριστούν και να εφαρμοστούν (WALKER 1989).

Εκτιμήσεις κόστους

Η ισοπέδωση των χωραφιών και η κατασκευή τάφρων και δεξαμενών νερού μπορεί να είναι ακριβή, αλλά μόλις γίνει αυτό, το κόστος είναι χαμηλό και η ικανότητα αυτοβοήθειας είναι πολύ υψηλή. Έτσι, η αναμενόμενη διάρκεια ζωής του συστήματος, το σταθερό κόστος και το ετήσιο κόστος λειτουργίας (ενέργεια, απόσβεση νερού, προετοιμασία γης, συντήρηση, εργασία, φόροι κ.λπ.) πρέπει να συμπεριληφθούν στην ανάλυση κατά την επιλογή ενός συστήματος άρδευσης (WALKER 2003). Η κατανομή

του νερού γίνεται από τη βαρύτητα, επομένως δεν απαιτείται ενέργεια. Από την άλλη πλευρά, ένα επιφανειακό σύστημα άρδευσης είναι έντασης εργασίας, το οποίο πρέπει να ληφθεί υπόψη.

Λειτουργία και συντήρηση

Η καλή λειτουργία οποιουδήποτε συστήματος άρδευσης περιλαμβάνει την αντιστοίχιση της διάρκειας άρδευσης με το ρυθμό εφαρμογής και το ρυθμό πρόσληψης του εδάφους για τη μεγιστοποίηση του κλάσματος του νερού που είναι αποθηκευμένο στη ριζική ζώνη. Η λειτουργία της επιφανειακής άρδευσης απαιτεί να υπάρχει εκεί για να «τείνει» το νερό, δηλαδή να μετακινείται το νερό σε διαδοχικά σημεία εφαρμογής καθώς φτάνει στο τέλος της διαδρομής. (HILL *et al.* 2008).

Οι τάφροι πρέπει να καθαρίζονται τουλάχιστον ετησίως και συχνότερα εάν χρειάζεται. Ένα φυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον καθαρισμό μικρότερων τάφρων. Ένα μηχανικό τάφρο και τρακτέρ είναι πολύ χρήσιμο σε μεγαλύτερες τάφρους. Συχνά ο καθαρισμός τάφρων είναι μια «τελετή» νωρίς την άνοιξη που ολοκληρώνεται πριν από την πρώτη παράδοση νερού. Πολλές εταιρείες άρδευσης και καναλιών απαιτούν από τους μετόχους να διατηρούν τις δικές τους πύλες και να τους διατηρούν σε καλή κατάσταση λειτουργίας. Σε περιοχές όπου η βλάβη στα τρωκτικά είναι πρόβλημα, η «τρύπες των γοπχερ» ή άλλως η διόρθωση διαρροών σε τάφρους μπορεί να είναι καθημερινή δουλειά. Μπορεί να απαιτείται περιοδική επαναβάθμιση επιφανειακών αρδευόμενων χωραφιών για την αντιστάθμιση του εδάφους ή της ενοποίησης με την πάροδο του χρόνου (HILL *et al.* 2008)

1) Πλεονεκτήματα Επιφανειακής Άρδευσης

Η επιφανειακή άρδευση επιφανείας(όταν το νερό συγκεντρώνεται σε κλειστό χωράφι και αφήνεται να διεισδύσει σε λεκάνες, σύνορα ή αυλάκια) έχει ορισμένα ξεχωριστά πλεονεκτήματα που μπορούν να συνοψιστούν ως εξής:

- Η διαχείριση της άρδευσης είναι πολύ εύκολη και δεν απαιτεί σύγχρονη τεχνολογία και μπορεί σε μεγάλο βαθμό να βασιστεί στις τοπικές παραδοσιακές γνώσεις.
- Προσαρμόζεται καλά στις μικρές εκμεταλλεύσεις γης και δεν απαιτεί υψηλή οικονομική συνεισφορά.
- Προσαρμόζεται εύκολα σε επίπεδη τοπογραφία και μπορεί να λειτουργήσει χωρίς εγκαταστάσεις αποστράγγισης.
- Λειτουργεί καλά με βραχυπρόθεσμες παροχές νερού.
- Η άρδευση επιτρέπει την πλήρη χρήση του νερού βροχής και μπορεί να επιτύχει υψηλή απόδοση εφαρμογής.
- Προσαρμόζεται καλά σε μέτρια έως χαμηλά ποσοστά διήθησης και επιτρέπει την εύκολη έκπλυση αλάτων.

Βαθμολογημένη επιφανειακή άρδευση (το νερό τροφοδοτείται στο υψηλό άκρο ενός χωραφιού και αφήνεται να τρέχει αργά στο χαμηλό άκρο) δείχνει τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

- Απαιτεί χαμηλό κόστος κεφαλαίου και ενέργειας.
- Επιτρέπει την άρδευση σε επικλινή γη (όπως βρίσκεται σε πολλές αρδευόμενες περιοχές).
- Επιτρέπει την άρδευση μεγάλων χωραφιών με σχετικά μικρές ροές.

