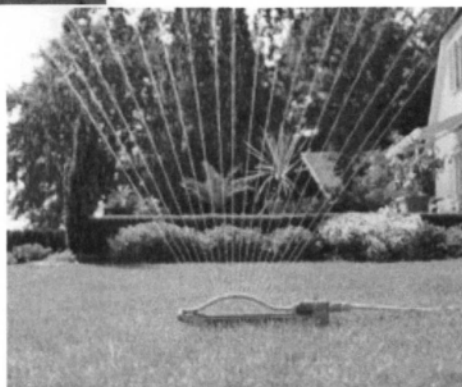


ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ (Τ.Ε.Ι.) ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΩΝ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ (Σ.Τ.Ε.Γ.)
ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ (Φ.Π.)

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
«ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΡΔΕΥΣΗΣ»



ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΑ : Κωνσταντίνα Τσιτσίκια

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : Λιναρδόπουλος Χρήστος

Αθήνα, Νοέμβριος 2009.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΣΕΛΙΔΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ 1

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

ΣΧΕΣΗ ΕΔΑΦΟΥΣ – ΝΕΡΟΥ – ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ

1.1. ΤΟ ΕΔΑΦΟΣ	2
1.2. ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ	2
1.3. ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ	3
1.4. ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ	4
1.4.1. Ανόργανα συστατικά.....	4
1.4.2. Οργανικά συστατικά	4
1.4.3. Εδαφικό νερό.....	5
1.4.4. Εδαφικός αέρας.....	8
1.5. ΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΕΔΑΦΟΥΣ	9
1.5.1. Υφή.....	9
1.5.2. Δομή	12
1.5.3. Πορώδες	13
1.5.4. Ειδικό βάρος.....	14
1.6. ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΡΔΕΥΤΙΚΩΝ ΝΕΡΩΝ	15
1.6.1. Φυσική ποιότητα	15
1.6.2. Χημική ποιότητα	16
1.7. ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ ΣΕ ΝΕΡΟ.....	19

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ – ΣΗΜΑΝΤΙΚΑ ΕΡΓΑ

2.1. ΙΣΤΟΡΙΑ	23
2.2. Ο ΝΕΙΛΟΣ	27
2.3. ΑΡΔΕΥΤΙΚΑ ΕΡΓΑ, ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ – ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ	31
2.3.1. Αιτίες σχεδιασμού νέων αρδευτικών έργων	32
2.3.2. Το Μεγάλο Φράγμα του Ασσουάν.....	33
2.3.3. Η Νέα Κοιλάδα	33

2.3.4. Σχεδιασμός αρχικών εναλλακτικών δικτύων	34
2.3.5. Το Σχέδιο Τόσκα.....	35
2.3.6. Το αντλιοστάσιο.....	36
2.3.7. Η κύρια προσαγωγός διώρυγα	37
2.3.8. Αναπτυξιακό σχέδιο Ανατολικού Οουενάτ	37
2.3.9. Αναπτυξιακό σχέδιο Βορείου Σινά	39

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΟΥ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΟΝ ΑΓΡΟ

3.1. ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΑΡΔΕΥΣΗ.....	42
3.1.1. Επιφανειακή άρδευση με αυλάκια	43
3.1.1.1. Άρδευση με αυλάκια κατά τις ισοϋψείς καμπύλες του εδάφους	50
3.1.1.2. Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα συστήματος άρδευσης με αυλάκια.....	50
3.1.2. Επιφανειακή άρδευση σε λωρίδες μεταξύ παραλλήλων αναχωμάτων	52
3.1.3. Επιφανειακή άρδευση με κατάκλυση	57
3.1.3.1. Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα της άρδευσης με κατάκλυση.....	60
3.2. ΑΡΔΕΥΣΗ ΜΕ ΤΕΧΝΗΤΗ ΒΡΟΧΗ	62
3.2.1. Περιγραφή και λειτουργία των σπουδαιότερων στοιχείων, ενός απλού συστήματος τεχνητής βροχής.....	63
3.2.1.1. Εκτοξευτήρες	63
3.2.1.2. Σωληνώσεις.....	70
3.2.1.3. Αντλητικό συγκρότημα.....	73
3.2.2. Κύριοι τρόποι διατάξεως των κυρίων γραμμών και των γραμμών αρδεύσεως για άρδευση με τεχνητή βροχή.....	79
3.2.3. Χαρακτηριστικά άρδευσης τεχνητής βροχής με κανόνια, καρούλια και ράμπες	83
3.2.4. Εκλογή της εγκαταστάσεως.....	85
3.2.5. Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα αρδεύσεως με τεχνητή βροχή.....	87
3.3. ΑΡΔΕΥΣΗ ΜΕ ΣΤΑΓΟΝΕΣ	91
3.3.1. Κύρια στοιχεία του συστήματος	92
3.3.1.1. Κεφαλή.....	92
3.3.1.1.1. Συνοπτική περιγραφή των στοιχείων της κεφαλής.....	93
3.3.1.2. Σωληνώσεις.....	96
3.3.1.3. Σταλακτήρες.....	98
3.3.1.4. Αντλητικό συγκρότημα.....	99

3.3.2. Χαρακτηριστικά λειτουργίας του συστήματος	100
3.3.3. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της στάγδην άρδευσης.....	102
3.4. ΥΠΟΓΕΙΑ ΑΡΔΕΥΣΗ.....	104
3.4.1. Πλεονεκτήματα υπόγειας άρδευσης.....	105
3.4.2. Μειονεκτήματα υπόγειας άρδευσης.....	105
3.5. ΤΑΣΕΙΣ – ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΡΔΕΥΣΗΣ	106
3.5.1. Επιφανειακή άρδευση	106
3.5.2. Τεχνητή βροχή	107
3.5.3. Άρδευση με σταγόνες.....	108
3.6. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΤΟΥ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΡΔΕΥΣΕΩΣ	109
3.6.1. Κλίμα.....	110
3.6.2. Έδαφος	110
3.6.3. Είδος φυτού και τρόπος καλλιέργειας.....	111
3.6.4. Η διαθέσιμη ποσότητα και ποιότητα νερού	112
3.6.5. Διαθέσιμο εργατικό και τεχνικό δυναμικό.....	113
3.6.6. Επίπεδο αναπτύξεως των αγροτών	114
3.6.7. Κόστος των διαφόρων συστημάτων αρδεύσεως.....	115
ΕΠΙΛΟΓΟΣ	
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	118

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Οι φυτικές καλλιέργειες (μονοετείς, διετείς ή πολυετείς) χρειάζονται σημαντικές ποσότητες αρδευτικού νερού, εκτός από το κατάλληλο έδαφος, τον επαρκή φωτισμό και αερισμό, για να μπορέσουν να αναπτυχθούν. Κάθε καλλιέργεια έχει συγκεκριμένες απαιτήσεις σε νερό και η επιλογή του συστήματος άρδευσης που θα εφαρμοστεί εξαρτάται από πολλούς παράγοντες που θα αναφερθούν παρακάτω.

Οι διαφορές μεταξύ των συστημάτων άρδευσης είναι σημαντικές και γι' αυτό χρειάζεται τεχνικοοικονομική μελέτη για να αποφασιστεί ποιο είναι το καταλληλότερο σύστημα. Χρήσιμες είναι οι συμβουλές των ειδικών-γεωπόνων για το ζήτημα αυτό.

Ο αρδευτικό νερό, ανάλογα με το πώς κατανέμεται σε ένα αγροτεμάχιο, μπορεί να είναι ωφέλιμο αλλά και να παρουσιάζει προβλήματα, λόγω υπερβολικών ποσοτήτων. Έχοντας υπόψη το βρόχινο νερό και την κατανομή του στο χρόνο, πρέπει να επεμβαίνουμε με την εφαρμογή αρδεύσεων στις καλλιέργειες όταν το χρειάζονται και στις ενδεδειγμένες ποσότητες. Όμως, η αλατότητα που παρουσιάζουν τα αρδευτικά νερά μας, περιορίζουν την εφαρμογή τους σε συγκεκριμένες καλλιέργειες.

Η παρούσα εργασία χωρίζεται σε τρία κεφάλαια.

Στο πρώτο κεφάλαιο, θα αναφερθούμε στη σχέση εδάφους, νερού και καλλιέργειας, παρουσιάζοντας το σχηματισμό, τη χρησιμότητα, τα συστατικά και τις φυσικές ιδιότητες του εδάφους, όπως και την ποιότητα των αρδευτικών νερών.

Το δεύτερο κεφάλαιο καταγράφει την ιστορική εξέλιξη των αρδεύσεων και την εκτέλεση σημαντικών αρδευτικών έργων ανά περιόδους.

Στο τρίτο κεφάλαιο, αναλύονται οι μέθοδοι άρδευσης (επιφανειακή, με τεχνητή βροχή, με σταγόνες και υπόγεια), δίνοντας σημασία από τα μέρη που αποτελείται το κάθε σύστημα άρδευσης, όπως και τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα αυτών.

Η εργασία αυτή αποτελεί χρήσιμο εργαλείο για όποιον θέλει να ασχοληθεί με τον τομέα των αρδευτικών συστημάτων και να μπορέσει να τα χρησιμοποιήσει με σωστό, ορθολογικό και οικονομικό τρόπο.

Ευχαριστώ θερμά την οικογένειά μου που με στήριξε όλο αυτό το διάστημα μέχρι να εκπονήσω την παρούσα πτυχιακή εργασία, όπως και γεωπόνους, καλλιεργητές που μου παρείχαν την πολύτιμη βοήθειά τους.

Αθήνα, Νοέμβριος 2009.

Κωνσταντίνα Τσιτσικά.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην παρούσα εργασία, θα αναλύσουμε κυρίως, τα συστήματα άρδευσης που εφαρμόζονται στη χώρα μας.

Λέγοντας άρδευση εννοούμε την τεχνική προσθήκη νερού στο έδαφος. Αποβλέπει στη διατήρηση συνθηκών υγρασίας στην ανώτερη εδαφική στρώση όπου αναπτύσσεται το ριζικό σύστημα των φυτών, τέτοιες ώστε να εξασφαλίζεται η βέλτιστη ανάπτυξη και παραγωγικότητα των φυτών σε μόνιμη βάση. Σπάνια, τέτοιες εδαφικές συνθήκες εξασφαλίζονται από τη φύση. Γι' αυτό, απαιτείται η προσθήκη νερού στο έδαφος με ανθρώπινη παρέμβαση, για τη διατήρηση των αρδεύσεων και είναι συνυφασμένη με την άσκηση της παραγωγικής γεωργίας από τους προϊστορικούς ακόμη χρόνους. Η εισαγωγή της άρδευσης στη γεωργική πράξη επέτρεψε το πολλαπλασιασμό της απόδοσης των καλλιεργούμενων φυτών.

Σήμερα οι αρδεύσεις αποτελούν ιδιαίτερο κλάδο της γεωργικής επιστήμης και τεχνολογίας, έχοντας ως αντικείμενο τη μελέτη και επίλυση διαφόρων προβλημάτων σχετικών με τη διατήρηση βέλτιστων συνθηκών για ανάπτυξη και απόδοση των καλλιεργούμενων φυτών, με την προστασία και βελτίωση των υδάτινων πόρων ώστε να εξασφαλίζεται η καταλληλότητά τους για μόνιμη γεωργική χρήση και με ελαχιστοποίηση της οικονομικής επιβάρυνσης της εφαρμογής της άρδευσης στη γεωργική παραγωγή.

Η σκοπιμότητα εφαρμογής της άρδευσης εντοπίζεται στην ικανοποίηση των αναγκών των φυτών σε νερό, για την οποία απαιτείται περιοδική και ελεγχόμενη προσθήκη νερού στο ριζόστρωμα, αφού με τις βροχοπτώσεις σπάνια εξασφαλίζονται βέλτιστες συνθήκες εδαφικής υγρασίας.

Όσον αφορά την επιλογή του κατάλληλου αρδευτικού συστήματος που θα εφαρμοστεί στα καλλιέργειες εξαρτάται από ορισμένους παράγοντες, όπως το κλίμα, το έδαφος, το είδος του φυτού, τον τρόπο καλλιέργειας, τη διαθέσιμη ποσότητα και ποιότητα νερού και το διαθέσιμο εργατοτεχνικό δυναμικό.

Είναι σημαντικό να επιλέξουμε το σωστότερο και καταλληλότερο σύστημα άρδευσης για να έχουμε καλύτερες αποδόσεις στις καλλιέργειές μας, με όσο το δυνατόν λιγότερο οικονομικό κόστος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

ΣΧΕΣΗ ΕΔΑΦΟΥΣ – ΝΕΡΟΥ – ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ

1.1. ΤΟ ΕΔΑΦΟΣ

Το έδαφος βρίσκεται οπουδήποτε και συνυπάρχει με όλες τις δραστηριότητες του ανθρώπου, μη προξενώντας του καμία εντύπωση και περιέργεια να το μελετήσει. Σήμερα, αντιλαμβανόμαστε το έδαφος με το δικό μας τρόπο, ξεχωριστά ο καθένας μας. Έτσι, για τον αγρότη είναι το καλλιεργητικό μέσο, για τον μηχανικό είναι το μέσο στήριξης σπιτιών, ενώ για τον κοινό άνθρωπο είναι απλά, το επιφανειακό στρώμα της γης.

Στην πραγματικότητα όμως, το έδαφος είναι το απαραίτητο υπόστρωμα, όπου ο άνθρωπος καλλιεργεί και χρησιμοποιεί για την **παραγωγή** των απαραίτητων **φυτών** και των **καρπών** ώστε να επιβιώσει, για την **παραγωγή ζωοτροφών** απ' όπου καλύπτει τις ανάγκες των εκτρεφόμενων ζώων και τέλος, για την **παραγωγή καλλωπιστικών και διακοσμητικών φυτών** και **ανθέων**. Αν και μπορούν να παραχθούν φυτικά προϊόντα χωρίς τη χρήση του εδάφους με άλλες μεθόδους (υδροπονίας ή παραγωγής σε αδρανή υλικά), το έδαφος παραμένει το βασικό μέσο για την παραγωγή. Οι άλλοι μέθοδοι χρησιμοποιούνται σε περιορισμένη κλίμακα στη χώρα μας, ενώ είναι διαδεδομένοι σε άλλες πολύ αναπτυγμένες χώρες.

Έτσι φαίνεται ότι το έδαφος είναι βασικό για την επιβίωση του ανθρώπου, γι' αυτό χρειάζεται προστασία από τη διάβρωση και την έκπλυση των υδατοδιαλυτών συστατικών του για να διατηρηθεί η γονιμότητα και η παραγωγικότητά του σε υψηλά επίπεδα.

Ως έδαφος ορίζουμε το ανώτερο στρώμα του εξωτερικού χαλαρού μανδύα της γης, που προήλθε από την αποσάθρωση υλικού, αποτέλεσμα ατμοσφαιρικών και βιολογικών επιδράσεων. Διακρίνεται από τα υλικά που βρίσκονται κάτω απ' αυτό, επειδή έχει μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε οργανική ουσία, αφθονία ριζών και πολλούς μικροοργανισμούς. Είναι το μοναδικό μέσο για την παραγωγή και ανάπτυξη των φυτών.

1.2. ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΕΔΑΦΟΥΣ

Το έδαφος είναι αποτέλεσμα δύο διεργασιών:

1. Αρχικά, της αποσάθρωσης των αρχικών πετρωμάτων (πυριγενή, ιζηματογενή, μεταμορφωσιγενή) του φλοιού της γης, τα οποία κάτω από την επίδραση διαφόρων παραγόντων όπως, θερμότητα, ψύχος, άνεμοι, παγετώνες και νερό, δημιούργησαν το μητρικό υλικό, που είναι θρυμματισμένα υλικά, χαλίκια και άμμος.
2. Μετέπειτα, εμφανίστηκε η επίδραση των παραγόντων εδαφογένεσης πάνω στο μητρικό υλικό. Τέτοιοι παράγοντες είναι το κλίμα, ο χρόνος, οι βιολογικοί και η τοπογραφία.

1.3. ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΣΤΑ ΦΥΤΑ

Το έδαφος εξασφαλίζει στα φυτά:

- α) στερέωση,
- β) θρεπτικά συστατικά και νερό,
- γ) στήριξη.

Όμως, μπορεί η εμφάνιση ισχυρών ανέμων να προκαλέσει ξερίζωμα τεράστιων δένδρων. Τα φυτά είναι έρμια των καιρικών φαινομένων, ενώ τα νεαρά φυτά (μέχρι 5 ετών) μη έχοντας αναπτυγμένο βαθύ ριζικό σύστημα, δεν εξασφαλίζεται καλή στήριξη με κίνδυνο να ξεριζωθούν. Απαραίτητη εργασία για τα νεοφυτεμένα δένδρα είναι η στήριξή τους έως ότου αναπτύξουν το δικό τους, ικανοποιητικό ριζικό σύστημα. Έχει υπολογιστεί ότι το βάρος των ριζών είναι ίσο με το μισό ολικό βάρος του φυτού και ο όγκος που καταλαμβάνουν οι ρίζες μέσα στο έδαφος είναι ίσος με τον όγκο του υπέργειου τμήματος του φυτού.

Όσον αφορά στην παροχή θρεπτικών συστατικών των φυτών από το έδαφος, χημικές αναλύσεις έχουν δείξει ότι στους φυτικούς ιστούς υπάρχουν πάνω από 40 διαφορετικά στοιχεία, ενώ εργαστηριακές καλλιέργειες φυτών με τη χρήση θρεπτικών διαλυμάτων έχουν αποδείξει ότι μόνο 16 από αυτά, μακροστοιχεία (C, O, H, N, P, S, K, Ca, Mg) και ιχνοστοιχεία (Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo, Cl), είναι απαραίτητα για την καλή ανάπτυξή τους. Αρκεί να αναφερθεί ότι τα υπόλοιπα στοιχεία θεωρούνται ευεργετικά, όπως για παράδειγμα το Na που δεν είναι απαραίτητο για την ανάπτυξη του σέλινου, αλλά όταν υπάρχει βελτιώνει τη γευστικότητα και το άρωμά του.

Ωστόσο το νερό είναι το κύριο συστατικό του κυτταρικού χυμού και αποτελεί το 90% του όγκου των φυτών. Κύρια πηγή του νερού για τα φυτά είναι το έδαφος.

1.4. ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

Το έδαφος είναι ένα πολύπλοκο σύστημα που αποτελείται από στερεά συστατικά (ανόργανα, οργανικά), υγρά συστατικά (εδαφικό νερό) και αέρια συστατικά (εδαφικός αέρας).

1.4.1. Ανόργανα συστατικά

Τα ανόργανα συστατικά ενός εδάφους προήλθαν από την αποσάθρωση του μητρικού υλικού ή με την μεταφορά τους από άλλες περιοχές, με το βρόχινο νερό ή με τον άνεμο. Έχουν διαφορετικό σχήμα, μέγεθος και χημική σύνθεση και κατατάσσονται σε διάφορες κλάσεις ανάλογα με το μέγεθός τους. Σαν βάση για να ορίσουμε το μέγεθός τους παίρνουμε τη διάμετρό τους και κατατάσσονται στις εξής κατηγορίες:

- Άργιλος με διάμετρο μικρότερη από 0,002 mm.
- Ιλύς με διάμετρο από 0,002 έως 0,05 mm.
- Λεπτή άμμος με διάμετρο από 0,05 έως 0,2 mm.
- Χονδρή άμμος με διάμετρο από 0,2 έως 2 mm.
- Λίθοι (χαλίκια) με διάμετρο μεγαλύτερη από 2 mm.

1.4.2. Οργανικά συστατικά

Τα οργανικά συστατικά προέρχονται από την αποσάθρωση των φυτικών και ζωικών υπολειμμάτων και γι' αυτό είναι περισσότερα στην επιφάνεια και λιγότερα στο υπέδαφος. Αποτελούν την οργανική ουσία του εδάφους, με τεράστια σημασία στη διατήρηση της γονιμότητάς του, επηρεάζοντας τις φυσικοχημικές ιδιότητές του. Η περιεκτικότητα σε οργανική ουσία ενός εδάφους θα πρέπει να κυμαίνεται γύρω στο 5%, ενώ στα ελληνικά εδάφη επικρατούν φτωχά ποσοστά οργανικής ουσίας, δηλαδή 2-3%.

Έτσι, θα πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα για τη διατήρηση της οργανικής ουσίας σε ένα έδαφος και αν γίνεται για την αύξησή της. Αυτό μπορεί να γίνει με τους εξής τρόπους:

- α) επιστροφή στο έδαφος όλων των υπολειμμάτων των καλλιεργειών και όχι κάψιμο,
- β) περιορισμός του βάθους και του αριθμού των οργωμάτων,
- γ) προσθήκη κόπρου και άλλων οργανικών υπολειμμάτων,
- δ) επαρκή αζωτούχο λίπανση, για αποφυγή ανταγωνισμού του αζώτου με

μικροοργανισμούς.

1.4.3. Εδαφικό νερό

Το έδαφος δεν είναι συμπαγές και ανάμεσα στα συσσωματώματά του υπάρχει δίκτυο πόρων που είναι κορεσμένοι με νερό ή αέρα. Μετά από μία άρδευση ή βροχή, όλοι οι πόροι κατακλύζονται με νερό και δεν υπάρχει καθόλου αέρας, δηλαδή το έδαφος είναι κορεσμένο. Μετά την παρέλευση ορισμένου χρονικού διαστήματος από την άρδευση, μία ποσότητα νερού, λόγω βαρύτητας, αρχίζει να απομακρύνεται σε βαθύτερα στρώματα και έξω από την περιοχή του ριζοστρώματος. Αυτό ονομάζεται νερό βαρύτητας και δεν είναι διαθέσιμο στα φυτά λόγω της γρήγορης απομάκρυνσής του από το έδαφος, αφού δεν συγκρατείται από το έδαφος αλλά στραγγίζει από την επίδραση της βαρύτητας. Το νερό αυτό συχνά προκαλεί ζημιές στις καλλιέργειες όταν η στράγγιση είναι πολύ βραδεία.

Το έδαφος τώρα βρίσκεται στην **υδατοϊκανότητά** του. Υδατοϊκανότητα ή υδατοχωρητικότητα ενός εδάφους είναι η ποσότητα νερού που μπορεί το αδιατάραχτο έδαφος να συγκρατήσει 48 ώρες μετά τον υδατοκορεσμό του και την απομάκρυνση του νερού βαρύτητας. Ένα έδαφος βρίσκεται στον υδατοκορεσμό του όταν όλοι οι πόροι του εδάφους πληρωθούν με νερό. Δηλαδή, μετά την πάροδο μιας ή περισσότερων ημερών το νερό βαρύτητας στραγγίζει και απομακρύνεται συγχρόνως όμως οι μεγάλοι πόροι γεμίζουν αέρα και τότε το έδαφος βρίσκεται στο σημείο υδατοϊκανότητάς του, κατά το οποίο κάθε κόκκος εδάφους περιβάλλεται από νερό και το περισσότερο όμως μέρος αυτού του νερού βρίσκεται με τη μορφή σφήνας. Το νερό αυτό ακριβώς για τα φυτά είναι η πηγή τροφοδοσίας.

Γενικά, ένα βαρύ έδαφος φθάνει στην υδατοϊκανότητά του σε 3 ή 4 ημέρες μετά από άρδευση, ενώ ένα ελαφρύ έδαφος σε 1 ή 2 ημέρες. Για ένα μέσο έδαφος η υδατοϊκανότητά του λαμβάνεται σε 2 ή 3 ημέρες. Οι σπουδαιότεροι παράγοντες που την επηρεάζουν είναι η μηχανική σύσταση και η δομή του εδάφους, η ομοιομορφία, το βάθος και οι συνθήκες στράγγισης αυτού. Γι' αυτό τα λεπτόκοκκα ή αργιλώδη εδάφη συγκρατούν περισσότερο νερό από τα αμμώδη, διότι περιέχουν περισσότερους κόκκους ανά μονάδα όγκου του εδάφους. Έτσι, η υδατοϊκανότητα για τα αμμώδη εδάφη είναι 5-10% του ξηρού τους βάρους, για τα ιλυοαμμώδη είναι 15-20% του ξηρού βάρους τους, ενώ για τα αργιλώδη είναι 25-40% του ξηρού τους βάρους. Η υδατοϊκανότητα προσδιορίζεται με τη λήψη αδιατάρακτων εδαφικών δειγμάτων, τη μέθοδο φυγοκέντρωσης και τη μέθοδο πιεστικού δίσκου.

Έπειτα, οι μικρότεροι πόροι συγκρατούν το τριχοειδές νερό με τις τριχοειδείς δυνάμεις (επιφανειακής τάσεως ή έλξεως σαν συνεχείς μεμβράνες γύρω από τους εδαφικούς κόκκους και μέσα στους τριχοειδούς εδαφικούς πόρους), το οποίο είναι διαθέσιμο ή ωφέλιμο στα φυτά και το προσλαμβάνουν μέσω του ριζικού τους συστήματος. Το τριχοειδές νερό είναι η μοναδική πηγή τροφοδοσίας των καλλιεργειών και συγκρατείται από το έδαφος με τάση από 1/3 μέχρι 31 atm.

Καθώς ποσότητα του νερού ελαττώνεται συνεχώς, οι δυνάμεις που το συγκρατούν αυξάνονται. Από ένα σημείο και μετά, αν και υπάρχει αρκετό νερό στο έδαφος, αυτό φαίνεται ξερό. Οι ρίζες αδυνατούν να νικήσουν αυτές τις δυνάμεις και δεν μπορούν να προσλάβουν άλλο νερό. Το νερό αυτό είναι υγροσκοπικό και συγκρατείται σαν λεπτό φιλμ στο έδαφος από πολύ ισχυρές δυνάμεις επιφανειακής τάσεως. Η τάση συγκρατήσεως είναι τόσο ισχυρή που φθάνει στις 50 atm και τα φυτά δεν μπορούν να το προσλάβουν. Το υγροσκοπικό νερό αυξάνει με την ελάττωση του μεγέθους των κόκκων του εδάφους και μάλιστα με την αύξηση της περιεκτικότητας σε άργιλο και χούμο.

Το έδαφος βρίσκεται σε σημείο **μόνιμης μάρανσης**, όταν η υγρασία του κάτω από την οποία παρατηρείται στα φυτά μια μόνιμη μάρανση και αντιστοιχεί στην τέλεια (πλήρη) εξάντληση όλης της διαθέσιμης υγρασίας. Η υγρασία που αντιστοιχεί στο σημείο μόνιμης μάρανσης βρέθηκε ότι είναι προσεγγιστικά ίση με εκείνη που παραμένει στο έδαφος όταν αυτό υποβληθεί σε πίεση 15 ατμοσφαιρών (atm) για ορισμένο χρονικό διάστημα και σε κατάλληλη συσκευή. Κάθε τύπος εδάφους έχει ορισμένη τιμή σημείου μόνιμης μάρανσης, όπως δείχνει ο παρακάτω πίνακας (Πίνακας 1.1.).

Πίνακας 1.1. Σημείο Μόνιμης Μάρανσης σε διάφορους εδαφικούς τύπους

Τύπος εδάφους	Σημείο Μόνιμης Μάρανσης σε % ξηρού βάρους
Άμμος	0,5 – 1,5
Αμμώδης πηλός	1,5 – 4,0
Πηλός	
Ελαφρός	3,5 – 7,0
Μέσος	5,0 – 7,0
Βαρύς	8,0 – 12,0
Άργιλος	12,0 – 20,0
Τύρφη	40,0 – 50,0

Πηγή: Ζαρογιάννης Β., 1989.

Από πρακτικής πλευράς για τις αρδεύσεις, το σημείο μόνιμης μάρανσης δεν είναι απλώς ένα σημείο αλλά μια στενή εδαφική ζώνη υγρασίας μέσα στην οποία τα φυτά

παρουσιάζουν μάρανση. Η ζώνη αυτή δεν υπερβαίνει για τα αργιλώδη το 1% και για τα αμμώδη το 0,5%. Για τον προσδιορισμό του σημείου αυτού χρησιμοποιούνται καλλιεργητικές μέθοδοι με φυτά τους ηλιάνθους, μέθοδοι των πιεστικών μεμβρανών και μέθοδοι Vageler.

Διαθέσιμη υγρασία του εδάφους είναι η υγρασία που μπορεί να χρησιμοποιείται από τα φυτά για να αναπτυχθούν. Αποτελεί την ποσότητα της υγρασίας που προκύπτει από τη διαφορά υγρασία μάρανσης από την υδατοϊκανότητα. Το νερό διηθήσεως (βαρύτητας) είναι βεβαίως διαθέσιμο στα φυτά όταν διέρχεται από τα ριζικά τριχίδια αλλά στραγγίζει γρήγορα και δεν μπορεί κανείς να το λάβει σοβαρά υπόψη του.

Η εδαφική υγρασία μετριέται με δείγματα εδάφους, τη μέθοδο Bouyoucos, τη βοήθεια τασιμέτρων και τη συσκευή νετρονίων. Εκφράζεται ποσοτικά (σε βάρος και σε όγκο) από τις παρακάτω σχέσεις:

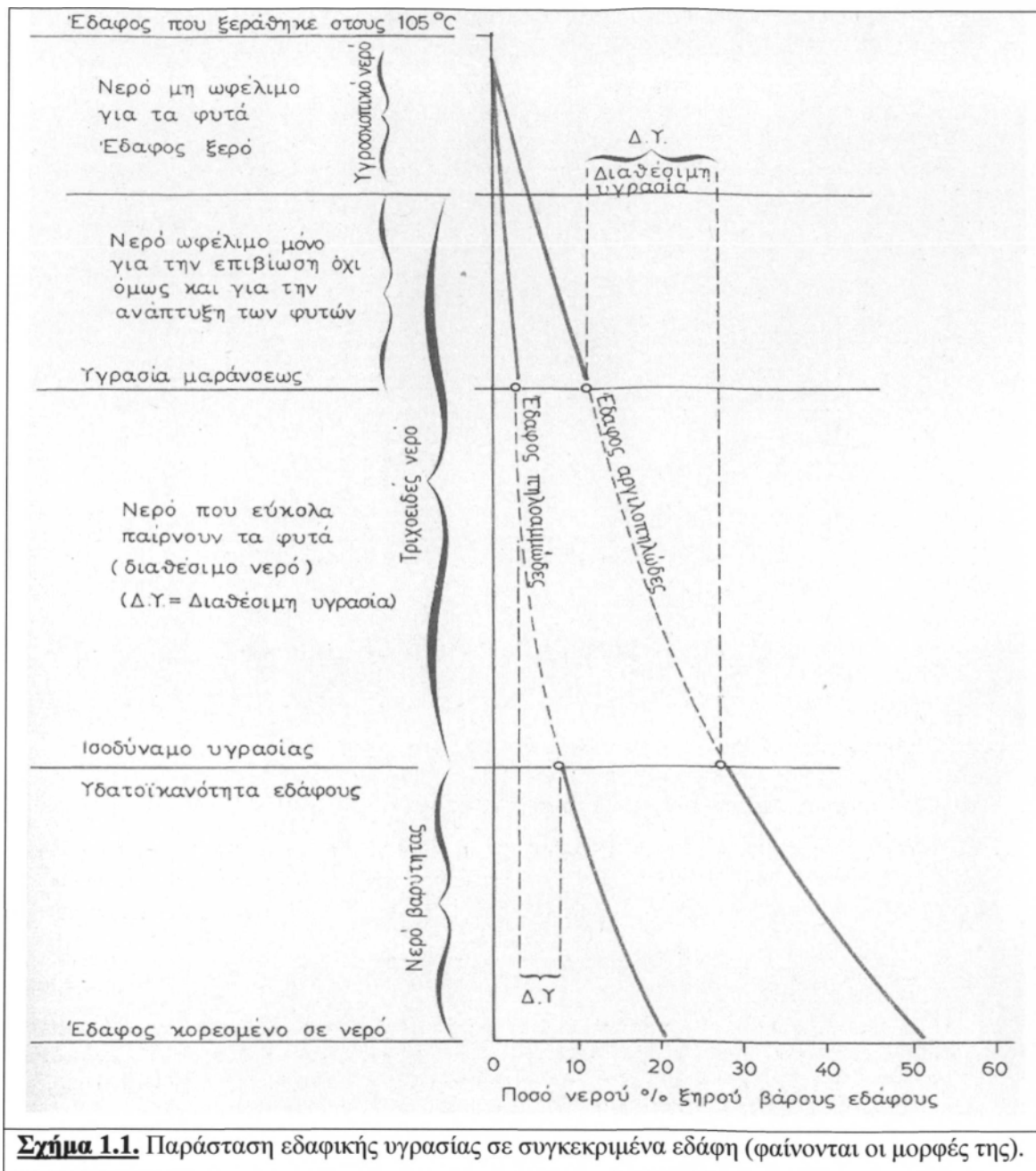
$$\text{Υγρασία σε βάρος } (u_b) = \frac{\text{Βάρος νερού}}{\text{Βάρος ξηρού εδάφους}} \cdot 100\%$$

$$\text{Υγρασία σε όγκο } (u_v) = \frac{\text{Όγκος νερού}}{\text{Συνολικός όγκος εδάφους και πόρων}} \cdot 100\%$$

Η διαθέσιμη υγρασία έχει ιδιαίτερη σημασία για τις αρδεύσεις και ποικίλει από έδαφος σε έδαφος. Τα αμμώδη εδάφη έχουν μικρή διαθέσιμη υγρασία σε σχέση με τα αργιλώδη (Σχήμα 1.1.). Από τη γραφική παράσταση του σχήματος 1.1. φαίνεται ο τρόπος με τον οποίο μεταβάλλεται η εδαφική υγρασία που εύκολα προσλαμβάνεται από τα φυτά, όπως και η σχέση υδατοϊκανότητας και σημείου μόνιμης μάρανσης.

Διαπιστώνεται ότι όταν σε ένα έδαφος υπάρχουν καλλιέργειες, η διαθέσιμη υγρασία εξαντλείται εύκολα, ενώ σε ένα γυμνό έδαφος εξαντλείται ελάχιστα και βραδέως σε σχέση με το χρόνο και παραμένει κοντά στην υδατοϊκανότητα με την προϋπόθεση ότι δεν υπάρχει από την επιφάνεια του εδάφους εξάτμιση.

Για τις αρδεύσεις, η διαθέσιμη υγρασία του εδάφους είναι μεγάλης σημασίας, διότι ανάλογα με την εξάντληση αυτής στο έδαφος καθορίζεται η δόση αλλά και η συχνότητα άρδευσης. Δεν πρέπει να αφήνουμε στο έδαφος να εξαντλείται ολόκληρη η διαθέσιμη υγρασία, αλλά να αρδεύουμε πριν την εξάντλησή της. Χρήσιμο είναι οι αρδεύσεις να πραγματοποιούνται όταν στο έδαφος θα εξαντλείται το 50% μέχρι το 75% της διαθέσιμης υγρασίας.



1.4.4. Εδαφικός αέρας

Οι ρίζες των φυτών αναπνέουν και χρειάζονται οξυγόνο για την κανονική τους ανάπτυξη, γι' αυτό η ύπαρξη αέρα μέσα στο έδαφος είναι απαραίτητη. Η ποσότητα του αέρα που υπάρχει μέσα στο έδαφος εξαρτάται από το πορώδες του εδάφους και κυρίως από το ποσοστό των μεγάλων πόρων. Η σύσταση του εδαφικού αέρα είναι διαφορετική από αυτή του ατμοσφαιρικού, αφού περιέχει μεγαλύτερες περιεκτικότητες CO_2 και λιγότερες O_2 . Καθώς η ρίζα αναπνέει και παίρνει οξυγόνο, με αποτέλεσμα να ελαττώνεται το O_2 και να

αυξάνεται το CO₂. Αν ο εδαφικός αέρας δεν ανανεωθεί, τότε το CO₂ θα αυξηθεί σε σημείο που να προκαλέσει ζημιές στα φυτά αλλά και σε άλλους μικροοργανισμούς του εδάφους.

Η ανανέωση του εδαφικού αέρα γίνεται με τους παρακάτω μηχανισμούς:

1. Το βρόχινο ή αρδευτικό νερό καθώς εισέρχεται μέσα στο έδαφος γεμίζει τους πόρους, με συνέπεια την απομάκρυνση του εδαφικού αέρα. Όταν το νερό θα αρχίσει να απομακρύνεται, λόγω εξάτμισης ή απορρόφησης από τα φυτά, θα εισχωρήσει στους πόρους του εδάφους νέος αέρας από την ατμόσφαιρα.
2. Άλλος τρόπος ανανέωσης εδαφικού αέρα είναι με διάχυση. Επειδή υπάρχει διαφορά στην περιεκτικότητά του, τόσο σε CO₂ όσο και σε O₂, όταν το CO₂ αυξάνεται μέσα στο έδαφος τότε παρατηρείται μία ροή μορίων CO₂ από το έδαφος προς τον αέρα και αντίστροφα, ροή μορίων O₂ από τον αέρα στο έδαφος μέχρι οι περιεκτικότητες του ατμοσφαιρικού αέρα και αυτές του εδαφικού να εξισωθούν.
3. Οι μεταβολές της θερμοκρασίας και της βαρομετρικής πίεσης συντελούν στην ανανέωση του εδαφικού αέρα.
4. Οι καλλιεργητικές εργασίες, όπως το όργωμα και το φρεζάρισμα, συντελούν επίσης, στην ανανέωση του εδαφικού αέρα.

1.5. ΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

Φυσικές ιδιότητες είναι ένα σύνολο ιδιοτήτων που επηρεάζουν και καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό την καταλληλότητα ή μη του εδάφους για γεωργική χρήση και έχουν άμεση σχέση με τη φυσική του σύσταση. Τέτοιες είναι η υφή, η δομή, το πορώδες και το ειδικό βάρος. Από αυτές εξαρτώνται η ικανότητα στράγγισης, ο καλός αερισμός, η συγκράτηση και η διάθεση θρεπτικών συστατικών, υγρασίας και οξυγόνου στα φυτά, η ευκολία διείσδυσης νερού, αέρα και ριζών στο έδαφος.

1.5.1. Υφή

Υφή ή σύσταση του εδάφους είναι η επί % περιεκτικότητά του σε άμμο, ιλύ και άργιλο. Έτσι, εδάφη με μεγάλη περιεκτικότητα σε άμμο θα εκδηλώνουν τις ιδιότητες της άμμου, ενώ εκείνα με μεγάλη περιεκτικότητα σε άργιλο θα εκδηλώνουν τις ιδιότητες της αργίλου (Πίνακας 1.2.).

Πίνακας 1.2. Γενικές κατηγορίες, τύποι και χαρακτηριστικά-ιδιότητες των εδαφών.

Α/Α	Γενικές κατηγορίες εδαφών	Χαρακτηριστικά εδαφών	Αντίστοιχοι τύποι εδάφους
1.	Εδάφη αμμώδη	<p>Χονδρόκοκκης μηχανικής σύστασης (ελαφρά). Έχουν ορατούς κόκκους με γυμνό μάτι, ύστερα από απλή αφή τους με τα δάκτυλα. Μηδαμινή συμμετοχή στις φυσικοχημικές δραστηριότητες του εδάφους. Δεν συγκρατούν νερό. Δεν λειτουργούν ως τροφοδότες θρεπτικών στοιχείων για τα φυτά. Συμβάλλουν ελάχιστα στη γονιμότητα των εδαφών. Παρουσιάζουν μεγάλες απώλειες θρεπτικών στοιχείων με την έκπλυση από βροχοπτώσεις. Αερίζονται και στραγγίζουν πολύ εύκολα. Έχουν μικρή υδατοϊκανότητα (συγκράτηση νερού). Δεν εμφανίζουν συνεκτικότητα και πλαστικότητα, όταν είναι υγρά. Η μηχανική τους κατεργασία δεν εμφανίζει προβλήματα. Θερμαίνονται ευκολότερα την άνοιξη (πρωιμότητα φυτών). Διευκολύνουν τη διείδυση των ριζών. Διαβρώνονται εύκολα.</p>	Αμμώδη, Πηλοαμμώδη.
2.	Εδάφη πηλώδη	<p>Μέσης μηχανικής σύστασης (μέσα). Τα χονδρόκοκκα έχουν ταυτόσημη συμπεριφορά με τα αμμώδη, ενώ τα λεπτόκοκκα έχουν αρκετή εκτεθειμένη επιφάνεια και εμφανίζουν κάποια δραστηριότητα στην ανάπτυξη καλλιεργειών. Συγκρατούν περισσότερο νερό από τα αμμώδη. Εμφανίζουν κάποια συνεκτικότητα και πλαστικότητα, καθώς και μια ικανότητα προσροφήσεως κατιόντων, όταν είναι υγρά. Είναι επιρρεπή στο λάπισμα και στο σχηματισμό κρούστας.</p>	Αμμοπηλώδη, Πηλώδη, Ιλυοπηλώδη, Ιλυώδη, Αμμοαργιλοπηλώδη, Αργιλοπηλώδη, Ιλυοαργιλοπηλώδη.
3.	Εδάφη αργιλώδη	<p>Λεπτόκοκκης μηχανικής σύστασης (βαριά). Έχουν τη μεγαλύτερη εκτεθειμένη επιφάνεια. Συγκρατούν μεγάλες ποσότητες νερού. Αποθηκεύουν θρεπτικά στοιχεία που αποδίδουν στα φυτά. Εμφανίζουν μεγάλη συνεκτικότητα, πλαστικότητα και συγκολλητικότητα. Δυσκολεύεται περισσότερο η μηχανική τους κατεργασία, όταν είναι υγρά. Εμφανίζουν μεγάλη υδατοϊκανότητα. Αποστραγγίζονται δύσκολα. Δεν αερίζονται καλά. Δεν θερμαίνονται γρήγορα και είναι περισσότερο "ψυχρά". Ακατάλληλα για πρώιμες καλλιέργειες.</p>	Αργιλώδη, Ιλυοαργιλώδη, Αμμοαργιλώδη.