- **Ισχύει για εδάφη με μέτρια έως αρκετά υψηλά ποσοστά διήθησης.**
- **Επιτρέπεται η αποστράγγιση του εδάφους περίσσειας νερού.**

2) Μειονεκτήματα Επιφανειακής Άρδευσης

Τα μειονεκτήματα της επιφανειακής άρδευσης περιλαμβάνουν:

- **Απαιτεί επίπεδο έδαφος για να επιτύχει υψηλή απόδοση (η μέγιστη διακύμανση της ανύψωσης γης δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από το μισό του εφαρμοζόμενου βάθους άρδευσης).**
- **Τα εδάφη με υψηλούς ρυθμούς διείσδυσης απαιτούν μικρά μεγέθη πεδίου, τα οποία παρεμποδίζουν τη χρήση μηχανημάτων .**
- **Δυσκολία εφαρμογής μικρών ποσοτήτων άρδευσης, υπερβολική ποσότητα νερού που έχει ως αποτέλεσμα να είναι δύσκολο να εκκενωθεί, ιδιαίτερα σε περιόδους υπερβολικής βροχόπτωσης.**
- **Τα φυτά καλύπτονται εν μέρει με νερό μερικές φορές για μεγάλα χρονικά διαστήματα (σε εδάφη με χαμηλό ρυθμό διήθησης).**
- **Οι μικρές λεκάνες απαιτούν εκτεταμένα κανάλια παράδοσης και δεν προσαρμόζονται εύκολα στην εκμηχάνιση με τρακτέρ**

Τα μειονεκτήματα της βαθμολογημένης επιφανειακής άρδευσης περιλαμβάνουν:

- **Απαιτείται υψηλός βαθμός διαχείρισης και ελέγχου νερού για την επίτευξη υψηλών αποδόσεων άρδευσης.**
- **Οι υψηλές αποδόσεις άρδευσης απαιτούν ομοιόμορφη γη και σχήμα εδάφους.**

- Με μέτρια έως αργά ποσοστά διήθησης, απαιτούνται μεγάλοι χρόνοι άρδευσης.
- Εκτός από εδάφη με υψηλούς ρυθμούς διείσδυσης, πρέπει να υπάρχει διαθέσιμη αποχέτευση από κάθε χωράφι για την απόρριψη των ουρών και των όμβριων υδάτων.
- Ένταση εργασίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ V

ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΣΤΗΝ ΑΡΔΕΥΣΗ ΤΟΥ ΑΓΡΟ- ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΑΙ Η ΑΝΑΓΚΗ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ

Μια ειδική και σπάνια χρήση προσέγγισης είναι η άρδευση κάτω από την επιφάνεια. Το νερό κατευθύνεται προς το υπέδαφος (ζώνη ρίζας καλλιέργειας) στην περιοχή προς άρδευση. Το νερό χρησιμοποιείται για τον τεχνητό έλεγχο του υπόγειου νερού και συνήθως διοχετεύεται μέσω διάτρητων σωλήνων που είναι θαμμένοι στο έδαφος. Σε ορισμένες χώρες της Λατινικής Αμερικής, πορώδη πηλίνα αγγεία θάβονται στο έδαφος και γεμίζουν με νερό που διαπερνά αργά το υπέδαφος για να υγραίνει τις ρίζες των καλλιεργειών.

Η άρδευση είναι απαραίτητη για την αύξηση της γεωργικής παραγωγής και της παραγωγικότητας για τη βιωσιμότητα της οικονομίας της χώρας. Η γεωργία συμβάλλει στο ένα τρίτο του εθνικού ακαθάριστου εγχώριου προϊόντος και στα δύο τρίτα της εργασιακής απασχόλησης για τα προς το ζην. Το νερό επηρεάζει σημαντικά τη φωτοσύνθεση, την αναπνοή, την απορρόφηση, τη μετατόπιση, τη χρήση ανόργανων θρεπτικών ουσιών και την κυτταρική διαίρεση στο φυτικό σύστημα. Η ταχεία αλλαγή του κλιματικού συστήματος έχει εγείρει την ανησυχία για τις πλημμύρες και την ξηρασία και τις επιπτώσεις τους στις υπάρχουσες ρυθμίσεις για το σχεδιασμό και το σύστημα διαχείρισης άρδευσης. Η τήξη των παγετώνων και του χιονιού είναι μια σημαντική πηγή των λεπτών ροών των ποταμών που τροφοδοτούνται με χιόνι, αλλά προβλέπεται πιθανή μείωση στις ροές ποταμών και ρεμάτων στο μέλλον. Όλοι οι μικροί αγρότες είναι ευάλωτοι στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής που έχουν επιπτώσεις στη γεωργική

παραγωγικότητα και την επισιτιστική ασφάλεια. Η απουσία κατάλληλων μηχανισμών για την αύξηση της διαθεσιμότητας του νερού, τη διατήρηση, τη διανομή και την αποτελεσματική χρήση είναι η κύρια βάση για την προσαρμογή της κλιματικής αλλαγής.

Η γεωργία είναι ο πιο σημαντικός τομέας της εθνικής οικονομίας του Νεπάλ και η γεωργία εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την άρδευση. Η αύξηση της θερμοκρασίας και η αλλαγή του ρυθμού βροχόπτωσης που προκαλεί ξηρασία και πλημμύρες έχουν επιπτώσεις σε συστήματα άρδευσης, όπως υποδομή, ροή νερού, προσφορά και ζήτηση νερού, καθίζηση, καταλλήλολητα καλλιεργειών κ.λπ. Είναι επιτακτική ανάγκη να εντοπιστούν προσεγγίσεις που ενισχύουν τις συνεχιζόμενες προσπάθειες οικονομικής ανάπτυξης, μειώνοντας την ευπάθεια στην κλιματική αλλαγή και ενισχύοντας την ικανότητα προσαρμογής των αγροτών, των ευπαθών στην κλιματική αλλαγή κοινοτήτων και των οικοσυστημάτων. Τα κατάλληλα μέτρα προσαρμογής είναι απαραίτητα για να καταστούν οι εγκαταστάσεις άρδευσης ανθεκτικές στο κλίμα μέσω της έρευνας, των ρυθμίσεων πολιτικής, της δημιουργίας θεσμικών δυνατοτήτων και σημαντικών επενδύσεων στον τομέα της άρδευσης. Ο μακροπρόθεσμος σχεδιασμός προσαρμογής θα υποστηρίξει τα συστήματα άρδευσης και τις γεωργικές πρακτικές για την ενίσχυση της προσαρμοστικής ικανότητας και την ανάπτυξη πρακτικών ανθεκτικών στην κλιματική αλλαγή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ VI

ΝΕΡΟ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ: ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑ

Νερό στην πρωτογενή παραγωγή

Απαίτηση και χρήση νερού

Η πρωτογενής παραγωγή τροφίμων απαιτεί άφθονες ποσότητες νερού. Περισσότερα από τα δύο τρίτα της άντλησης γλυκού νερού παγκοσμίως (και έως και 90% σε ορισμένες χώρες) προορίζονται για παραγωγή τροφίμων. Ήδη εξαντλούνται πόροι γλυκού νερού σε πολλές περιοχές του κόσμου. Μέχρι το 2025 εκτιμάται ότι το 35% του παγκόσμιου πληθυσμού θα ζει σε χώρες που έχουν πληγεί από λειψυδρία (Gardner-Outlaw & Engleman, 1997, Hinrichsen, Robey, & Upadhyay, 1998). Η γεωργία που τροφοδοτείται με βροχή έχει ήδη ασκηθεί στο μέγιστο βαθμό σε πολλές περιοχές, επομένως η αύξηση της παραγωγής τροφίμων θα απαιτήσει αυξημένη άρδευση. Περίπου το 40% της παγκόσμιας τροφής καλλιεργείται επί του παρόντος σε αρδευόμενες εκτάσεις (Gleick, 2000). Σε όλον τον κόσμο, το ποσό των αρδευόμενων εκτάσεων αναμένεται να αυξηθεί κατά 0,6% ετησίως από το 1996-2030.

Η άρδευση είναι συχνά αναποτελεσματική και επομένως υπάρχουν σημαντικές ευκαιρίες για μείωση της χρήσης νερού στην παραγωγή τροφίμων. Ο Postel (2001) εκτιμά ότι η χρήση του γλυκού νερού για την άρδευση μπορεί να μειωθεί με σημαντικές ποσότητες μέσω της εισαγωγής νέων τεχνικών όπως στάγδην άρδευση, αποτελεσματικά συστήματα ψεκασμού, με χρονισμό εφαρμογής νερού για να ταιριάζει με τις απαιτήσεις των φυτών και με την ανάπτυξη νέων ποικίλων καλλιεργειών με αποδοτικότητα νερού.

Επιπλέον, η βελτίωση της απόδοσης άρδευσης μπορεί επίσης να αυξήσει τις αποδόσεις των καλλιεργειών και να μειώσει την ρύπανση των υδάτων περιορίζοντας την ποσότητα απορροής και ελέγχοντας την διαδικασία αλάτωσης.

Η χρήση του νερού μπορεί επίσης να γίνει πιο αποτελεσματική προσαρμόζοντας την ποιότητα του νερού στην καλλιέργεια. Ο Seckler (1996) αναφέρει ένα παράδειγμα όπου το αλμυρό νερό αποστράγγισης από μία καλλιέργεια χρησιμοποιείται για την άρδευση βαμβακιού, το οποίο είναι ανθεκτικό στο αλάτι. Το εξαιρετικά αλμυρό νερό αποστράγγισης από το βαμβάκι χρησιμοποιείται για την άρδευση αλοφύτων (εξαιρετικά ανθεκτικά στο αλάτι φυτά). Στον μέλλον, οι υδάτινοι πόροι ενδέχεται να επηρεαστούν όχι μόνο από την αύξηση του πληθυσμού αλλά και από την μεγαλύτερη οικονομική ευημερία. Για παράδειγμα, καθώς οι κοινωνίες γίνονται πλουσιότερες, η κατανάλωση κρέατος θα αυξάνεται. Είναι πολύ λιγότερο αποτελεσματικό να χρησιμοποιείται νερό για την καλλιέργεια που στην συνέχεια θα τροφοδοτηθούν τα ζώα απ' ότι είναι η παραγωγή καλλιεργειών για άμεση ανθρώπινη κατανάλωση. Για παράδειγμα, η παραγωγή ενός κιλού βόειου κρέατος χρειάζεται 8 έως 85 φορές περισσότερο νερό (ανάλογα με τις συνθήκες του εδάφους, του κλίματος και τις μεθόδους άρδευσης) από την καλλιέργεια ενός κιλού σπόρου. Καθώς οι κοινωνίες θα γίνονται πιο εύπορες, πιθανότατα θα χρησιμοποιούν περισσότερο νερό για την παραγωγή τροφίμων μειώνοντας περαιτέρω την ποιότητα και την ποσότητα αυτής της πηγής.