Πηγές: Ζαρογιάννης Β., 1989 και Καρακατσούλης Π., 1995.

Υπάρχουν 12 εδαφικοί τύποι. Από το σχήμα του ισοπλεύρου τριγώνου (Σχήμα 1.2.) παριστάνεται σε κάθε πλευρά του το ποσοστό της άμμου, της ιλύος και της αργίλου αντιστοίχως. Οι τομές των τριών αυτών κλασμάτων σε ποσοστό δείχνει τον τύπο του εδάφους.

Το μέγεθος των δομικών στοιχείων του εδάφους έχει ιδιαίτερη σημασία για τις αρδεύσεις, αφού επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την κίνηση του νερού μέσα σ' αυτό, την αποθήκευσή του καθώς και τη διαθέσιμη ποσότητα νερού για την ανάπτυξη των φυτών.

1.5.2. Δομή

Δομή εδάφους είναι ο τρόπος διάταξης των εδαφικών μορίων. Τα τρία βασικά συστατικά του εδάφους (άμμος, ιλύς, άργιλος) δεν είναι ξεχωριστά μέσα στο έδαφος, αλλά ενωμένα με την οργανική ουσία σε μεγαλύτερα τεμαχίδια, τα συσσωματώματα. Το σχήμα, το μέγεθος και η σταθερότητα των συσσωματωμάτων θα καθορίζουν και τον τύπο της δομής του εδάφους, η οποία θα καθορίζει την ταχύτητα στράγγισης και την περατότητα του εδάφους.

Η δομή του εδάφους είναι βασικός παράγοντας καθορισμού της γονιμότητάς του, διότι έχει σχέση με την ικανότητα να συγκρατεί νερό, να στραγγίζει η πλεονάζουσα ποσότητα νερού, να επιτρέπει την ανάπτυξη των ριζών και την ελεύθερη κίνηση του αέρα.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν τη δομή είναι οι παρακάτω:

- 1) Η διαβροχή του εδάφους μπορεί να προκαλέσει θρυμματισμό των συσσωματωμάτων με τη διαλυτοποίηση των συγκολλητικών ουσιών.
- 2) Η αποξήρανση τείνει να θρυμματίσει τα μεγάλα και να σταθεροποιήσει τα μικρά συσσωματώματα.
- 3) Ο παγετός και η τήξη αυτού, προκαλεί αύξηση της σταθερότητας των συσσωματωμάτων με συνέπεια τη διατήρηση καλής δομής.
- 4) Η ύπαρξη της οργανικής ουσίας συντελεί στη σταθερότητα των συσσωματωμάτων λόγω συγκολλησεως των εδαφικών τεμαχιδίων (κόκκων).
- 5) Η ύπαρξη σκουληκιών και μικροοργανισμών του εδάφους συντελούν στην καλή δομή του εδάφους.
- 6) Το ανθρακικό ασβέστιο (CaCO_3) προκαλεί συσσωμάτωση ιδιαίτερα στα αργιλώδη εδάφη.
- 7) Το ασβέστιο (Ca^{++}) και το μαγνήσιο (Mg^{++}).

- 8) Η προσθήκη γύψου ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) στα αλκαλιωμένα και ο ασβέστιο στα όξινα εδάφη.

1.5.3. Πορώδες

Πορώδες είναι ο όγκος που καταλαμβάνουν οι μικροί και οι μεγάλοι πόροι του εδάφους. Δηλαδή, είναι το ποσοστό (τμήμα) του όγκου του εδάφους που δεν καταλαμβάνεται από τα στερεά συστατικά αυτού (στερεά φάση). Από τους εδαφικούς πόρους εξαρτάται η ποσότητα του οξυγόνου και του αποθηκευμένου νερού μέσα στο έδαφος, με συνέπεια την καλή ανάπτυξη των φυτών.

Το εδαφικό πορώδες εξαρτάται από τη δομή του εδάφους. Σε εδάφη με μικρό ποσοστό ιλύος και αργίλου, το συνολικό ποσοστό των πόρων είναι μικρό (επομένως μικρό πορώδες) αλλά έχει πόρους μεγάλης διαμέτρου. Αντίθετα, εδάφη πλούσια σε ιλύ και άργιλο το ποσοστό των πόρων είναι μεγαλύτερο αλλά με πόρους μικρότερης διαμέτρου και εάν έχει καλή συσσωμάτωση είναι δυνατό να είναι μεγαλύτερος ο όγκος από τη στερεά φάση.

Οι πόροι περιέχουν νερό ή αέρα και συμβάλλουν στη γονιμότητα του εδάφους.

Το πορώδες δίνεται από τον παρακάτω τύπο:

$$\Pi = \frac{\text{Όγκος των κενών}}{\text{Συνολικός όγκος του εδάφους}} \cdot 100\%$$

Έμμεσα, το πορώδες μπορεί να προσδιοριστεί και από τα δύο ειδικά βάρη του εδάφους, το πραγματικό και το φαινόμενο, που αναφέρονται παρακάτω (§ 1.5.4.), σύμφωνα με την παρακάτω σχέση:

$$\Pi = \frac{E_{\pi} - E_{\varphi}}{E_{\pi}} \cdot 100\%$$

Γενικότερα, τα χονδρόκοκκα ή αμμώδη εδάφη έχουν μικρό πορώδες (από 36% έως 50%), τα λεπτόκοκκα ή αργιλώδη ή οργανικά εδάφη έχουν μεγάλο πορώδες (από 50% έως 60%), ενώ τα μέσης μηχανικής σύστασης εδάφη έχουν πορώδες που κυμαίνεται γύρω στο 50%.

1.5.4. Ειδικό βάρος

Το έδαφος έχει ειδικό βάρος όπως όλα τα φυσικά σώματα. Στο έδαφος διακρίνονται 2 ειδών ειδικά βάρη, το πραγματικό και το φαινόμενο ειδικό βάρος.

Ως πραγματικό ειδικό βάρος λαμβάνεται το ειδικό βάρος χωρίς τους πόρους του εδάφους. Δηλαδή, είναι το βάρος της μονάδας όγκου των στερεών συστατικών του εδάφους. Κυμαίνεται στα συνήθη εδάφη από 2,6 έως 2,7 gr/cm³. Όμως, στα οργανικά εδάφη είναι μικρότερο και είναι ίσο με 1,4-1,5 gr/cm³ και στα χουμικά εδάφη είναι 1,37 gr/cm³. Δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$E_s = \frac{\text{Βάρος ξηρού εδάφους}}{\text{Όγκος εδάφους χωρίς πόρους}}$$

Φαινόμενο ειδικό βάρος ορίζεται το βάρος της μονάδας του όγκου του εδάφους (στη φυσική του κατάσταση) μαζί με τους πόρους και προσεγγιστικά για τα μέσα (πηλώδη) εδάφη είναι ίσο με 1,3 gr/cm³ με εύρος 1,2-1,4 gr/cm³. Κυμαίνεται από 0,9 έως 1,7 gr/cm³, ανάλογα με τον τύπο του εδάφους. Συγκεκριμένα, στα αργιλώδη εδάφη είναι 1-1,2 gr/cm³, στα αμμώδη 1,4-1,6 gr/cm³ και στα τυρφώδη είναι μικρότερο του 1 gr/cm³. Δίνεται από τη παρακάτω σχέση:

$$E_v = \frac{\text{Βάρος ξηρού εδάφους}}{\text{Όγκος εδάφους μαζί με τους πόρους}}$$

Για τον προσδιορισμό του πρέπει να παίρνονται αδιατάρακτα δείγματα εδάφους γνωστού όγκου. Αυτό επηρεάζεται από τη δομή και μηχανική σύσταση του εδάφους. Ο προσδιορισμός του έχει μεγάλη σημασία στις αρδεύσεις, αφού μ' αυτό υπολογίζεται η δόση άρδευσης. Γίνεται με ειδικές συσκευές, ειδικούς δειγματολήπτες Veihmeyer και με χρήση ακτίνων γ.

Και τα δύο προαναφερόμενα ειδικά βάρη αποτελούν σταθερές του εδάφους και χρησιμοποιούνται ευρύτατα στις αρδεύσεις για τον προσδιορισμό του πορώδους του εδάφους και για τον υπολογισμό της δόσης άρδευσης.

1.6. ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΡΔΕΥΤΙΚΩΝ ΝΕΡΩΝ

Η εκτίμηση της ποιότητας του νερού και η επίδρασή της στο φυτό και στο έδαφος καθίσταται δύσκολη υπόθεση, αφού δεν θα πρέπει να στηρίζεται μόνο στην ποιοτική κατάταξή του με βάση διάφορες μεθόδους ποιοτικής κατάταξης, αλλά να συνδυάζεται και με άλλους παράγοντες, όπως το κλίμα της περιοχής, το προς άρδευση έδαφος, το είδος καλλιέργειας και τον τρόπο άρδευσης.

Η ποιότητα του αρδευτικού νερού διακρίνεται σε φυσική και χημική ποιότητα.

1.6.1. Φυσική ποιότητα

Η φυσική ποιότητα του νερού εξαρτάται από τη θερμοκρασία και την ποιότητα των φερτών υλικών που περιέχει.

Η θερμοκρασία δεν αποτελεί πρόβλημα για την άρδευση των καλλιεργειών στις ελληνικές συνθήκες, αφού οι επικρατούσες θερμοκρασίες κατά την αρδευτική περίοδο είναι υψηλές και συνεπώς η θερμοκρασία του νερού είναι ικανοποιητική. Η άριστη θερμοκρασία του νερού για άρδευση είναι για τα περισσότερα φυτά περίπου 25 °C όταν αυτά βρίσκονται σε φάση έντονης βλαστητικής δραστηριότητας. Νερό κρύο ή πολύ ζεστό μπορεί να προκαλέσει καταστροφές, κυρίως στα νεαρά φυτά. Ιδιαίτερη προσοχή χρειάζεται όταν τα νερά προέρχονται από πηγές ή πηγάδια, αφού, συνήθως, τα νερά αυτά είναι πολύ κρύα. Η θερμοκρασία του νερού πρέπει πάντοτε να συσχετίζεται με τη θερμοκρασία που επικρατεί στην επιφάνεια του εδάφους κατά την περίοδο της αρδεύσεως. Ένα αποτελεσματικό μέτρο προστασίας των φυτών είναι η προθέρμανση του νερού μέσα σε ειδικές δεξαμενές, πριν εφαρμοσθεί στον αγρό με την άρδευση.

Πρόβλημα όμως υπάρχει και κυρίως παρατηρείται στις επιφανειακές μεθόδους άρδευσης από τις φερτές ύλες, οι οποίες σε μεγάλες ποσότητες είναι δυνατό να σχηματίσουν μία κρούστα στην επιφάνεια του εδάφους, η οποία θα επηρεάσει δυσμενώς τις φυσικές ιδιότητές του, τη διηθητικότητα (κίνηση του νερού στο έδαφος από την επιφάνεια αυτού) και τον αερισμό, και πρέπει να σπάσει με καλλιεργητικά μέτρα, όπως το σκάλισμα, που απαιτείται κάποιο κόστος. Όταν η ποσότητα των φερτών υλών είναι μεγάλη, καλό είναι να διακόπτεται η άρδευση, για να αποφευχθεί η δημιουργία προβλημάτων. Σε περιπτώσεις αρδεύσεως με τεχνητή βροχή ή με σταγόνες, όπου η περιεκτικότητα του νερού σε φερτές ύλες και ειδικότερα το μέγεθός τους, μπορεί να προκαλέσει έμφραξη στους εκτοξευτήρες ή

στους σταλακτήρες ή ακόμα γρήγορη φθορά των εγκαταστάσεων, επιβάλλεται η απομάκρυνσή τους με διάφορες τεχνικές, όπως είναι οι λεκάνες καθιζήσεως και ειδικά φίλτρα.

Επίσης, από πλευράς φυσικής συμπεριφοράς του νερού, πρέπει να εξετάζεται και η ποιότητα της ιλύος (λάσπης) που τυχόν μεταφέρει, εκτός από την ποιότητα των αιωρούμενων φερτών υλών. Η μεταφερόμενη ιλύς μπορεί να είναι γόνιμη, όπως στην κοιλάδα του Νείλου ή μη γόνιμη. Μερικές φορές συμβαίνει όχι μόνο να μην είναι γόνιμη αλλά και επιζήμια, όταν για παράδειγμα αποτελείται από κολλοειδή στοιχεία πλούσια σε κατιόντα Na^+ που λόγω της μεγάλης τους διασποράς φράζουν τους πόρους του εδάφους και ελαττώνουν έτσι επικίνδυνα την υδατοπερατότητά του.

1.6.2. Χημική ποιότητα

Η χημική ποιότητα του νερού για άρδευση εξαρτάται από την ποιότητα και ποσότητα των διαλυτών αλάτων που περιέχει. Προσδιορίζεται από την ύπαρξη διαλυμένων αλάτων, την ύπαρξη Na και την ύπαρξη αλάτων που μπορούν να προκαλέσουν τοξικές συγκεντρώσεις στο εδαφικό διάλυμα για τα φυτά. Από όλα τα διαλυτά άλατα εκείνο που συναντούμε συχνότερα είναι το χλωριούχο νάτριο (NaCl), το οποίο πέρα από ορισμένα όρια (5 gr/lit) κάνει το νερό ακατάλληλο για άρδευση στις περισσότερες καλλιέργειες (Πίνακας 1.3.). Τα άλατα που συναντώνται συχνότερα είναι, από πλευράς κατιόντων, του ασβεστίου, του μαγνησίου και του νατρίου και, από πλευράς ανιόντων, διττανθρακικά, θειικά και χλωριούχα. Ολική περιεκτικότητα των αρδευτικών νερών σε άλατα από 100 έως 1500 ppm είναι ανεκτή για τις περισσότερες καλλιέργειες, από 1500 ppm μέχρι 5000 ppm για πολύ λίγες και πάνω από 5000 ppm για ελάχιστα ανθεκτικά σε άλατα φυτά (1000 ppm αντιστοιχούν σε 1 gr αλάτων / lit νερού).

Πίνακας 1.3. Ενδεικτική ανθεκτικότητα φυτών που αρδεύονται με νερό από NaCl .

Περιεκτικότητες NaCl του αρδευτικού νερού	Ανθεκτικά φυτά
Μέχρι 5 gr/lit	Λούπινα, Μηδική, Ζαχαρότευτλα, Βαμβάκι
Μέχρι 3 gr/lit	Βερικοκιά, Αμυγδαλιά, Συκιά, Ελιά, Αγκινάρα, Λάχανα, Πιπεριά, Κρεμμύδια, Καρότα, Πατάτες, Κριθάρι, Ντομάτα, Αραβόσιτος
Μέχρι 2 gr/lit	Λεμονιά, Πορτοκαλιά, Μανταρινιά, Μηλιά, Ροδακινιά

Πηγή: Καρακατσούλης Π., 1995.

Τα διαλυμένα άλατα περιέχονται στο αρδευτικό νερό, ακόμη και αν αυτό είναι εξαιρετικής ποιότητας. Αν δεν απομακρυνθούν ή δεν μετακινηθούν σε βαθύτερα στρώματα κάτω από το ριζικό σύστημα των φυτών, η αλάτωση των εδαφών θεωρείται βέβαιη.

Η ύπαρξη διαλυμένων αλάτων στο εδαφικό διάλυμα έχει ως συνέπεια την αύξηση της οσμωτικής πίεσης του εδαφικού διαλύματος, με αποτέλεσμα ακόμη και αν υπάρχει στο έδαφος νερό και ποτίζουμε κανονικά, τα φυτά να μην μπορούν να προσλάβουν τις απαραίτητες ποσότητες νερού, εμφανίζοντας έτσι μειωμένη ανάπτυξη και απόδοση. Σε μεγάλες συγκεντρώσεις των αλάτων, παρατηρείται το φαινόμενο της πλασμόλυσης κατά το οποίο αντί να έχουμε είσοδο του νερού από το έδαφος στη ρίζα, να έχουμε έξοδο αυτού από τα κύτταρα της ρίζας.

Ωστόσο το νάτριο, όταν βρίσκεται σε μεγάλη αναλογία στο αρδευτικό νερό, τότε είναι δυνατό να προκαλέσει προβλήματα στις φυσικές ιδιότητες του εδάφους και ειδικά στην περατότητά του. Η δυσμενής επίδραση του Na έχει αναγνωρισθεί από πολλά χρόνια και θα πρέπει να συνεκτιμάται μαζί με τους υπόλοιπους παράγοντες, όπως είναι η ποσότητα του Na σε σχέση με τα Ca, CO₃ και HCO₃ και εν τέλει η συνολική συγκέντρωση του νερού σε άλατα.

Όσον αφορά στα άλατα που μπορούν να προκαλέσουν τοξικές συγκεντρώσεις στο εδαφικό διάλυμα για τα φυτά είναι τα εξής: B, Na, Cl, HCO₃.

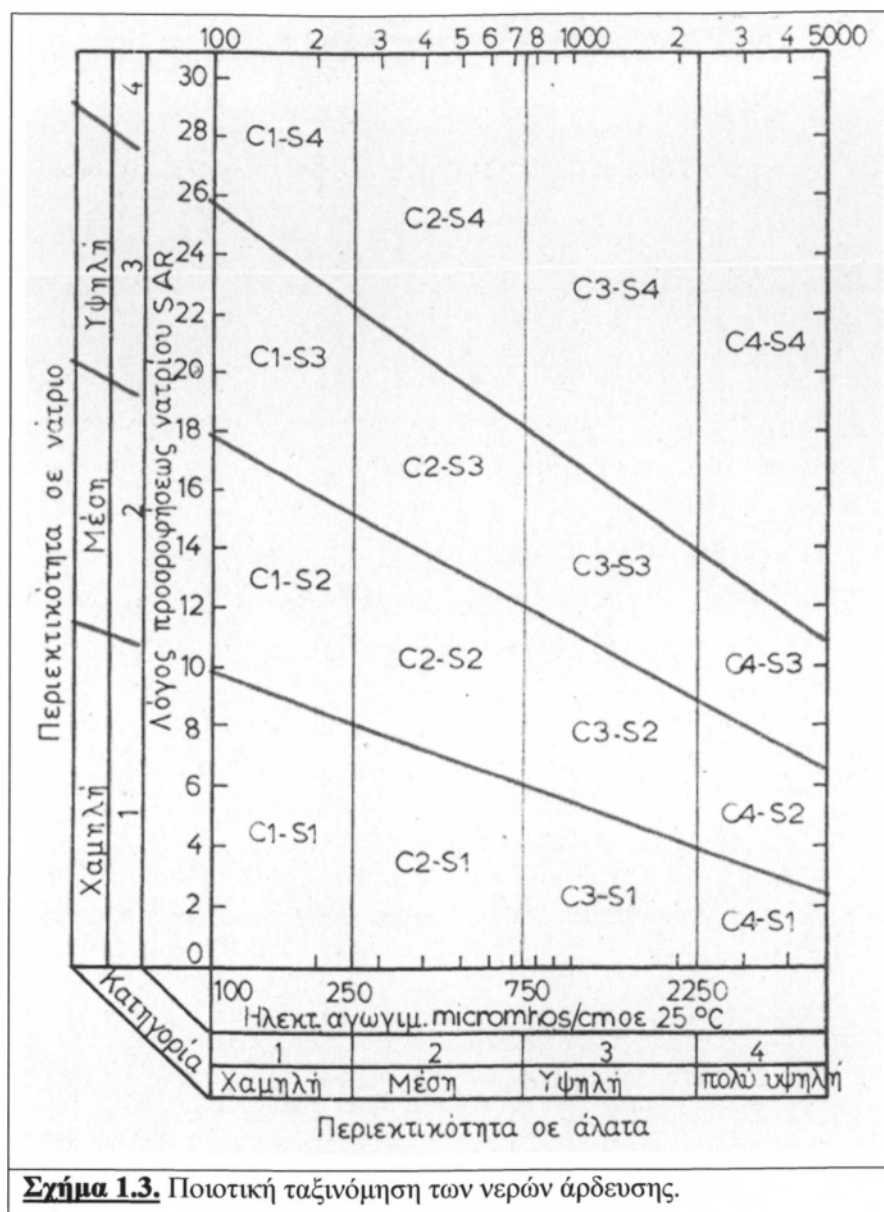
Γενικά, η άρδευση με αλατούχα νερά, εφόσον δε συνοδεύεται από ανάλογη έκπλυση του εδάφους, αυξάνει την περιεκτικότητα του εδάφους σε άλατα με άμεσο κίνδυνο επιβραδύνσεως της αυξήσεως των φυτών και μειώσεως των αποδόσεων, φθάνοντας, μέσα σε λίγα χρόνια, μέχρι τον εκμηδενισμό τους. Ωστόσο, η περίσσεια νατρίου στο έδαφος μπορεί να προκαλέσει αλκαλίωση ή και υποβάθμιση της δομής του εδάφους.

Για τα όρια καταλληλότητας των αρδευτικών νερών είναι ανάγκη να προσδιοριστούν:

- 1) στο εργαστήριο η **ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC)** του νερού θερμοκρασίας 25 °C από τη σχέση: $EC \text{ (σε θερμοκρασία } 25 \text{ }^\circ\text{C)} = EC(t) / [1+0,019(t - 25)]$, με τη βοήθεια του ηλεκτρικού αγωγιμόμετρου και
- 2) ο **λόγος προσροφήσεως νατρίου (S.A.R.)** που δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$S.A.R. = \frac{Na^+ \text{ meq/L}}{\sqrt{\frac{(Ca^{++} \text{ meq/L}) + (Mg^{++} \text{ meq/L})}{2}}}$$

Στο παρακάτω διάγραμμα (Σχήμα 1.3.) φαίνεται η ποιοτική ταξινόμηση των αρδευτικών νερών.



Έτσι, πιο συγκεκριμένα για κάθε κατηγορία ποιότητας αρδευτικών νερών ισχύουν τα

εξής:

- **C1 – S1.** Η κατηγορία αυτή είναι καλή ποιότητα για άρδευση και έχουμε επιφυλάξεις μόνο σε ευαίσθητα φυτά.
- **C1 – S2, C2 – S1.** Είναι μέσης προς καλής ποιότητας νερά και χρησιμοποιούνται με επιφύλαξη σε περίπτωση εδαφών που δε στραγγίζουν καλά και ευαίσθητων φυτών στα άλατα (οπωροφόρα).
- **C2 – S2, C1 – S3, C3 – S1.** Τα νερά αυτά είναι μέσης προς μέτριας ποιότητας, χρησιμοποιούνται με επιφύλαξη και έχουν ανάγκη στραγγίσεως ή προσθήκης γύψου.

- **C1 – S4, C2 – S3, C3 – S2, C4 – S1.** Είναι νερά μέτριας προς κακής ποιότητας. Αποκλείονται τα ευαίσθητα φυτά και τα βαριά εδάφη. Χρησιμοποιούνται προσεκτικά σε ελαφρά εδάφη που στραγγίζουν καλά με προσθήκη ή όχι γύψου.
- **C2 – S4, C4 – S2, C3 – S3.** Τα νερά αυτά είναι κακής ποιότητας και δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν παρά μόνο προσεκτικά σε ελαφρά εδάφη που στραγγίζουν καλά και για ανθεκτικά φυτά στα άλατα. Μπορούν να αυξήσουν την αλατότητα εδαφών και την περιεκτικότητά τους σε νάτριο, γι' αυτό πρέπει να αποπλένονται και να γίνεται προσθήκη γύψου, απαραίτητως.
- **C3 – S4, C4 – S3.** Είναι κακής ποιότητας νερά και δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν παρά μόνο κάτω από εξαιρετικές συνθήκες.
- **C4 – S4.** Νερά πολύ κακής ποιότητας και απαγορεύεται η χρήση τους για άρδευση.

1.7. ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ ΣΕ ΝΕΡΟ

Η γεωργική παραγωγή είναι γνωστό ότι εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως είναι: το κλίμα, το έδαφος, η λίπανση, άλλες καλλιεργητικές φροντίδες και το φυτό. Εάν αυτοί οι συντελεστές παραγωγής βρίσκονται σε μία αρμονική σχέση τότε επιτυγχάνεται η υψηλότερη γεωργική παραγωγή.

Το νερό αποτελεί στοιχείο της δομής των φυτών και αντιπροσωπεύει σε ποσοστό που κυμαίνεται από 60 έως 95% του βάρους των. Το 96 με 99,5% της ξηράς ουσίας του φυτού αποτελείται από CO₂ και H₂O. Για την παραγωγή 1 Kgr ξηράς ουσίας χρειάζεται μια τεράστια ποσότητα νερού που διαφέρει από καλλιέργεια σε καλλιέργεια (Πίνακας 1.4.).

Τα φυτά με τη διαπνοή τους αποβάλλουν το 99,8% του προσλαμβανόμενου νερού από τις ρίζες και μόνο το 0,2 % περίπου χρησιμοποιούν για τη δημιουργία των ιστών τους.

Το νερό είναι το μέσο όπου διαλύονται τα ανόργανα συστατικά του εδάφους και μεταφέρονται από τις ρίζες στα φύλλα για την περαιτέρω διεργασία της θρέψης των φυτών. Αποτελεί ρυθμιστικό παράγοντα της θερμοκρασίας των φυτών μέσω του φαινομένου της διαπνοής και προστατεύει αυτά από τον καλοκαιρινό καύσωνα. Επίσης, συμμετέχει στην αντίδραση της φωτοσύνθεσης, με την παρουσία φωτός: $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$, σύμφωνα με την οποία σχηματίζονται οι υδατάνθρακες προς θρέψη των φυτών, αν και το CO₂ βρίσκεται σε ποσοστό 0,03% (0,5-0,6 mgr CO₂ / 1 lt αέρα) στην ατμόσφαιρα. Επιπλέον, το νερό βελτιώνει τα αλατουχοαλκαλιωμένα εδάφη με την απομάκρυνση των υδατοδιαλυτών

αλάτων. Έτσι, το νερό είναι εκείνο που δεν αυξάνει μόνο την παραγωγή αλλά και την βελτιώνει.

Πίνακας 1.4. Ανάγκες καλλιεργειών σε νερό για την παραγωγή 1 Kgr ξηράς ουσίας.

Είδος καλλιέργειας	Λίτρα νερού
Βαμβάκι	350-500
Φασόλια	450-550
Μπιζέλια	450-550
Φιστίκια	300-500
Σιτηρά	350-500
Κεχρί	150-300
Πατάτες	300-600
Τριφύλλι	500
Μηδική	500
Αραβόσιτος	200
Σόργο	200
Καπνός	800
Ζαχαροκάλαμο	700
Ζαχαρότευτλα	100

Πηγή: Ζαρογιάννης Β., 1989.

Όσον αφορά την πρόσληψη του νερού, αυτή γίνεται από τα ριζικά τριχίδια του φυτού, τα οποία έρχονται σε επαφή με το εδαφικό νερό, απορροφούν νερό από το έδαφος και ωσμωτικά, από κύτταρο σε κύτταρο αυτών, γίνεται η μειωμένη κίνηση του νερού από αυτά μέχρι την κορυφή του φυτού. Γενικά, τα φυτά προσλαμβάνουν το νερό από τις ανώτερες στρώσεις του ενεργού ριζικού συστήματος. Γι' αυτό δεν είναι απαραίτητο κατά τις αρδεύσεις να εφοδιάζουμε νερό σε μεγαλύτερα βάθη των 80 cm για ετήσιες καλλιεργείες και 90 cm για τις πολυετείς καλλιεργείες. Παρακάτω φαίνεται (Πίνακας 1.5.), το βάθος του εδάφους που πρέπει κανείς να λαμβάνει υπόψη για την διενέργεια των αρδεύσεων.

Πίνακας 1.5. Τιμές βάθους ενεργού ριζοστρώματος των καλλιεργούμενων φυτών.

Φυτά	Βάθος ενεργού ρίζας (cm)
Μαρούλια, Σπανάκι, Φράουλα	20-30
Κρεμμύδια	20-40
Αγκινάρες, Αγγούρια, Λάχανα, Σιτηρά, Σόγια, Τομάτα, Φασόλια	30-50
Καρότα	40-50
Καλαμπόκι, Πατάτες, Μπιζέλια, Σόργο	40-60
Καπνός, Σπαράγγι, Οπωροφόρα, Πεπονοειδή, Ζαχαρότευτλα	50-70
Αμπέλι, Βαμβάκι, Μηδική	60-80

Πηγή: Ζαρογιάννης Β., 1989.

Γενικότερα, το νερό αποτελεί βασικό, θεμελιώδες στοιχείο της δομής των φυτών, αφού καταλαμβάνει το 60 έως το 90% του βάρους αυτών και οι αρδεύσεις αποβλέπουν στη συνεχή αναπλήρωση των ποσοτήτων νερού που καταναλίσκονται κατά οποιοδήποτε τρόπο από τις καλλιέργειες.

Για να καθοριστεί η ποσότητα του νερού που χρειάζεται κάθε καλλιέργεια για έκταση ίση με 1 στρέμμα (ή 1000 m²), θα πρέπει να προσδιοριστούν:

- Οι απώλειες νερού κατά τη μεταφορά του από την πηγή μέχρι τον αγρό (εξάτμιση, διήθηση, διαρροές).
- Οι απώλειες νερού κατά την εφαρμογή του στον αγρό (εξάτμιση, βαθιά διήθηση, απορροή).
- Οι απώλειες νερού που οφείλονται στην εξάτμιση από την επιφάνεια του εδάφους και στη διαπνοή των φυτών (εξατμισοδιαπνοή).

Οι δύο πρώτες κατηγορίες απωλειών μπορούν να εκφραστούν, προσεγγιστικά, ως ποσοστό του όγκου του νερού που εξατμισοδιαπνέεται και που εκφράζει τις καθαρές ανάγκες των καλλιεργειών σε νερό.

Έτσι, προσδιορίζοντας την εξατμισοδιαπνοή (απώλεια νερού στην ατμόσφαιρα) για όλη την περίοδο αρδεύσεως (από την πρώτη μέχρι την τελευταία άρδευση) και γνωρίζοντας την έκταση που πρόκειται να αρδεύσουμε, μπορούμε να υπολογίσουμε το συνολικό όγκο και τη συνολική ποσότητα του νερού που θα χρειασθεί για την άρδευση της συγκεκριμένης περιοχής για όλη την αρδευτική περίοδο και για κάθε συγκεκριμένη καλλιέργεια. Για να γίνει αυτό πρέπει η ποσότητα του νερού, που θα καταλήξουμε ότι απαιτείται, να αυξηθεί τόσο, όσες είναι οι απώλειες που θα έχουμε κατά τη μεταφορά και εφαρμογή του αρδευτικού νερού στον αγρό.

Η εξατμισοδιαπνοή (υδατοκατανάλωση) εκφράζεται ως δυναμική, δηλαδή αυτή που μπορεί να προέλθει από έδαφος με υψηλή υγρασία και πλήρως καλυπτόμενο από φυτική βλάστηση και ως πραγματική, που αναφέρεται στην πραγματική ποσότητα υδρατμών που αποδίδεται στην ατμόσφαιρα από συγκεκριμένες καλλιέργειες κάτω από πραγματικές κλιματολογικές και υγρασιακές συνθήκες εδάφους. Εξαρτάται από το είδος του φυτού, την ανακλαστικότητα του φυλλώματος, το ποσοστό κάλυψης του εδάφους από το φύλλωμα, το ύψος των φυτών, το βάθος και την πυκνότητα του ριζικού συστήματος, το στάδιο ανάπτυξης της καλλιέργειας, την ηλιακή ακτινοβολία, τη θερμοκρασία, τη σχετική υγρασία του αέρα, την ταχύτητα του ανέμου, το γεωγραφικό πλάτος και άλλους βιολογικούς παράγοντες, όπως την κριτική περίοδο ορισμένων καλλιεργειών. Υπολογίζεται άμεσα με διαδοχικές δειγματοληψίες εδάφους, μέτρηση μεταβολής υγρασίας στον αγρό με τασίμετρα ή γύψινα

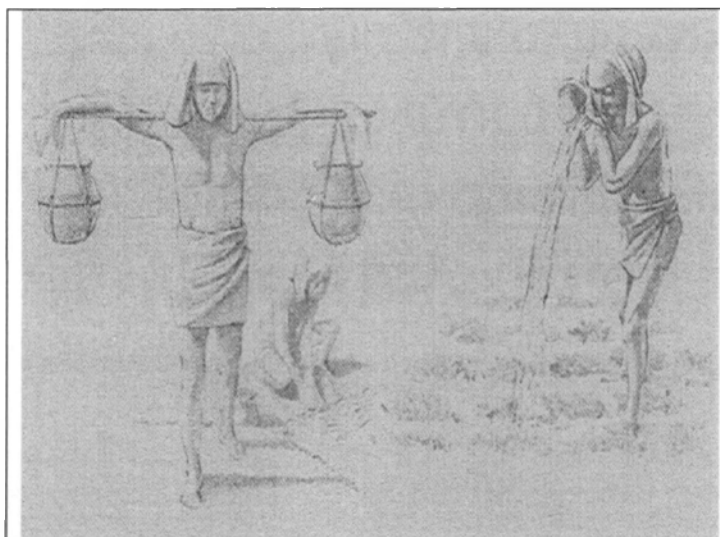
πλακίδια και μεθόδους των λυσιμέτρων, του ισοζυγίου ύδατος, του ισοζυγίου ενέργειας και παρακολούθησας της διακυμάνσας της υπόγειας στάθμης του νερού, ενώ έμμεσα με τη μέθοδο των Blaney-Criddle, σύμφωνα με τη σχέση: $\Delta E \Delta = K \cdot (8,13 + 0,46 \cdot t) \cdot P$, όπου $\Delta E \Delta$ η δυνατική εξατμισοδιαπνοή σε mm, K ο συντελεστής που εξαρτάται από το είδος του φυτού, t η μέση θερμοκρασία του θεωρηθέντος μηνός στους $^{\circ}C$ και P το ποσοστό διάρκειας ημέρας του θεωρηθέντος μηνός σε ετήσια βάση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ – ΣΗΜΑΝΤΙΚΑ ΕΡΓΑ

2.1. ΙΣΤΟΡΙΑ

Οι αρδεύσεις πρωτοεμφανίστηκαν την 6^η π.Χ. χιλιετία στη βόρεια και κεντρική Μεσοποταμία (Εικόνα 2.1.), όπου η ανάπτυξη των γεωργικών φυτών ήταν αδύνατη χωρίς την τεχνική προσθήκη νερού στο έδαφος, η οποία βασίστηκε στην παρατήρηση της καλής ανάπτυξης των φυτών σε εδάφη που περιοδικά κατακλύζονταν από νερά του Τίγρη, του Ευφράτη και των παραποτάμων τους.



Εικόνα 2.1. Μέθοδοι άρδευσης στην αρχαία Αίγυπτο.

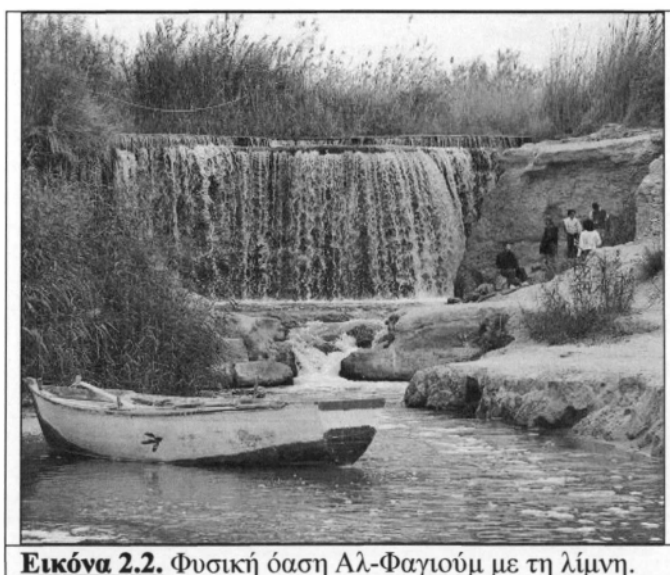
Από την άλλη μεριά, η μεγάλη καινοτομία της αιγυπτιακής γεωργίας στα τέλη της 6^{ης} π.Χ. χιλιετίας, ήταν η προσαρμογή της καλλιέργειας των γεωργικών φυτών στα πλημμυρικά χαρακτηριστικά του Νείλου. Οι πρώτοι Αιγύπτιοι γεωργοί δεν είχαν παρά να σκορπίσουν το σπόρο στα εδάφη των περιοχών που προηγουμένως είχαν κατακλύσει τα νερά του Νείλου. Στη συνέχεια η αύξηση των πληθυσμών των ανθρώπων και των οικόσιτων ζώων με μεγαλύτερες ανάγκες, δημιούργησε την ανάγκη ελέγχου των πλημμύρων του Νείλου και διανομής των νερών και των φερτών υλικών σε μεγαλύτερες εδαφικές επιφάνειες. Η διευθέτηση, η άρδευση και η στράγγιση των νέων γεωργικών εκτάσεων, μπορούσαν να

πραγματοποιηθούν μόνο με συλλογική προσπάθεια, με αποτέλεσμα την ένωση ολόκληρης της χώρας κάτω από μία κεντρική κυβέρνηση.

Τα έργα της κοιλάδας του Νείλου κατέχουν αναμφισβήτητα μία ξεχωριστή θέση, τόσο για την έκτασή τους, όσο και γιατί κατάφεραν να διατηρήσουν στην περιοχή μία παραγωγική γεωργία για τέσσερις χιλιετίες. Παραδοσιακά, τα πρώτα αρδευτικά έργα της περιοχής απέβλεπαν στον έλεγχο και στην κατανομή των πλημμυρικών νερών του Νείλου με τη διαμόρφωση λεκανών και τη διάνοιξη διωρύγων εκτροπής.

Οι λεκάνες κατάκλυσης διαμορφώθηκαν με ένα προστατευτικό ανάχωμα κατά μήκος της δυτικής όχθης και με κάθετα προς αυτό αναχώματα, που έφταναν μέχρι τις λοφώδεις παρυφές της ερήμου. Είχαν μία μέση επιφάνεια γύρω στις 35.000 στρέμματα και κατακλύζονταν με τα νερά που οδηγούσαν σε αυτές οι διώρυγες εκτροπής. Αργότερα, γύρω στο 2000 π.Χ. αποδόθηκε στη γεωργία και η ανατολική πλευρά του ποταμού, με την κατασκευή προστατευτικών αναχωμάτων και την διαμόρφωση λεκανών κατάκλυσης.

Συγχρόνως το βύθισμα της Φαγιούμ (Εικόνα 2.2.), δυτικά του ποταμού μετατράπηκε σε ρυθμιστική λίμνη έκτασης 200 Km², που δεχόταν το περίσσειμα των πλημμυρικών νερών και προστάτευε έτσι τη χαμηλή περιοχή του δέλτα. Με τη μορφή αυτή το αρδευτικό σύστημα της περιοχής κάλυψε 4.600.000 στρέμματα με 140 λεκάνες στη δυτική πλευρά και άλλα 1.000.000 με 71 λεκάνες στην ανατολική πλευρά.