Η φωτοσύνθεση είναι η κύρια πηγή ενέργειας που υποστηρίζει όλη την υδρόβια ζωή στους ωκεανούς, τις λίμνες και τις δεξαμενές. Είναι πολύ σημαντική, δεδομένου ότι θέτει γενικούς περιορισμούς στη ροή υλικού και ενέργειας στα υδρόβια οικοσυστήματα. Το φυτοπλαγκτόν, μέσω της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης, καθορίζει τον ατμοσφαιρικό άνθρακα και γίνεται η βάση του υδρόβιου τροφικού ιστού. Οι ρυθμοί φωτοσύνθεσης

εξαρτώνται από την ένταση και την φασματική ποιότητα του φωτός, που στο υδάτινο περιβάλλον σχετίζονται με τη σειρά τους με τα οπτικά χαρακτηριστικά του νερού, του βάθους, και τον ρυθμό με τον οποίο το φυτοπλαγκτόν κυκλοφορεί μέσω της στήλης νερού. Αυτή η καταχώρηση παρέχει μια σύντομη επισκόπηση των παραγόντων που επηρεάζουν το υποβρύχιο κλίμα φωτός και της φωτοσυνθετικής πρωτογενούς παραγωγής, καθώς και μερικές από τις πιο κοινές μεθοδολογίες που έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως για τον ποσοτικό προσδιορισμό των ποσοστών της υδρόβιας φωτοσύνθεσης.

Οι επιπτώσεις της μόλυνσης από την δημόσια υγεία κατά την πρωτογενή παραγωγή

Η μόλυνση των τροφίμων κατά την πρωτογενή παραγωγή μπορεί να παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην μετάδοση της τροφικής ασθένειας, για παράδειγμα, τα κρούσματα του E. Coli O157: H7 που είχαν εντοπιστεί στην χρήση μολυσμένου νερού που χρησιμοποιούνταν κατά την άρδευση ή τον πολλαπλασιασμό (FDA, 1999). Στην δεκαετία του 1990, τα κρούσματα ανθρώπινων ασθενειών που σχετίζονταν με την κατανάλωση ωμών λαχανικών και φρούτων (ή μη παστεριωμένων προϊόντων από αυτά) είχαν αναπτυχθεί σε πολλές ανεπτυγμένες χώρες. Το H7 προκαλεί ιδιαίτερη ανησυχία λόγω της ικανότητας του να επιβιώνει στο περιβάλλον (Wang et al., 1996), της χαμηλής μολυσματικής δόσης του (λιγότερο από 1000 κύτταρα) (Ackers et al., 1998) και είναι πιθανό να προκαλέσει σοβαρά προβλήματα στην υγεία σε ευαίσθητους πληθυσμούς (π.χ. παιδιά).

Νερό στο εργοστάσιο – επεξεργασία τροφίμων

Απαίτηση και χρήση νερού

Η χρήση νερού κατά την μεταποίηση είναι σημαντικά χαμηλότερη απ' ότι κατά την πρωτογενή παραγωγή, αλλά είναι σημαντική. Το νερό είναι σημαντικό συστατικό πολλών τροφίμων. Μπορεί είτε να προστεθεί απευθείας ως συστατικό είτε να είναι μέρος των πρώτων υλών. Οι παραγωγοί τροφίμων προσθέτουν νόμιμα νερό στα τρόφιμα από την έναρξη της επεξεργασίας τροφίμων. Υπάρχουν επίσης πολλά παραδείγματα νερού ως βοηθητικό μέσο επεξεργασίας, συμπεριλαμβανομένης της χρήσης ως μέσου μεταφοράς θερμότητας, ως μέσου μεταφοράς και καθαρισμού. Επι του παρόντος οι εταιρίες τροφίμων καταβάλλουν μεγάλη προσπάθεια για την μείωση της κατανάλωσης νερού κατά την μετατροπή καθώς μπορούν να γίνουν και σημαντικές εξοικονομήσεις.

Υπάρχουν πέντε τρόποι μείωσης της κατανάλωσης νερού πριν από την επεξεργασία τροφίμων:

- Μείωση της ανεξέλεγκτης χρήσης
- Βελτιωμένος προγραμματισμός και έλεγχος
- Επαναχρησιμοποίηση του νερού
- Ανακύκλωση νερού μετά την επεξεργασία
- Βελτιώσεις σχεδιασμού διάταξης

Συνήθως, η κατανάλωση νερού μπορεί να μειωθεί έως και 30% με απλές λειτουργικές αλλαγές με μικρή επένδυση κεφαλαίου. Εξοικονομήσεις είναι επίσης δυνατές με προγράμματα επαναχρησιμοποίησης, ανακύκλωσης και βελτίωσης του σχεδιασμού, ωστόσο η επένδυση κεφαλαίου είναι μεγαλύτερη και πρέπει να δοθεί

μεγαλύτερη προσοχή στο αντίκτυπο των αλλαγών ποιότητας και ασφάλειας των τελικών προϊόντων .