Διατηρήθηκε μέχρι τα τέλη του 18^{ου} αιώνα, αλλά μετά την κατάληψη της χώρας από τους Άραβες, τον 7^ο αιώνα μ.Χ. η συντήρηση των έργων παραμελήθηκε και τελικά ένα μεγάλο μέρος τους εγκαταλείφθηκε. Κατά τον 19^ο αιώνα άρχισε η αναγέννηση της γεωργίας

της Αιγύπτου και η άρδευσή της άρχισε να βασίζεται σε σειρά φραγμάτων εκτροπής και αποθήκευσης των νερών του Νείλου, έτσι ώστε να είναι δυνατή η εφαρμογή της όλο το έτος.

Στη Μεσοποταμία οι δύο μεγάλοι ποταμοί, ο Τίγρης και ο Ευφράτης, ως χείμαρροι, φθάνουν στο μέγιστο οι πλημμυρικές τους παροχές κατά την άνοιξη, με το λιώσιμο των χιονιών. Η άφιξη όμως των νερών μέσα στην περίοδο ανάπτυξης των καλλιεργούμενων φυτών έκανε αδύνατη την εφαρμογή της άρδευσης με ένα σύστημα γενικευμένης κατάκλυσης, όπως εκείνο των Αιγυπτίων. Γι' αυτό οι αρχαίοι Μεσοποτάμιοι υποχρεώθηκαν να προστατεύσουν με αναχώματα τις καλλιέργειές τους από τα πλημμυρικά νερά, να ανοίξουν διώρυγες προσαγωγής αρδευτικού νερού και να εφαρμόσουν μία περιοδική και ελεγχόμενη προσθήκη νερού στους αγρούς τους, σε σχετικά μικρές ποσότητες.

Η τεχνική αυτή δεν περιλάμβανε στράγγιση όπως εκείνη της αρχαίας Αιγύπτου, ενώ η μεταφορά και η κατανομή του νερού στις αρδευόμενες περιοχές γινόταν με διώρυγες εκτροπής που τροφοδοτούσαν ένα δίκτυο διωρύγων δεύτερης και τρίτης τάξης. Στα αρδευτικά έργα της Μεσοποταμίας, όχι όπως της Αιγύπτου, το νερό ανυψωνόταν από τις διώρυγες με περιστρεφόμενους μοχλούς με κάδο, τα σαντούφ (από την 3^η π.Χ. χιλιετία με γενικευμένη χρήση) (Εικόνα 2.3.), για να οδηγηθεί στη συνέχεια στους αγρούς με αυλάκια.



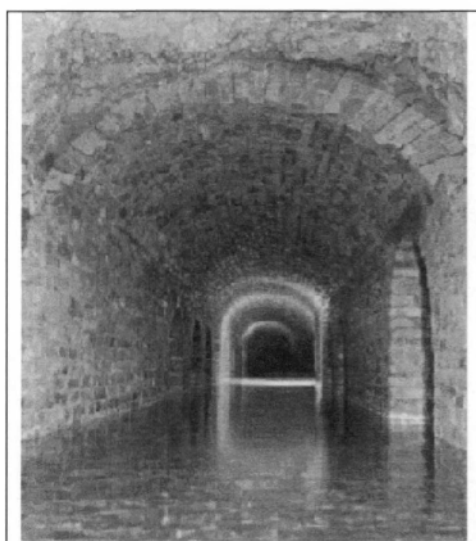
Εικόνα 2.3. Αρδευτικό σύστημα σαντούφ.

Μετά τους Σουμέριους, που κατά την 3^η π.Χ. χιλιετία ανέπτυξαν ένα εκτεταμένο δίκτυο διωρύγων στη Νότια Μεσοποταμία, αρδευτικές διώρυγες αναπτύχθηκαν και στην Κεντρική Μεσοποταμία από τις οποίες, μερικές ξεκινούσαν από τον Ευφράτη για να καταλήξουν στον Τίγρη. Πολλές από αυτές φαίνεται να ήταν κατασκευασμένες πάνω σε αναχώματα και η τροφοδότησή τους με νερό γινόταν με μικρά φράγματα. Από τις αρχές της

1^{ης} π.Χ. χιλιετίας, οι Ασσύριοι κατασκεύασαν μεγάλα αρδευτικά έργα στη Βόρεια Μεσοποταμία, και ιδίως στο σχηματιζόμενο τρίγωνο μεταξύ των ποταμών Τίγρη και Ζαμπ.

Επειτα, κατασκευάστηκε και η επενδυμένη διώρυγα, που ξεκινούσε από τον ποταμό Ζαμπ για να μεταφέρει αρδευτικό νερό για τους δεινόκομους της Νινευή (πρωτεύουσα της Ασσυρίας). Το μήκος της ήταν γύρω στα 80 km. Για να περάσει η διώρυγα επάνω από χαράδρα κοντά στο Γιερβάν, κατασκευάστηκε η παλαιότερη γέφυρα μήκους 280 m.

Ένα άλλο σημαντικό αρδευτικό έργο της αρχαιότητας, στο χώρο της Μέσης Ανατολής, είναι οι υδρομαστευτικές στοές (kanats) της Περσίας (Εικόνα 2.4.). Οι στοές αυτές ανοίγονταν μέσα στους πρόποδες βουνών και λόφων για να συγκεντρώνεται το νερό που έτρεχε υπόγεια στις πλαγιές τους. Το μήκος τους έφτανε έως τα 20 km και οδηγούσαν το συγκεντρωμένο νερό στις αρδευόμενες περιοχές. Γύρω στις 20.000 τέτοιες υδρομαστευτικές στοές λειτουργούν ακόμη και σήμερα στην Περσία. Στη Μέση Ανατολή κατασκευάστηκαν επίσης και τα πρώτα φράγματα αποθήκευσης. Το παλαιότερο από αυτά βρίσκεται στην Ανατολική Αιγυπτιακή έρημο, ενώ το φράγμα του Ορόντη, το οποίο σχημάτισε τη λίμνη Χομς στη Συρία, εξακολουθεί να τροφοδοτεί τις αρδευτικές διώρυγες της περιοχής.



Εικόνα 2.4. Υδρομαστευτική στοά.

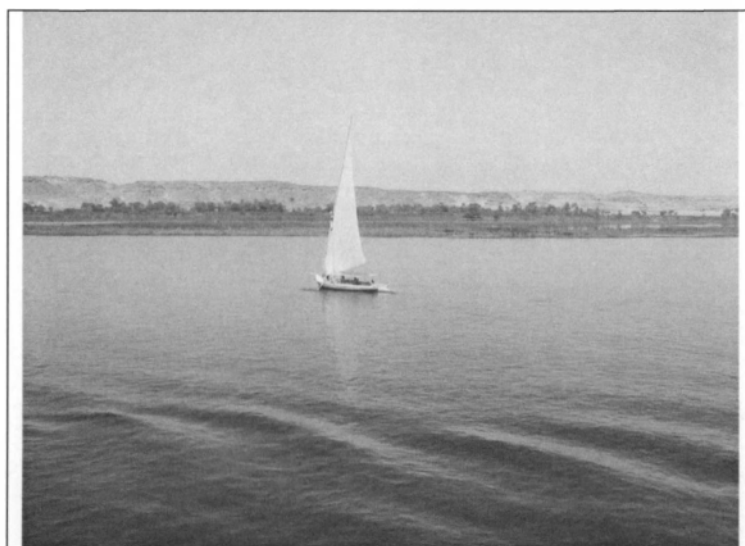
Στο χώρο της Νότιο-Ανατολικής Ασίας η τεχνική των αρδεύσεων διαδόθηκε τέλη της 4^{ης} π.Χ. χιλιετίας, συμβάλλοντας στην ανάπτυξη του πολιτισμού της κοιλάδας του Ινδού. Στην Κίνα οι αρδεύσεις είχαν αρχίσει να εφαρμόζονται από την 3^η π.Χ. χιλιετία. Ανάμεσα στα αρδευτικά έργα περιλαμβάνονται το φράγμα Tu-Kiang, που κατασκευάστηκε γύρω στο 200 μ.Χ. και συγκρατούσε νερό άρδευσης για 2.000.000 στρέμματα περίπου. Η προσπάθεια στον τομέα των αρδεύσεων στη χώρα αυτή κορυφώθηκε με την κατασκευή της Μεγάλης

Διώρυγας γύρω στο 700 μ.Χ. Το μήκος της είναι 1.100 km και εξυπηρετεί την άρδευση αλλά και την ναυσιπλοΐα.

Η επινόηση της τεχνικής των αρδεύσεων φαίνεται να έγινε ανεξάρτητα και λίγο καθυστερημένα στο Δυτικό Ημισφαίριο. Κατά τη διάρκεια όμως της 1^{ης} π.Χ. χιλιετίας, φαίνεται ότι οι αρδεύσεις εφαρμόζονταν τόσο στη Νότια όσο και στη Βόρεια Αμερική. Εκτεταμένα αρδευτικά έργα έχουν εντοπιστεί στο Περού, στο Μεξικό και στην Αριζόνα που φαίνεται να είχαν κατασκευαστεί προς το τέλος της 1^{ης} π.Χ. χιλιετίας.

2.2. Ο ΝΕΙΛΟΣ

Ο Νείλος είναι ο μεγαλύτερος ποταμός σε μήκος στην Αφρική (Εικόνα 2.5.), αλλά και σε όλο τον κόσμο. Πηγάζει νότια του Ισημερινού και ρέοντας προς Βορρά δια μέσου της βορειοανατολικής Αφρικής, εκβάλλει στη Μεσόγειο Θάλασσα. Έχει μήκος 6.648 km και η λεκάνη του ποταμού καταλαμβάνει το 1/10 περίπου της εκτάσεως της Αφρικανικής Ηπείρου. Η λεκάνη του καταλαμβάνει τμήματα της Τανζανίας, του Μπουρούντι, της Ρουάντα, του Ζαΐρ, της Κένυα, της Ουγκάντα, της Αιθιοπίας, το μεγαλύτερο τμήμα του Σουδάν και το καλλιεργούμενο τμήμα της Αιγύπτου (Εικόνα 2.6.).



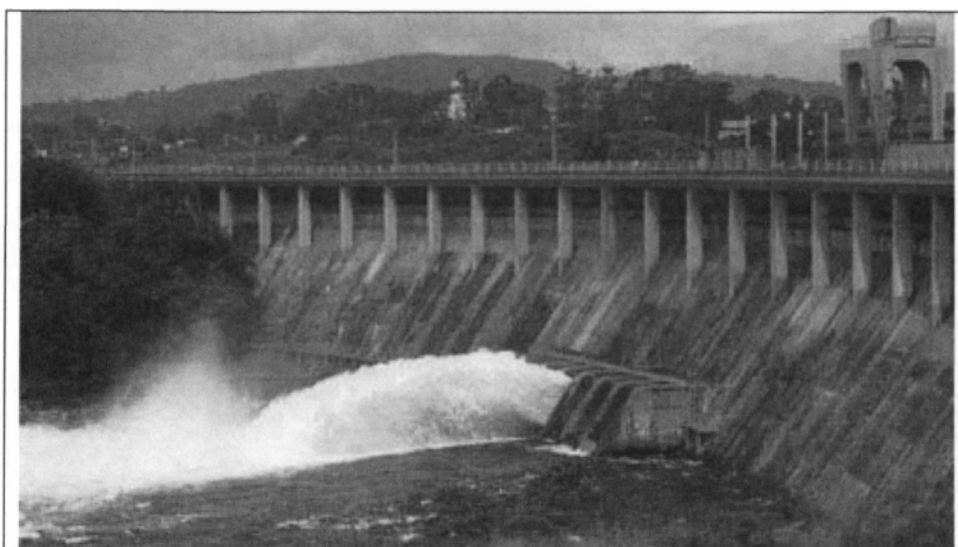
Εικόνα 2.5. Ο Νείλος ποταμός.

Οι αρχαίοι Αιγύπτιοι λάτρευαν το Νείλο και τον θεωρούσαν σαν θεόσταλτο αγαθό.

Ο Νείλος σχηματίζεται από 3 κύρια υδάτινα ρεύματα, τον Κυανό Νείλο και τον Ατμπάρα, που ρέουν από τα υψίπεδα της Αιθιοπίας και τον Λευκό Νείλο, ο οποίος πηγάζει από τις λίμνες Βικτώρια, Ταγκανίκα και Αλβέρτου. Το πλέον απομακρυσμένο αρχικό ρεύμα,



Εικόνα 2.7. Τεχνητή λίμνη Νάσερ.

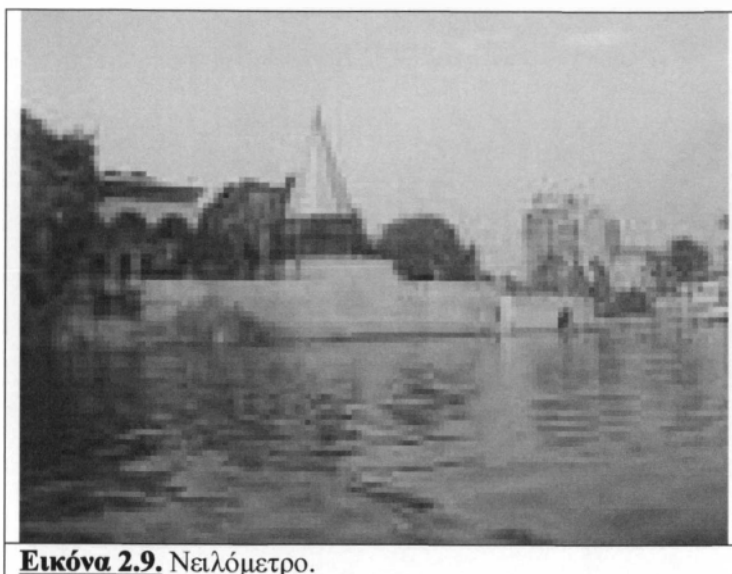


Εικόνα 2.8. Φράγμα του Ασσουάν.

Το γεγονός ότι ο Νείλος σε αντίθεση με άλλους μεγάλους γνωστούς ποταμούς ρέει από το νότο προς το βορρά, υπήρξε ένα άλυτο μυστήριο τόσο για τους αρχαίους Αιγυπτίους όσο και για τους αρχαίους Έλληνες. Οι αρχαίοι Αιγύπτιοι ονόμαζαν τον Νείλο «Μαύρο» από το χρώμα των μεταφερόμενων από αυτόν ιζημάτων κατά τις πλημμύρες. Η ιλύς του Νείλου είναι αρκετά σκουρόχρωμη και η χέρσα περιοχή της κοιλάδας του Νείλου είναι μαύρη.

Όσον αφορά στη στάθμη του Νείλου, η μέτρηση και καταγραφή αυτής στην αρχαία Αίγυπτο, γινόταν με τη βοήθεια των νειλόμετρων, που διατηρούνται μέχρι τις μέρες μας.

Το νειλόμετρο ήταν ένα φρεάτιο (Εικόνα 2.9.), το οποίο συγκοινωνούσε υπογείως με τον ποταμό Νείλο και χρησίμευε για τον έλεγχο της στάθμης.



Εικόνα 2.9. Νειλόμετρο.

Η εσωτερική επιφάνεια του νειλομέτρου ήταν βαθμονομημένη μέχρι ύψους 10 m και η εκάστοτε μετρούμενη στάθμη αποτελούσε τη βάση υπολογισμού της φορολογίας του αγροτικού εισοδήματος. Το παλαιότερο νειλόμετρο ήταν του Χελουάν, κοντά στο σημερινό Κάιρο, στο κέντρο του Δέλτα. Το νειλόμετρο που διατηρείται ακόμη και σήμερα βρίσκεται στη νήσο Ελεφαντίνη και λέγεται νειλόμετρο του Ασσουάν.

Στις μέρες μας όμως, το υδρολογικό καθεστώς του Νείλου είναι τόσο γνωστό, όσο κανενός άλλου μεγάλου ποταμού. Έτσι η παροχή του κυρίου ρεύματος, καθώς και των παραποτάμων του, μετριέται σε τακτά χρονικά διαστήματα σε όλα τα σημεία που παρουσιάζουν ενδιαφέρον για άρδευση.

Ο Νείλος φουσκώνει το καλοκαίρι και η ανύψωση της στάθμης του είναι αποτέλεσμα των έντονων τροπικών βροχοπτώσεων στη Λεκάνη του Άνω Νείλου, στην Αιθιοπία, αλλά και στο Οροπέδιο της Ανατολικής Αφρικής. Στο νότιο Σουδάν η υπερχειλίση γίνεται τον Απρίλιο, αλλά ουσιαστικά δε γίνεται αισθητή στο Ασσουάν παρά μόνο τον Ιούλιο. Η στάθμη του νερού ανεβαίνει σταδιακά μέχρι τον Αύγουστο και τον Σεπτέμβριο. Στο Κάιρο η ανύψωση της στάθμης παρατηρείται αργότερα, κατά τον Οκτώβριο.

Η στάθμη του ποταμού πέφτει απότομα κατά τον Νοέμβριο και Δεκέμβριο και ακόμη ταχύτερα τους επόμενους μήνες. Μεταξύ Μαρτίου και Μαΐου, η ποτάμια στάθμη βρίσκεται στο χαμηλότερο σημείο της. Παρότι η υπερχειλίση του Νείλου είναι αρκετά κανονικό φαινόμενο, ποικίλλει περιστασιακά σε όγκο και χρόνο εκδήλωσης.

2.3. ΑΡΔΕΥΤΙΚΑ ΕΡΓΑ. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ - ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ

Η πρώτη χρήση του Νείλου για άρδευση στην Αίγυπτο, άρχισε όταν σπόροι σπάρθηκαν στην ιλύ μετά την υποχώρηση της ετήσιας πλημμύρας. Με το πέρασμα του χρόνου οι πρακτικές αυτές τελειοποιήθηκαν ως την εμφάνιση μίας παραδοσιακής μεθόδου, η οποία στηρίχτηκε στη δημιουργία λεκανών αρδεύσεως. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται μέχρι σήμερα στην άνω Αίγυπτο, όπου οι λεκάνες έπρεπε να έχουν επίπεδη επιφάνεια και όσο το δυνατόν πιο οριζόντια. Τα γεμάτα λάσπη νερά της πλημμύρας παροχετεύονταν προς τις λεκάνες, οι οποίες μετά την απομάκρυνση του νερού ήταν έτοιμες να καλλιεργηθούν. Η σπορά στη λάσπη γινόταν μόνο όταν η στάθμη των νερών του Νείλου χαμήλωνε αρκετά, και αυτό για να μην υπάρχει η πιθανότητα νέας πλημμύρας. Το μειονέκτημα αυτής της μεθόδου ήταν ότι επέτρεπε μία μόνο συγκομιδή ανά έτος.

Λόγω των παραπάνω περιορισμών της μεθόδου των λεκανών άρδευσης, άρχισε να επεκτείνεται η μόνιμη άρδευση, η οποία ελέγχει τη ροή των νερών, έτσι ώστε αυτά να διοχετεύονται στον αγρό σε τακτά χρονικά διαστήματα καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου.

Η μόνιμη άρδευση, πραγματοποιήθηκε με την κατασκευή κάποιων φραγμάτων (Εικόνα 2.10.) και έργων αρδεύσεως πριν από τα τέλη του 19^{ου} αιώνα.



Εικόνα 2.10. Αρχαίο φράγμα στον ποταμό Ορόντες.

Ο έλεγχος της πλημμύρας του ποταμού με την κατασκευή φραγμάτων (Εικόνα 2.11.), έδωσε τη δυνατότητα της οργανώσεως ενός συστήματος συνεχούς αρδεύσεως, από διώρυγες με σταθερή στάθμη νερού. Η διανομή του νερού στους αγρούς γίνεται πάντα με διώρυγες, των οποίων η τροφοδοσία είναι συνεχής, εξαιτίας του γενικού ελέγχου του νερού.



Εικόνα 2.11. Σύγχρονο φράγμα (υδροφράκτης) Έσσα του Νείλου.

Δύο τύποι φραγμάτων επιτρέπουν αυτό τον έλεγχο. Τα φράγματα ανυψώσεως και τα φράγματα συγκρατήσεως των νερών. Ο προορισμός των φραγμάτων ανυψώσεως, είναι η διατήρηση μίας στάθμης νερού σε αρκετό ύψος, στην αφετηρία των αρδευτικών διωρύγων. Όσον αφορά στα φράγματα συγκρατήσεως, δημιουργήθηκαν για τον έλεγχο των πλημμύρων, οι οποίες δημιουργούνται κατά τη διάρκεια του θέρους και οφείλονται στις καταρρακτώδεις βροχές στα υψίπεδα της Αιθιοπίας.

2.3.1. Αιτίες σχεδιασμού νέων αρδευτικών έργων

Σήμερα στην Αίγυπτο η άρδευση είναι ελεγχόμενη. Το 95% της καλλιεργήσιμης γης αρδεύεται από τα νερά του Νείλου, ενώ το υπόλοιπο 5% αρδεύεται από υπόγεια νερά.

Η συνολική καλλιεργήσιμη γη, είναι περίπου 32.000.000 στρέμματα, δηλαδή το 4% της συνολικής έκτασης της Αιγύπτου και βρίσκεται κατά μήκος της κοιλάδας του Νείλου, όπου ζει ο Αιγυπτιακός λαός, ενώ η έρημος καλύπτει το 96%.

Τις τελευταίες δεκαετίες όμως, η πληθυσμιακή πυκνότητα στην κοιλάδα του Νείλου, έχει φτάσει σε μέγιστα επίπεδα, με αποτέλεσμα την μείωση του κατά κεφαλήν μεριδίου καλλιεργήσιμης γης που αντιστοιχεί σε κάθε άτομο.

Συνεπώς, η Αίγυπτος πρέπει να απαγκιστρωθεί από την παλαιά κοιλάδα του Νείλου και να επεκταθεί σε μία νέα, αφού η παλαιά δεν επιτρέπει άλλες παραγωγικές επεκτάσεις.

Οι πόλεις και η καλλιεργήσιμη γη που βρίσκονται κατά μήκος της κοιλάδας του Νείλου, αδυνατούν να απορροφήσουν άλλες βιομηχανικές δραστηριότητες, αλλά και την αναμενόμενη αύξηση του πληθυσμού. Γι' αυτό κρίνεται απαραίτητη η δημιουργία αγροτικών

επεκτάσεων τόσο δυτικά του Νείλου προς τη δυτική έρημο, όσο και ανατολικά αυτού προς το Σινά. Απαραίτητη προϋπόθεση γι' αυτές τις επεκτάσεις είναι αναμφισβήτητα το νερό.

2.3.2. Το Μεγάλο Φράγμα του Ασσουάν

Το Μεγάλο Φράγμα του Ασσουάν (Εικόνα 2.8.) είναι ένα φράγμα συγκρατήσεως και ένα από τα μεγαλύτερα φράγματα του κόσμου, αφού μπορεί να συγκρατήσει $42.500.000 \text{ m}^3$ διαφόρων δομικών υλών, γνωστό ως πυραμίδα του 20^{ου} αιώνα.

Τα νερά του Μεγάλου Φράγματος αρδεύουν 5.000.000 στρέμματα, που αξιοποιήθηκαν και έγιναν καλλιεργήσιμα στην περιοχή της ερήμου μεταξύ Μίνια και Σοχάγκ, και εδάφη ίσης έκτασης στην περιοχή του Φαγιούμ.

Η έκταση της καλλιεργήσιμης γης, που ήταν 24.200.000 στρέμματα το 1960, αυξήθηκε χάρη στο φράγμα σε 35.000.000 στρέμματα.

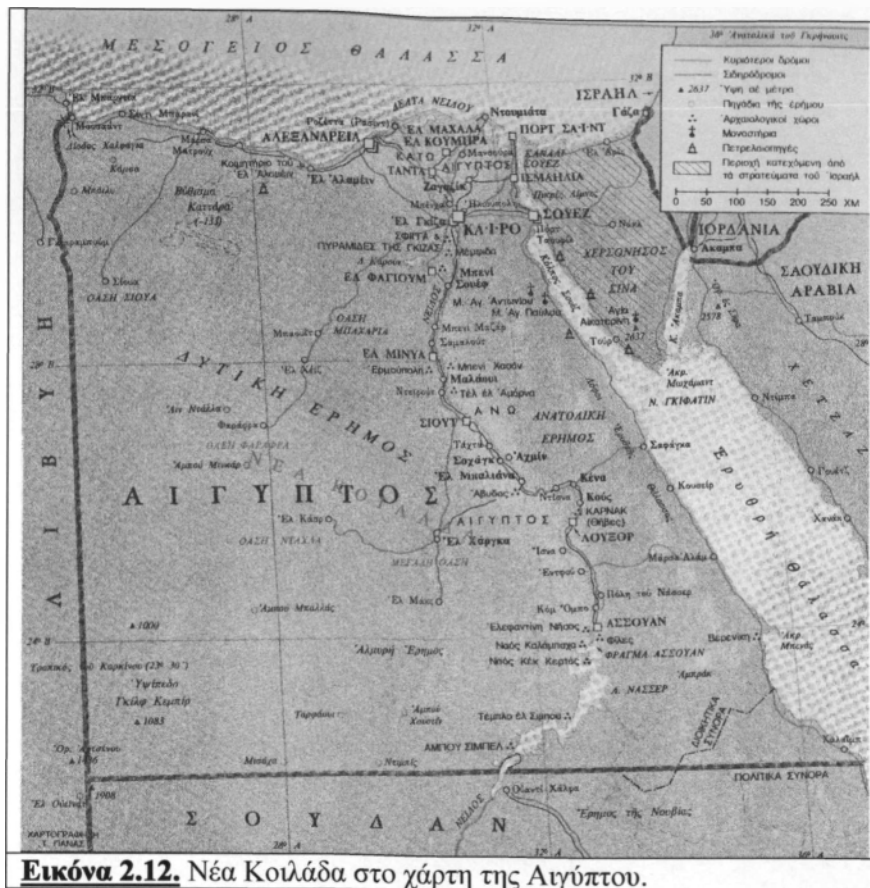
Οι τεράστιες δυνατότητες άρδευσης και παραγωγής ενέργειας από την κατασκευή του φράγματος συνοδεύτηκαν από την ανάγκη πολλών ανθρώπων να εγκαταλείψουν τα χωριά τους, τα οποία καλύφθηκαν κάτω από τα νερά της Λίμνης Νάσσερ. Δηλαδή, είναι δύσκολο να προβλεφθούν οι κλιματολογικές μεταβολές που θα προκύψουν από τη δημιουργία μιας λίμνης, μήκους 200 km και πλάτους ακόμη περισσότερων. Είναι πιθανό η συγκράτηση της ιλύος από το Φράγμα αυτό, να στερεί τα αρδευτικά νερά από ένα μεγάλο ποσοστό της λιπαντικής ικανότητάς τους. Διάφορα φράγματα στο Νείλο έχουν προκαλέσει σοβαρές μεταβολές στην κατανομή της υδροβίας πανίδας. Το Μεγάλο Φράγμα εξαφάνισε τα ψάρια του ποταμού, ενώ χρειάστηκε η ιχθυοκαλλιέργεια για να ξαναγεμίσει ο Νείλος με ψάρια.

2.3.3. Η Νέα Κοιλιάδα

Το 1958, όλες εκείνες οι περιοχές της επαρχίας της δυτικής ερήμου, μετονομάστηκαν σε επαρχία της Νέας Κοιλιάδας. Η περιοχή της Νέας Κοιλιάδας βρίσκεται στο νοτιοδυτικό τμήμα της Αιγύπτου, εκτείνεται κατά μήκος της κοιλάδας του Νείλου στην δυτική έρημο και έχει επιφάνεια 376.000 Km^2 , που αποτελεί το 37,6% της εκτάσεως της Αιγύπτου.

Οι κύριες περιοχές της Νέας Κοιλιάδας είναι η οάση Αλ-Χάργκα, η οποία αποτελεί την πρωτεύουσα της περιοχής, η οάση Αλ-Ντάχλα και η οάση Αλ-Φαράφρα (Εικόνα 2.12.). Τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά αυτών είναι τα ασβεστολιθικά πετρώματα, οι αμμόλοφοι, οι οάσεις με τα πλούσια υπόγεια νερά, η καλλιεργήσιμη γη και τα βυθίσματα της ερήμου. Η

επαρχία της Νέας Κοιλιάδας, αν και είναι η μεγαλύτερη σε έκταση κοιλάδα της Αιγύπτου, έχει μόνο 150.000 κατοίκους και την μικρότερη πληθυσμιακή πυκνότητα.



Η περιοχή της Νέας Κοιλιάδας, άρχισε να προσελκύει την προσοχή των μελετητών από τα μέσα του 1950 και οι πρώτες μελέτες άρχισαν να δημοσιεύονται για να επεκταθεί προς την έρημο. Το 1963 έγινε έρευνα, όπου η καλλιέργεια κάποιων σημείων της ερήμου ήταν εφικτή, εφόσον θα εξασφαλιζόταν η παροχέτευση νερού, η οποία για να επιτευχθεί, έγιναν διάφορες μελέτες και προτάθηκαν πολλές εναλλακτικές πορείες για μια μελλοντική διώρυγα μεταφοράς του πολυπόθητου νερού του Νείλου στην έρημο.

2.3.4. Σχεδιασμός αρχικών εναλλακτικών δικτύων

Σε πολλές μελέτες και ιδιαίτερος σε εκείνες που έγιναν μετά την κατασκευή του Μεγάλου Φράγματος του Ασσουάν, προτάθηκαν 2 επιλογές για την παροχέτευση νερού από τον Νείλο, στην περιοχή της Νέας Κοιλιάδας:

- 1^η) πίσω από το Μεγάλο Φράγμα (Ασσουάν) ή
- 2^η) μπροστά από το Μεγάλο Φράγμα, δηλαδή από τη λίμνη Νάσσερ.

Η 1^η επιλογή εγκαταλείφθηκε, είτε για το υψηλό κόστος άντλησης νερού από την πόλη Ασιούτ στην όαση Αλ-Χάργκα, είτε για την τεράστια δαπάνη της πορείας από την πόλη Κέννα στην όαση Αλ-Χάργκα, είτε για την παρεμπόδιση της πορείας από την πόλη Έσνα στην όαση Αλ-Χάργκα λόγω οροσειρών και αμμολόφων με απαίτηση εργασιών υψηλού κόστους για να υπερβληθούν, είτε λόγω του μεγάλου μήκους της πορείας από το Ασσουάν στην πόλη Μπάρις, νότια της όασης Αλ-Χάργκα.

Όσον αφορά στη 2^η επιλογή, υπήρχαν σκέψεις, η κύρια διώρυγα για την μεταφορά νερού στην Νέα Κοιλιάδα, να είναι η διώρυγα εκχειλίσεως Τόσκα, η οποία είχε κατασκευαστεί το 1978 για την μεταφορά νερού από την λίμνη Νάσσερ προς το Βύθισμα Τόσκα, όταν το νερό υπερέβαινε τα 178 m, ώστε να προστατεύεται το σώμα του φράγματος. Παρόλο που το σχέδιο αυτό εγκαταλείφθηκε, παρουσίαζε δυο σημαντικά πλεονεκτήματα. Αυτά ήταν ότι το επίπεδο του νερού μπροστά από το φράγμα, μειώνει την ενέργεια ανύψωσής του και ότι η φυσική κλίση της γης προς βορρά, μειώνει την απαιτούμενη ενέργεια για να μεταφερθεί το νερό στις καλλιεργούμενες περιοχές.

Έτσι λοιπόν, μετά από συνεχείς μελέτες, αποφασίστηκε να γίνει εκτροπή του Νείλου μπροστά από το Φράγμα του Ασσουάν και σε απόσταση 200 Km νότια του φράγματος, οδηγώντας τα νερά του ποταμού στη Νέα Κοιλιάδα (Αναπτυξιακό Σχέδιο Νοτίου Κοιλιάδας).

2.3.5. Το Σχέδιο Τόσκα

Το σχέδιο Τόσκα (Εικόνα 2.13.) θεωρείται ένα από τα πιο φιλόδοξα αρδευτικά έργα παγκοσμίως ως η πυραμίδα του 21^{ου} αιώνα για την Αίγυπτο και έχει προσελκύσει την προσοχή όλων όσων ασχολούνται με τις αρδεύσεις. Έχει σαν σκοπό την μεταφορά 5.500.000.000 m³/χρόνο από τη λίμνη Νάσσερ στη Νέα Κοιλιάδα, μέσω μιας διώρυγας.

Η 1^η φάση της διώρυγας ξεκινά από τη λίμνη Νάσσερ και οδεύει βορειοδυτικά μέχρι το βύθισμα Τόσκα (Εικόνα 2.14.). Η κύρια διώρυγα θα έχει μήκος 70 Km και 4 κλάδους:

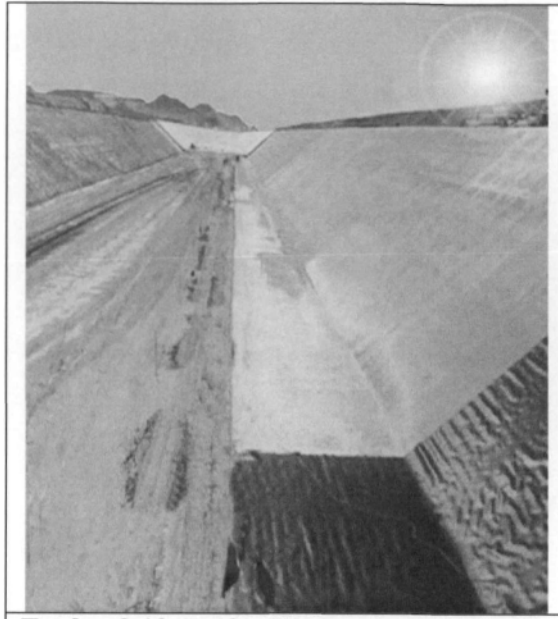
1^{ης}) αρχίζει από 30^η km της διώρυγας, μήκους 57 Km και αρδεύει 580.000 στρέμματα,

2^{ης}) αρχίζει από 52^η km της διώρυγας, μήκους 60 Km και αρδεύει 560.000 στρέμματα,

3^{ης}) αρχίζει από 70^η km της διώρυγας, μήκους 22 Km και αρδεύει 400.000 στρέμματα,

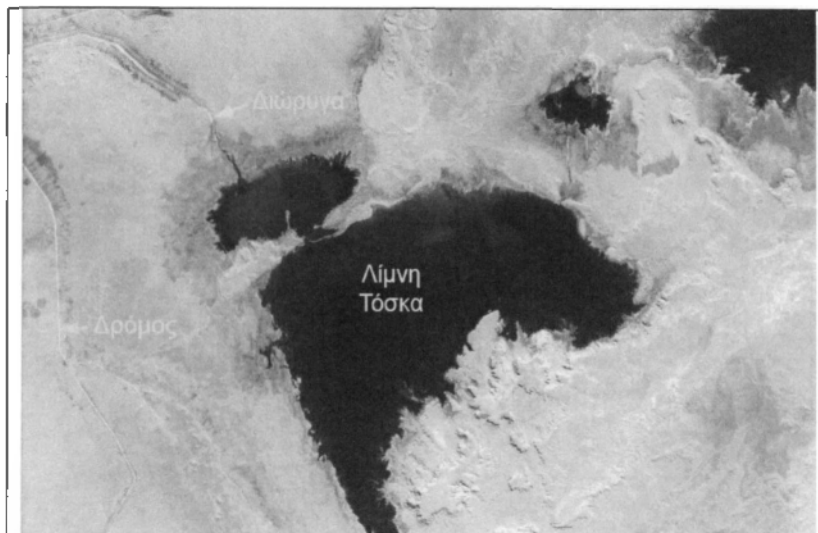
4^{ης}) αρχίζει από 70^η km της διώρυγας, μήκους 60 Km και αρδεύει 620.000 στρέμματα,

Στην 2^η φάση, η κύρια διώρυγα θα έχει πορεία προς το βορρά, κατά μήκος του Νταρμπ Ελ-Αρμπαϊν μέχρι να καταλήξει στην όαση Μπάρις, διανύοντας 310 Km.



Εικόνα 2.13. Σχέδιο Τόσκα μέσω διώρυγας.

Στην 3^η φάση μεταφέρεται νερό στις οάσεις Αλ-Χάργκα, Αλ-Ντάχλα, Αλ-Φαράφρα και Αλ-Μπαχαρία, ενώ όταν ολοκληρωθεί, το συνολικό μήκος της διώρυγας θα 'ναι 850 Km.



Εικόνα 2.14. Βύθισμα (Λίμνη) Τόσκα και διώρυγα αυτής.

2.3.6. Το αντλιοστάσιο

Η εκτροπή του Νείλου στην Νέα Κοιλάδα θα πραγματοποιηθεί μέσω ενός αντλιοστασίου (το μεγαλύτερο στον κόσμο), που κατασκευάζεται από το 1997.

Η ανάγκη για να δημιουργηθεί φανερώθηκε όταν το επίπεδο του αποθηκευμένου νερού στη λίμνη Νάσσερ βρισκόταν πάνω από το επίπεδο της θάλασσας.

Το αντλιοστάσιο θα αναρροφά το νερό από τη λίμνη Νάσσερ, δια μέσου 6 υπόγειων σπράγγων, μήκους 1,5 Km η κάθε μια, αφού το επίπεδο της λίμνης Νάσσερ δεν είναι ποτέ σταθερό, αλλά εξαρτάται από την ένταση βροχών στα υψίπεδα της Αιθιοπίας.

Θα έχει 30 αντλίες, ισχύος 375 Mwatt και παροχής 300 m³/sec, όπως και θα αναρροφά και θα εναποθέτει στην κύρια διώρυγα 25.000.000 m³/ημέρα. Το νερό, θα οδηγείται στην κύρια διώρυγα δια μέσου αγωγών.

Η τοποθεσία του αντλιοστασίου βασίστηκε σε πολλές υδρογραφικές μελέτες, που πραγματοποιήθηκαν στη λίμνη Νάσσερ, για να επιλεγεί η πιο κατάλληλη θέση άντλησης του νερού. Ενώ έγιναν άλλες μελέτες για ενδεχόμενες απώλειες νερού από τις σπράγγες, καθώς και για τη λειτουργία του αντλιοστασίου στα διάφορα επίπεδα της λίμνης Νάσσερ, πριν και μετά την ετήσια πλημμύρα.

2.3.7. Η κύρια προσαγωγός διώρυγα

Η κύρια προσαγωγός διώρυγα ή διώρυγα της Νέα Κοιλάδας ή του Σεχ-Ζάιεντ θα είναι επενδυμένη από σκυρόδεμα, τραπεζοειδούς διατομής, συνολικού μήκους 310 Km, πλάτους πυθμένα 30 m, πλάτους επιφάνειας 58 m και βάθους 6 m.

Από σημαντικές γεωτεχνικές μελέτες καθορίστηκαν οι τύποι και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά βράχων και αμμόλοφων, που υπάρχουν στην πορεία της διώρυγας, όπως και τα γεωλογικά ρήγματα για τους σεισμούς, καθώς και ενδεχόμενες καταρρεύσεις. Όλα αυτά μελετήθηκαν αφού συντάχθηκαν γεωλογικοί χάρτες βάση φωτογραφιών από δορυφόρο, σε μια περιοχή κάλυψης 600.000 Km².

Γεωλογικές μελέτες καθόρισαν τη σύσταση, την ηλικία και το βάθος πετρωμάτων, καθώς και τις μηχανικές, γεωφυσικές, γεωχημικές ιδιότητες εδάφους και πετρωμάτων.

Γεωτρήσεις σε βάθος 300 m έγιναν σε όλο το μήκος της διώρυγας και στο σημείο του αντλιοστασίου, για να γίνουν οι απαραίτητες εδαφομηχανικές μελέτες του σχεδίου. Ένα πλήρως εξοπλισμένο εργαστήριο στο Άμπου-Σίμπελ διασφάλισε το συνεχή έλεγχο του εδάφους και των ιδιοτήτων των υλικών, που θα χρησιμοποιηθούν για κατασκευή του έργου.

2.3.8. Αναπτυξιακό σχέδιο Ανατολικού Οουενάτ

Το αναπτυξιακό σχέδιο του Οουενάτ, που συμπεριλαμβάνεται στο σχέδιο της Νέας Κοιλάδας, εκμεταλλεύεται τα νερά του Νείλου και αξιοποιεί τα πλούσια υπόγεια νερά του.