Πηγές μόλυνσης του νερού

Οι βασικοί τρόποι με του οποίους το νερό μπορεί να επηρεάσει την μόλυνση των προϊόντων διατροφής στο εργοστάσιο είναι:

- Το ίδιο το εισερχόμενο νερό
- Το εργοστασιακό περιβάλλον, συμπεριλαμβανομένου του συστήματος αποθήκευσης και διανομής νερού
- Εργάτες εργοστασίου

Στην πράξη ο απόλυτος αποκλεισμός όλων των παθογόνων παραγόντων από την εγχώρια παροχή νερού είναι ένα ανέφικτος στόχος. Το νερό πρέπει να παρουσιάζει αμελητέο κίνδυνο για την δημόσια υγεία που δεν συνεπάγεται την στειρότητα ούτε την πλήρη απουσία παθογόνων. Εάν το νερό είναι ασφαλές ή πόσιμο, τότε τυχόν ιοί ή παθογόνα πρωτόζωα που ενδέχεται να εισαχθούν στα τρόφιμα δεν πρέπει να αποτελούν σημαντικό κίνδυνο για την υγεία. Το ίδιο δεν μπορεί να συμβεί για τα βακτηρίδια που εισάγονται στη συνέχεια σε τρόφιμα διότι μπορεί να αναπτυχθούν εκ νέου.

Η κατανόηση μας για την συμπεριφορά των μικροοργανισμών στο περιβάλλον αναπτύσσεται αργά. Η προσωπική υγεία και υγιεινή παίζουν κρίσιμο ρόλο στους ελέγχους για τον έλεγχο της μικροβιακής μόλυνσης. Οι ασθένειες του στόματος είναι το πρωταρχικό μέλημα. Οι εργαζόμενοι κατά την διάρκεια της καλλιέργειας, της συγκομιδής, της διαλογής, της επεξεργασίας και της συσκευασίας των τροφίμων μπορούν να εξαπλώσουν αυτές τις ασθένειες. Οι μολυσμένοι εργαζόμενοι έχουν εμπλακεί ως η πηγή διαφόρων τροφιμογενών εστιών (EEA / WHO, 1997)

Επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση νερού στο εργοστάσιο

Στο εργοστάσιο, υπάρχουν δυνατότητες αύξησης της αποδοτικότητας χρήσης του νερού και προώθησης της επαναχρησιμοποίησης νερού. Η επαναχρησιμοποίηση νερού μπορεί να γίνει πιο αποτελεσματική στοχεύοντας στις απαιτήσεις ποιότητας του νερού στη συγκεκριμένη διαδικασία. Ωστόσο, σε πολλές χώρες η χρήση πόσιμου νερού είναι απαίτηση για όλες τις εφαρμογές σε χώρους τροφίμων. Η αντιστοίχιση των απαιτήσεων ποιότητας νερού με τον τύπο χρήσης νερού απαιτεί ανάλυση των κρίσιμων σημείων ελέγχου και αξιολόγηση της πιθανότητας μόλυνσης των τροφίμων. Για παράδειγμα, η χρήση νερού χαμηλότερης ποιότητας μπορεί να είναι κατάλληλη για το πλύσιμο του εργοστασιακού δαπέδου, αλλά θα μπορούσε να θέσει σε κίνδυνο την υγεία εάν χρησιμοποιείται για πλύσιμο επιφανειών εξοπλισμού που έρχονται σε επαφή με το προϊόν διατροφής. Επομένως, εκτός από την ανάπτυξη ενός πλαισίου για την επαναχρησιμοποίηση του νερού στην παραγωγή / επεξεργασία τροφίμων, όπου είναι δυνατόν η επαναχρησιμοποίηση νερού στο εργοστάσιο θα πρέπει να ενσωματωθεί σε υπάρχοντα προγράμματα HACCP. Το νερό που ανακυκλώνεται θα πρέπει να υποβληθεί σε επεξεργασία για να αποδειχθεί η ποιότητά του, ιδίως όταν έρχεται σε επαφή με προϊόντα τροφίμων ή ποτών ή χρησιμοποιείται για τον καθαρισμό προσώπων που θα έρθουν σε επαφή με τα προϊόντα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ VII

ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Όσον αφορά το κλίμα καθώς και το αν παίζει σημαντικό ρόλο η άρδευση στην Ελλάδα, θα ήθελα να πω πως η διαθεσιμότητα νερού είναι σχετικά μικρή λόγω των λίγων βροχοπτώσεων αλλά και την υπερβολική κατανάλωση νερού είτε για οικιακή χρήση είτε για αρδευτική χρήση με αποτέλεσμα σε μερικά χρόνια να έχουμε έλλειψη – περιορισμό στο νερό. Οι προοπτικές για την ζήτηση νερού σήμερα παίζει πολύ σημαντικό ρόλο αλλά δυστυχώς εμείς έχουμε ως δεδομένο ότι είναι απεριόριστο. Ο πληθυσμός με τα χρόνια αυξάνεται σε σχέση με τα παλιότερα χρόνια με αποτέλεσμα η ζήτηση για νερό αυξάνεται και αυτή. Επίσης η αύξηση του βιοτικού επιπέδου του ανθρώπου τείνει να μειώνει την διαθεσιμότητα του νερού. Ο λόγος είναι διότι οι ζωικές τροφές χρειάζονται περισσότερο νερό σε σχέση με τις φυτικές. Οι αριθμοί είναι ιδιαίτερα υψηλοί για κρέας και ζωικά προϊόντα όπως τα γαλακτοκομικά προϊόντα και τα αυγά, επειδή οι ζωοτροφές προέρχονται συνήθως από αρδευόμενους σπόρους ή τροφή με βροχή (όπως το γρασίδι). Τα ζώα που εκτρέφονται στο εργοστάσιο ή με αυξημένη τροφή (η πλειονότητα των ζώων σε αυτήν τη χώρα) καταναλώνουν ζωοτροφές που αποτελούνται κυρίως από καλαμπόκι και σόγια, και οι δύο βασίζονται σε υψηλές ποσότητες άρδευσης και νερό βροχής. Η άρδευση προέρχεται από πηγές επιφανειακών και υπόγειων υδάτων που συχνά υποστηρίζονται και από άλλους χρήστες, όπως εταιρείες ενέργειας και αστικές περιοχές ή απαιτείται για τη διατήρηση υγιών οικοτόπων. Αντίθετα, τα ζώα που εκτρέφονται σε βοσκότοπους τρώνε ζωοτροφές που βασίζονται κυρίως σε νερό βροχής. Ωστόσο, τα ζώα που τρέφονται με χόρτο χρειάζονται περισσότερο χρόνο για να φτάσουν στο βάρος της αγοράς. Η υπερβολική εφαρμογή των

αποβλήτων ζωικού κεφαλαίου μπορεί να υπερφορτώσει το έδαφος με μακροθρεπτικά συστατικά όπως άζωτο και φωσφόρο και μικροθρεπτικά συστατικά που έχουν προστεθεί στις ζωοτροφές όπως βαρέα μέταλλα (Burkholder et al., 2007). Οι ανάγκες των ζώων σε νερό εξαρτώνται από τις συνθήκες του περιβάλλοντος, το είδος του ζώου, την ηλικία ή την φάση ανάπτυξης τους, τον τρόπο εκτροφής και την διατροφή τους, αλλά και τα χαρακτηριστικά του νερού που χορηγούνται (οργανοληπτικά, τοξικά στοιχεία, παθογόνοι μικροοργανισμοί).

Συγκεκριμένα τα πτηνά απαιτούν μικρότερη ποσότητα ανά μονάδα όγκου σε σχέση με τα θηλαστικά, ενώ από τα θηλαστικά, τα βοοειδή χρειάζονται χρειάζονται μεγαλύτερες ποσότητες νερού. Σε όλα τα είδη ζώων, η αύξηση του σωματικού βάρους, καθώς και η αύξηση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος, αλλά και η κατανάλωση τροφής με χαμηλή υγρασία, αυξάνει τις ανάγκες τους σε νερό.

Η γεωγραφία του νερού μας δείχνει ότι το 71% της επιφάνειας της Γης καλύπτεται από νερό (σε συνολικά 510 εκατομμύρια τετραγωνικά χιλιόμετρα επιφάνειας, τα 364 καλύπτονται από νερό). Το 97,5% από αυτό είναι αλμυρό.

Από το υπόλοιπο 2,5% μόνο το 1% είναι χρησιμοποιήσιμο για τις ανθρώπινες ανάγκες (το υπόλοιπο βρίσκεται υπό τη μορφή πάγων) και μόνο το 0,3% είναι πόσιμο. Οι πιο 'πλούσιες' ήπειροι είναι η Ωκεανία και η Νότια Αμερική. Οπότε πρέπει να περιορίσουμε την χρήση του νερού διότι η διαθεσιμότητα του είναι περιορισμένη.

Γενικά οι τιμές του νερού έχουν αυξηθεί πολύ σε πραγματικές τιμές τα τελευταία χρόνια, λόγω του ότι έχουν αυξηθεί τα πρότυπα ποιότητας του γλυκού νερού. Αν και αυτό δεν σημαίνει ότι οι χρήστες πρέπει να πληρώσουν για το πλήρες κόστος του νερού (καθώς το νερό δεν είναι άλλο εμπορικό αγαθό αλλά μάλλον κοινωνικό), οι υψηλότερες τιμές θα τους πείσουν ή ακόμη και θα τους αναγκάσουν να το χρησιμοποιήσουν πιο σοφά και να το αντιμετωπίσουν με σεβασμό στον χαρακτήρα του, αυτό είναι ένα ρίσκο

ζωής που δεν πρέπει να πάρουμε διότι θα έχει κακό αντίκτυπο στο μέλλον,(δηλαδή με την χρήση που κάνουμε σήμερα στο νερό, η τιμή όπως είναι φυσιολογικό θα αυξηθεί, με σκοπό κάποια σπίτια επί εποχή κρίση ή πολέμου κτλ. να είναι πολύ πιο περιορισμένοι απ' ότι θα έπρεπε, γι' αυτό πρέπει αντιληφθούμε ότι το νερό είναι ένα αγαθό περιορισμένο και θα ήταν σωστό αν πράτταμε πιο υπεύθυνα στην χρήση του) λόγω της σπανιότητάς του.