Το Ανατολικό Οουενάτ βρίσκεται στα νοτιοδυτικά της Αιγύπτου, στη δυτική έρημο (Εικόνα 2.15.), καλύπτοντας 2.000.000 στρέμματα.



Εικόνα 2.15. Η έρημος καθώς φαίνεται από τους λόφους του Οουενάτ.

Το σχέδιο καλύπτει τα 880.000 στρέμματα, που αναγνωρίστηκαν ως καλλιεργήσιμα, μετά από δοκιμές που έγιναν στο έδαφος της περιοχής (Εικόνα 2.16.).

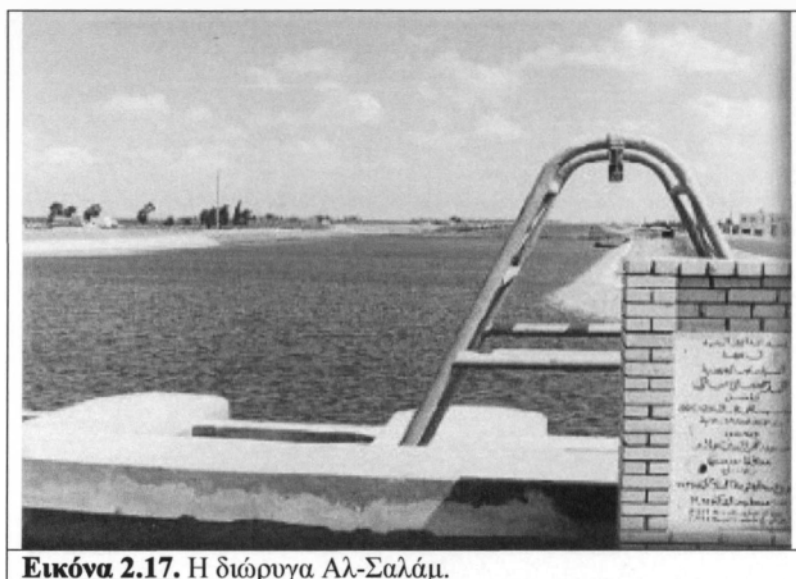


Εικόνα 2.16. Καραβάνι στο Οουενάτ, το οποίο αλλάζει από ξηρή, άγονη έρημος σε μια καλυπτόμενη έκταση από χλόη.

Όσον αφορά στο υπόγειο νερό, αυτό είχε μέτρια αλατότητα και ήταν κατάλληλο για άρδευση. Για να μπορέσει να εκμεταλλευτεί το υπόγειο νερό, ανοίχτηκαν γεωτρήσεις και έτσι εφαρμόστηκε άρδευση με τεχνητή βροχή και στάγδην.

2.3.9. Αναπτυξιακό σχέδιο Βορείου Σινά

Μεγάλο αρδευτικό έργο, είναι και αυτό του Βορείου Σινά. Πρόκειται για ένα σχέδιο που θα εκμεταλλευτεί νερά από τον Νείλο και προερχόμενα νερά από στραγγίσεις. Το νερό αυτό θα μεταφέρεται μέσω της διώρυγας Αλ-Σαλάμ (Εικόνα 2.17.), στο Σινά.



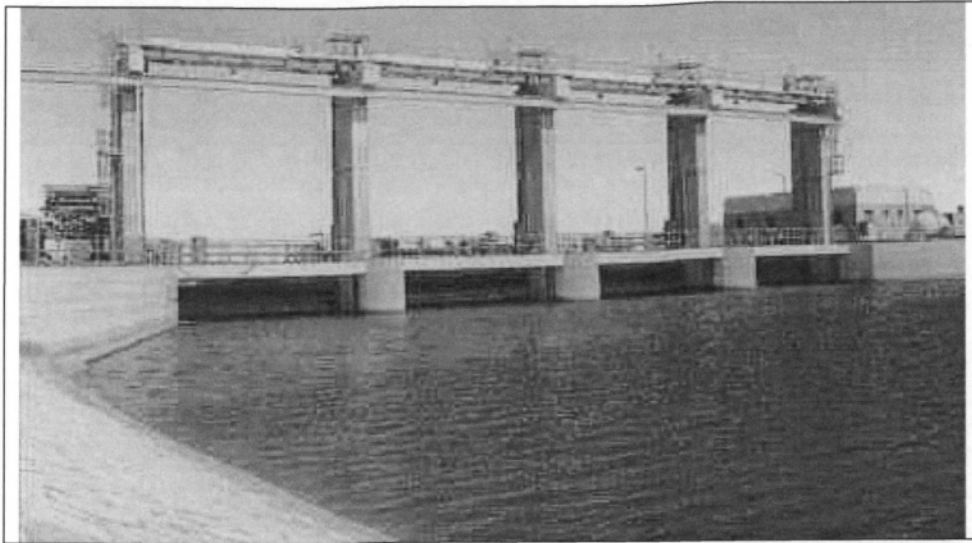
Η πορεία της διώρυγας Αλ-Σαλάμ, αρχίζει από μια είσοδο στην διακλάδωση Νταμμιέτα του Νείλου και μετά από 18 Km, διασταυρώνεται με την στραγγιστική τάφρο Σεργ. Σ' αυτό το σημείο τα νερά που ρέουν μέσω της διώρυγας, αναμιγνύονται με τα νερά που προέρχονται από τις στραγγίσεις στην κοιλάδα του Νείλου. Έπειτα, συνεχίζει την πορεία της νοτιοανατολικά και στο 51^ο Km συναντά την στραγγιστική τάφρο Μπαρχ-Χάντους, όπου γίνεται μια δεύτερη ανάμιξη. Από το σημείο αυτό η διώρυγα συνεχίζει την πορεία της, δια μέσου της λίμνης Μανζάλα και λίγο πριν την διώρυγα Σουέζ, διασταυρώνεται με την στραγγιστική τάφρο Αλ-Μπακάρ.

Σε αυτό το σημείο κρίθηκε σκόπιμη η κατασκευή μιας υπόγειας σήραγγας, για να υπερβεί η διώρυγα το εμπόδιο της τάφρου. Ύστερα συνεχίζεται η πορεία της και διανύοντας μια απόσταση 82 Km, φτάνει στην διώρυγα Σουέζ (Εικόνα 2.18.), η οποία αποτελεί άλλο ένα εμπόδιο. Αυτό αντιμετωπίζεται με την κατασκευή ενός σιφωνίου (Εικόνα 2.19.).

Το σιφώνιο αποτελείται από 4 σήραγγες από οπλισμένο σκυρόδεμα, μήκους 750 m και εσωτερικής διαμέτρου 5,1 m, ενώ θα βρίσκεται 45 m κάτω από την διώρυγα του Σουέζ.



Εικόνα 2.18. Η διώρυγα του Σουέζ.



Εικόνα 2.19. Το σιφώνιο του Αναπτυξιακού σχεδίου Βορείου Σινά.

Στην συνέχεια της πορεία της η διώρυγα προς το βόρειο Σινά (Εικόνα 2.20.), διασχίζει πέντε περιοχές. Την πεδιάδα Τίνα, την νοτιοανατολική Καντάρα, την περιοχή Ράμπαα, την περιοχή Μπερ Αλ-Αμπντ και τέλος την περιοχή Αλ-Σιρ.



Εικόνα 2.20. Ανάπτυξη φυτών που επικρατούν στο Σινά από τη διώρυγα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΟΥ

ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΟΝ ΑΓΡΟ

3.1. ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΑΡΔΕΥΣΗ

Με τη μέθοδο αυτή το αρδευτικό νερό εφαρμόζεται στον αγρό μ' ένα σύστημα ανοικτών αγωγών διαφόρων μορφών. Το νερό κινείται στους αγωγούς υπό την επίδραση της βαρύτητας. Η μεταφορά του αρδευτικού νερού μέχρι την **κεφαλή** του αγρού, δηλαδή μέχρι το σημείο που εξασφαλίζει την καλύτερη διανομή του νερού, γίνεται επίσης με ανοικτούς αγωγούς, αλλά αυτό δεν αποκλείει και τη δυνατότητα χρησιμοποίησεως και κλειστών αγωγών, αν ειδικές συνθήκες το απαιτούν. Οι ανοικτοί αγωγοί μεταφοράς του αρδευτικού νερού είναι γνωστοί με το όνομα **διώρυγες** (Εικόνα 3.1.). Οι διώρυγες ανάλογα με τη σημασία τους σ' ένα αρδευτικό δίκτυο, στην πιο πλήρη μορφή του, χαρακτηρίζονται ως **τριτεύουσες, δευτερεύουσες και πρωτεύουσες**, ενώ η διώρυγα από την οποία τροφοδοτούνται οι πρωτεύουσες λέγεται **κύρια προσαγωγός διώρυγα**.



Εικόνα 3.1. Διώρυγα μεταφοράς αρδευτικού νερού.

Οι τριτεύουσες αρδευτικές διώρυγες τροφοδοτούν με νερό με ελεύθερη ροή τα αυλάκια και τις λωρίδες μεταξύ παραλλήλων αναχωμάτων, όπου το νερό διηθείται κατά τη διαδρομή του ή τις λεκάνες, όπου το νερό κατακλύζει την επιφάνειά τους και σιγά - σιγά

διηθείται μέσα στο έδαφος. Ενώ, το αρδευτικό νερό με κατάκλυση (λεκάνες) παραμένει σε ηρεμία στην επιφάνεια του εδάφους και εισχωρεί σιγά-σιγά μέσα στο έδαφος.

Εκτός από τους παραπάνω τρόπους επιφανειακής αρδύσεως τους οποίους θα αναπτύξουμε λεπτομερώς γιατί είναι οι βασικότεροι, υπάρχουν και άλλοι που διαφέρουν από αυτούς ή αποτελούν απλές παραλλαγές τους.

Για να εφαρμοστεί η επιφανειακή άρδευση θα πρέπει να έχουμε μεγάλη παροχή νερού, το έδαφος να μην είναι πολύ υδατοπερατό και να μην έχει απότομες κλίσεις.

Γενικά όμως, η επιφανειακή άρδευση σιγά-σιγά περιορίζεται με παράλληλη αύξηση των άλλων μεθόδων αρδύσεως για 2 λόγους:

- α. Απ' τον μικρό βαθμό αποδόσεως κατά την εφαρμογή (50-70%).
- β. Απ' την κατάσταση του εδάφους από απόψεως ισοπεδώσεως και μηχανικής συστάσεως.

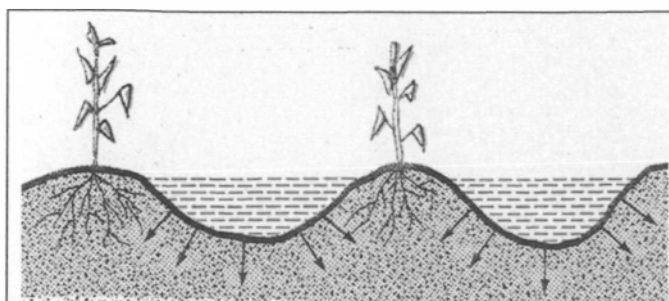
3.1.1. Επιφανειακή άρδευση με αυλάκια

Με τη μέθοδο αυτή το αρδευτικό νερό σε μικρές κατά κανόνα παροχές, ρέει μέσα σε αυλάκια που κατασκευάζονται μεταξύ των γραμμών των καλλιεργούμενων φυτών (Εικόνα 3.2.). Τα αρδευτικά αυλάκια μπορούν να κατασκευασθούν ακολουθώντας την κλίση του εδάφους ή τις ισοϋψείς του εδάφους με κάποια μικρή κλίση φυσικά, για να μπορεί το νερό να ρέει μέσα σ' αυτά έτσι, ώστε να μην προκαλείται διάβρωσή τους. Παράλληλα επιδιώκεται η ομοιόμορφη διήθηση του νερού και η μείωση των απωλειών λόγω βαθιάς διηθήσεως και απορροής.

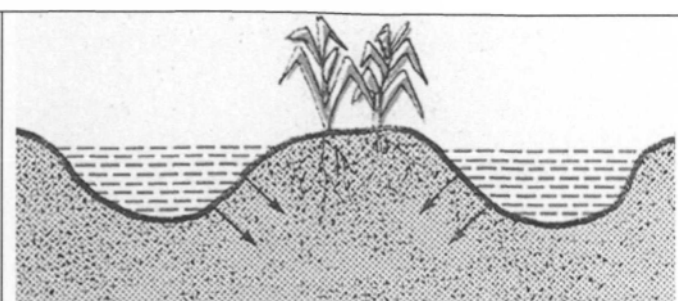


Εικόνα 3.2. Αυλάκια σε φυτεμένο χωράφι.

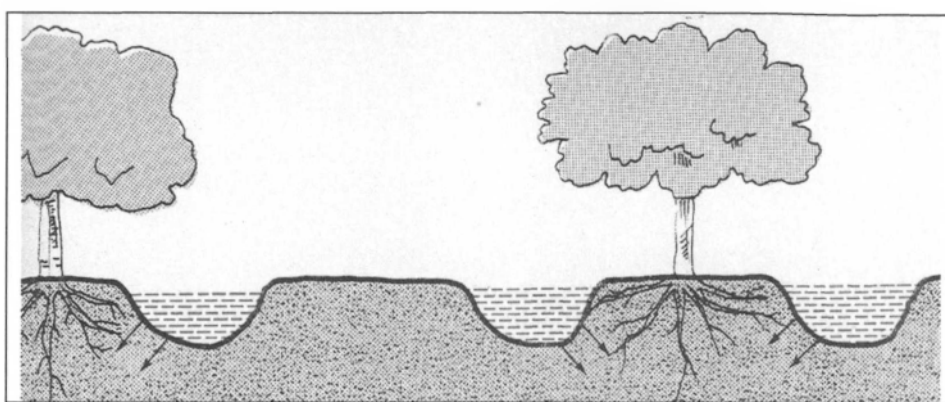
Μια ποικιλία αρδευτικών αυλακιών φαίνεται παρακάτω (Σχήματα 3.1.-3.10.).



Σχήμα 3.1. Ένα αυλάκι για κάθε σειρά φυτών.



Σχήμα 3.2. Ένα αυλάκι για κάθε δύο σειρές φυτών.



Σχήμα 3.3. Δύο αυλάκια για κάθε σειρά φυτών.

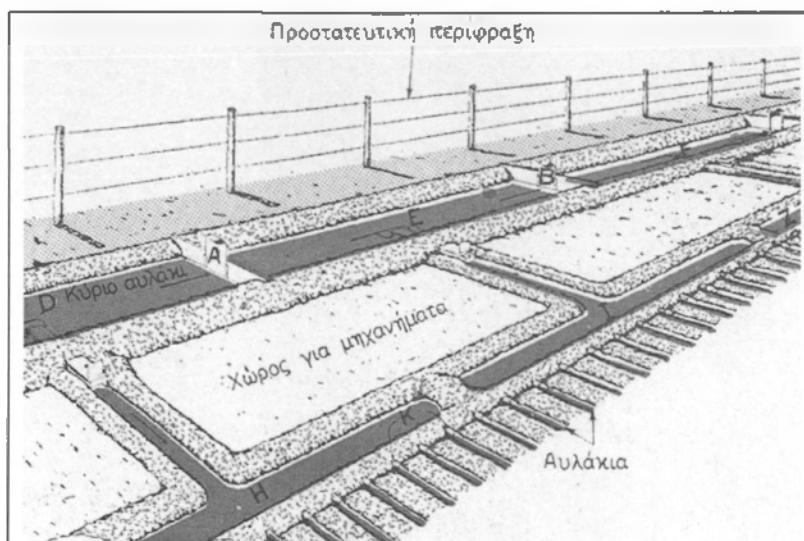
Στην περίπτωση του σχήματος 3.4. υπάρχει η δυνατότητα, χάρη στις βάννες ρυθμίσεως D, E, F της στάθμης του νερού μέσα στα βοηθητικά αυλάκια H, I, J έτσι, ώστε να εξασφαλίζεται ομοιόμορφη τροφοδοσία των αρδευτικών αυλακιών. Εξάλλου προβλέπεται χώρος και για τα γεωργικά μηχανήματα. Εκτός από το κύριο αυλάκι τα υπόλοιπα μετά από κάθε αρδευτική περίοδο κατασκευάζονται από την αρχή.

Στην περίπτωση του σχήματος 3.5. έχουμε την ίδια περίπτωση με λεπτομέρεια του στομίου υδροληψίας με μόνη διαφορά ότι δεν προβλέπεται χώρος για τα μηχανήματα. Η τροφοδοσία των αυλακιών μπορεί να γίνει και με σιφόνια. Το βοηθητικό αυλάκι και στις δύο περιπτώσεις είναι πολύ χρήσιμο, γιατί έτσι δεν καταστρέφεται το κύριο αυλάκι και εξασφαλίζεται ομοιόμορφη τροφοδοσία των αρδευτικών αυλακιών.

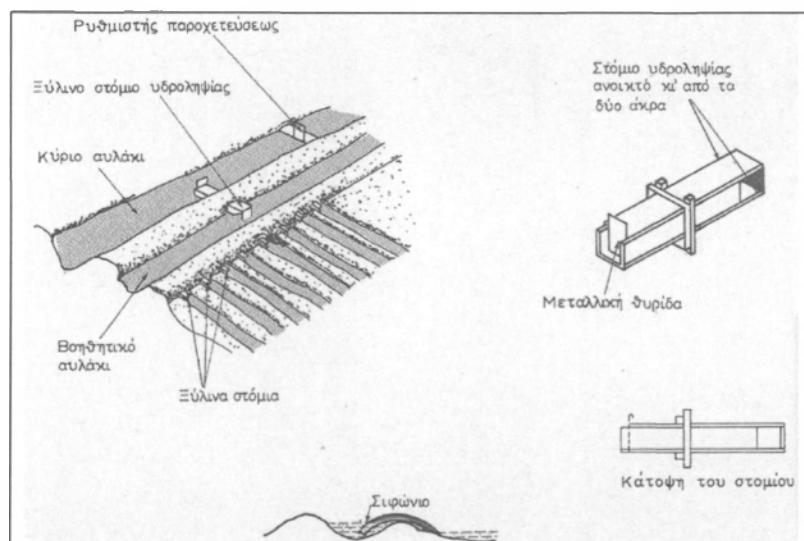
α) Απόσταση μεταξύ των αυλακιών

Η απόσταση μεταξύ των αυλακιών είναι κυρίως συνάρτηση της κοκκομετρικής συστάσεως του εδάφους, που επηρεάζει άμεσα την πλάγια και κατακόρυφη διήθηση του νερού. Γενικά, στα αμμώδη εδάφη παρατηρείται μικρή πλάγια και μεγάλη κατακόρυφη

διήθηση ενώ στα αργιλώδη παρατηρείται μεγαλύτερη πλάγια και μικρότερη (βραδύτερη) κατακόρυφη. Τα σχήματα 3.11. και 3.12. βοηθούν στην καλύτερη κατανόηση αυτού του φαινομένου.



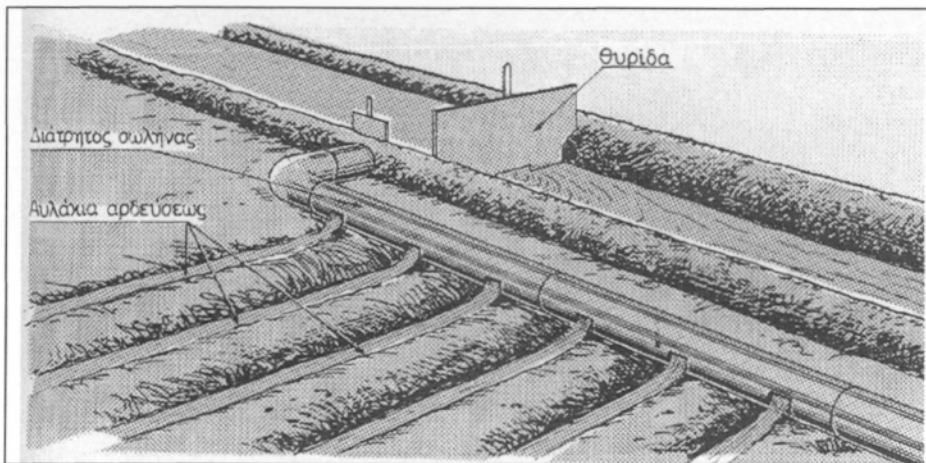
Σχήμα 3.4. Διάταξη αυλακίων με βάννες για άρδευση.
 Α, Β, Γ = θυρίδες ρυθμίσεως της παροχής μέσα στο κύριο αυλάκι.
 Δ, Ε, F = θυρίδες που επιτρέπουν τη ρύθμιση της στάθμης του νερού στα βοηθητικά αυλάκια Η, Ι, J.
 Κ = στόμια ρυθμίσεως της παροχής μέσα στο κύριο αυλάκι.



Σχήμα 3.5. Διάταξη αυλακίων με ξύλινα στόμια για άρδευση.

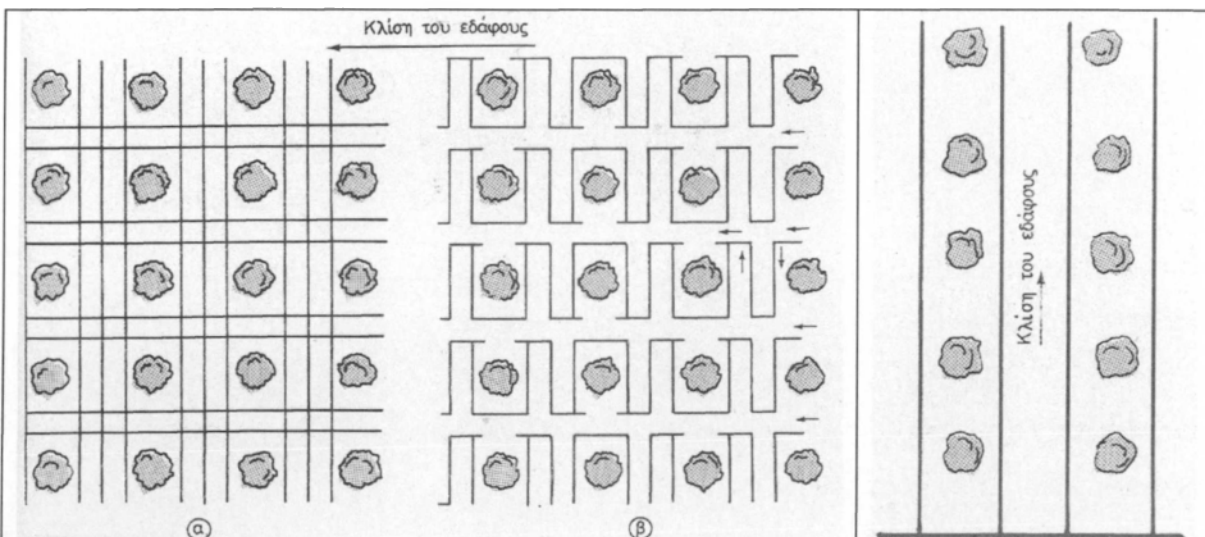
Από το σχήμα 3.11. προκύπτει ότι η απόσταση μεταξύ των αυλακίων σε αμμώδη εδάφη πρέπει να είναι μικρότερη από ό,τι σε αργιλώδη ενώ η κατακόρυφη διήθηση είναι μεγαλύτερη στα αμμώδη από ό,τι στα αργιλώδη. Γενικά η απόσταση μεταξύ των αρδευτικών αυλακίων κυμαίνεται, συνήθως, μεταξύ 0,60 m και 1,50 m. Γι' αυτό στα αμμώδη εδάφη ενδείκνυται ελαφριές και συχνές αρδεύσεις. Ο κίνδυνος απωλειών νερού από βαθιά διήθηση

σ' αυτές τις περιπτώσεις είναι μεγάλος. Βέβαια μαζί με τα παραπάνω θα πρέπει να έχουμε υπόψη μας και τη μορφή και το βάθος του ριζοστρώματος των καλλιεργούμενων φυτών, καθώς και τον τρόπο εκτελέσεως των καλλιεργητικών φροντίδων.



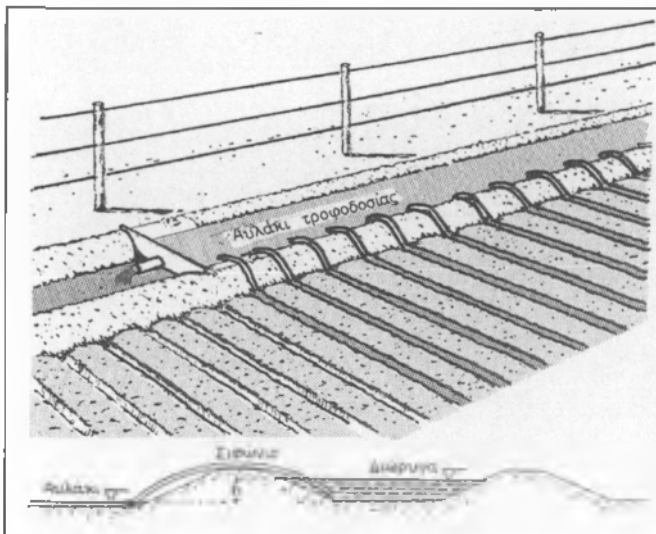
Σχήμα 3.6. Τροφοδοσία αυλακιών σε νερό από σωλήνα με ανοίγματα στις θέσεις των αυλακιών.

Γενικά μπορούμε να πούμε ότι ο πιο σίγουρος τρόπος για να βρεθεί η σωστή απόσταση μεταξύ των αυλακιών σε δεδομένο έδαφος, είναι η πραγματοποίηση δειγματοληψιών στο μέσο της αποστάσεώς τους, οπότε αν το έδαφος είναι ξηρό, σημαίνει ότι η απόστασή τους είναι μεγάλη και πρέπει να τη μικρύνουμε μέχρις ότου έχουμε ικανοποιητική υγρασία (σχήμα 3.12.).

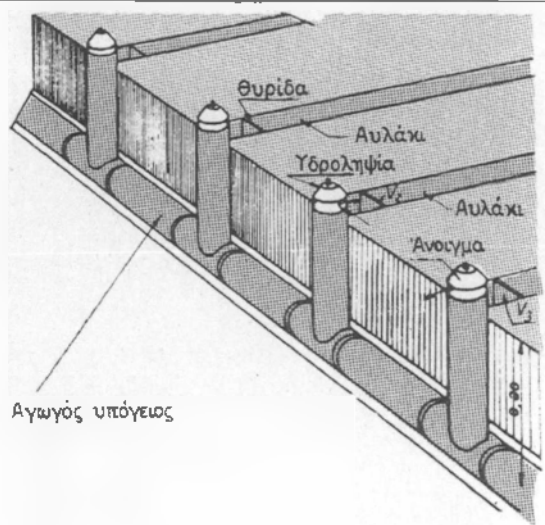


Σχήμα 3.7. α) Χάραξη των αυλακιών. β) Άρδευση με αυλάκια ζιγκ - ζαγκ.

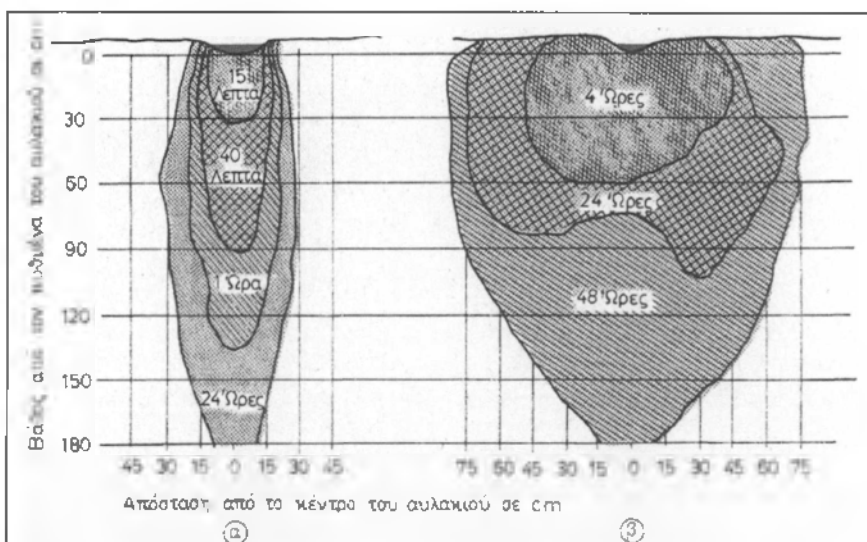
Σχήμα 3.8. Άρδευση με αυλάκια ευθύγραμμα.



Σχήμα 3.9. Άρδευση με τη βοήθεια σιφωνίων: προοπτικά και σε τομή.
 h = υδραυλικό φορτίο (διαφορά στάθμης της επιφάνειας του νερού μέσα στο αυλάκι τροφοδοσίας και της στάθμης του νερού μέσα στο αρδευτικό αυλάκι).



Σχήμα 3.10. Τροφοδοσία αυλακίων από υπόγειο αγωγό υπό χαμηλή πίεση, γνωστή ως μέθοδος ~~Γ-απόρνιας~~ ~~Γ-απόρνιας~~.

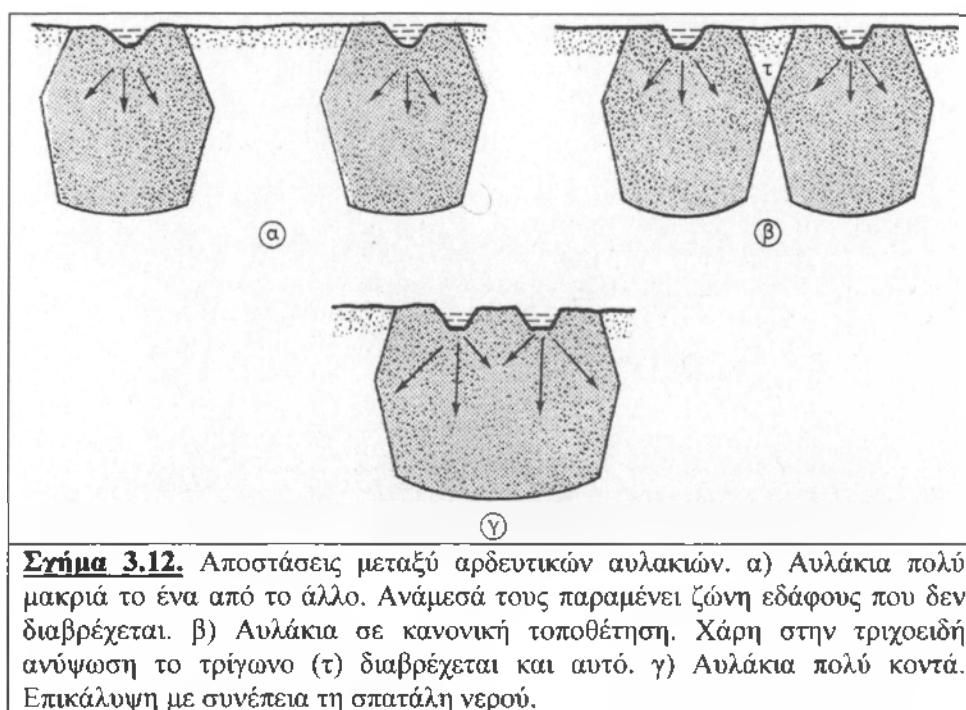


Σχήμα 3.11. Εξέλιξη της διηθήσεως του αρδευτικού νερού, σε αμμοπηλώδες και σε αργιλοπηλώδες έδαφος. α) Έδαφος αμμώδες. β) Έδαφος αργιλώδες.

β) Μήκος των αρδευτικών αυλακίων

Το μήκος των αυλακίων βρίσκεται σε άμεση σχέση με την ταχύτητα διηθήσεως του εδάφους. Όσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα διηθήσεως τόσο μικρότερο πρέπει να είναι το μήκος των αυλακίων και αντίστροφα, όσο μικρότερη είναι η ταχύτητα διηθήσεως τόσο μεγαλύτερο μπορεί να είναι το μήκος των αυλακίων. Έτσι, στην περίπτωση π.χ. αμμοδών εδαφών τα επιτρεπόμενα μήκη αυλακίων πρέπει να είναι μικρά, γιατί αλλιώς έχουμε μεγάλες

απώλειες νερού λόγω βαθιάς διηθήσεως του στο έδαφος, ενώ αντίθετα στην περίπτωση αργιλωδών εδαφών τα μήκη μπορεί να είναι πολύ μεγαλύτερα. Ο ρόλος του μήκους των αυλακιών είναι σημαντικός για την επιλογή του συστήματος αρδεύσεως. Μήκη αυλακιών μικρότερα από 60 m, δεν επιτρέπουν την επιφανειακή άρδευση με αυλάκια, γιατί θα έχουμε μεγάλη απώλεια καλλιεργήσιμης γης που καταλαμβάνεται από αυτά. Επίσης το μικρό μήκος των αυλακιών, μικραίνει την απόσταση μεταξύ των τριτεουσών διωρύγων, που αποτελούν την τελευταία τάξη των αρδευτικών διωρύγων, οι οποίες τροφοδοτούν τα αυλάκια με νερό. Έτσι, καταλήγουμε σ' ένα πυκνό δίκτυο αυλακιών και διωρύγων που κάνει τη μέθοδο αντιοικονομική.



Σχήμα 3.12. Αποστάσεις μεταξύ αρδευτικών αυλακιών. α) Αυλάκια πολύ μακριά το ένα από το άλλο. Ανάμεσά τους παραμένει ζώνη εδάφους που δεν διαβρέχεται. β) Αυλάκια σε κανονική τοποθέτηση. Χάρη στην τριχοειδή ανύψωση το τρίγωνο (τ) διαβρέχεται και αυτό. γ) Αυλάκια πολύ κοντά. Επικάλυψη με συνέπεια τη σπατάλη νερού.

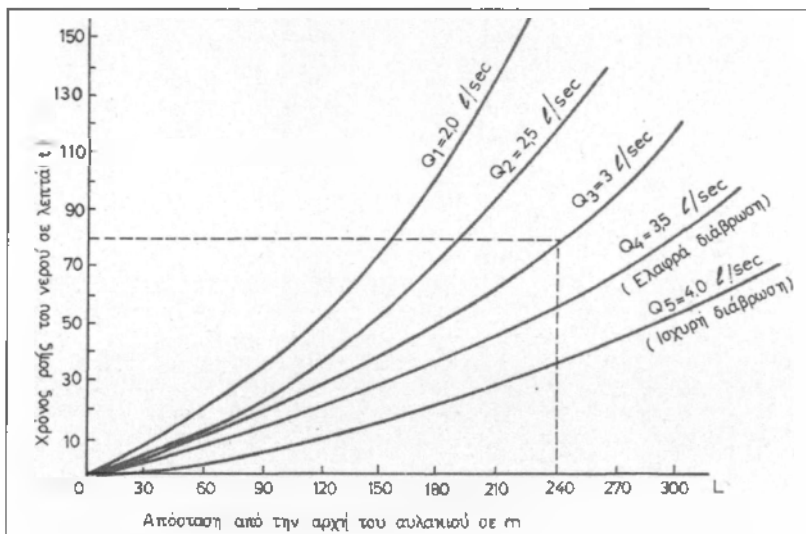
Για να βρεθεί το ιδανικό μήκος των αυλακιών, έγιναν κατά καιρούς πολλές προσπάθειες, όπως για παράδειγμα ο Griddle, δηλαδή με βάση το χρόνο T που απαιτείται για να διηθηθεί η αναγκαία ποσότητα νερού στο βάθος που καθορίζεται από το βάθος του κύριου ριζοστρώματος των φυτών, καθόρισε ότι ο χρόνος διαδρομής t του νερού για να φθάσει από την αρχή (κεφαλή) ως το τέλος του αυλακιού, είναι ίσος με το $1/4$ του T . Στη συνέχεια, με τη βοήθεια ειδικού διαγράμματος για κάθε περίπτωση της μορφής του διαγράμματος 3.1. καθόρισε το μήκος του αυλακιού για διάφορες παροχές μικρότερες από τη μέγιστη επιτρεπτή που ορίζεται ως η παροχή πέρα από την οποία εμφανίζεται το φαινόμενο της διαβρώσεως.

Η παροχή Q είναι φανερό ότι μεταβάλλεται με την κλίση του αυλακιού. Το διάγραμμα 3.2. μας δίνει μια παραστατική εικόνα μεταξύ μέγιστης παροχής και κλίσεως για

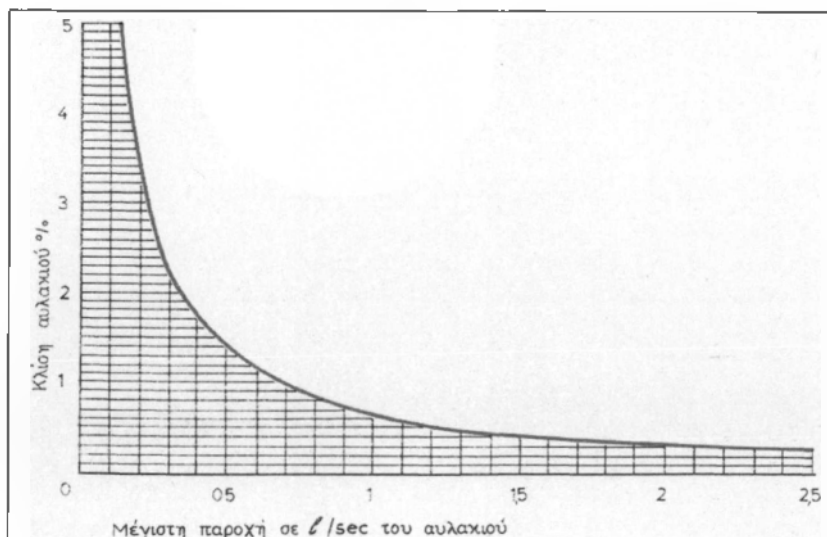
εδάφη μέσης συστάσεως. Φαίνεται ότι όσο μικραίνει η κλίση τόσο μπορεί να μεγαλώνει η παροχή.

Πάντως, για τον καθορισμό της επιτρεπόμενης παροχής, της διάρκειας αρδεύσεως T , του χρόνου διαδρομής t και του επιτρεπτού μήκους l των αρδευτικών αυλακιών, είναι απαραίτητη η εκτέλεση πειραματικών δοκιμών σε κάθε συγκεκριμένη περίπτωση.

Ενδεικτικά, για τις τρεις βασικές κατηγορίες εδαφών, δηλαδή ελαφριάς, μέσης και βαριάς συστάσεως, τα αντίστοιχα συνήθη μήκη αυλακιών είναι 60 - 120 m, 120 - 180 m και 180 - 240 m ανάλογα και με την κλίση των αυλακιών.



Διάγραμμα 3.1. Διάγραμμα προσδιορισμού του μήκους l των αρδευτικών αυλακιών σε συνάρτηση με το χρόνο t σε λεπτά και των πειραματικών καμπυλών της παροχής Q σε λίτρα ανά δευτερόλεπτο (l/sec).



Διάγραμμα 3.2. Διάγραμμα μέγιστης παροχής και κλίσεως αρδευτικού αυλακιού.

γ) Βάθος αυλακιών άρδευσης

Το ενδεικνυόμενο βάθος κατασκευής αρδευτικών αυλακιών αποτελεί το εύρος από 15 έως 20 cm, ανάλογα με τη διαθέσιμη παροχή και τα χαρακτηριστικά του εδάφους.

Τα αυλάκια ανοίγονται με αυλακωτήρες, το ένα δίπλα στο άλλο και κατά τη μεγαλύτερη κλίση του εδάφους, η οποία δεν πρέπει να είναι πάνω από 1%. Σε περίπτωση που είναι μεγαλύτερη αλλά όχι πάνω από 6-8%, τότε τα αυλάκια πρέπει να κατασκευάζονται παράλληλα προς τις ισοϋψείς.