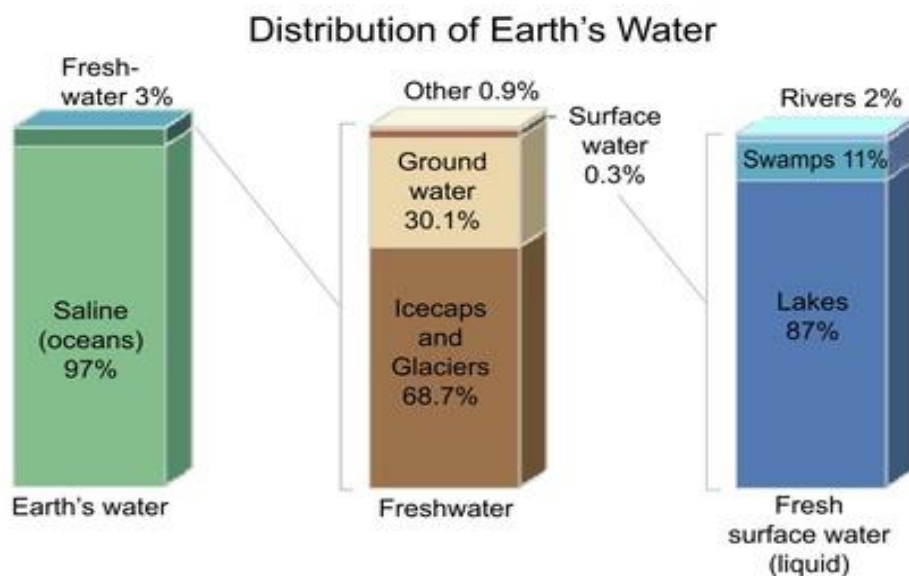
Η διαθεσιμότητα του νερού γίνεται λιγότερο προβλέψιμη σε πολλά μέρη και τα αυξημένα περιστατικά πλημμύρας απειλούν να καταστρέψουν σημεία υδροληψίας και εγκαταστάσεις υγιεινής και να μολύνουν πηγές νερού. Σε ορισμένες περιοχές, η ξηρασία επιδεινώνει τη λειψυδρία και επηρεάζει αρνητικά την υγεία και την παραγωγικότητα των ανθρώπων, ζώων και φυτών.

Κατά την γνώμη μου το καλύτερο αρδευτικό σύστημα είναι εκείνο της υπόγειας άρδευσης στάγδην για τα δεδομένα της Ελλάδας, λόγω των καιρικών συνθηκών. Έχει χαμηλό κόστος ενέργειας και βελτιωμένη υγεία των φυτών που είναι πολύ σημαντικό. Έπειτα, η διάρκεια ζωής του συγκεκριμένου συστήματος είναι πολύ καλή συγκριτικά με άλλα συστήματα άρδευσης. Επίσης, αν το δούμε αναλογικά από θέμα τιμής και ποιότητας είναι πολύ καλό. Μην ξεχνάμε ότι είναι και αυτόματο καθώς και δεν είναι ευπαθές στους επιβλαβείς οργανισμούς είναι ακόμα πιο καλό για τον αρχάριο γεωργό. Για την σύγκριση πλεονεκτημάτων – μειονεκτημάτων θεωρώ ότι τα πλεονεκτήματα είναι περισσότερα και πιο σημαντικά, που κάνουν το συγκεκριμένο σύστημα άρδευσης πιο 'ελκυστικό'.

Η χρήση του νερού μπορεί επίσης να γίνει πιο αποτελεσματική προσαρμόζοντας την ποιότητα του νερού στην καλλιέργεια. Στον μέλλον, οι υδάτινοι πόροι ενδέχεται να επηρεαστούν όχι μόνο από την αύξηση του πληθυσμού αλλά και από την μεγαλύτερη οικονομική ευημερία. . Καθώς οι κοινωνίες θα γίνονται πιο εύπορες, πιθανότατα θα

χρησιμοποιούν περισσότερο νερό για την παραγωγή τροφίμων μειώνοντας περαιτέρω την ποιότητα και την ποσότητα αυτής της πηγής.