3.1.1.1. Άρδευση με αυλάκια κατά τις ισοϋψείς καμπύλες του εδάφους

Συμφωνά με τη μέθοδο αυτή τα αυλάκια χαράζονται με βάση της ισοϋψείς καμπύλες του εδάφους. Αυτό επιτρέπει τον προσδιορισμό της κατάλληλης κλίσεως, ώστε να γίνεται κατά το δυνατόν ομοιόμορφη η διήθηση του νερού στο έδαφος, να αποφεύγεται το φαινόμενο της διαβρώσεως, να γίνεται καλύτερος ο έλεγχος της ροής του νερού και να περιορίζονται στο ελάχιστο οι απώλειες νερού. Η μέθοδος γενικά επιτρέπει την άρδευση επικλινών εδαφών, χωρίς να απαιτείται λεπτομερής ισοπέδωσή τους. Ένα από τα βασικά αλλά όχι ανυπέβλητα μειονεκτήματα της μεθόδου είναι ότι εφόσον τα αυλάκια χαράζονται σύμφωνα με τις ισοϋψείς, οι τριτεύουσες διώρυγες που τα τροφοδοτούν, πρέπει να χαραχθούν σύμφωνα με την κλίση του εδάφους. Αν ληφθεί υπόψη ότι οι παροχές μέσα στις τριτεύουσες διώρυγες είναι σχετικά μεγάλες, αφού πρέπει να μεταφέρουν νερό για πολλά αυλάκια, γίνεται φανερός ο κίνδυνος διαβρώσεως του εδάφους όσο η κλίση αυτή του εδάφους είναι πιο μεγάλη. Για να αποφύγουμε τον κίνδυνο αυτό κάνουμε χρήση επενδυμένων διωρύγων ή και κλειστών αγωγών, αν χρειασθεί. Μια τυπική διάταξη αρδύσεως σύμφωνα με τις ισοϋψείς, φαίνεται στο σχήμα 3.13.

3.1.1.2. Πλεονεκτήματα - μειονεκτήματα συστήματος άρδευσης με αυλάκια

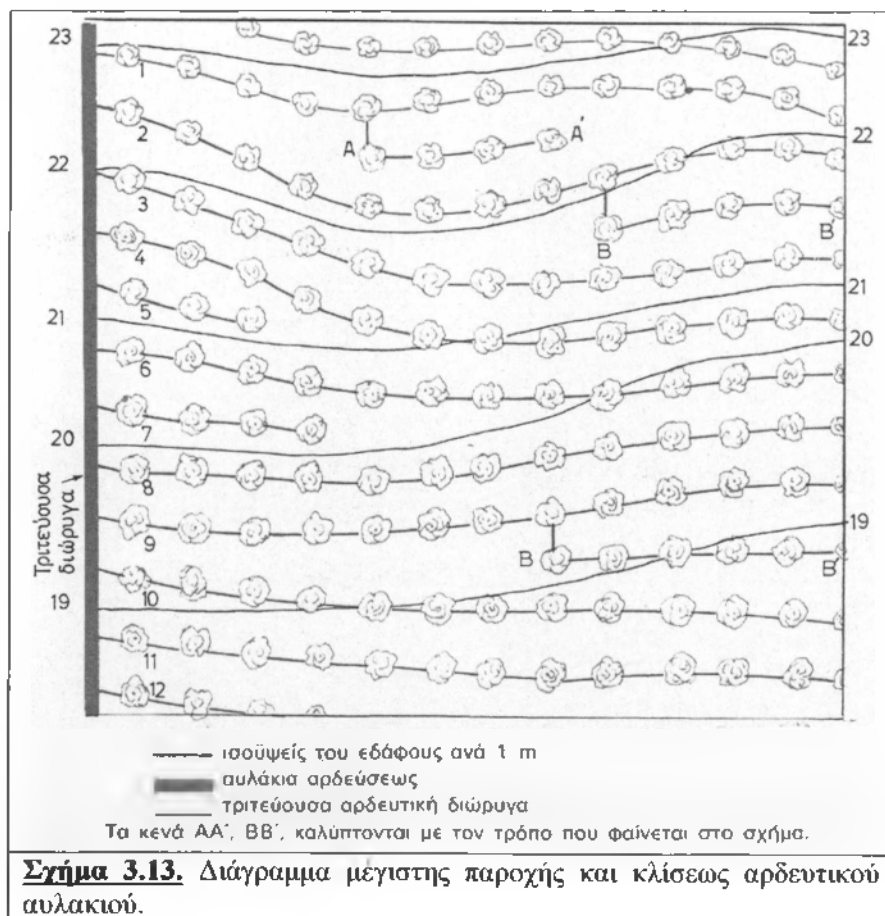
α) Τα σπουδαιότερα πλεονεκτήματα της μεθόδου αρδύσεως με αυλάκια θα μπορούσαν να συνοψισθούν στα εξής:

- Μικρές δαπάνες προετοιμασίας του εδάφους.
- Δυνατότητα εκτελέσεως αγροτικών εργασιών στο χώρο μεταξύ των αυλακιών.
- Αποφυγή σχηματισμού επιφανειακής κρούστας και αποφυγή διαβρώσεως.

- Αποφυγή διαβροχής του φυλλώματος των φυτών, πράγμα που θα ευνοούσε την παρουσία ορισμένων ασθενειών.
- Δυνατότητα αρδύσεως φυτών που καλλιεργούνται σε πυκνές σειρές.
- Δυνατότητα αρδύσεως επικλινών εδαφών (αυλάκια κατά τις ισοϋψείς).

β) Τα σπουδαιότερα μειονεκτήματα είναι:

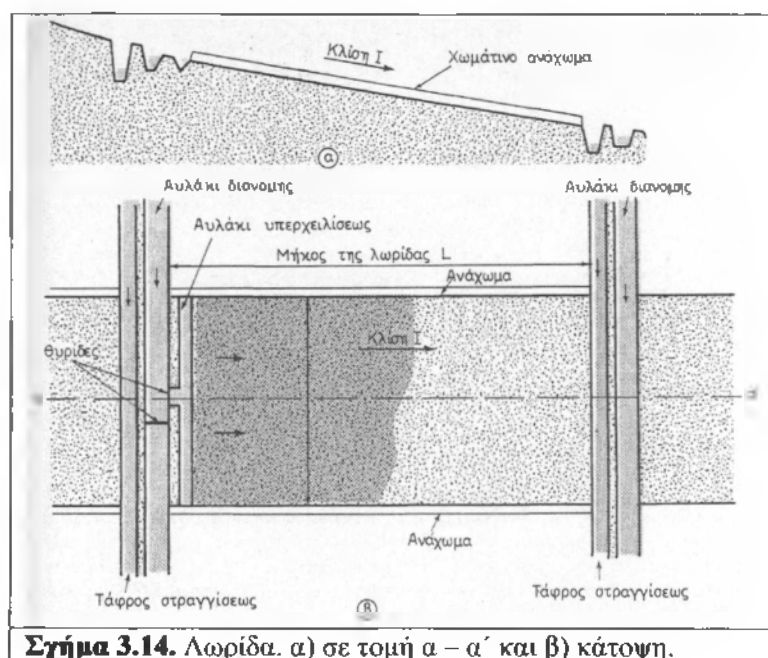
- Βραδύτητα αρδύσεως.
- Δύσκολη, αν όχι αδύνατη χωρίς συνέπειες, η μετακίνηση καθέτως προς τα αυλάκια.
- Απαιτήση πολλών αγροτικών χεριών και σκληρής εργασίας.
- Αυξημένες απώλειες νερού λόγω βαθιάς διηθήσεως, κυρίως όταν τα αυλάκια έχουν μεγάλο μήκος.
- Σχετικά μεγάλες ποσότητες διαθέσιμου νερού.
- Ανάγκη υπάρξεως στραγγιστικού δικτύου για τα πλεονάζοντα νερά.



Σχήμα 3.13. Διάγραμμα μέγιστης παροχής και κλίσεως αρδευτικού αυλακίου.

3.1.2. Επιφανειακή άρδευση σε λωρίδες μεταξύ παραλλήλων αναχωμάτων

Με τη μέθοδο αυτή το αρδευτικό νερό ρέει σαν ένα λεπτό στρώμα στην επιφάνεια της λωρίδας, ακολουθώντας την κλίση του εδάφους, ενώ ταυτόχρονα διηθείται. Μια τυπική διάταξη αρδύσεως σε λωρίδες φαίνεται στο σχήμα 3.14.

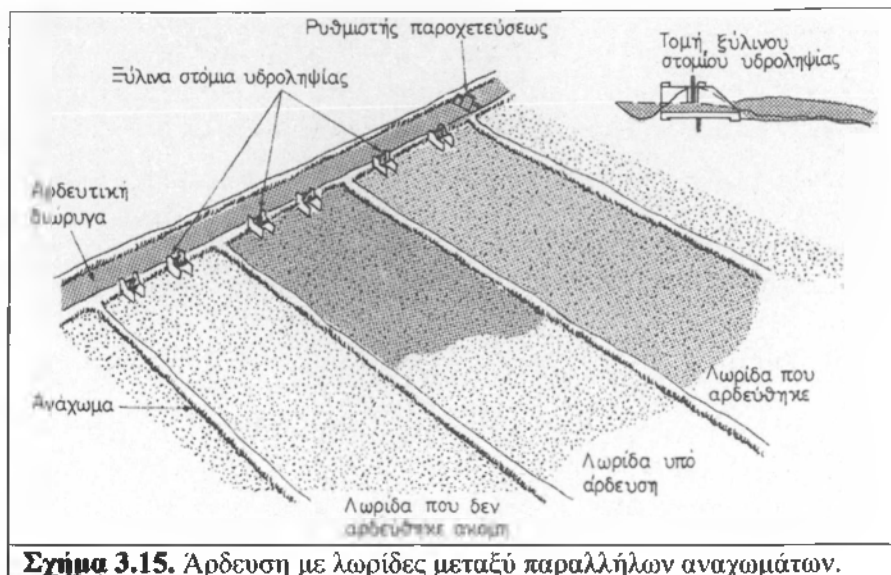


Το νερό με τη βοήθεια των θυρίδων οδηγείται από το αυλάκι διανομής σ' ένα βοηθητικό αυλάκι από το οποίο όταν γεμίσει, το νερό ξεχύνεται στη λωρίδα με υπερχειλίση και γι' αυτό λέγεται και αυλάκι υπερχειλίσεως. Το νερό ρέει στη λωρίδα κατά την κλίση I του εδάφους καλύπτοντας ολόκληρη την επιφάνεια της λωρίδας από την κεφαλή μέχρι το τέρμα της. Για την απομάκρυνση των νερών που πλεονάζουν, προβλέπεται στραγγιστική τάφρος, όπως φαίνεται στο σχήμα 3.14. Βέβαια ο παραπάνω τρόπος δεν είναι ο μοναδικός, αλλά είναι ο πλήρης κλασσικός τρόπος διατάξεως αρδύσεως σε λωρίδες. Στο σχήμα 3.15. φαίνεται παραστατικά η ροή του νερού στη λωρίδα.

Η ανώτερη πλευρά της λωρίδας είναι πρακτικά οριζόντια, ενώ το έδαφος έχει προετοιμασθεί κατάλληλα, ώστε η κλίση του να είναι ομοιόμορφη σε όλο το μήκος της λωρίδας.

Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται κυρίως για άρδευση λειμώνων, μηδικής, τριφυλλιών και γενικά για πυκνά αναπτυσσόμενες καλλιέργειες. Για τη μηδική, η ιδανική κλίση εδάφους

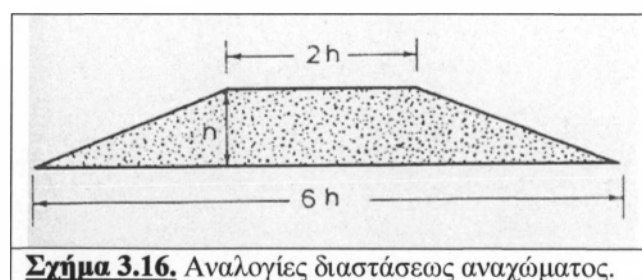
είναι 0,2 ως 0,3%, ενώ για τους λειμώνες μπορεί να φθάνει και μέχρι 4%, οπότε η άρδευση πρέπει να γίνεται με μικρότερες παροχές.



Είναι φανερό ότι, όπως και στην περίπτωση των αρδευτικών αυλακιών, το ύψος του νερού στην αρχή της λωρίδας είναι μεγαλύτερο απ' ό,τι στο τέρμα της και ότι το βάθος του αρδευόμενου εδάφους συνεχώς μειώνεται προς το τέρμα της λωρίδας. Έτσι, είναι φυσικό, αν θέλουμε να διαβραχεί το τέρμα της λωρίδας στο κανονικό βάθος που καθορίστηκε από τη μελέτη, να έχουμε στην αρχή της λωρίδας μια απώλεια νερού λόγω βαθιάς διηθήσεως που όσο απομακρυνόμαστε συνεχώς μειώνεται, για να μηδενισθεί στο τέρμα της λωρίδας.

Τα αναχώματα κατά μήκος των λωρίδων προβλέπονται έτσι, ώστε να μην καταστρέφονται από την κυκλοφορία των γεωργικών μηχανημάτων πάνω από αυτά.

Κατά κανόνα έχουν τραπεζοειδή μορφή με τις αναλογίες διαστάσεων που αναγράφονται στο σχήμα 3.16.



Οι διαστάσεις της λωρίδας είναι συνάρτηση της μηχανικής συστάσεως του εδάφους, της κλίσεως της υπό άρδευση επιφάνειας, του ύψους του νερού που πρέπει να εφαρμοσθεί

στον αγρό, της αρδευτικής παροχής και της τελικής διηθητικότητας του εδάφους, που προσδιορίζεται συνήθως με τη μέθοδο των ομοκέντρων κυλίνδρων (σχήμα 3.17). Μια ενδεικτική συσχέτιση των παραπάνω δίνεται στον Πίνακα 3.1.1.

Πίνακας 3.1.1. Σχέσεις μεταξύ μηχανικής συστάσεως του εδάφους, της κλίσεως του αγρού, του ύψους του εφαρμοζόμενου νερού και του μεγέθους των λωρίδων.

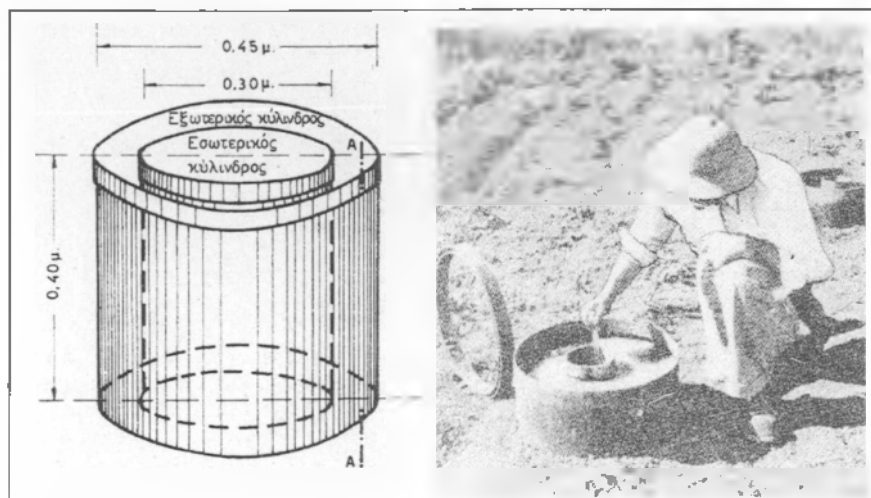
Μηχανική σύσταση του εδάφους	Κλίση του αγρού %	Ύψος εφαρμοζόμενου νερού σε cm	Προτεινόμενο εμβαδόν λωρίδων		Αρδευτική παροχή σε lt/sec
			Πλάτος σε m	Μήκος σε m	
Χονδρόκοκκη	0,25	5,00	15	150	225
		10,0	15	240	200
		15,0	15	396	170
	1,00	5,0	12	90	78
		10,0	12	150	70
		15,0	12	270	70
	2,00	5,0	9	60	35
		10,0	9	90	28
		15,0	9	180	28
Μέση	0,25	5,0	15	240	200
		10,0	15	396	170
		15,0	15	396	100
	1,00	5,0	12	150	70
		10,0	12	300	70
		15,0	12	396	70
	2,00	5,0	9	90	28
		10,0	9	180	28
		15,0	9	300	28
Λεπτόκοκκη	0,25	5,0	15	396	115
		10,0	15	396	70
		15,0	15	396	43
	1,00	5,0	12	396	70
		10,0	12	396	35
		15,0	12	396	20
	2,00	5,0	9	198	28
		10,0	9	396	28
		15,0	9	396	20

Πηγή: Καρακατσούλης Π., 1995.

Η τελική ή βασική διηθητικότητα προσδιορίζεται με τη μέθοδο των ομοκέντρων κυλίνδρων (σχήμα 3.17.) και έχει ως εξής:

Πρώτα βυθίζεται στο έδαφος ο εσωτερικός κύλινδρος και στη συνέχεια ο εξωτερικός στο ίδιο βάθος που για τα ελαφρά εδάφη κυμαίνεται γύρω στα 18 cm και για τα συνεκτικά

γύρω στα 28 cm. Ο εξωτερικός κύλινδρος ελαχιστοποιεί την πλάγια διήθηση του νερού από το κάτω άκρο του εσωτερικού κυλίνδρου.



Σχήμα 3.17. Σχηματική παράσταση ομοκέντρων κυλίνδρων για τη μέτρηση διηθητικότητας εδάφους και εκτέλεσης της μετρήσεως.

Στη συνέχεια γεμίζουμε και τους δύο κυλίνδρους με νερό στο ίδιο ύψος, που αντιστοιχεί στο πιθανό ύψος του νερού που πρέπει να εφαρμοσθεί στον αγρό κατά την άρδευση. Η στάθμη του νερού αρχίζει να κατεβαίνει λόγω της διηθήσεώς του μέσα στο έδαφος με μεταβαλλόμενη ταχύτητα. Ξαναγεμίζουμε τους δύο κυλίνδρους και μετρούμε την πτώση της στάθμης στον εσωτερικό σωλήνα όπως φαίνεται στη σχετική φωτογραφία του σχήματος 3.17. Το πείραμα επαναλαμβάνεται μέχρις ότου η ταχύτητα πτώσεως της στάθμης του νερού μείνει σταθερή. Τότε λέμε ότι έχουμε την τελική ή βασική διηθητικότητα που εκφράζεται συνήθως σε εκατοστά ανά ώρα (cm/h). Ο χρόνος που γίνονται οι μετρήσεις εξαρτάται κυρίως από τη μηχανική σύσταση του εδάφους. Συνήθως γίνονται ανά 10 λεπτά.

Η παροχή Q για την επιφάνεια της λωρίδας S ($S = L \cdot \lambda$) βρίσκεται με τη βοήθεια της **μοναδιαίας παροχής q** , η οποία ορίζεται ως η παροχή που απαιτείται για την άρδευση μιας λωρίδας με μήκος $l = 30$ m και πλάτος $b = 0,30$ m. Η λωρίδα αυτή λαμβάνεται ως μονάδα και έτσι, αν n είναι ο αριθμός των μονάδων, τότε η συνολική παροχή Q δίνεται από το γινόμενο $n \cdot q$. Δηλαδή: $Q = n \cdot q$, αλλά $n = (L \cdot \lambda) / (l \cdot b)$, οπότε: $Q = q \cdot (L \cdot \lambda) / 9$.

Στη συνέχεια υπολογίζεται ο άγνωστος q . Η τιμή του q για κλίση εδάφους 0,5% δίνεται από το νομογράφημα του διαγράμματος 3.3. σε συνάρτηση με τη βασική διηθητικότητα και το ύψος του εφαρμοζόμενου σε κάθε άρδευση νερού. Η τιμή αυτή του q ισχύει για κλίση εδάφους ίση με 0,5%. Συνεπώς, αν η κλίση της προς άρδευση λωρίδας είναι μεγαλύτερη ή μικρότερη, τότε, πριν η σχέση χρησιμοποιηθεί, θα πρέπει η τιμή του q να

διορθωθεί με κάποιο συντελεστή που είναι εύκολο να βρεθεί με τη βοήθεια του Πίνακα 3.1.2. Η διορθωμένη αυτή τιμή του q πρέπει να συγκριθεί με τη μέγιστη, για τη συγκεκριμένη κλίση, επιτρεπόμενη παροχή, ώστε να αποφευχθεί ο κίνδυνος διαβρώσεως του εδάφους. Αυτή η μέγιστη παροχή πρέπει να προσδιορισθεί πειραματικά επί τόπου. Συχνά όμως χρησιμοποιούνται πειραματικά δεδομένα, που έγιναν σε άλλες περιοχές με παρεμφερή εδάφη.

Πίνακας 3.1.2. Συντελεστές χρησιμοποιούμενοι για την προσαρμογή των παροχών του σχήματος 3.1κ. για κλίσεις διαφόρους του 0,5%.

Κλίση %	Συντελεστής κλίσεως	Κλίση %	Συντελεστής κλίσεως
0,0	2,00	2,0	0,74
0,1	1,43	2,5	0,70
0,2	1,23	3,0	0,67
0,3	1,13	4,0	0,63
0,4	1,04	5,0	0,60
0,5	1,00	6,0	0,58
0,6	0,96	7,0	0,56
0,7	0,93	8,0	0,54
0,8	0,90	9,0	0,53
0,9	0,88	10,0	0,52
1,0	0,86	11,0	0,51
1,5	0,78	12,0	0,50

Πηγή: Καρακατσούλης Π., 1995.

Η εύρεση του απαιτούμενου χρόνου αρδεύσεως είναι απλή και γίνεται με βάση τη μοναδιαία παροχή q και τη μονάδα λωρίδας. Έστω ότι:

$l \cdot b$ = η επιφάνεια της μονάδας λωρίδας σε m^2 ,

h = το ύψος του νερού που πρέπει να αποθηκευθεί στο έδαφος σε m ,

V = ο όγκος του νερού σε m^3 για τη μονάδα λωρίδας,

q = η μοναδιαία παροχή σε l/sec ,

T = ο απαιτούμενος χρόνος αρδεύσεως σε πρώτα λεπτά (min).

Άρα ο συνολικός όγκος του νερού που πρέπει να αποθηκευθεί στο έδαφος μπορεί να εκφραστεί με δύο τρόπους.

Δηλαδή:

$$- V = l \cdot b \cdot h \quad m^3$$

$$- V = (\text{παροχή}) \cdot (\text{χρόνος})$$

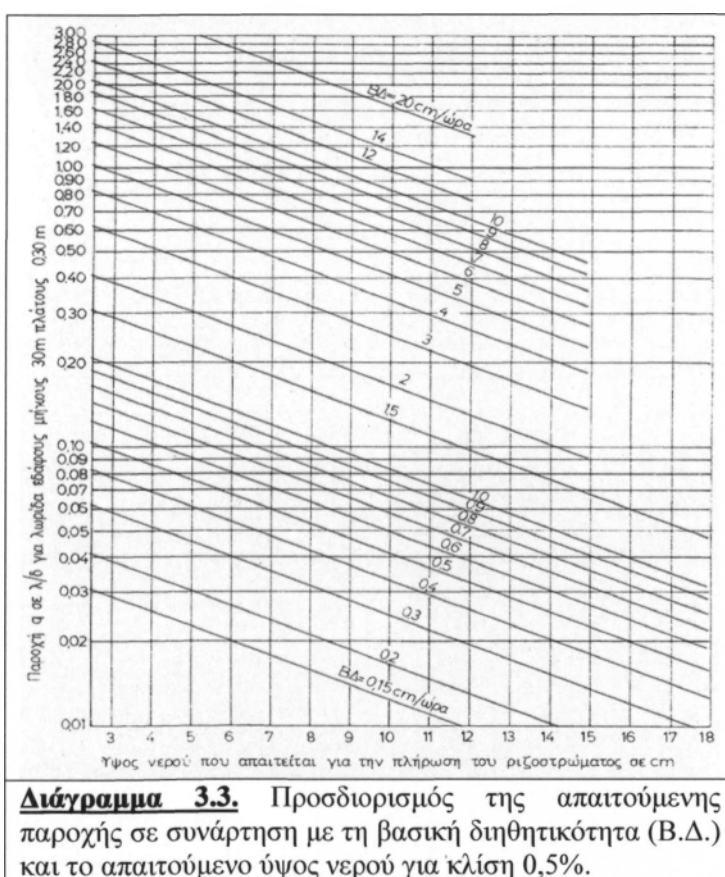
$$\text{Παροχή} = q \quad (l/sec) = q \quad m^3 / 1000 \quad sec = 60 \cdot q \quad m^3 / 1000 \quad min$$

$$\text{Χρόνος} = T \quad min$$

$$\text{Άρα, } V = 60 \cdot q \cdot T \text{ m}^3 / 1000 = l \cdot b \cdot h \text{ m}^3 \Rightarrow T = (1000 \cdot l \cdot b \cdot h) / (60 \cdot q).$$

Εφόσον η μονάδα λωρίδας ληφθεί με διαστάσεις $l = 30 \text{ m}$ και $b = 0,30 \text{ m}$, τότε η παραπάνω σχέση γίνεται: $T = 150 \cdot h / q$.

Στον υπολογισμό αυτό δε λάβαμε υπόψη καθόλου τις απώλειες νερού και κατά συνέπεια ο συντελεστής αποδόσεως της αρδεύσεως (Σαρδ.) υπονοήθηκε ίσος με τη μονάδα. Στην πράξη όμως, ο συντελεστής αυτός είναι πάντα μικρότερος από τη μονάδα και συνεπώς ο όγκος του νερού που θα χρειασθεί για μια άρδευση, θα είναι μεγαλύτερος από τον όγκο V καθώς και ο χρόνος αρδεύσεως T . Έτσι, έχοντας υπόψη και το συντελεστή αυτό, έχουμε το εξής: $T = (150 \cdot h) / (q \cdot \Sigma \text{αρδ})$.



3.1.3. Επιφανειακή άρδευση με κατάκλυση

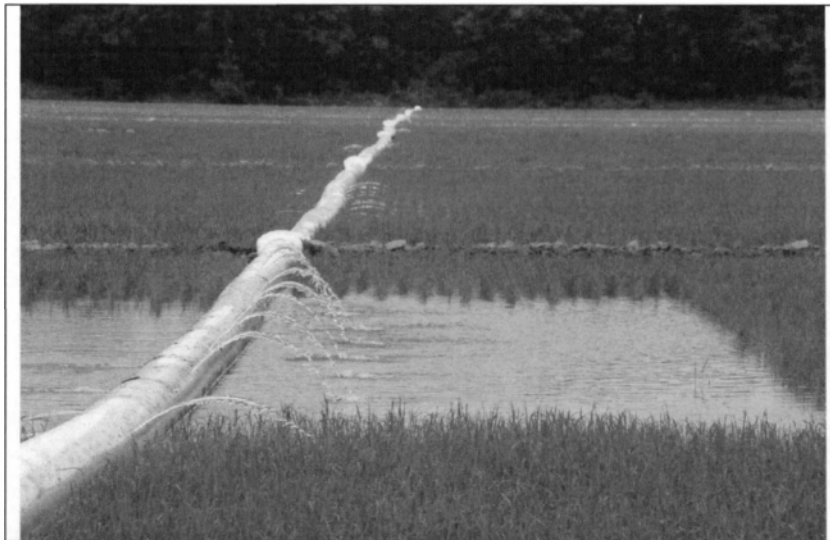
Το σύστημα αρδεύσεως με κατάκλυση συνίσταται στην κάλυψη του εδάφους με ένα στρώμα νερού ποικίλου πάχους ανάλογα με την ειδική περίπτωση (είδος καλλιέργειας, έδαφος κλπ.) που εξετάζεται κάθε φορά. Το νερό, ήρεμα, αφήνεται να διηθείται για όσο χρόνο χρειάζεται, ώστε να φθάσει μέχρι το επιθυμητό βάθος του εδάφους, ανάλογα με το

ριζικό σύστημα των φυτών, το οποίο έχει εκ των προτέρων καθορισθεί. Η αποθηκευμένη αυτή υγρασία στο έδαφος αποτελεί την πηγή τροφοδοσίας νερού των φυτών.

Η μέθοδος αυτή είναι εντελώς διαφορετική από τη μέθοδο σε λωρίδες, όπου το νερό ρέει στην επιφάνειά τους σε όλη τη διάρκεια της αρδεύσεως με μία παροχή που έχει υπολογισθεί με βάση τη διηθητικότητα και την κλίση του εδάφους. Το νερό δηλαδή κατά την άρδευση με λωρίδες δε λιμνάζει σχεδόν καθόλου.

Όταν η κλίση του εδάφους είναι πολύ μικρή ($i < 2\%$), η ροή γίνεται ακανόνιστη και το πάχος του νερού ανομοιόμορφο. Έτσι προκύπτει η ανάγκη χρησιμοποίησης μεγαλύτερων παροχών από εκείνες που μπορεί το έδαφος να απορροφήσει, γεγονός που σημαίνει ότι το νερό πρέπει να «λιμνάζει» στην επιφάνεια του εδάφους κατά τη διάρκεια της διηθήσεώς του.

Όταν τα νερά περιέχουν λιπαντικά στοιχεία, ενδείκνυται η προσαγωγή τους κατά μεγαλύτερες ποσότητες (υδρολίπανση), ώστε μετά από κάθε άρδευση μια μεγάλη ποσότητα από αυτά να παραμένει στο έδαφος. Στην περίπτωση του ρυζιού, που αποτελεί το αντιπροσωπευτικό φυτό αρδεύσεως με κατάκλυση (Εικόνα 3.3.), το νερό χρησιμεύει ακόμη και για τη συγκράτηση και προστασία των νεαρών φυταρίων.



Εικόνα 3.3. Άρδευση με κατάκλυση (λεκάνες) σε ρυζοκαλλιέργεια.

α) Αρχές διευθετήσεως του εδάφους

Για να γίνει δυνατή η κατάκλυση μιας επιφάνειας εδάφους, πρέπει η επιφάνεια να περικλειστεί με αναχώματα, με αποτέλεσμα το σχηματισμό λεκανών μέσα στις οποίες θα οδηγηθεί το νερό. Η επιφάνεια των λεκανών πρέπει να είναι κατά το δυνατόν οριζόντια και το νερό να παραμένει μέσα σ' αυτές μέχρις ότου απορροφηθεί πλήρως από το έδαφος.

Πολλές φορές όμως, όταν π.χ. μεσολαβούν βροχές, το νερό πρέπει να απομακρυνθεί νωρίτερα από ό,τι προβλεπόταν, εφόσον η ποσότητα του νερού που αποθηκεύθηκε στο έδαφος κρίνεται ικανοποιητική για τις καλλιέργειες. Η κατάκλυση πρέπει να είναι προσωρινή, για να μπορεί να στραγγίσει το πλεονάζον νερό και να αερισθεί το έδαφος τουλάχιστον στο βάθος του ενεργού ριζοστρώματος των φυτών. Αν το έδαφος είναι ελάχιστα υδατοπερατό και δεν μπορεί να εξασφαλισθεί επαρκής στράγγιση, είναι προτιμότερο η κατάκλυση να αποφεύγεται.

β) Στοιχεία των λεκανών κατακλύσεως

Το είδος των καλλιεργειών και οι ανάγκες τους σε νερό καθορίζουν το ύψος ή τον όγκο του νερού που θα πρέπει να εφαρμοσθεί στη λεκάνη. Σ' αυτόν τον όγκο θα πρέπει επίσης να προστεθούν και οι απώλειες που οφείλονται στη βαθιά διήθηση και στην εξάτμιση.

Έστω π.χ. ότι:

S (m^2) η επιφάνεια της λεκάνης,

h (m) το μέσο ύψος του νερού μέσα στη λεκάνη,

V_1 (m^3) ο αντίστοιχος όγκος = $S \cdot h$,

q_r (m^3/sec) η παροχή της διώρυγας τροφοδοσίας της λεκάνης,

K (m/sec) η ταχύτητα διηθήσεως,

E (m/sec) η ταχύτητα εξατμίσεως (ελεύθερη υγρή επιφάνεια),

T_r (sec) ο χρόνος πληρώσεως της λεκάνης,

T_k (sec) η διάρκεια κατακλύσεως της λεκάνης,

V_2 (m^3) ο όγκος που διηθείται κατά τη διάρκεια πληρώσεως της λεκάνης,

V_3 (m^3) ο όγκος που εξατμίζεται κατά τη διάρκεια πληρώσεως της λεκάνης.

Τότε: $V_1 = S \cdot h$, $V_2 = K \cdot S \cdot T_r$, $V_3 = E \cdot S \cdot T_r$.

Επομένως για την πλήρωση της λεκάνης και την αντιμετώπιση των απωλειών κατά τη διάρκεια πληρώσεως της T_r χρειάζεται όγκος νερού (V_r) ίσος με:

$$V_r = V_1 + V_2 + V_3 = S \cdot h + K \cdot S \cdot T_r + E \cdot S \cdot T_r \Rightarrow V_r = S \cdot [h + T_r \cdot (K + E)].$$

Η παροχή q_r (m^3/s) της διώρυγας κατά τη διάρκεια πληρώσεως της λεκάνης, δίνεται από τη σχέση: $q_r = V_r / T_r$.

Αν τώρα T_k είναι ο χρόνος κατακλύσεως, θα πρέπει να προστεθεί γι' αυτή τη χρονική διάρκεια ένας όγκος νερού V_k για αντιστάθμιση των απωλειών σε βαθιά διήθηση και εξάτμιση, ώστε το ύψος h του νερού να μένει σταθερό. Ο όγκος αυτός είναι ίσος με:

$$V_k = S \cdot K \cdot T_k + S \cdot E \cdot T_k = S \cdot (K + E) \cdot T_k.$$

Στην ίδια περίοδο η παροχή της διώρυγας q_k (m^3/s) βρίσκεται από τη σχέση:

$$q_r = V_r / T_r = S \cdot (K + E).$$

Το μέγεθος των λεκανών κατακλύσεως μπορεί να κυμαίνεται από λίγα τετραγωνικά μέτρα σε πολύ υδατοπερατά εδάφη μέχρι και 10 στρέμματα ή και περισσότερο σε εδάφη λιγότερο υδατοπερατά. Τα μεγάλα μεγέθη αφορούν καλλιέργειες ρυζιού. Το σχήμα των λεκανών για εδάφη με ικανοποιητική οριζοντιότητα μπορεί να είναι τετράγωνο ή ορθογώνιο παραλληλόγραμμο, ενώ για κλίσεις εδάφους γύρω στο 3% είναι προτιμότερο το ορθογώνιο παραλληλόγραμμο. Το πλάτος καθορίζεται κυρίως από την κλίση του εδάφους, αν ληφθεί υπόψη ότι η υψομετρική διαφορά μεταξύ των δυο παραλλήλων αναχωμάτων κυμαίνεται μεταξύ 5 ως 10 cm. Είναι φανερό ότι σε επικλινή εδάφη οι λεκάνες χαράζονται και κατασκευάζονται σύμφωνα με τις ισοϋψείς καμπύλες του εδάφους.

Μια ιδέα των συνήθων μεγεθών λεκανών κατακλύσεως για τις βασικές κατηγορίες των εδαφών σε συνδυασμό με τη διαθέσιμη ποσότητα νερού, δίνεται στον Πίνακα 3.1.3.

Πίνακας 3.1.3. Συνήθη μεγέθη λεκανών.

Διαθέσιμη Παροχή		Μηχανική σύσταση εδάφους		
		Ελαφρά	Μέση	Βαριά
l/sec	m^3/h	Μέγεθος (εμβαδόν) λεκάνης σε m^2		
28	100	100 - 170	200 - 400	500 - 1000
56	200	100 - 170	400 - 800	1000 - 2000
111	400	100 - 170	400 - 800	3000 - 4000

Πηγή: Καρακατσούλης Π., 1995.

Πολύ συχνά η άρδευση με κατάκλυση σε οπωρώνες συνίσταται στην κατασκευή ανά δένδρο μιας λεκάνης τετραγωνικού σχήματος, όπου το νερό λιμνάζει μέχρι της πλήρους διηθήσεώς του στο έδαφος. Το αρδευτικό νερό παρέχεται με τη βοήθεια αρδευτικών αυλακιών ή ακόμα και με σωλήνες υπό πίεση πάνω στους οποίους, σε ειδικές θέσεις, υπάρχουν τοποθετημένες υδροληψίες. Με τις υδροληψίες συνδέονται πλαστικοί σωλήνες οι οποίοι μεταφέρουν το νερό διαδοχικά μέσα σε κάθε λεκάνη (σχήμα 3.18.).

3.1.3.1. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της άρδευσης με κατάκλυση

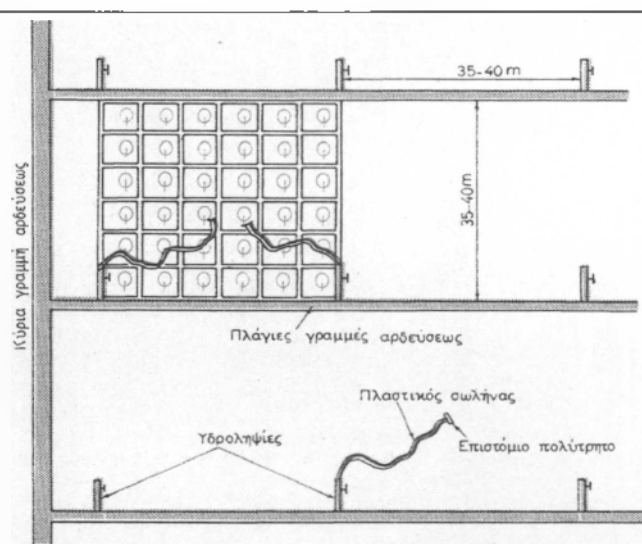
Η κατάκλυση μπορεί να εφαρμοσθεί σε πολλές καλλιέργειες (Εικόνα 3.4.). Το κυριότερο πλεονέκτημα είναι ότι οι δαπάνες πρώτης εγκαταστάσεως και η συντήρηση των κατασκευών είναι μικρές με τον όρο ότι το έδαφος είναι αρκετά επίπεδο, γιατί αλλιώς θα

πρέπει να κατασκευασθούν περισσότερα αναχώματα και μάλιστα με μεγαλύτερο ύψος. Άλλο πλεονέκτημα είναι ότι σε πολλές περιπτώσεις, όπως αυτή του σχήματος 3.18., μειώνει κατά πολύ τις απώλειες νερού και επιπλέον δεν έχει ανάγκη αυστηρής επιβλέψεως. Αν τα νερά περιέχουν ιλύ, που είναι ιδιαίτερα ωφέλιμη σε εδάφη αμμώδη ή χαλικώδη, το σύστημα επιτρέπει την εναπόθεσή της στην επιφάνεια του εδάφους. Μερικές φορές μπορεί να χρησιμοποιηθεί για προστασία των μικρών φυταρίων από τις παγωνιές της ανοίξεως.

Επιτρέπει την καλλιέργεια του ρυζιού, το οποίο δεν αναπτύσσεται παρά μέσα στο νερό, ενώ εφαρμόζεται και για χειμερινές αρδεύσεις των αμπελώνων.



Εικόνα 3.4. Αρδευόμενα αγροτεμάχια με κατάκλυση.



Σχήμα 3.18. Μέθοδος αρδύσεως δένδρων με ατομικές λεκάνες τροφοδοτούμενες με νερό υπό πίεση.

Η περιεκτικότητα των νερών κατακλύσεως σε ιλύ μερικές φορές αποτελεί μειονέκτημα, γιατί μπορεί, φράζοντας τους πόρους του εδάφους, να έχει δυσμενή επίδραση στο πορώδες και τη διηθητικότητά του. Έτσι μπορεί να μεταβληθούν οι φυσικές ιδιότητες του εδάφους και εδάφη με μικρή υδατοπερατότητα να βρεθούν στη συνέχεια με πολύ μικρότερη. Αυτό εμποδίζει τον αερισμό του εδάφους, την ισορροπία του αζώτου μέσα σ' αυτό, ενώ είναι δυνατόν να αναπτυχθούν μη επιθυμητά φυτά.

Δεν ενδείκνυται η εφαρμογή της σε εδάφη με πολύ μικρή διηθητικότητα γιατί η στράγγιση είναι πολύ δύσκολη.

3.2. ΑΡΔΕΥΣΗ ΜΕ ΤΕΧΝΗΤΗ ΒΡΟΧΗ

Η άρδευση με τεχνητή βροχή (καταιονισμός) συνίσταται στην εφαρμογή του αρδευτικού νερού στον αγρό υπό μορφή βροχής (Εικόνες 3.5.-3.6.).



Εικόνα 3.5. Άρδευση με τεχνητή βροχή.



Εικόνα 3.6. Καταιονισμός σε κηπευτικές καλλιέργειες.

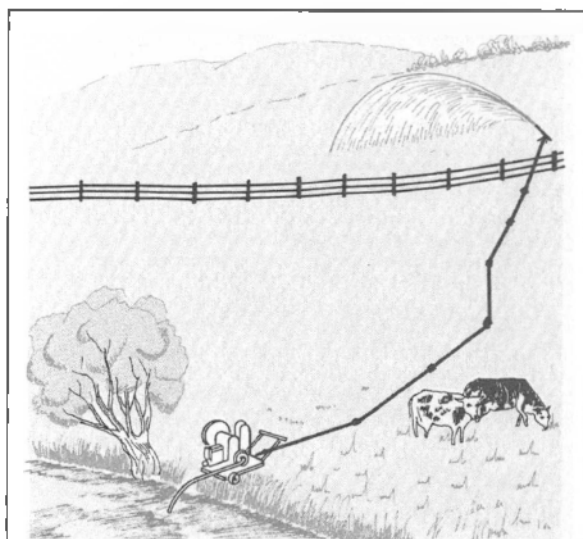
Το νερό διηθείται στο έδαφος περισσότερο ομοιόμορφα από ό,τι στην επιφανειακή άρδευση. Δηλαδή, το νερό κινείται με τέτοιες ταχύτητες στην επιφάνεια του εδάφους έτσι ώστε να μην λιμνάζει για αρκετό καιρό, αλλά και να μην έχουμε μεγάλη απορροή σε επικλινή εδάφη, αποφεύγοντας τη σπατάλη νερού και διαθέτοντας την απαραίτητη ποσότητα νερού στον κατάλληλο χρόνο, στα φυτά. Η διηθητικότητα του εδάφους αποτελεί βασικό παράγοντα για την εφαρμογή της τεχνητής βροχής. Η μέθοδος εφαρμόζεται από αρκετά χρόνια και πολλές χώρες διεκδικούν τα πρωτεία. Η διάδοσή της υπήρξε γρήγορη και καθημερινά εξαπλώνεται όλο και περισσότερο. Βασικά το όλο σύστημα, στην πιο απλή μορφή του, αποτελείται από τρία κύρια μέρη (Εικόνα 3.7.). Δηλαδή:

- **Τον εκτοξευτήρα** (ή **εκτοξευτήρες**) που χάρη στην κατασκευή του διασπείρει το νερό υπό μορφή σταγόνων βροχής.
- **Το σωλήνα** (ή **σωλήνες**) μεταφοράς του νερού υπό πίεση και
- **το αντλητικό συγκρότημα**, το οποίο αντλεί το νερό από κάποια πηγή (ποτάμι, πηγάδι κλπ.) και με πίεση το στέλνει μέχρι τον ή τους εκτοξευτήρες. Η πίεση αυτή σε άλλες περιπτώσεις μπορεί να εξασφαλισθεί και με φυσική βαρύτητα (υδροστατική) κατασκευάζοντας μια δεξαμενή στο κατάλληλο υψόμετρο. Συχνά

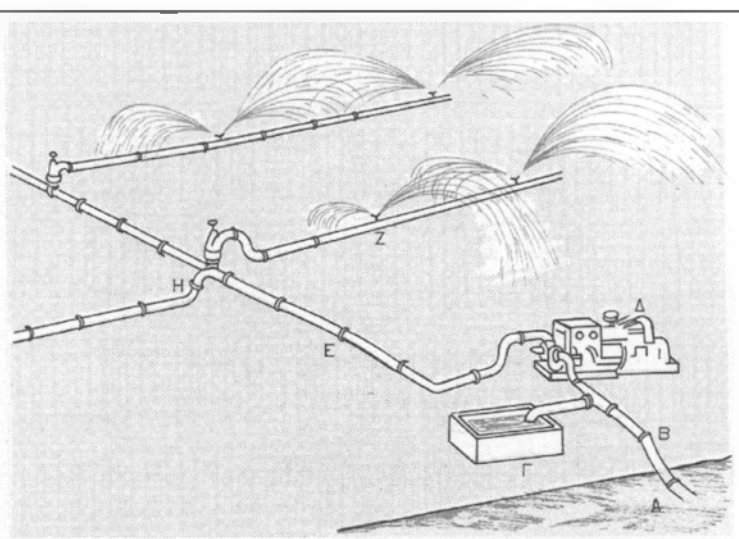
μπορεί να γίνεται συνδυασμός αντλίας, για την ανύψωση του νερού και δεξαμενής για τη διανομή του.

Το σύστημα της τεχνητής βροχής μπορεί παράλληλα να χρησιμοποιηθεί και για τη διανομή λιπασμάτων που διαλύονται εύκολα στο νερό (Εικόνα 3.8.).

Γενικότερα, είναι η πιο πρόσφατη, σύγχρονη μέθοδος άρδευσης και συναντάται ευρέως στις μέρες μας σε πολλές καλλιεργούμενες εκτάσεις.



Εικόνα 3.7. Απλή διάταξη ατομικού συγκροτήματος τεχνητής βροχής.



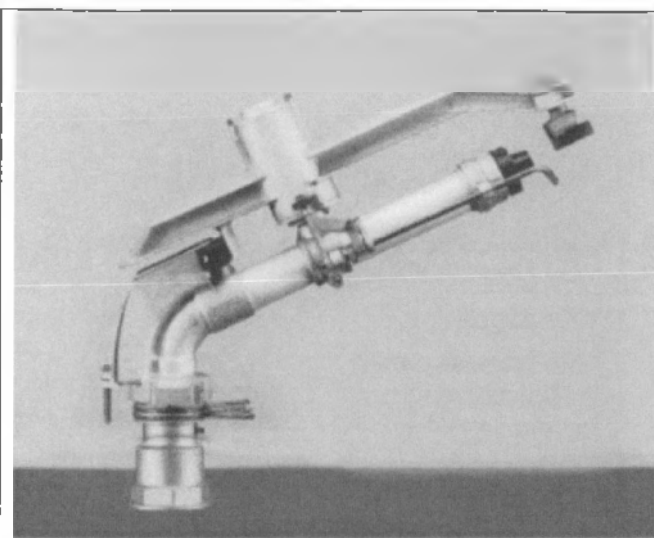
Εικόνα 3.8. Λίπανση με το αρδευτικό συγκρότημα τεχνητής βροχής. Α. Πηγή νερού. Β. Αναρροφητικός σωλήνας. Γ. Δοχείο λιπασματοδιαλύματος. Δ. Αντλητικό συγκρότημα. Ε. Σωληνώσεις. Ζ. Βάννα ρυθμίσεως της ροής. Η. Λιπασματοδιανομείς.

3.2.1. Περιγραφή και λειτουργία των σπουδαιότερων στοιχείων, ενός απλού συστήματος τεχνητής βροχής

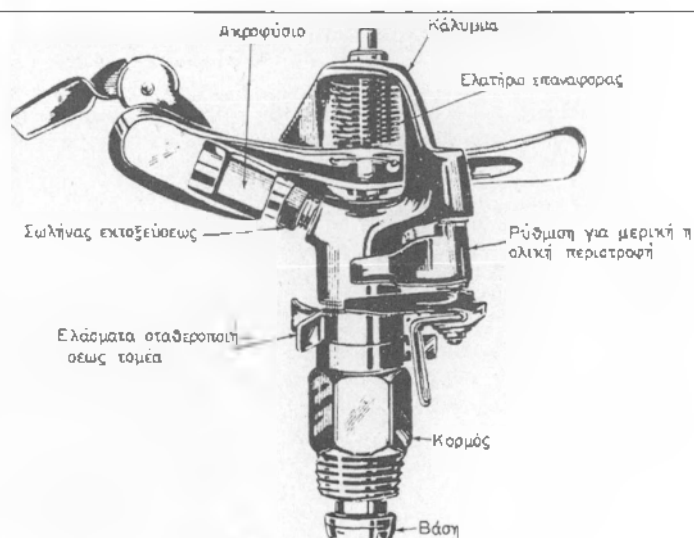
3.2.1.1. Εκτοξευτήρες

Οι εκτοξευτήρες (Εικόνα 3.9.) αποτελούν το τελευταίο τμήμα του οποιουδήποτε συστήματος τεχνητής βροχής. Αποτελούνται από τρία κύρια μέρη (Εικόνα 3.10.):

- 1) **Τη βάση ή τον κορμό** που συνδέεται με το σωλήνα με απλό τρόπο.
- 2) **Το σωλήνα εκτοξεύσεως** που περιστρέφεται ολικώς ή μερικώς πάνω στη βάση· στο άκρο του ο σωλήνας αυτός φέρει το ακροφύσιο από το οποίο εκτοξεύεται το νερό.
- 3) **Το σύστημα περιστροφής** που ανάλογα με το μηχανισμό του μπορεί να καλύπτει επιφάνεια κύκλου ή κυκλικού τομέα.



Εικόνα 3.9. Σύγχρονος εκτοξευτήρας Πτολεμαΐδας.



Εικόνα 3.10. Τα περισσότερα μέρη κοινού εκτοξευτήρα.

Ιδιαίτερη σημασία στους εκτοξευτήρες έχει το ακροφύσιο που αποτελείται από ένα κωνικό επιστόμιο κυκλικής ή τετραγωνικής διατομής. Το νερό βγαίνει από το ακροφύσιο με μεγάλη ταχύτητα και η σχηματιζόμενη υδάτινη φλέβα μπορεί να διασπάται με τεχνητό τρόπο σε σταγονίδια ή με φυσικό τρόπο κάτω από την επίδραση της αντιστάσεως του αέρα.

Για την περιστροφική κίνηση των εκτοξευτήρων χρησιμοποιείται, με τη βοήθεια απλών μηχανισμών, η ενέργεια του νερού που βγαίνει από το ακροφύσιο. Στο εμπόριο κυκλοφορούν πάρα πολλοί τύποι εκτοξευτήρων των οποίων τα κύρια χαρακτηριστικά αναφέρονται:

- Στη διάμετρο (D) του ακροφυσίου σε mm.
- Στην πίεση λειτουργίας (P) σε atm.
- Στην παροχή (q) σε m^3/h .
- Στην ακτίνα εκτοξεύσεως (R) του νερού σε m (απόσταση του εκτοξευτήρα από τις πιο απομακρυσμένες σταγόνες νερού).
- Στη μέση ένταση της παρεχόμενης τεχνητής βροχής (i) σε χιλιοστά ανά ώρα (mm/h).
- Στις μέγιστες αποστάσεις, για ομοιόμορφη άρδευση, μεταξύ των εκτοξευτήρων, ανάλογα με τη διάταξή τους (τετραγωνική, ορθογωνική, τριγωνική).

α) Κατηγορίες εκτοξευτήρων με βάση την πίεση λειτουργίας τους

Ανάλογα με την πίεση λειτουργίας τους οι εκτοξευτήρες διακρίνονται σε:

– **Εκτοξευτήρες χαμηλής πίεσεως.**

Πίεση λειτουργίας $P = 1-3 \text{ atm}$, παροχή $q = 1-4 \text{ m}^3/\text{h}$, ακτίνα εκτοξεύσεως $R = 6-20 \text{ m}$, ένταση βροχής $i = 6-12 \text{ mm/h}$.

Οι εκτοξευτήρες αυτοί, λόγω της μικρής ακτίνας R , δεν επηρεάζονται πολύ από τον άνεμο και είναι κατάλληλοι για άρδευση κάτω από την κόμη των δένδρων και για εδάφη με μικρή διηθητικότητα. Χρησιμοποιούνται συνήθως για άρδευση οπωρώνων και λαχανικών.

– **Εκτοξευτήρες μέσης πίεσεως.**

$P = 5-8 \text{ atm}$, $q = 4-12 \text{ m}^3/\text{h}$, $R = 20-40 \text{ m}$, $i = 8-15 \text{ mm/h}$.

Οι εκτοξευτήρες αυτοί επηρεάζονται περισσότερο από την ταχύτητα του ανέμου και είναι κατάλληλοι για όλες σχεδόν τις κατηγορίες εδαφών καθώς και για τις περισσότερες καλλιέργειες. Όταν χρησιμοποιούνται για άρδευση οπωρώνων, αυτή γίνεται πάνω από την κόμη των δένδρων και τότε οι εκτοξευτήρες τοποθετούνται επάνω σε ειδικές συσκευές σε ύψος, συνήθως, 60-80 cm από την επιφάνεια του εδάφους ή και περισσότερο.

– **Εκτοξευτήρες υψηλής πίεσεως.**

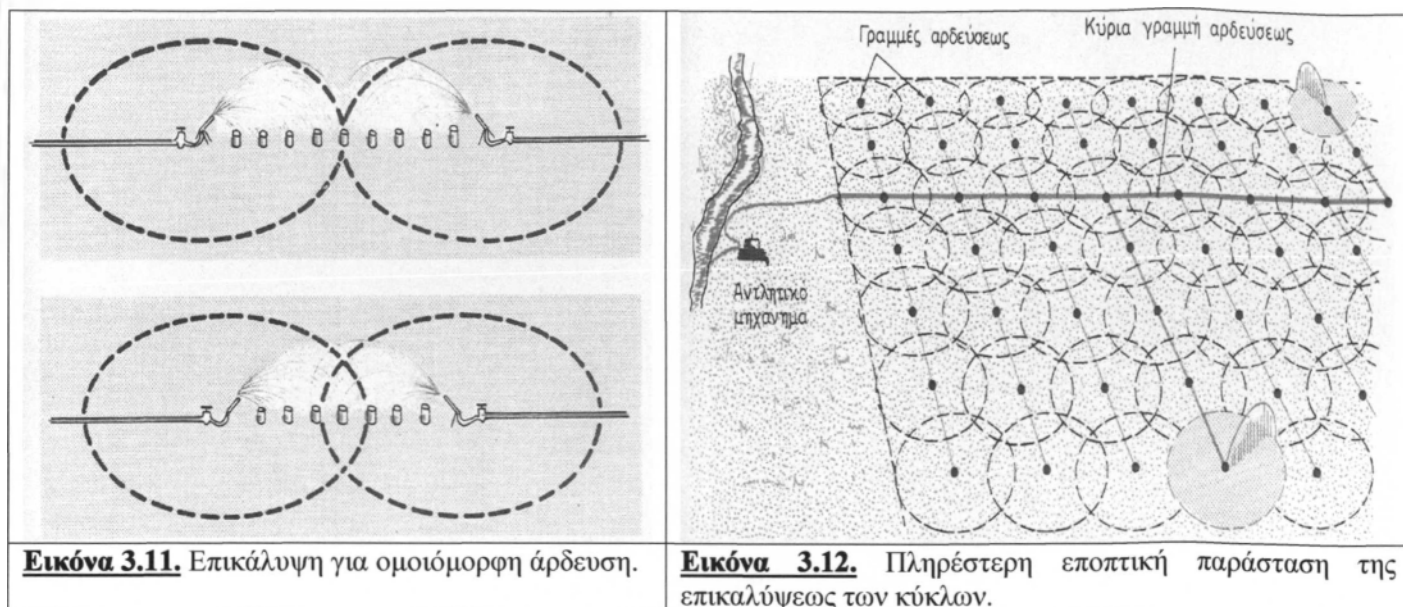
$P = 5-8 \text{ atm}$, $q = 12-80 \text{ m}^3/\text{h}$, $R = 40-60 \text{ m}$, $i = 12-45 \text{ mm/h}$.

Κατάλληλοι για ελαφριά εδάφη και για όλα σχεδόν τα φυτά μεγάλης καλλιέργειας με ιδιαίτερη επιτυχία στη μηδική, το τριφύλλι και γενικά στους λειμώνες και βοσκές. Λόγω των μεγάλων παροχών είναι φανερό ότι η χρησιμοποίησή τους προϋποθέτει εδάφη με μεγάλη διηθητικότητα. Η μεγάλη ακτίνα εκτοξεύσεως κάνει τη χρήση τους προβληματική σε περιοχές που επικρατούν ισχυροί άνεμοι, γιατί οι άνεμοι επιδρούν δυσμενώς στην ομοιόμορφη κατανομή της βροχής γύρω από τον εκτοξευτήρα.

β) Διάταξη των εκτοξευτήρων

Είναι δεδομένο ότι το ύψος της βροχής που προέρχεται από τον εκτοξευτήρα δεν είναι ομοιόμορφο και μειώνεται προς την περιφέρεια που διαγράφεται με κέντρο τον εκτοξευτήρα και ακτίνα την ακτίνα εκτοξεύσεως R . Η αρδευόμενη επιφάνεια είναι κύκλος και αν οι κύκλοι ήταν εφαπτόμενοι, τότε μία έκταση θα έμενε απότιστη. Για τον παραπάνω ακριβώς λόγο, αλλά και για την ομοιόμορφη άρδευση της εκτάσεως επιβάλλεται επικάλυψη των κύκλων, ενώ ένα περιθώριο επικάλυψης μετριάξει τη δυσμενή επίδραση των ελαφρών ανέμων (Εικόνες 3.11. – 3.12.).

Οι εκτοξευτήρες τοποθετούνται επάνω σε σωληνώσεις και αποτελούν έτσι τις καλούμενες **γραμμές αρδύσεως** (Εικόνα 3.12.).



Εικόνα 3.11. Επικάλυψη για ομοιόμορφη άρδευση.

Εικόνα 3.12. Πληρέστερη εοπτική παράσταση της επικάλυψης των κύκλων.

Οι σωληνώσεις τροφοδοτούνται με νερό από μία κεντρική σωλήνωση που λέγεται **κύρια γραμμή αρδύσεως**. Οι αποστάσεις των εκτοξευτήρων πάνω στις γραμμές καθώς και οι αποστάσεις μεταξύ των γραμμών αρδύσεως ποικίλλουν. Οι πρώτες επιλέγονται από μία σειρά μηκών σωληνώσεων των 6 ή 9 m και τα πολλαπλάσιά τους, δηλαδή 6, 9, 12, 18, 24, 36, 42, 63, 81, ενώ οι δεύτερες είναι συνάρτηση των πρώτων και του βαθμού επικάλυψης των κύκλων. Βέβαια, κατά την επιλογή λαμβάνονται υπόψη το είδος της καλλιέργειας, το έδαφος, η ταχύτητα του ανέμου και οι καλλιεργητικές φροντίδες.

Οι συνηθέστεροι τρόποι διατάξεως των εκτοξευτήρων είναι:

- **Ορθογωνική διάταξη** (Εικόνα 3.13.).

Η διάταξη αυτή είναι η πιο συχνή και παρουσιάζει ικανοποιητική ομοιομορφία. Η απόσταση b των εκτοξευτήρων πάνω στις γραμμές είναι μικρότερη από την απόσταση l των γραμμών μεταξύ τους. Συνήθως η απόσταση b είναι κατά τι μικρότερη από την ακτίνα R , ενώ η απόσταση l είναι ίση περίπου με $1,33 R$ ή και περισσότερο.

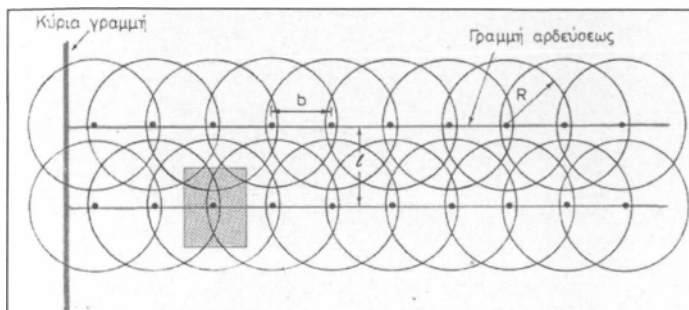
- **Τετραγωνική διάταξη** (Εικόνες 3.14. – 3.15.).

Στη διάταξη αυτή η απόσταση b είναι ίση με την l και ικανοποιητική ομοιομορφία έχουμε για $b = l = R\sqrt{2} = 1,41 R$, δηλαδή ίση με την πλευρά τετραγώνου εγγεγραμμένου σε κύκλο με ακτίνα R , χωρίς όμως αυτό να σημαίνει ότι πρέπει πάντοτε έτσι να συμβαίνει (σχήμα 3.3η). Συχνά επίσης λαμβάνεται $b = l = R$.

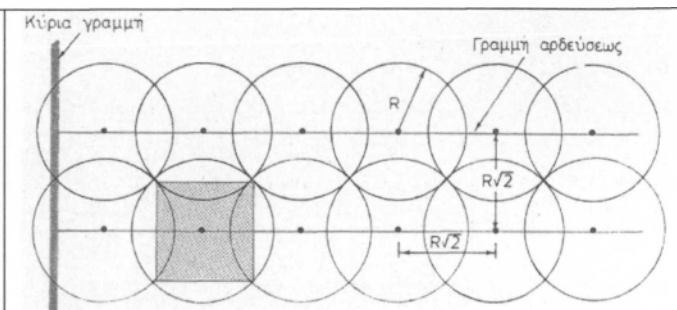
- **Τριγωνική διάταξη** (Εικόνα 3.16.).

Στην περίπτωση αυτή οι εκτοξευτήρες τοποθετούνται στις κορυφές ισοπλευρών τριγώνων, οπότε: $b = R\sqrt{3} = 1,52 R$. Η διάταξη αυτή εξασφαλίζει την καλύτερη ομοιομορφία

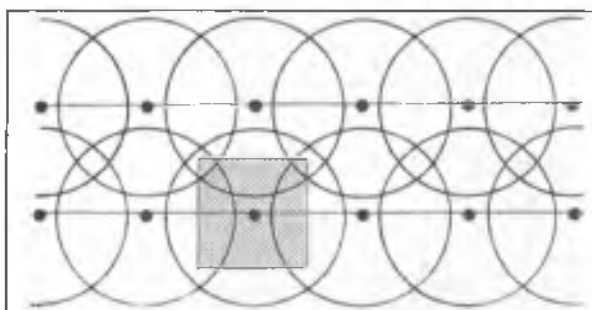
και ενδείκνυται στην περίπτωση που οι εκτοξευτήρες είναι μόνιμα τοποθετημένοι στις σωληνώσεις. Όταν όμως μετακινούνται, η εφαρμογή της παρουσιάζει δυσκολίες ως προς την ταχύτητα εγκαταστάσεως των σωληνώσεων.



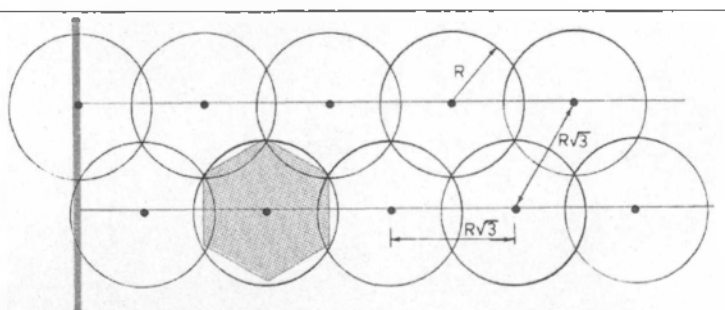
Εικόνα 3.13. Ορθογωνική διάταξη.



Εικόνα 3.14. Τετραγωνική διάταξη $b = l = 1,41 R$.



Εικόνα 3.15. Τετραγωνική διάταξη $b = l$.



Εικόνα 3.16. Τριγωνική διάταξη.

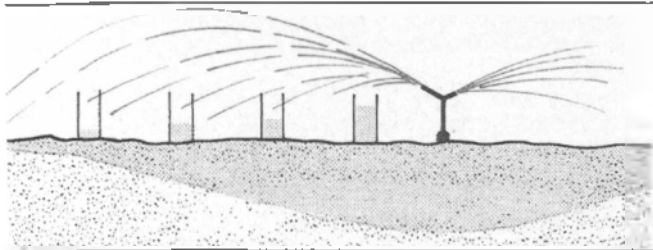
γ) Ομοιομορφία της τεχνητής βροχής του εκτοξευτήρα.

Με τη έκφραση αυτή εννοούμε την ομοιόμορφη κατανομή της τεχνητής βροχής σε ίσες αποστάσεις από τον εκτοξευτήρα. Θεωρητικά αυτό σημαίνει ότι στις περιφέρειες ομοκέντρων κύκλων με ακτίνες μικρότερες από την ακτίνα εκτοξεύσεως R , το ύψος της τεχνητής βροχής θα πρέπει να είναι το ίδιο για την ίδια περιφέρεια. Ομοιόμορφη τεχνητή βροχή γύρω από τον εκτοξευτήρα δε σημαίνει και ομοιόμορφη άρδευση της κυκλικής επιφάνειας γύρω από αυτόν, γιατί εκ κατασκευής το ύψος της τεχνητής βροχής παίρνει τη μέγιστη τιμή του κοντά στον εκτοξευτήρα και στη συνέχεια μειώνεται προοδευτικά για να μηδενισθεί στην περιφέρεια ακτίνας R (Σχήμα 3.19.).

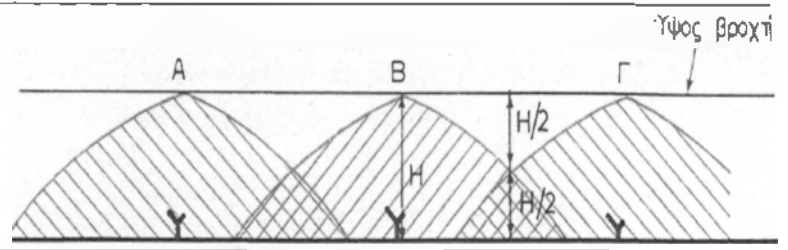
Για να έχουμε ομοιόμορφο ύψος βροχής σε όλο το μήκος της ακτίνας R , είναι αναγκαία η επικάλυψη των κύκλων (Σχήμα 3.20.).

Η κανονική κατανομή της βροχής του εκτοξευτήρα εξαρτάται από την πίεση λειτουργίας του. Πίεση μικρότερη ή μεγαλύτερη από την κανονική μας δίνει κατανομή μη ικανοποιητική (Σχήμα 3.21.). Πίεση μικρότερη από την κανονική μας δίνει μέγεθος σταγόνων

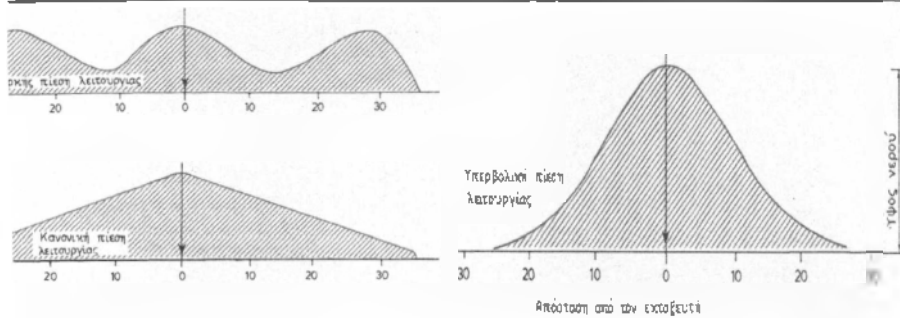
μεγάλο με δυσμενή επίπτωση στη δομή του εδάφους (σχηματισμός κρούστας με συνέπεια τη μείωση του αερισμού και της διηθητικότητας του εδάφους), ενώ πίεση μεγαλύτερη από την κανονική μας δίνει μέγεθος σταγόνων πολύ μικρό με συνέπεια οι σταγόνες να παρασύρονται εύκολα και από ασθενείς ακόμη ανέμους (Σχήμα 3.22.). Στην τελευταία αυτή περίπτωση παρουσιάζεται και σημαντική αύξηση απωλειών νερού λόγω εξατμίσεως.



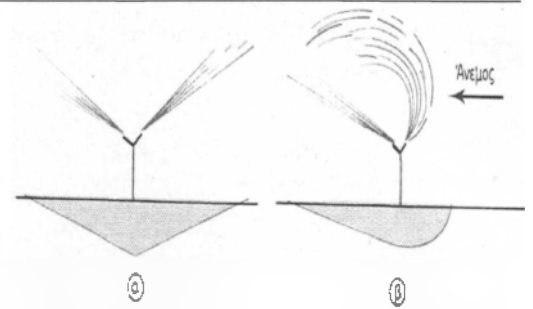
μα 3.19. Παράσταση κατανομής της βροχής του εκξευτήρα κατά μήκος της ακτίνας R.



Σχήμα 3.20. Ισοπλάκη επικάλυψη. Το ύψος βροχής H στις κορυφές A, B, Γ είναι σχεδόν το ίδιο για όλη την ευθεία ΑΓ.



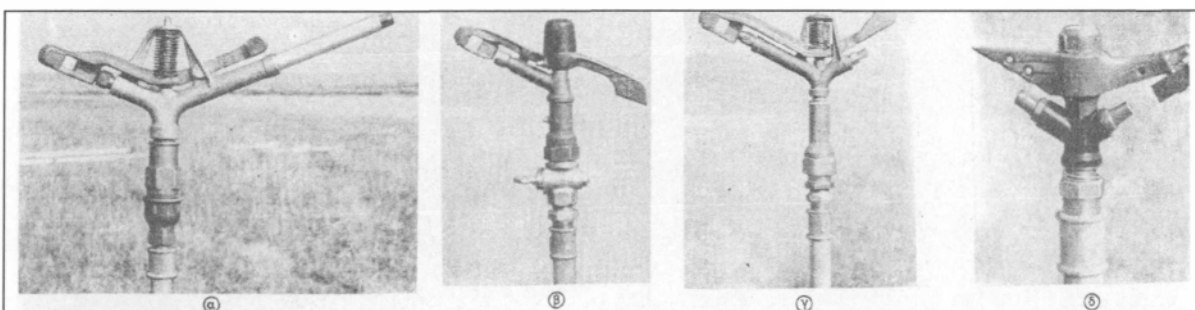
μα 3.21. Επίδραση της πίεσεως (ανεπαρκής, κανονική και υπερβολική) στην κατανομή της βροχής.



Σχήμα 3.22. Επίδραση του ανέμου στην κατανομή της βροχής του εκτοξευτήρα. α) Χωρίς αισθητό άνεμο. β) Με αισθητό άνεμο.

δ) Διάφοροι τύποι εκτοξευτήρων και χαρακτηριστικά αυτών

Στην Εικόνα 3.17. φαίνονται οι διάφοροι τύποι εκτοξευτήρων και στον παρακάτω ενδεικτικό πίνακα (Πίνακας 3.1.4.) παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά τους.



Εικόνα 3.17. Διάφοροι τύποι εκτοξευτήρων. α) Τύπος «μικρό κανόνι». β) Τύπος μονής εκτοξεύσεως μέσης πίεσεως λειτουργίας. γ) Τύπος διπλής εκτοξεύσεως μέσης πίεσεως λειτουργίας. δ) Τυπικός εκτοξευτήρας χαμηλής πίεσεως.

Πίνακας 3.1.4. Χαρακτηριστικά εκτοξευτήρων.

Διάμετρος ακροφυσίου σε mm ΚΩΔΙΚΟΣ	Πίεση σε kg/cm ² (atm)	Παροχή m ³ /h	Καλυπτόμενη διάμετρος (m)	i = Ένταση βροχής (mm/h) αποστάσεις (m)						Μέγιστη απόσταση σε τριγωνική διάταξη		
				30 x 30	30 x 36	36 x 36	36 x 42	42 x 42	42 x 48	48 x 48	Απόσταση (m)	i (mm/h)
11.0 x 6.3 Α	4.0	12.0	56	13.3	11.1	9.3	7.9	6.8			42 x 42	6.8
	5.0	13.4	58	14.9	12.4	10.3	8.9	7.6			42 x 42	7.6
	6.0	14.7	61	16.4	13.6	11.3	9.7	8.3			48 x 48	6.4
	7.0	16.0	63	17.8	14.8	12.4	11.6	9.1			48 x 54	6.2
13.0 x 6.3 Β	4.0	15.0	59	16.7	13.9	11.5	9.9	8.5	7.4		42 x 42	8.5
	5.0	17.0	62	18.9	15.7	13.1	11.2	9.6	8.4		48 x 48	7.4
	6.0	19.0	64	21.1	17.6	14.7	12.6	10.8	9.4		48 x 54	7.3
	7.0	20.3	66	22.5	18.8	15.7	13.4	11.5	10.0		48 x 54	7.8
14.5 x 6.3 Γ	4.0	17.0	63	18.9	15.7	13.1	11.2	9.6	8.4	7.4	48 x 54	6.6
	5.0	19.1	65	21.2	17.7	14.7	12.6	10.8	9.5	8.3	48 x 54	7.4
	6.0	20.8	67	23.1	19.3	16.0	13.7	11.8	10.3	9.0	54 x 54	7.1
	7.0	22.3	69	24.8	20.3	17.2	14.7	12.6	11.0	9.8	54 x 54	7.6

Πηγή: Καρακατσούλης Π., 1995.

Κάθε βιομηχανία κατασκευάζει και προσφέρει στην αγορά μία σειρά από εκτοξευτήρες. Κάθε τύπος εκτοξευτήρα συνοδεύεται από ένα πίνακα με τα χαρακτηριστικά του. Η μελέτη των χαρακτηριστικών αυτών οδηγεί στην επιλογή του πιο κατάλληλου. Ο τύπος του παραδείγματος έχει επινοηθεί για φυτά μεγάλης καλλιέργειας (αραβόσιτος, τεύτλα, βαμβάκι κ.ά.). Στην πρώτη στήλη του πίνακα δίδονται η διάμετρος του ακροφυσίου σε χιλιοστά (mm) και ο αντίστοιχος κωδικός του (Α, Β, Γ). Στη δεύτερη, τρίτη και τέταρτη στήλη δίνονται κατά σειρά η πίεση λειτουργίας σε kg/cm³, η παροχή σε m³/h και η διάμετρος της διαβρεχόμενης κυκλικής επιφάνειας σε m. Στη συνέχεια δίνεται η ένταση (i) της τεχνητής βροχής σε χιλιοστά ανά ώρα (mm/h) για διάφορες αποστάσεις μεταξύ γραμμών και μεταξύ εκτοξευτήρων της ίδιας γραμμής, εκφρασμένες σε μέτρα (m), ενώ οι τιμές της που είναι γραμμένες με πλάγια γράμματα πρέπει να αποφεύγονται γιατί δεν εξασφαλίζουν ικανοποιητική ομοιομορφία βροχοπτώσεως. Η αρδευόμενη επιφάνεια δίνεται ως γινόμενο των παραπάνω δύο αποστάσεων, από τις οποίες η πρώτη αναφέρεται στις γραμμές και η δεύτερη στους εκτοξευτήρες πάνω στην ίδια γραμμή.

Αν προτιμηθεί η τριγωνική διάταξη, ο κατασκευαστής δίνει τις δύο τελευταίες στήλες του πίνακα από τις οποίες στην πρώτη έχουμε την καλυπτόμενη επιφάνεια και στη δεύτερη την ένταση της βροχής. Με τη βοήθεια του πίνακα αυτού είναι εύκολη η εκλογή του καταλληλότερου εκτοξευτήρα, ανάλογα βέβαια με τα δεδομένα στην κάθε περίπτωση. Αν για παράδειγμα βρέθηκε ότι, για διάταξη 36 x 36 και ένταση (i) ίση με 13,4 mm/h, απαιτείται πίεση ίση με 7 kg/cm³ και η πίεση που διατίθεται είναι μόλις 5 kg/cm³, τότε είναι δυνατή η χρησιμοποίηση του ίδιου τύπου εκτοξευτήρα (διαστάσεων 11,0 mm x 6,3 mm), αλλά με νέα διάταξη, δηλαδή 30 x 36 αντί της 36 x 36.

Επειδή συχνά επικρατεί η έκφραση της παροχής σε m³/h, είναι χρήσιμη η γνώση της παρακάτω σχέσεως, που για κάθε συνδυασμό αποστάσεων μεταξύ γραμμών αρδεύσεως και εκτοξευτήρων, δίνει απ' ευθείας την ένταση της τεχνητής βροχής (i) σε mm/h, δηλαδή:

$$i = (\text{παροχή} \cdot 100) / (\text{απόσταση μεταξύ των γραμμών} \cdot \text{απόσταση μεταξύ εκτοξευτήρων}).$$

3.2.1.2. Σωληνώσεις

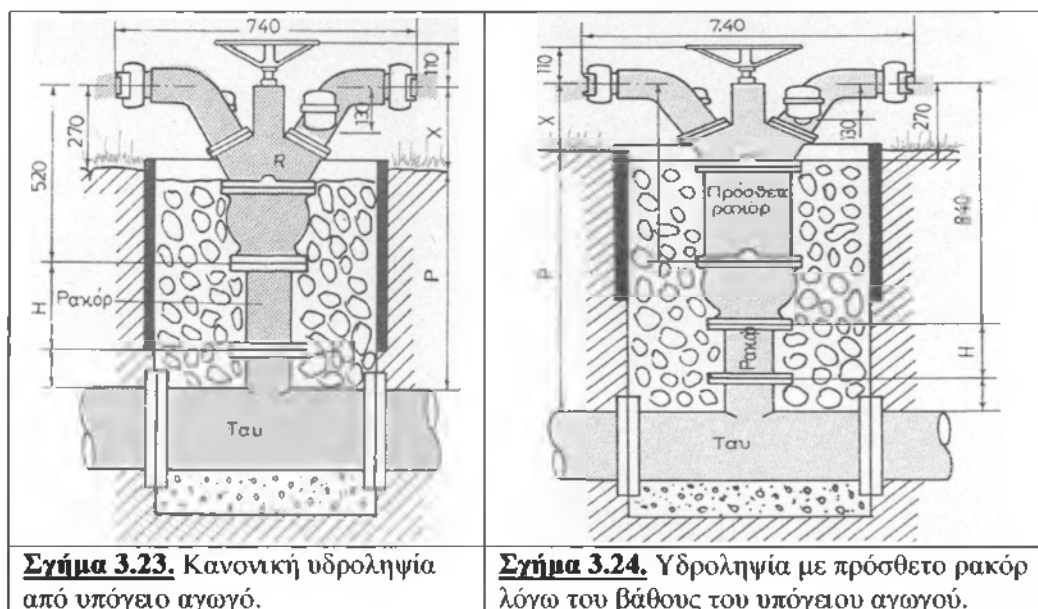
Οι Σωληνώσεις διανομής του αρδευτικού νερού στο σύστημα αρδεύσεως με τεχνητή βροχή διακρίνονται σε **μόνιμες, κινητές ή μικτές**, ενώ ειδικά τεμάχια (**σύνδεσμοι**) χρησιμοποιούνται για τη σύνδεσή τους.

• Μόνιμες σωληνώσεις

Οι σωληνώσεις αυτές μπορεί να είναι ή μεταλλικές ή από αμιαντοτσιμέντο ή και πλαστικές μέχρις ενός διαμετρήματος. Σε εξαιρετικές περιπτώσεις μπορεί να κατασκευασθούν και από οπλισμένο σκυρόδεμα (μπετόν αρμέ).

Το βάθος τοποθέτησής τους στο έδαφος ποικίλλει ανάλογα με τη διάμετρο του σωλήνα, τη φύση του εδάφους και τα φορτία που θα εφαρμοσθούν στην επιφάνεια του εδάφους (τρακτέρ και άλλα γεωργικά μηχανήματα). Ειδικοί πίνακες δίνουν την αντοχή των σωληνώσεων και τα βάθη στα οποία πρέπει να τοποθετούνται. Οι πίνακες αυτοί συντάσσονται από τις κατασκευαστικές εταιρίες που είναι υπεύθυνες για την ποιότητα και την αντοχή των σωληνώσεων. Για τις περισσότερες σωληνώσεις το συνηθισμένο βάθος είναι γύρω στα 70 με 80 cm. Επάνω σ' αυτές τις σωληνώσεις τοποθετούνται οι **υδροληψίες** από τις οποίες τροφοδοτούνται στη συνέχεια οι σωληνώσεις που φέρουν τους εκτοξευτήρες. Για το λόγο αυτό στις θέσεις των υδροληψιών τοποθετούνται, κατά μήκος της σωληνώσεως,

ειδικά τεμάχια σχήματος T (ταυ) που χρησιμεύουν για τη σύνδεση των υδροληψιών με τις σωληνώσεις (Σχήματα 3.23. – 3.24.) Ειδικά μέτρα λαμβάνονται κατά τη μεταφορά και τοποθέτηση των σωληνώσεων μέσα στο έδαφος. Κάθε υδροληψία μπορεί να φέρει 1, 2, 3 ή και 4 υδροστόμια, στα οποία προσαρμίζονται οι σωληνώσεις (κύρια γραμμή και πτέρυγες αρδεύσεως) που φέρουν τους εκτοξευτήρες.