Το νερό είναι σημαντικό συστατικό πολλών τροφίμων. Μπορεί είτε να προστεθεί απευθείας ως συστατικό είτε να είναι μέρος των πρώτων υλών. Η κατανάλωση νερού μπορεί να μειωθεί έως και 30% με απλές λειτουργικές αλλαγές με μικρή επένδυση κεφαλαίου. Η επαναχρησιμοποίηση του νερού στα εργοστάσια είναι ένας πολύ σημαντικός παράγοντας για την εξοικονόμηση του νερού/



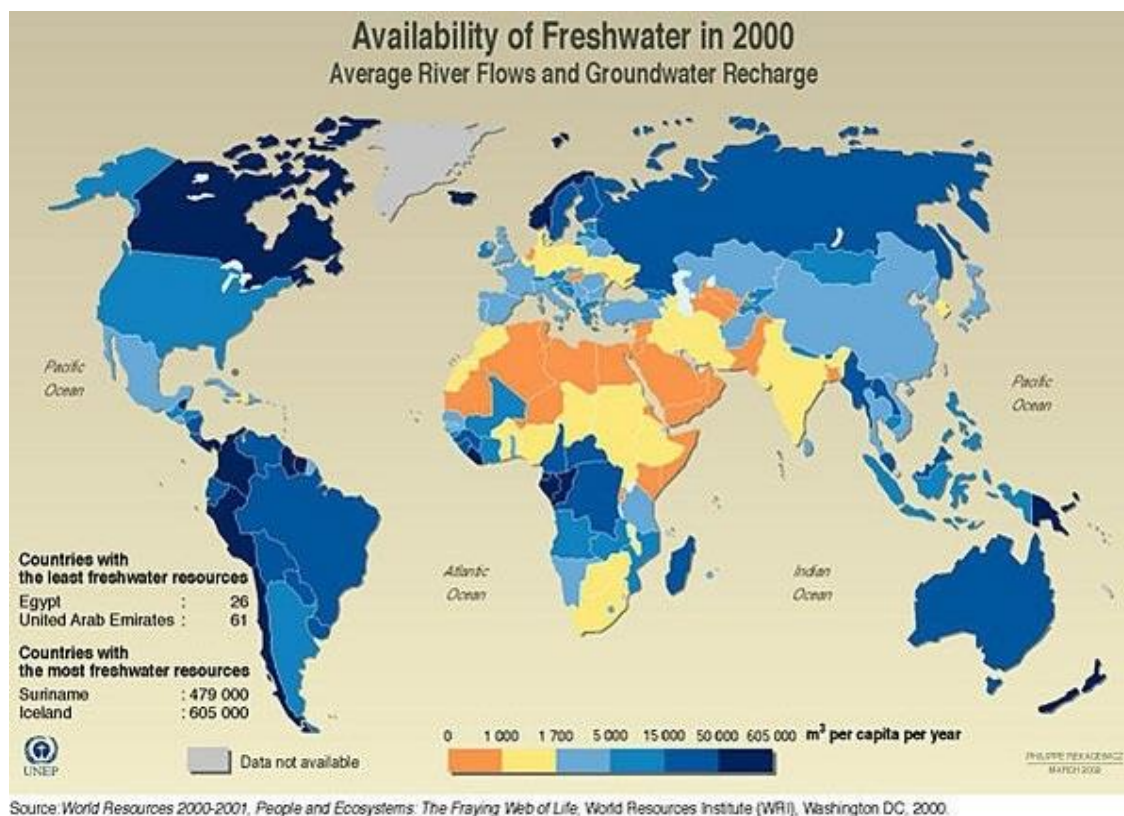
Εικόνα 25: Διανομή νερού της γης³⁹

³⁹<https://biome-of-freshwater.weebly.com/geographical-distribution.html> (Εξακριβώθηκε 21 Ιουλίου του 2020)



Εικόνα 26: Έλλειψη νερού σε 'φτωχές' Χώρες⁴⁰

⁴⁰<https://slpress.gr/koinonia/i-geografia-toy-neroy-i-anisi-katanomi-ton-ydatinon-poron/> (Εξακριβώθηκε 21 Ιουλίου του 2020)



Εικόνα 27: Διαθεσιμότητα γλυκού νερού: υπόγεια και ροή ποταμού⁴¹

⁴¹<https://www.grida.no/resources/5822> (Εξακριβώθηκε 21 Ιουλίου του 2020)

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Διαδικτυακή Πηγή (Επώνυμη)

- Nierenberg D. July 7, 2018. In deep water: Water economy is threatened by climate change [Διαδίκτυο]. Διεύθυνση πρόσβασης <https://www.greenbiz.com/article/deep-water-water-economy-threatened-climate-change> (εξακριβώθηκε 29 Ιουνίου του 2020).
- Roy M. Kirby, Jamie Bartram, Richard Carr. July 16, 2002. Water in food production and processing: quantity and quality concerns [Διαδίκτυο]. Διεύθυνση πρόσβασης https://www.researchgate.net/profile/Jamie-Bartram/publication/222599891_Water_in_food_production_and_processing_Quantity_and_quality_concerns/links/5b1c1a1faca272021cf46ca1/Water-in-food-production-and-processing-Quantity-and-quality-concerns.pdf (Εξακριβώθηκε 31 Μαρτίου του 2021)
- Donald C. Pierson , 2012. Light and Primary Production in Lakes [Διαδίκτυο]. Διεύθυνση πρόσβασης https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007%2F978-1-4020-4410-6_261 (Εξακριβώθηκε 31 Μαρτίου του 2021)