Σχήμα 3.23. Κανονική υδροληψία από υπόγειο αγωγό.

Σχήμα 3.24. Υδροληψία με πρόσθετο ρακόρ λόγω του βάθους του υπόγειου αγωγού.

Τα μέτρα αυτά περιγράφονται λεπτομερώς στα ειδικά φυλλάδια των εταιριών που τις κατασκευάζουν (Πίνακας 3.1.5.).

Η επιλογή των σωληνώσεων στηρίζεται σε τεχνικά και οικονομικά κριτήρια με βάση τα οποία γίνεται ειδική μελέτη για να διαπιστωθούν τα συγκριτικά πλεονεκτήματα κάθε σωληνώσεως για τη συγκεκριμένη περίπτωση ώστε να γίνει η καλύτερη επιλογή.

Πίνακας 3.1.5. Τιμές του «x» σε σχέση με το βάθος «P» και το χρησιμοποιούμενο ή χρησιμοποιούμενα «ρακόρ» σε mm.

H σε mm	P σε mm			
	500	750	1000	1250
0		x = 230	-	-
180		-	x = 160	-
500		-	-	x = 230
0	x = 160	-	-	
180	-	x = 90	-	
500	-	-	x = 160	

Πηγή: Καρακατσούλης Π., 1995.

- **Κινητές σωληνώσεις**

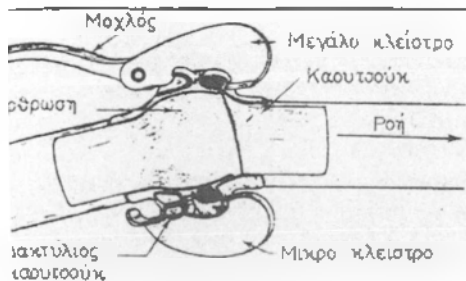
Οι κινητές σωληνώσεις τοποθετούνται πάνω στην επιφάνεια του αγρού και χρησιμεύουν για τη μεταφορά του νερού από την υδροληψία ή το στόμιο της υδροληψίας στις σωληνώσεις που φέρουν τους εκτοξευτήρες. Είναι κατά κανόνα πλαστικές ή από αλουμίνιο με καθημερινή αύξηση των πλαστικών λόγω των πολλών πλεονεκτημάτων που παρουσιάζουν. Μεταξύ αυτών επισημαίνεται το μικρό βάρος τους και η εύκολη μετακίνησή τους.

Επειδή αυτές οι σωληνώσεις πρέπει γρήγορα να αποσυνδέονται και να μεταφέρονται σε άλλη θέση για να ξανασυνδεθούν πρέπει να είναι ελαφριές και εύκολης σύνδεσεως και αποσύνδεσεως. Το σύνηθες μήκος των σωλήνων που τις αποτελούν είναι 6 m.

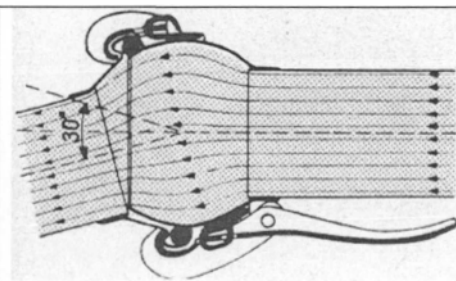
- **Ταχυσύνδεσμοι**

Οι ταχυσύνδεσμοι είναι ειδικά τεμάχια από αλουμίνιο ή και πλαστικό, τώρα τελευταία, που επιτρέπουν τη γρήγορη σύνδεση και αποσύνδεση των σωλήνων. Υπάρχουν πολλοί τύποι ταχυσυνδέσμων από τους οποίους οι κλασικότεροι φαίνονται στα σχήματα 3.25. – 3.27. και στις εικόνες 3.18. – 3.20. Στο σχήμα 3.25. ο ελαστικός (καουτσούκ) δακτύλιος συμπιέζεται και εφαρμόζει με τη βοήθεια χειροκίνητου μηχανισμού, ώστε να έχουμε στεγανή σύνδεση των δύο διαδοχικών σωλήνων. Το καουτσούκ βρίσκεται στο εσωτερικό του αριστερού σωλήνα και εφαρμόζει γύρω από το δεξιό σωλήνα, όταν ο τελευταίος τοποθετηθεί μέσα στον πρώτο με μόνη την πίεση του νερού που κυκλοφορεί μέσα σ' αυτούς.

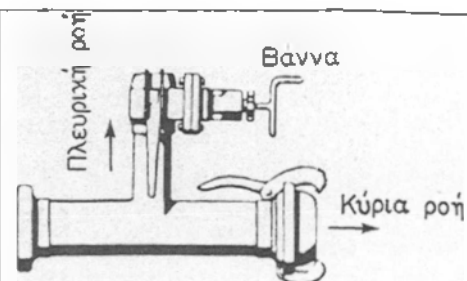
Η ελαστικότητα της αρθρώσεως επιτρέπει αποκλίσεις από την ευθεία για γωνίες μικρότερες από 30° (Σχήμα 3.26.).



Σχήμα 3.25. Λεπτομέρειες ενός συνδέσμου κλασσικού τύπου.

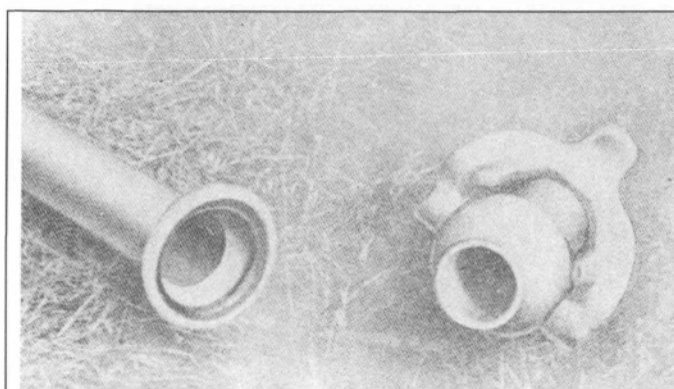


Σχήμα 3.26. Απόκλιση 30°.



Σχήμα 3.27. Ταυ με κλασσική βάννα.

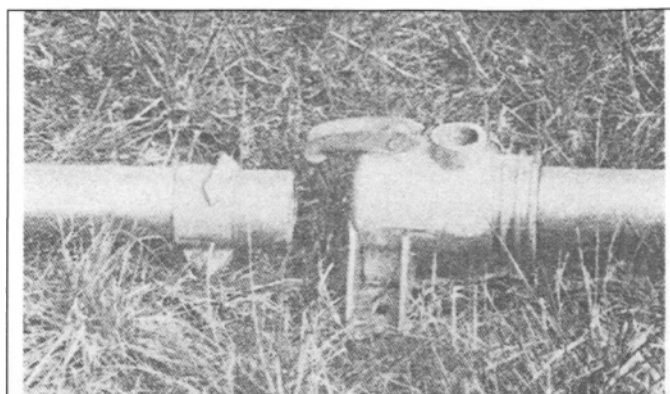
Επίσης για την τροφοδοσία άλλων πλευρικών σωληνώσεων υπάρχουν ειδικά T (Σχήμα 3.27.) εξοπλισμένα με μια βάννα που επιτρέπει την πλευρική σύνδεση, χωρίς να διακόπτεται η μεταφορά νερού στον κύριο αγωγό.



Εικόνα 3.18. Ταχυσύνδεσμος μηχανικός.



Εικόνα 3.19. Κλείσιμο μηχανικού ταχυσυνδέσμου.



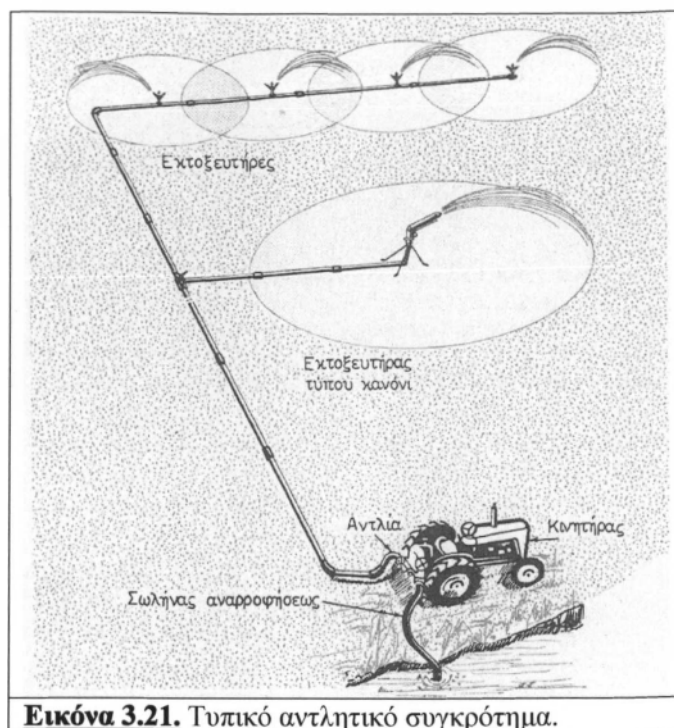
Εικόνα 3.20. Υδραυλικός αυτόματος ταχυσύνδεσμος.

- **Σύνδεση των σωληνώσεων με την υδροληψία**

Αυτή η σύνδεση γίνεται με ελαστικούς σωλήνες - συνδέσμους από καουτσούκ, αλλά τελευταία και με πλαστικούς συνδέσμους που προστατεύονται εξωτερικά με μία μεταλλική περιέλιξη.

3.2.1.3. Αντλητικό συγκρότημα

Το αντλητικό συγκρότημα μπορεί να είναι μόνιμο ή κινητό και αποτελείται από τρία βασικά μέρη: την **αντλία**, το **σωλήνα αναρροφήσεως** και τον **κινητήρα** (Εικόνα 3.21.).



- **Αντλία**

Η εκλογή της αντλίας είναι συνάρτηση της πηγής τροφοδοσίας σε νερό (ταμιευτήρας, πηγάδι, ποτάμι κλπ.), της αντλούμενης παροχής και της πίεσεως λειτουργίας του συστήματος. Η εκλογή του κινητήρα (ηλεκτρικού ή θερμικού) είναι συνάρτηση της τιμής της ηλεκτρικής ενέργειας και της τιμής του πετρελαίου ή της βενζίνης. Η αντλία (Εικόνα 3.22.) πρέπει να έχει όσο το δυνατόν υψηλότερο συντελεστή αποδόσεως.



Η ισχύς απορροφήσεως της αντλίας εξαρτάται από την παροχή, την πίεση και το συντελεστή αποδόσεώς της.

α) Παροχή

Η παροχή, την οποία πρέπει να εξασφαλίζει η αντλία, εξαρτάται από τη μέγιστη τιμή της ζητήσεως αιχμής ελαφρώς προσαυξημένης, για να υπάρχει ένα κάποιο περιθώριο ασφάλειας. Εκφράζεται, γενικά, σε λίτρα ανά δευτερόλεπτο (l/s) ή σε κυβικά μέτρα ανά ώρα (m^3/h) και υπολογίζεται με τη βοήθεια των παρακάτω τύπων:

$$Q_h (m^3/h) = V / (N \cdot J) \text{ και } Q_s (l/s) = (V \cdot 1000) / (N \cdot J \cdot 3600)$$

Όπου: Q_h = παροχή σε κυβικά μέτρα ανά ώρα (m^3/h).

V = ανάγκες μηνός αιχμής σε m^3 .

N = αριθμός των ημερών αρδεύσεως κατά μήνα.

J = αριθμός ωρών λειτουργίας ανά ημέρα.

β) Μανομετρικό ύψος (H_m) - Πίεση λειτουργίας

Το μανομετρικό ύψος προσδιορίζεται προσθέτοντας τις απώλειες ενέργειας σε μέτρα μέσα στους σωλήνες, την πίεση λειτουργίας των εκτοξευτήρων, το ύψος αναρροφήσεως και το ύψος καταθλίψεως. Η πίεση εκφράζεται σε kg/cm^2 που αντιστοιχεί σε πίεση στήλης νερού με ύψος 10 m. Δηλαδή $1 kg/cm^2 = 10 m$ ύψους νερού. Σπανιότερα εκφράζεται και σε bars ($1 bar = 1,02 kg/cm^2$). Το μανομετρικό ύψος δίνεται από τη σχέση:

$$H_m = h_{av} + h_{f1} + h_{f2} + h_{f3} + h_{κατ} + P + \Sigma h_T, \text{ όπου:}$$

H_m = μανομετρικό ύψος σε (m).

h_{av} = υψομετρική διαφορά σε (m) μεταξύ άξονα της αντλίας και στάθμης του νερού απ' όπου γίνεται η άντληση (ύψος αναρροφήσεως).

h_{f1} = απώλειες ενέργειας σε (m) στον αγωγό αναρροφήσεως.

h_{f2} = απώλειες ενέργειας σε (m) στον κύριο αγωγό.

h_{f3} = απώλειες ενέργειας σε (m) στη γραμμή αρδεύσεως.

$h_{κατ}$ = ύψος καταθλίψεως σε (m).

P = η πίεση λειτουργίας του τελευταίου εκτοξευτήρα σε (m).

Σh_T = άθροισμα όλων των τοπικών απωλειών ενέργειας σε (m).

γ) Ισχύς της αντλίας

Η ισχύς της αντλίας για άντληση και ανύψωση του νερού (ειδικό βάρος νερού ίσο με τη μονάδα) δίνεται από τη σχέση:

$$N = (Q * H_m * 1000) / (75 * \eta), \text{ όπου:}$$

N = ισχύς σε μετρικούς ίππους (PS).

H_m = μανομετρικό ύψος σε (m).

Q = παροχή σε (m³/sec).

η = συντελεστής αποδόσεως της αντλίας.

Με βάση τα παραπάνω στοιχεία και τη βοήθεια ειδικών καταλόγων, πινάκων και διαγραμμάτων που παρέχονται από τους κατασκευαστές, γίνεται η εκλογή της καταλληλότερης για κάθε περίπτωση αντλίας.

δ) Τύποι αντλιών

Υπάρχουν πολλοί τύποι αντλιών με ικανοποιητική απόδοση. Διαφέρουν ως προς την θέση τους σε σχέση με την ελεύθερη επιφάνεια του αντλούμενου νερού και τον τρόπο λήψεως της κινήσεώς τους. Οι κυριότεροι τύποι αντλιών είναι:

– **Φυγόκεντρες** με:

Αντλία και κινητήρα στην επιφάνεια του εδάφους (Εικόνα 3.23.).

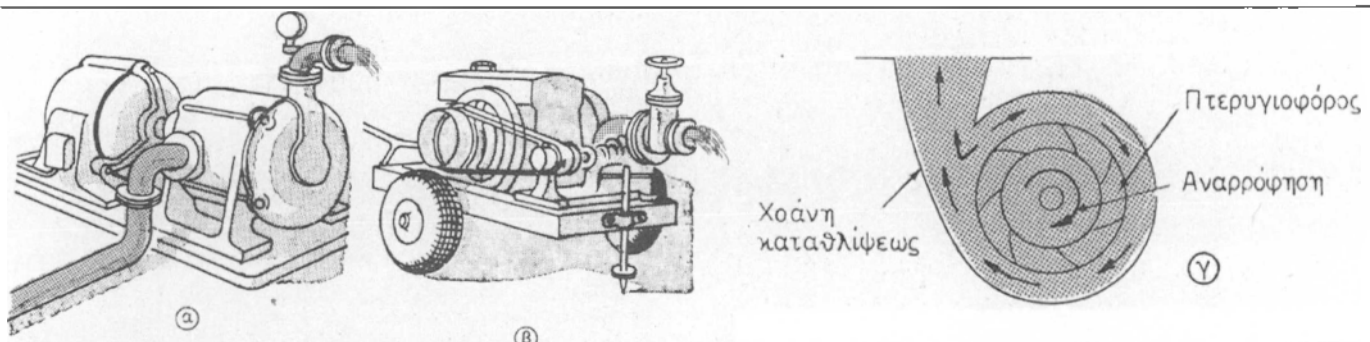
Αντλία μέσα στο νερό και κινητήρα στην επιφάνεια του εδάφους (αντλίες με κατακόρυφο άξονα) (Εικόνα 3.24.).

Αντλία και κινητήρα μέσα στο νερό (βυθισμένες) (Εικόνα 3.25.).

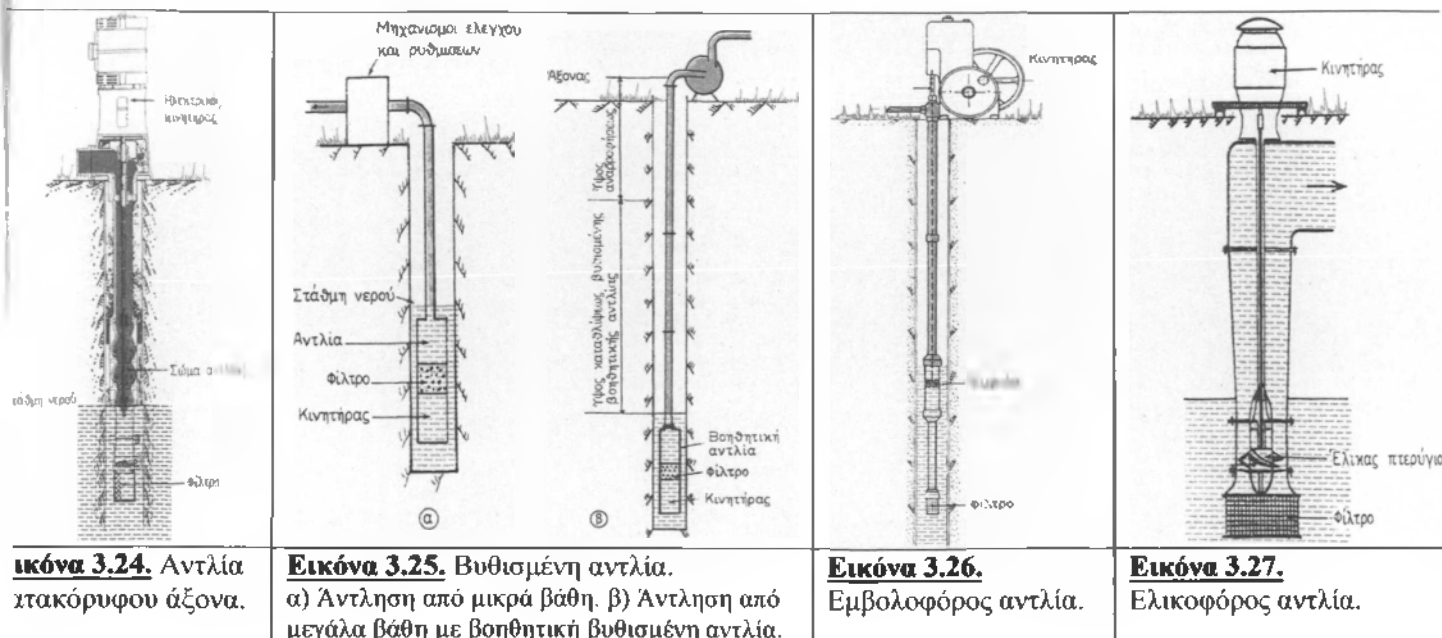
– **Εμβολοφόρες**, ελεύθερες ή βυθισμένες (Εικόνα 3.26.).

– **Ελικοφόρες**, βυθισμένες υποχρεωτικά (Εικόνα 3.27.).

Από τις παραπάνω αντλίες συνηθέστερες είναι οι φυγόκεντρες λόγω των πολλών, συγκριτικά με τις άλλες, πλεονεκτημάτων που συγκεντρώνουν (είναι ελαφρές, ευμετακίνητες, απλές, έχουν μικρές απώλειες τριβών, ρυθμίζεται η παροχή τους, παρουσιάζουν προσαρμοστικότητα στη ζήτηση νερού και απαιτούν μικρές δαπάνες συντηρήσεως).



Εικόνα 3.23. Φυγόκεντρη αντλία επιφάνειας. α) Μόνιμη. β) Γραμμή. γ) Παράσταση της ροής σε φυγόκεντρη αντλία



• Κινητήρας

Οι κινητήρες χρησιμεύουν για να μεταδίδουν την κίνηση στις αντλίες. Διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες: τους **θερμικούς** και τους **ηλεκτρικούς**. Ας σημειωθεί ότι άντληση νερού μπορεί να γίνει και με τη βοήθεια της αιολικής ενέργειας.

α) Θερμικοί κινητήρες

Οι θερμικοί κινητήρες διακρίνονται σε δύο κατηγορίες, τους **βενζινοκινητήρες** και τους **πετρελαιοκινητήρες**. Οι πρώτοι είναι πολύ φθηνότεροι από τους δεύτερους, αλλά η υψηλή τιμή της βενζίνης συγκριτικά με το πετρέλαιο, τους κάνει αντιοικονομικούς και γι' αυτό η χρήση τους είναι περιορισμένη. Οι πετρελαιοκινητήρες είναι άλλωστε και πολύ ανθεκτικοί. Η ψύξη των θερμικών κινητήρων εξασφαλίζεται με κυκλοφορία αέρα ή νερού. Οι πετρελαιοκινητήρες γενικά χαρακτηρίζονται ως κινητήρες μικρής ταχύτητας από 800 ως 1500 στροφές το λεπτό, που χάρη στην τεχνική πρόοδο φθάνουν και μέχρι 3500 στροφές το λεπτό. Για αρδευτική χρήση είναι προτιμότεροι οι κινητήρες 1500 - 2000 στροφών.

Τα χαρακτηριστικά των θερμικών κινητήρων δίνονται σε ειδικά διαγράμματα και ειδικές καμπύλες που παρέχονται από τον κατασκευαστή.

Η ισχύς του κινητήρα πρέπει να έχει ένα περιθώριο 20% ως 25% πάνω από την απαιτούμενη. Ο κινητήρας δεν πρέπει να λειτουργεί για πολύ χρόνο στην τιμή της μέγιστης

ισχύος του. Πρέπει να είναι εφοδιασμένος με καλό φίλτρο αέρα, να λιπαίνεται κανονικά και να είναι αδιάβροχος. Επίσης πρέπει να φέρει τα απαραίτητα όργανα ασφάλειας.

β) Ηλεκτρικοί κινητήρες

Αυτοί οι κινητήρες είναι πιο πρακτικοί από τους θερμικούς και η χρησιμοποίησή τους εξαρτάται κυρίως από την τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας. Είναι απλοί, ανθεκτικοί, με συντελεστή αποδόσεως 90 - 92%. Δεν έχουν, πρακτικά, ανάγκη συντηρήσεως και η διάρκεια λειτουργίας τους μπορεί να φθάσει στις 40.000 ώρες, ενώ η σύνδεσή τους με τον άξονα της αντλίας είναι εύκολη και μπορεί να γίνει και οριζόντια και κατακόρυφα, χωρίς να επηρεάζεται η λειτουργία τους. Το ηλεκτρικό ρεύμα πρέπει να είναι τριφασικό.

Γενικά οι κινητήρες πρέπει να ανέχονται, χωρίς ανωμαλία στη λειτουργία τους, πτώσεις τάσεως της τάξεως των 10-15%. Η σύνδεση του κινητήρα με την αντλία, αν συμπίπτουν οι στρόφές τους, μπορεί να γίνει απευθείας πάνω στον ίδιο άξονα. Στην περίπτωση που οι στρόφές δε συμπίπτουν, τότε η σύνδεση εξασφαλίζεται με ιμάντες μέσω τροχαλιών. Εάν η φορά της περιστροφικής κινήσεως είναι η ίδια, τότε η σύνδεση των ιμάντων είναι ανοικτή, εάν είναι αντίθετη, τότε η σύνδεση είναι σταυρωτή. Πάντως, πρέπει να αποφεύγεται η μεγάλη διαφορά των τροχαλιών, γιατί είναι πρόξενος ολισθήσεως του ιμάντα και αποσυνδέσεως των τροχαλιών. Κατά τη μεταβίβαση της κινήσεως, η απώλεια εκτιμάται σε 5% περίπου από τη χρησιμοποιούμενη ιπποδύναμη.

Συχνά οι γεωργοί χρησιμοποιούν για κινητήρα το γεωργικό τους ελκυστήρα και έτσι εκμεταλλεύονται την κατοχή του σε εποχές που δεν τον χρησιμοποιούν για άλλες αγροτικές εργασίες.

• Σωλήνας αναρροφήσεως

Ο σωλήνας αναρροφήσεως συνδέει την αντλία με την πηγή νερού. Στα μόνιμα δίκτυα είναι μεταλλικός, ενώ στα κινητά μπορεί να είναι και πλαστικός. Στο άκρο του φέρει ειδική διάτρητη συσκευή, το γνωστό **φίλτρο** και έτσι παρεμποδίζεται η είσοδος ανεπιθύμητων στερεών υλικών που μειώνουν την απόδοση της αντλίας και επιταχύνουν τη φθορά της. Το φίλτρο, για τους παραπάνω λόγους, δεν πρέπει να τοποθετείται στον πυθμένα της πηγής νερού, αλλά πάντοτε λίγο πάνω από αυτόν. Η ταχύτητα του νερού μέσα στο σωλήνα αναρροφήσεως είναι μικρή και γι' αυτό η διατομή του είναι συγκριτικά μεγάλη. Το νερό μπαίνει και ανεβαίνει μέσα στο σωλήνα με τη βοήθεια της ατμοσφαιρικής πίεσεως.

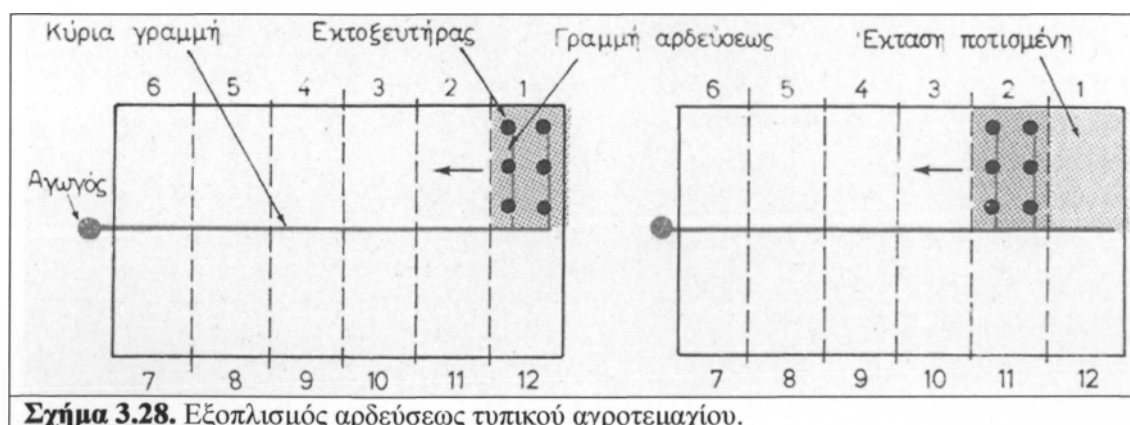
Θεωρητικά, το ύψος αναρροφήσεως θα μπορούσε να φθάσει μέχρι τα 8-9 m, αλλά λόγω των τριβών αυτό δεν είναι δυνατό, αλλά ούτε και πρέπει να επιδιώκεται, γιατί είναι επισφαλές. Γενικά αυτό το ύψος πρέπει να μην υπερβαίνει τα 6,5 m.

Για να ανέβει το νερό μέσα στο σωλήνα χρειάζεται να φύγει ο αέρας που υπάρχει μέσα σ' αυτόν. Γι' αυτό πρώτα τον γεμίζουμε με νερό από ειδική οπή που βρίσκεται πάνω στην αντλία. Ο σωλήνας έχει στο τέρμα του βαλβίδα αντεπιστροφής που, ενώ επιτρέπει την είσοδο του νερού κατά τη λειτουργία της αντλίας, αντίθετα δεν επιτρέπει την έξοδο και έτσι γεμίζει ο σωλήνας αναρροφήσεως. Η απομάκρυνση του αέρα μέσα από το σωλήνα αναρροφήσεως, ώστε να δημιουργηθεί κενό και έτσι να προκληθεί η άνοδος του νερού μέσα σ' αυτόν, μπορεί να γίνει και με άλλους τρόπους, π.χ. με τη χρησιμοποίηση μικρής βοηθητικής αντλίας, η οποία προσαρμόζεται κατάλληλα στο αντλητικό συγκρότημα.

3.2.2. Κύριοι τρόποι διατάξεως των κυρίων γραμμών και των γραμμών αρδεύσεως για άρδευση με τεχνητή βροχή

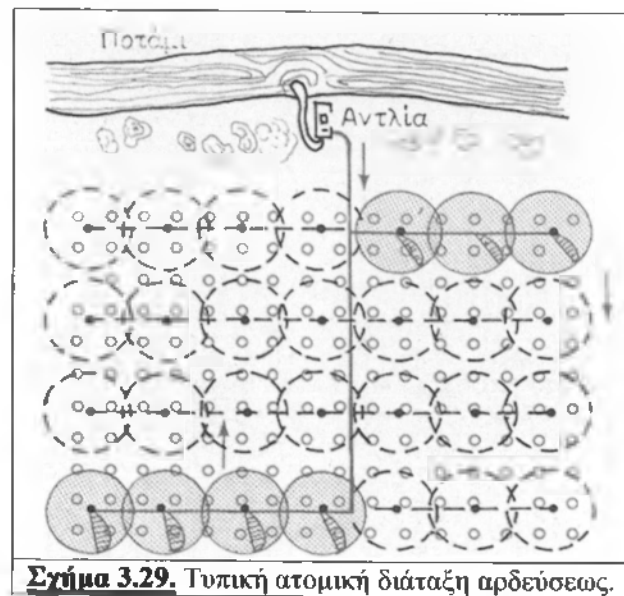
Υπάρχουν πολλοί τρόποι. Οι γενικές αρχές που διέπουν κάθε διάταξη είτε πρόκειται για ατομικό αγρόκτημα είτε για αγρό που περιέχεται μέσα σε συλλογικό δίκτυο τεχνητής βροχής, είναι βασικά οι ίδιες. Η διάταξη της εικόνας 3.27. επιτρέπει τη διατύπωση ορισμένων ορισμών σχετικών με αυτό το είδος των εγκαταστάσεων.

Το υπό πίεση νερό εξασφαλίζεται στην κεφαλή της κύριας γραμμής είτε από συλλογικό δίκτυο με υπόγειους αγωγούς (Σχήμα 3.28.) είτε από ατομική άντληση (Σχήμα 3.29.).



Το δίκτυο επιφάνειας περιλαμβάνει μια κύρια γραμμή και μια ή περισσότερες γραμμές αρδεύσεως που φέρουν κατά μήκος υποδοχές για την τοποθέτηση εκτοξευτήρων.

Όπως έχουμε αναφέρει, ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά του εκτοξευτήρα είναι η ένταση της τεχνητής βροχής που προκαλεί γύρω του και η οποία εκφράζεται σε χιλιοστά βροχής ανά ώρα (mm/h). Χάρη στις επικαλύψεις των κύκλων βροχής επιτυγχάνεται ομοιόμορφο ύψος βροχής στην αρδευόμενη έκταση.



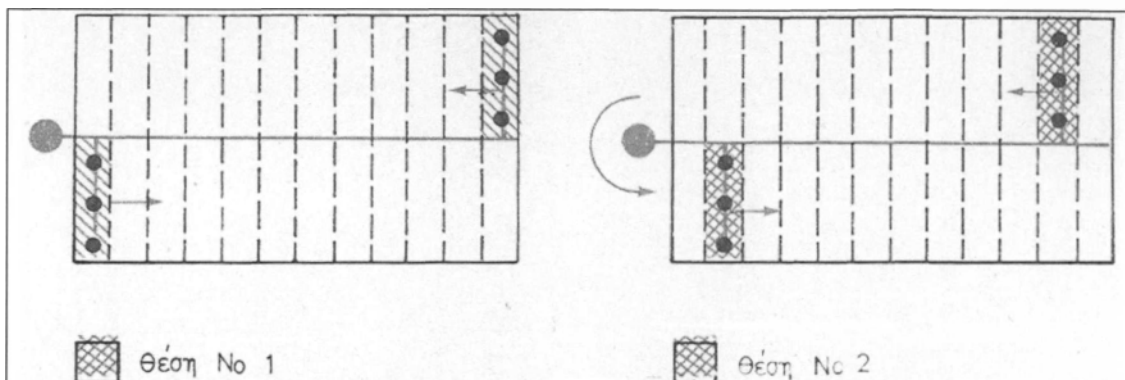
Έχοντας την αρδευτική δόση σε χιλιοστά νερού και διαιρώντας την με την ένταση βροχής του εκτοξευτήρα, βρίσκουμε το χρόνο παραμονής της γραμμής αρδύσεως στην ίδια θέση. Μόλις καλυφθεί η αρδευτική δόση (ποσότητα ή όγκος νερού που εφαρμόζεται στον αγρό σε κάθε άρδευση), κλείνεται η βάννα και μετά από ένα χρονικό διάστημα αναμονής που εξαρτάται από τη σύσταση του εδάφους (ελαφρό ή βαρύ), γίνεται η μεταφορά του νερού σε άλλη γραμμή αρδύσεως. Είναι φανερό ότι στα βαριά εδάφη ο χρόνος αναμονής είναι μεγαλύτερος από ό,τι στα ελαφρά, όπου το νερό διεισδύει πιο γρήγορα στα βαθύτερα στρώματα, ώστε να είναι δυνατή η εκτέλεση εργασιών στην επιφάνεια του εδάφους.

Για την άρδευση του τυπικού αγροτεμαχίου του σχήματος 3.28. χρειάζονται 12 μετακινήσεις των γραμμών αρδύσεως. Η συνολική διάρκεια αρδύσεως (χρόνος που μεσολαβεί από την έναρξη μέχρι τη λήξη της αρδύσεως) ολόκληρου του αγροτεμαχίου πρέπει να είναι πάντα ποσοστό του εύρους αρδύσεως (χρονικό διάστημα που μεσολαβεί μεταξύ δύο διαδοχικών αρδύσεων).

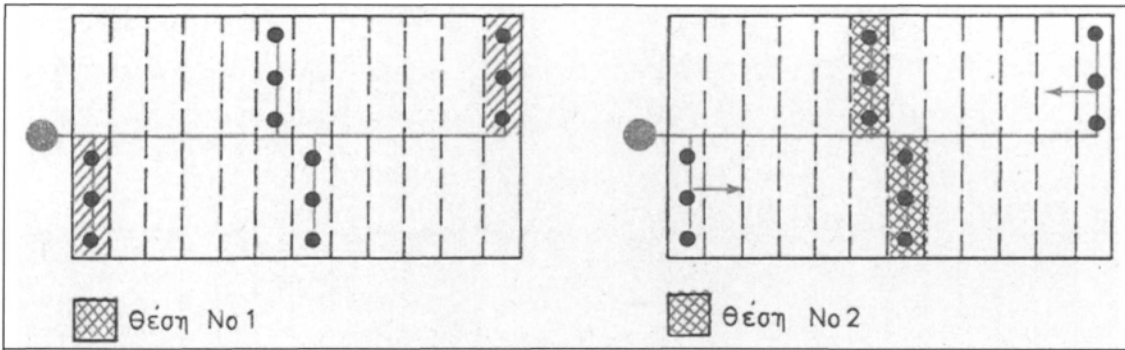
Ανάλογα με τη μονιμότητα ή μη του εξοπλισμού αρδύσεως, το σύστημα χαρακτηρίζεται ως **μόνιμο**, όταν γραμμές αρδύσεως και κύριες γραμμές είναι μόνιμα τοποθετημένες στο έδαφος, ως **ημιμόνιμο** όταν μετακινούνται μόνο οι γραμμές αρδύσεως

και **κινητό** όταν μετακινούνται και οι κύριες γραμμές, αλλά και αυτό ακόμα το αντλητικό συγκρότημα.

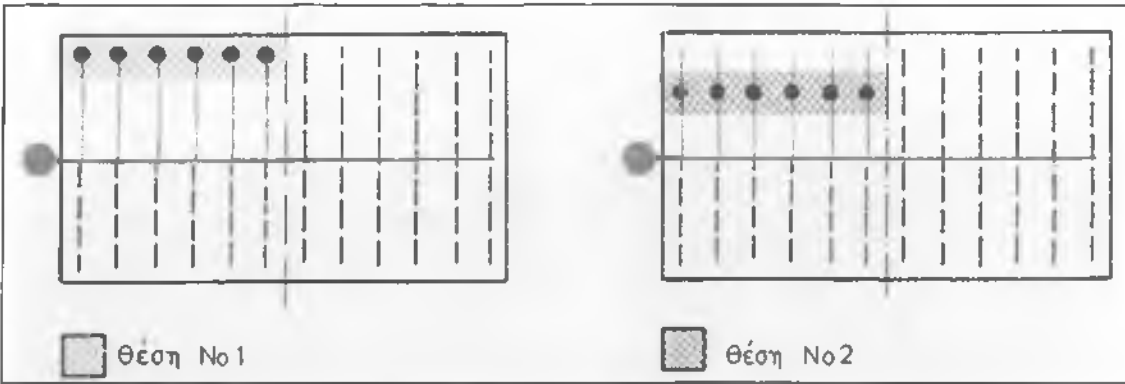
1) Σχηματική παρουσίαση συνήθων διατάξεων (Σχήματα 3.30.- 3.36.).



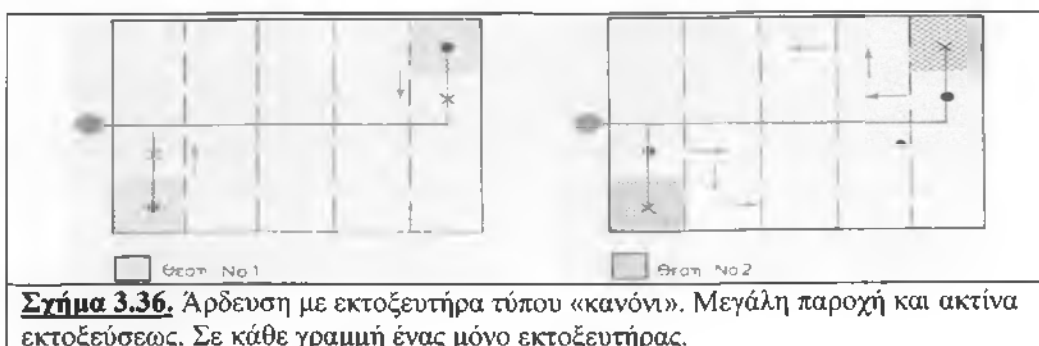
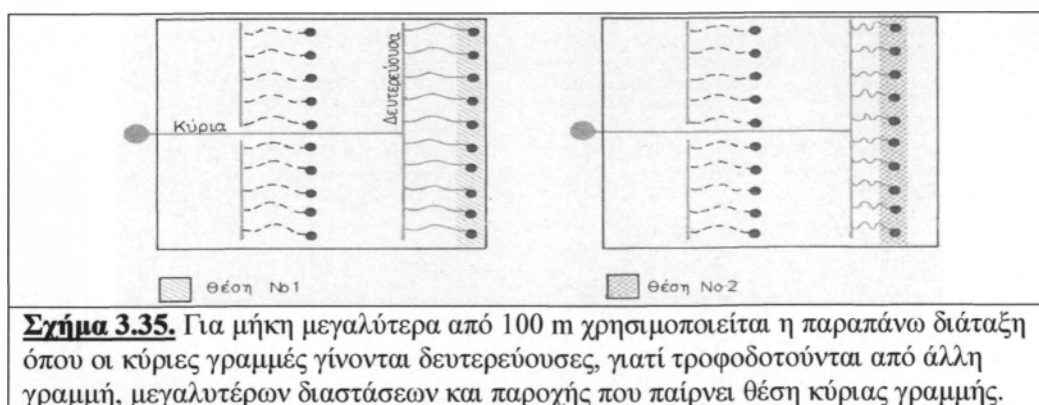
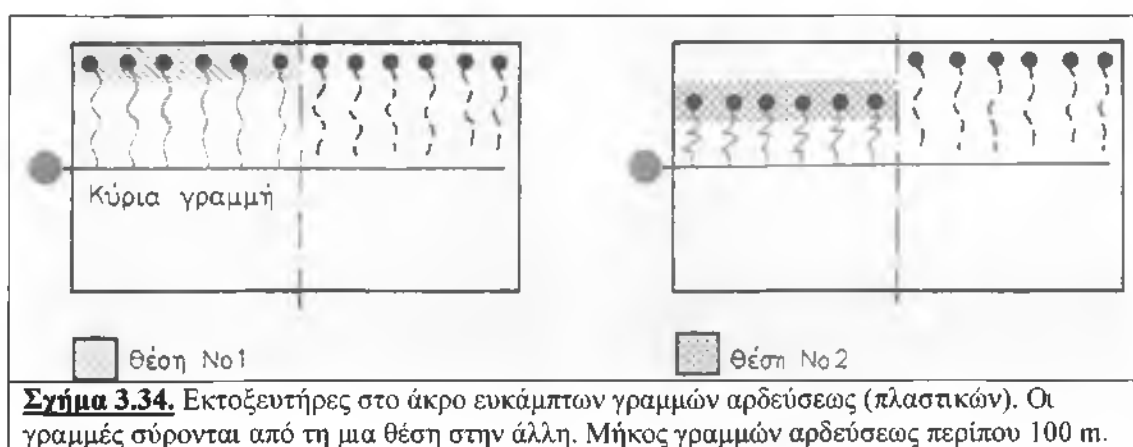
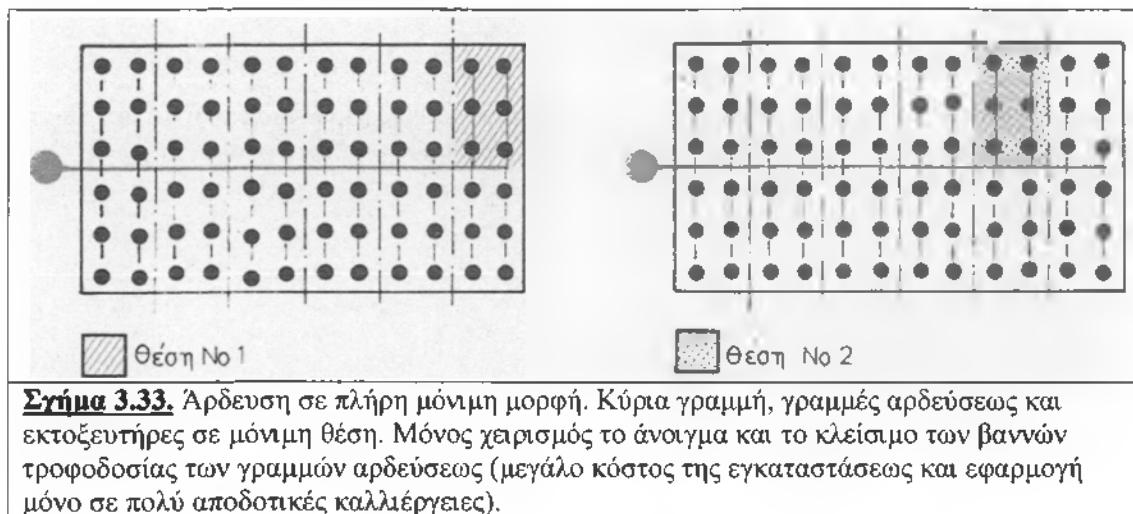
Σχήμα 3.30. Άρδευση με μία γραμμή αρδύσεως διαδοχικά από θέση σε θέση μέχρι πλήρους καλύψεως του αγροτεμαχίου.



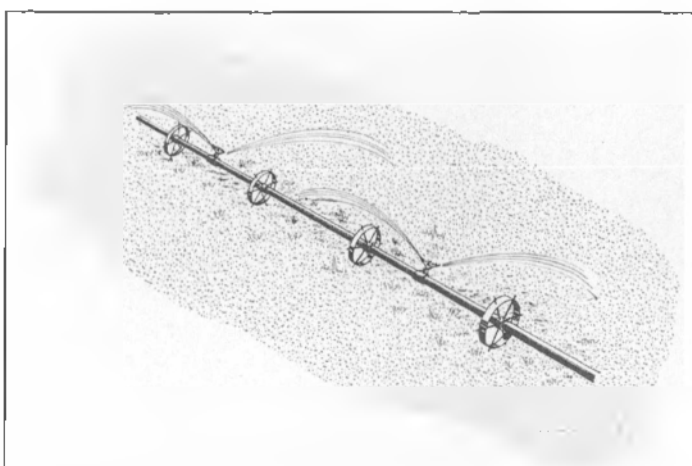
Σχήμα 3.31. Άρδευση με μία γραμμή αρδύσεως διαδοχικά από θέση σε θέση μέχρι πλήρους καλύψεως του αγροτεμαχίου.



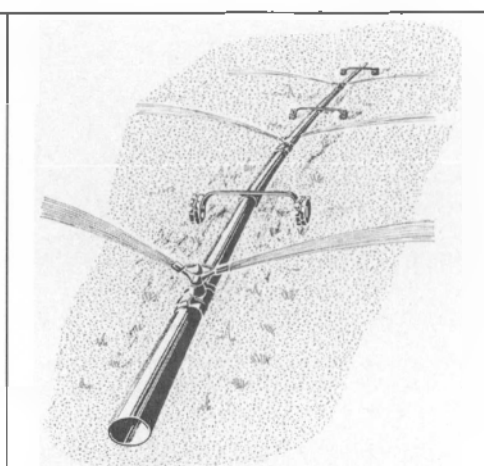
Σχήμα 3.32. Άρδευση με μόνιμες τις γραμμές αρδύσεως που φέρουν ανά διαστήματα υποδοχές για την τοποθέτηση των εκτοξευτήρων. Κάθε γραμμή φέρει μόνο έναν εκτοξευτήρα. Στην περίπτωση αυτή μετακινούνται μόνο οι εκτοξευτήρες (προσαύξηση δαπανών για αγορά των γραμμών αρδύσεως).



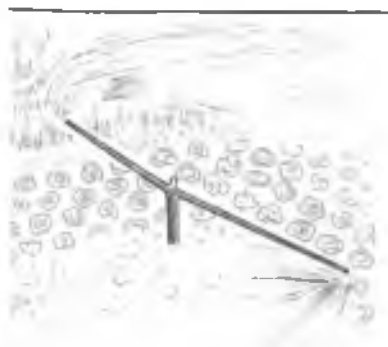
2) Σχηματική παράσταση ειδικών περιπτώσεων (Εικόνες 3.28. – 3.32.).



Εικόνα 3.28. Γραμμή αρδεύσεως μετακινούμενη με τη βοήθεια τροχών.



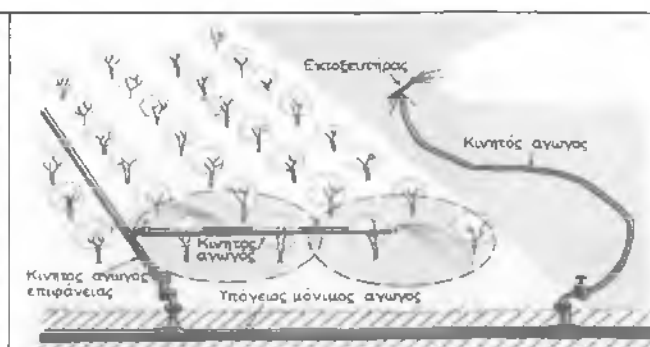
Εικόνα 3.29. Γραμμή αρδεύσεως μετακινούμενη με τη βοήθεια τροχών.



Εικόνα 3.30. Εκτοξευτήρας με γάλο βραχίονα.



Εικόνα 3.31. Σωλήνας με σπές ανά διαστήματα απ' όπου εκτοξεύεται το νερό υπό βροχή.



Εικόνα 3.32. Δυνατότητες αρδεύσεως από τον ίδιο αγωγό.

3.2.3. Χαρακτηριστικά άρδευσης τεχνητής βροχής με κανόνια, καρούλια και ράμπες

Τα τελευταία χρόνια, με την πρόοδο της τεχνολογίας και τον ανταγωνισμό των εταιρειών, κυκλοφόρησαν προϊόντα που υπόσχονταν πολύ περισσότερα από εκείνα που μπορούσαν να προσφέρουν. Από την άλλη, η ανάγκη των παραγωγών να μειώσουν το χρόνο απασχόλησης σε αγροτικές εργασίες, τους έκανε να αγοράζουν μηχανήματα και προϊόντα που θα μείωναν το χρόνο παραμονής τους στο χωράφι.

Σήμερα όμως με την εξάντληση των φυσικών πόρων, μεταξύ των οποίων το νερό κατέχει την πρώτη σχεδόν θέση, σε συνδυασμό με τα γνωστά δυσμενή καιρικά φαινόμενα (ξηρασίες, μείωση μέσου ετήσιου ύψους βροχής, άνοδο θερμοκρασίας, φαινόμενο θερμοκηπίου), το θέμα της άρδευσης θα πρέπει να αντιμετωπίζεται στα πλαίσια μιας λογικής

και περιβαλλοντικά ευαισθητοποιημένης διάστασης. Η λογική αυτή πρέπει να βασίζεται στην αρχή η οποία λέει ότι χρησιμοποιούμε το νερό με τέτοιο τρόπο ώστε να καλύπτουμε τις ανάγκες μας, έτσι ώστε να αφήνουμε ποιότητα και ποσότητα νερού, στις επόμενες γενιές, τουλάχιστο ίδια με εκείνη που εμείς τη βρήκαμε.

Η άρδευση με κανόνια και καρούλια επικράτησε σε μερικές περιοχές της χώρας μας που καλλιεργούνται κυρίως αμερικάνικες ποικιλίες καλαμποκιού, με μεγάλο ύψος φυτών και που οι συνηθισμένοι εκτοξευτήρες χαμηλής και μέσης πίεσης αδυνατούν να ποτίσουν. Έτσι πολλές εταιρείες του εσωτερικού και του εξωτερικού, κατασκεύασαν μηχανισμούς στήριξης και μετακίνησης μεγάλων εκτοξευτήρων, προκειμένου να ποτίσουν φυτά μεγάλου ύψους και μεγάλες επιφάνειες του εδάφους.

Τα κανόνια (Εικόνα 3.33.) λοιπόν δεν είναι τίποτε άλλο παρά εκτοξευτήρες οι οποίοι δέχονται μια σειρά από ακροφύσια, διαμέτρου πάνω από 12 mm και εκτοξεύουν το νερό με γωνία συνήθως 20°-24°. Ο εκτοξευτήρας συνδέεται με εύκαμπτο σωλήνα από πολυαιθυλένιο, υψηλής πίεσης. Το άλλο άκρο του συνδέεται στην υδροληψία ή στην αντλία παροχής νερού και με τη βοήθεια κάποιου μηχανισμού τυλίγεται και ξετυλίγεται σε ένα τύμπανο ή σε μια ανέμη ανάλογα με την κίνησή του. Το όλο σύστημα στηρίζεται πάνω σε φορείο που φέρει ρόδες και οδηγούς στερέωσης.

Ένα από τα χαρακτηριστικά των κανονιών είναι ότι η πίεση λειτουργίας τους κυμαίνεται σε ένα ευρύ πεδίο τιμών από 2,5 - 7,0 Atm. Τα κανόνια κατά την κίνησή τους διαγράφουν ένα πλήρη κύκλο ή κυκλικό τόξο ρυθμιζόμενο. Στη δεύτερη περίπτωση η επιστροφή στην αρχική θέση γίνεται σχεδόν στιγμιαία. Επίσης είναι γνωστό ότι η ακτίνα εκτόξευσης είναι συνάρτηση της διαμέτρου του ακροφυσίου και άρα της παροχής του. Έτσι λοιπόν όσο αυξάνεται η παροχή, τόσο αυξάνει και η πίεσης λειτουργίας του κανονιού.



Εικόνα 3.33. Άρδευση με κανόνι.

Οι ράμπες (Εικόνα 3.34.), παρόλο που είναι σύστημα άρδευσης αρκετά διαδεδομένο στις Η.Π.Α. στη χώρα μας χρησιμοποιείται σπάνια και μόνο σε περιπτώσεις που υπάρχει μεγάλη επάρκεια νερού, μεγάλο μέγεθος αγροτικής ιδιοκτησίας, ομοιομορφία καλλιεργειών χωρίς φυσικά ή τεχνητά εμπόδια. Ουσιαστικά χρησιμοποιούν μεγάλους εκτοξευτήρες που είναι τοποθετημένοι ανά ίσια διαστήματα 10-15 m πάνω σε σωληνογραμμή μεγάλου ύψους.

Η σωληνογραμμή αυτή συγκρατείται σε μεγάλο ύψος από ρόδες ανά 50 m και κινούνται μετωπικά, κυκλικά ή σε ευθύγραμμη κίνηση. Στα πιο παλαιά συστήματα η κίνηση δίνεται από υδραυλικούς κινητήρες που ενεργοποιούνται με το νερό, το οποίο κινείται με πίεση. Στα σημερινά όμως συστήματα χρησιμοποιούνται ηλεκτροκινητήρες για την κίνησή τους.



Εικόνα 3.34. Άρδευση με ράμπα.

Τελικά, θα πρέπει να επισημάνουμε ότι ο τρόπος άρδευσης με κανόνια ή καρούλια ή ράμπες, κοστίζει αρκετά χρήματα για την αγορά, την συντήρηση και την λειτουργία τους. Επίσης δεν θα πρέπει να εφαρμόζεται σε περιπτώσεις που το έδαφος είναι συνεκτικό ή έχει μεγάλη κλίση με ανώμαλο ανάγλυφο και πνέουν ισχυροί άνεμοι στην περιοχή κατά την περίοδο της άρδευσης.

3.2.4. Εκλογή της εγκαταστάσεως

Για την εκλογή της κατάλληλης εγκαταστάσεως πρέπει να εξετάζονται οι παρακάτω περιοριστικοί παράγοντες:

α) Τεχνικοί

– Η διαθέσιμη πίεση

Για κάθε απόσταση των εκτοξευτήρων απαιτείται μία ελάχιστη πίεση που διασφαλίζει μια κανονική άρδευση (Πίνακας 3.1.6.).

Πίνακας 3.1.6. Ελάχιστες πιέσεις εκτοξευτήρων για κάθε απόσταση αυτών.

Απόσταση εκτοξευτήρων σε m	Ελάχιστη πίεση στον εκτοξευτήρα σε bars
6 x 6	1,5
12 x 12	2,0
18 x 18	2,5
24 x 24	3,0
42 x 42	4,0
63 x 63	5,5

Πηγή: Καρακατσούλης Π., 1995.

– Ο άνεμος

Ισχυροί και συχνοί άνεμοι επιβάλλουν τη μείωση των αποστάσεων μεταξύ των εκτοξευτήρων.

– Η ταχύτητα διηθήσεως του νερού στο έδαφος

Σε βαριά εδάφη με μικρή διηθητικότητα απαγορεύεται η χρήση εκτοξευτήρων μεγάλης εντάσεως βροχής προς αποφυγή σχηματισμού επιφανειακής απορροής.

– Οι διαστάσεις του αγροτεμαχίου

Οι διαστάσεις του αγροτεμαχίου επηρεάζουν τον τύπο και τη διάταξη των εκτοξευτήρων.

β) Φυτικοί

– **Η ευπάθεια ορισμένων καλλιεργειών** επιβάλλει π.χ. την άρδευση κάτω από την κόμη των δένδρων με συνέπεια τη χρήση εκτοξευτήρων χαμηλής πίεσεως, ενώ άλλες φορές επηρεάζει το μέγεθος των σταγόνων της βροχής.

– **Οι ανάγκες των καλλιεργειών σε νερό στην περίοδο της αιχμής** επιβάλλουν την ανάγκη να δοθεί στα φυτά, μέσα σε ορισμένη χρονική περίοδο, η αναγκαία ποσότητα νερού. Αυτό επηρεάζει άμεσα τα χαρακτηριστικά του εκτοξευτήρα.

γ) Πρακτικοί

– **Αριθμός των ημερών του μήνα αιχμής που είναι δυνατή η άρδευση**

Αυτό σημαίνει ότι θα πρέπει να αφαιρεθούν από το μήνα αυτό (Ιούλιος ή Αύγουστος στη χώρα μας) οι ημέρες αργίας και οι ημέρες που λόγω ισχυρών ανέμων ή υψηλών θερμοκρασιών κάνουν αδύνατη την άρδευση με τεχνητή βροχή.

– **Αριθμός των αλλαγών της γραμμής αρδεύσεως**

Κατά την περίοδο της αιχμής δύο αλλαγές την ημέρα, μία το πρωί και μία το απόγευμα κρίνονται απαραίτητες.

– **Αριθμός των ωρών λειτουργίας την ημέρα**

Όταν λείπουν τα εργατικά χέρια, ο γεωργός επιβαρύνεται με την αγορά μεγαλύτερου μηχανικού εξοπλισμού (π.χ. περισσότερες γραμμές αρδεύσεως). Πάντως 16-18 ώρες λειτουργίας την ημέρα κρίνονται ικανοποιητικές, αλλά υπάρχουν και δίκτυα που λειτουργούν 30 ώρες το εικοσιτετράωρο.

– **Κόστος του εξοπλισμού**

Όσο το σύστημα απαιτεί λιγότερα ημερομίσθια τόσο ο εξοπλισμός είναι μεγαλύτερος και κατά συνέπεια τόσο μεγαλύτερες γίνονται και οι δαπάνες κόστους και συντηρήσεως.

3.2.5. Πλεονεκτήματα - μειονεκτήματα αρδεύσεως με τεχνητή βροχή

α) Πλεονεκτήματα

1) Δεν απαιτούνται ισοπεδώσεις για την εφαρμογή της.

Όπως έχουμε αναφέρει στην επιφανειακή άρδευση, οι ισοπεδώσεις είναι δαπανηρές και χρονοβόρες, με κίνδυνο σε ορισμένα τμήματα της αρδευόμενης εκτάσεως να έλθει στην επιφάνεια μη γόνιμο έδαφος και να δημιουργηθούν έτσι άγονες κηλίδες με αποτέλεσμα την ανομοιόμορφη ανάπτυξη των καλλιεργειών.

2) Μπορεί να εφαρμοσθεί και σε οριζόντιες και σε επικλινείς εκτάσεις.

Δίνει έτσι τη δυνατότητα να αρδευτούν εκτάσεις που η κλίση τους είναι απαγορευτική για την επιφανειακή άρδευση (μέχρι 2% για τη συνηθισμένη και μέχρι 8-10% για την άρδευση με αυλάκια κατά τις ισοϋψείς).

3) Δεν μειώνεται η καλλιεργήσιμη έκταση για την εφαρμογή της.

γ) Πρακτικοί

– Αριθμός των ημερών του μήνα αιχμής που είναι δυνατή η άρδευση

Αυτό σημαίνει ότι θα πρέπει να αφαιρεθούν από το μήνα αυτό (Ιούλιος ή Αύγουστος στη χώρα μας) οι ημέρες αργίας και οι ημέρες που λόγω ισχυρών ανέμων ή υψηλών θερμοκρασιών κάνουν αδύνατη την άρδευση με τεχνητή βροχή.

– Αριθμός των αλλαγών της γραμμής αρδεύσεως

~~Για~~ την περίοδο της αιχμής δύο αλλαγές την ημέρα, μία το πρωί και μία το απόγευμα κρίνονται απαραίτητες.

– Αριθμός των ωρών λειτουργίας την ημέρα

Όταν λείπουν τα εργατικά χέρια, ο γεωργός επιβαρύνεται με την αγορά μεγαλύτερου μηχανικού εξοπλισμού (π.χ. περισσότερες γραμμές αρδεύσεως). Πάντως 16-18 ώρες λειτουργίας την ημέρα κρίνονται ικανοποιητικές, αλλά υπάρχουν και δίκτυα που λειτουργούν 30 ώρες το εικοσιτετράωρο.

– Κόστος του εξοπλισμού

Όσο το σύστημα απαιτεί λιγότερα ημερομίσθια τόσο ο εξοπλισμός είναι μεγαλύτερος και κατά συνέπεια τόσο μεγαλύτερες γίνονται και οι δαπάνες κόστους και συντηρήσεως.

3.2.5. Πλεονεκτήματα - μειονεκτήματα αρδεύσεως με τεχνητή βροχή

α) Πλεονεκτήματα

1) Δεν απαιτούνται ισοπεδώσεις για την εφαρμογή της.

Όπως έχουμε αναφέρει στην επιφανειακή άρδευση, οι ισοπεδώσεις είναι δαπανηρές και χρονοβόρες, με κίνδυνο σε ορισμένα τμήματα της αρδευόμενης εκτάσεως να έλθει στην επιφάνεια μη γόνιμο έδαφος και να δημιουργηθούν έτσι άγονες κηλίδες με αποτέλεσμα την ανομοιόμορφη ανάπτυξη των καλλιεργειών.

2) Μπορεί να εφαρμοσθεί και σε οριζόντιες και σε επικλινείς εκτάσεις.

Δίνει έτσι τη δυνατότητα να αρδευτούν εκτάσεις που η κλίση τους είναι απαγορευτική για την επιφανειακή άρδευση (μέχρι 2% για τη συνηθισμένη και μέχρι 8-10% για την άρδευση με αυλάκια κατά τις ισοϋψείς).

3) Δεν μειώνεται η καλλιεργήσιμη έκταση για την εφαρμογή της.

Μειώνεται η καλλιεργήσιμη έκταση με την επιφανειακή άρδευση, όπου έκταση ίση περίπου με το 12-14% της συνολικής καταλαμβάνεται από διώρυγες, αυλάκια και τάφρους. Στην τεχνητή βροχή, διατηρείται η καλλιεργήσιμη έκταση, αφού δεν κατασκευάζονται μεγάλες διώρυγες προσαγωγής και μεταφοράς νερού και το δίκτυο μεταφοράς και διανομής νερού είναι υπόγειο σωληνωτό, παραμένοντας έτσι ελεύθερη η επιφάνεια του χωραφιού. Επίσης, διευκολύνεται η κυκλοφορία των γεωργικών μηχανημάτων και κατά συνέπεια όλες οι σχετικές με αυτά καλλιεργητικές φροντίδες, όπως ταυτόχρονη χορήγηση λιπασμάτων και νερού άρδευσης.

4) Έχουμε οικονομία νερού που οφείλεται:

- Στη μείωση των απωλειών κατά τη μεταφορά του νερού, γιατί γίνεται μέσα σε κλειστούς αγωγούς υπό πίεση, ενώ η μεταφορά με ανοικτούς αγωγούς έχει περισσότερες απώλειες λόγω διαρροών και εξατμίσεων.
- Στον καλύτερο έλεγχο του παρεχόμενου αρδευτικού νερού, ώστε να παρέχεται κάθε φορά με ακρίβεια η καθορισμένη ποσότητα (υδροληψίες εφοδιασμένες με ειδικό μετρητή) και να αποφεύγεται η παρατηρούμενη στην επιφανειακή άρδευση σπατάλη πολύτιμου νερού που χάνεται ως επιφανειακή απορροή ή βαθιά διήθηση.
- Στην προσοχή του γεωργού να μην υπερβεί την καθορισμένη δόση, γιατί θα πρέπει να πληρώσει περισσότερα χρήματα.

5) Μπορεί να εφαρμοσθεί σε όλες τις κατηγορίες εδαφών.

Αυτό δίνει τη δυνατότητα να αρδευτούν εδάφη με μεγάλη υδατοπερατότητα. Για παράδειγμα τα αμμώδη (ελαφρά) εδάφη που η επιφανειακή άρδευση δε θα μπορούσε να θεωρηθεί ως ορθολογική, γιατί τόσο το υποχρεωτικά μικρό μήκος όσο και η μεγάλη πυκνότητα των αυλακιών κρίνονται ως αντιοικονομικά, ενώ οι απώλειες νερού λόγω βαθιάς διήθησεως είναι πολύ μεγάλες. Επίσης, εδάφη αργιλώδη (πολύ βαριά) με πολύ μικρή διαπερατότητα κάνουν προβληματική, αν όχι αδύνατη, την άρδευση με επιφανειακή άρδευση, γιατί, λόγω της πρακτικής αδυναμίας του συστήματος να παρέχει το νερό σε πολύ μικρές δόσεις, οι απώλειες απορροής θα ήταν τεράστιες. Στις περιπτώσεις αυτές η τεχνητή βροχή με μικρές παραλλαγές, μπορεί να αποτελέσει τη λύση.

6) Επιτρέπει την αξιοποίηση πηγών μικρών παροχών.

Αυτό γίνεται γιατί το σύστημα επιτρέπει τη δυνατότητα ελέγχου και ρυθμίσεως της παροχής. Η χρησιμοποίηση τέτοιων πηγών με την επιφανειακή άρδευση είναι αδύνατη λόγω του τρόπου λειτουργίας της (π.χ. απαραίτητο υδραυλικό φορτίο για να

τροφοδοτηθούν τα βοηθητικά αυλάκια και από τα αρδευτικά αυλάκια στη συνέχεια τα σιφώνια κλπ.).

7) Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την προστασία των καλλιεργειών από παγετούς.

Η άρδευση γίνεται τη νύκτα και τις πρωινές ώρες της παγωνιάς. Ένα λεπτό στρώμα πάγου καλύπτει τα φυτά το οποίο στρώμα, επειδή βρίσκεται σε συνεχή επαφή με το νερό της τεχνητής βροχής, προφανώς υψηλότερης θερμοκρασίας, δεν ακολουθεί τη χαμηλή θερμοκρασία του περιβάλλοντος και έτσι μετατρέπεται σε προστατευτικό κάλυμμα της κόμης των δένδρων από την παγωνιά.

Διευκρινίζεται ότι η παραπάνω εφαρμογή της τεχνητής βροχής σπανίζει στην πράξη, γιατί προϋποθέτει την ύπαρξη μόνιμου δικτύου, που να καλύπτει ολόκληρη την παγόπληκτη περιοχή (δίκτυο υπέροργκα δαπανηρό), καθώς και τη διάθεση μεγάλων ποσοτήτων νερού για την ταυτόχρονη διαβροχή όλης της περιοχής. Αυτό πραγματικά σπάνια συμβαίνει σε μεγάλη κλίμακα. Επί πλέον, υπάρχει και ένας τεχνικός παράγοντας που είναι το γέμισμα του δικτύου με νερό. Μετά το τέλος της αρδευτικής περιόδου, το δίκτυο αδειάζεται, για να προφυλαχθούν οι σωληνώσεις από σπασίματα που θα συνέβαιναν, αν σε χαμηλές θερμοκρασίες, το νερό πάγωνε μέσα σ' αυτούς. Στην πράξη αυτός ο παράγοντας είναι σχεδόν απαγορευτικός για τις περισσότερες περιπτώσεις, γιατί απαιτεί χρόνο, ενώ ο παγετός εμφανίζεται πολύ γρήγορα και τα χρονικά περιθώρια για αντιμετώπισή του με αυτό τον τρόπο είναι, κατά κανόνα, ανεπαρκή.

8) Απαιτεί λιγότερα εργατικά χέρια απ' ό,τι η επιφανειακή άρδευση και η ποιότητα της απαιτούμενης εργασίας είναι καλύτερη.

Παράλληλα επιτρέπει στο γεωργό κατά τη διάρκεια της αρδεύσεως να ασχολείται με άλλες αγροτικές εργασίες.

β) Μειονεκτήματα

1) Υψηλότερες δαπάνες αρχικής εγκατάστασής συγκριτικά με την επιφανειακή άρδευση.

Η διαφορά αυτή, μεγάλη στην αρχή λόγω του τρόπου κατασκευής των επιφανειακών δικτύων (χωμάτινες διώρυγες κλπ.) και του υψηλού κόστους των υλικών των δικτύων τεχνητής βροχής, μειώνεται συνεχώς, αν ληφθεί υπόψη ότι οι διώρυγες πλέον είναι επενδυμένες (αύξηση του κόστους), ενώ η βιομηχανική παραγωγή των υλικών

τεχνητής βροχής και ο ανταγωνισμός είχαν ως συνέπεια τη μείωση της τιμής τους (μείωση του κόστους).

2) Υψηλότερες δαπάνες λειτουργίας σε σύγκριση με την επιφανειακή άρδευση.

Στην επιφανειακή άρδευση το νερό κινείται κάτω από την επίδραση μόνο της βαρύτητας, ενώ στην τεχνητή βροχή, κατά κανόνα, η ροή εξασφαλίζεται με τη λειτουργία αντλητικών συγκροτημάτων που καταναλώνουν ακριβή ενέργεια. Μπορεί όμως το δίκτυο τεχνητής βροχής να λειτουργεί και με βαρύτητα οπότε δεν υπάρχει αυτό το συγκριτικό για την επιφανειακή άρδευση πλεονέκτημα. Πάντως, με τα σημερινά δεδομένα το κόστος της ενέργειας αποτελεί το σημαντικότερο ποσό στις δαπάνες λειτουργίας των δικτύων τεχνητής βροχής.

3) Μηχανικές βλάβες - Δαπάνες συντηρήσεως.

Λόγω των ποικίλων μηχανικών εγκαταστάσεων ελέγχου, καθαρισμού, ασφάλειας και ρυθμίσεως της ροής που διαθέτει το δίκτυο διαπιστώνονται συχνά μηχανικές βλάβες που αυξάνουν πολύ τις δαπάνες συντηρήσεως.

4) Αδυναμία εξασφάλισης ομοιόμορφης αρδύσεως με ανέμους.

Όταν πνέουν άνεμοι είναι αδύνατο να επιτευχθεί ομοιομορφία στην άρδευση. Για ταχύτητες ανέμου μεγαλύτερες από 4-5 m/sec η εφαρμογή της μεθόδου δεν συνιστάται. Όσο μικραίνουν οι ταχύτητες τόσο βελτιώνεται η ομοιομορφία.

5) Κίνδυνος αναπτύξεως, λόγω διαβροχής του φυλλώματος, διαφόρων ασθeneιών σε ευπαθείς καλλιέργειες καθώς και ζιζανίων μεταξύ των καλλιεργειών.

6) Κίνδυνος καταστροφής από την πτώση των σταγόνων της δομής της επιφάνειας του εδάφους.

Όταν δεν δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στο μέγεθος των σταγόνων, το έδαφος, κατά την πτώση τους, λασποποιείται και ξεραινόμενο δίνει τη γνωστή κρούστα που δεν είναι επιθυμητή για πολλούς λόγους (κακός αερισμός του εδάφους κ.ά.). Κρούστα, όπως αναφέραμε, σχηματίζεται και στην επιφανειακή άρδευση με κατάκλυση, οπότε επιβάλλεται, ανάλογα με την περίπτωση, ένα ελαφρό σκάλισμα μετά από κάθε άρδευση. Από την πλευρά αυτή, η άρδευση με αυλάκια είναι η περισσότερο ευνοϊκή. Πάντως το μειονέκτημα αυτό, χάρη στη δυνατότητα ρυθμίσεως που παρέχει το σύστημα της τεχνητής βροχής, μπορεί να περιορισθεί σημαντικά.

3.3. ΑΡΔΕΥΣΗ ΜΕ ΣΤΑΓΟΝΕΣ

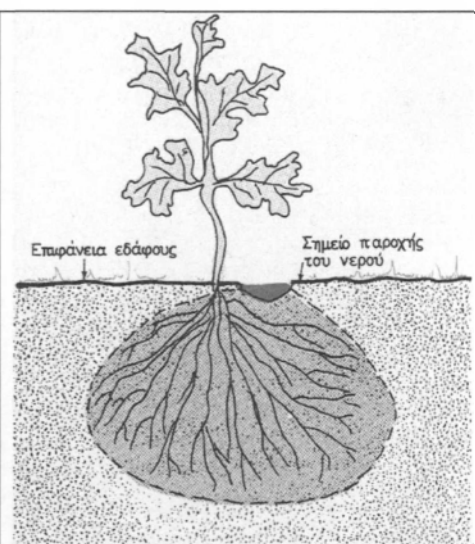
Με τη μέθοδο αυτή, γνωστή και ως **στάγδην άρδευση**, το αρδευτικό νερό χορηγείται κατά σταγόνες στην περιοχή του κύριου ριζοστρώματος των φυτών και μόνο σ' αυτή με τη βοήθεια ειδικών συσκευών, γνωστών ως **σταλακτήρων**. Η ικανοποίηση δηλαδή των αναγκών των φυτών σε νερό γίνεται με μικρές και συχνές δόσεις. Οι σταλακτήρες τοποθετούνται κατά μήκος πλαστικών σωλήνων με μικρή διάμετρο.

Το νερό μέσα στους σωλήνες κυκλοφορεί υπό πίεση που εξασφαλίζεται κατά κανόνα, από κάποια φυγόκεντρη αντλία ή, σπανιότερα, από κάποια υπερυψωμένη δεξαμενή τοποθετημένη στο υψηλότερο τμήμα του αγρού.

Με τη στάγδην άρδευση, η κίνηση του νερού μέσα στο έδαφος είναι τρισδιάστατη, ενώ με την άρδευση με αυλάκια είναι δυσδιάστατη (κίνηση κατακόρυφη και πλευρική) και με την άρδευση με κατάκλυση μονοδιάστατη (κατακόρυφη). Το νερό παρέχεται πάντα στο ίδιο σημείο του εδάφους και από εκεί κινείται κατά μήκος, πλάτος και βάθος για να καλύψει τη ζώνη του κύριου ριζοστρώματος των φυτών. Μια σχηματική ενδεικτική παράσταση της υγρασίας μέσα στο έδαφος φαίνεται σε κατακόρυφη τομή στο σχήμα 3.37., ενώ ένας αγρός που αρδεύεται με σταγόνες παριστάνεται στην εικόνα 3.35.



Εικόνα 3.35. Γενική άποψη αγροτεμαχίου που αρδεύεται με σταγόνες. Χαρακτηριστικές υγρές κηλίδες στην επιφάνεια του εδάφους.



Σχήμα 3.37. Ενδεικτική παράσταση της υγρασίας κοντά στο ριζόστρωμα του φυτού.

Γενικά, η μέθοδος αποσκοπεί στο να δώσει το νερό εκεί που κυρίως χρειάζεται (ριζόστρωμα) περιορίζοντας στο ελάχιστο τις απώλειες από εξάτμιση, απορροή και βαθιά διήθηση. Με κατάλληλο εξοπλισμό του συστήματος, είναι δυνατή η χορήγηση και των

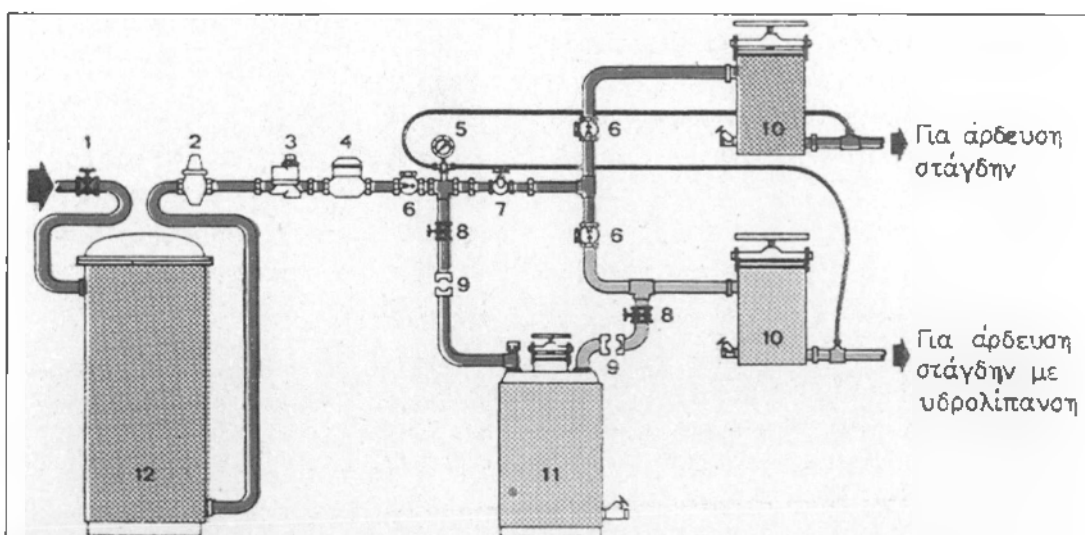
λιπασμάτων, ενώ η εφαρμογή της μεθόδου απαιτεί τα λιγότερα εργατικά χέρια από όλες τις μέχρι τώρα γνωστές μεθόδους, με συνέπεια την αύξηση του κόστους πρώτης εγκατάστασης. Έτσι, το νερό και τα λιπάσματα χορηγούνται όχι σε ολόκληρη την επιφάνεια που εκτείνεται η καλλιέργεια, αλλά μόνο σε τμήμα αυτής, δηλαδή αυτό που βρίσκεται γύρω από το ριζικό σύστημα των φυτών.

Η στάγδην άρδευση παρουσιάζει μεγάλο βαθμό αποδόσεως (90-95%) κατά την εφαρμογή στα φυτά και εφαρμόζεται κυρίως σε ετήσιες καλλιέργειες, ενώ χρησιμοποιείται σε μικρότερη κλίμακα απ' την τεχνητή βροχή, αφού αποτελεί μια σχετική νέα μέθοδο και λόγω της υψηλής δαπάνης ανά στρέμμα σε σχέση με άλλες μεθόδους αρδεύσεως. Αναπτύχθηκε ραγδαία και σήμερα αρδεύονται καλλιέργειες, που μέχρι πρότινος κανείς δεν μπορούσε να διανοηθεί ότι ήταν δυνατόν τεχνικοοικονομικά να αρδευτούν, όπως καλλιέργειες αραβοσίτου και βαμβακιού.

3.3.1. Κύρια στοιχεία του συστήματος

Το σύστημα, βασικά, αποτελείται από τέσσερα κύρια μέρη που είναι η **κεφαλή**, οι **σωληνώσεις**, οι **σταλακτήρες** και το **αντλητικό συγκρότημα**.

3.3.1.1. Κεφαλή



Σχήμα 3.38. Σχηματική παράσταση των μηχανισμών μιας τυπικής κεφαλής.

1) Γενική βάννα. 2) Μειωτής πίεσεως. 3) Αυτόματος ογκομετρικός διακόπτης. 4) Υδρόμετρο. 5) Μανόμετρο για παρακολούθηση της πίεσεως. 6) Βαλβίδα αντεπιστροφής. 7) Βάννα Venturi. 8) Βάννα μικρή. 9) Ταχυσύνδεσμος. 10) Φίλτρο με θέση επικοινωνίας μανόμετρου στην έξοδο. 11) Υδρολιπαντήρας. 12) Φίλτρο άμμου.

Με το χαρακτηρισμό **κεφαλή** εννοούμε το σύνολο των οργάνων και μηχανισμών ελέγχου, ρυθμίσεως και ασφάλειας που παρεμβάλλονται μεταξύ της πηγής προελεύσεως του νερού και του σημείου εξόδου του νερού προς την υπό άρδευση έκταση.

Στο σχήμα 3.38. φαίνονται συγκεντρωμένα τα συνηθισμένα όργανα και οι μηχανισμοί που περιλαμβάνει μία κεφαλή.

Ανάλογα με την περίπτωση οι παραπάνω μηχανισμοί μπορεί να περιλαμβάνονται όλοι, μερικοί ή και περισσότεροι όταν ειδικές συνθήκες το απαιτούν.

3.3.1.1.1. Συνοπτική περιγραφή των στοιχείων της κεφαλής

Μια τυπική κεφαλή αποτελείται από τα παρακάτω στοιχεία:

- Βάννες

Όλες οι βάννες που μπορεί να υπάρχουν, έχουν ως αποστολή τη ρύθμιση της παροχής, το στραγγαλισμό της ροής για αύξηση των απωλειών ενέργειας σε περιπτώσεις υψηλών πιέσεων, την αλλαγή κατευθύνσεως της ροής ή ακόμα και τη διακοπή της για την εκτέλεση εργασιών επισκευής ή συντηρήσεως.

- Υδρόμετρο

Το όργανο αυτό μετρά τον όγκο του νερού που διοχετεύεται στον αγρό μέσω της κεφαλής ή μέσω μιας σωληνώσεως.

- Αυτόματος ογκομετρικός διακόπτης

Το όργανο αυτό έχει ως σκοπό την αυτόματη διακοπή της παροχής, όταν περάσει μέσω αυτού η ποσότητα νερού στην οποία έχει ρυθμισθεί το όργανο με τη βοήθεια ειδικού δίσκου.

- Μανόμετρα

Τα όργανα αυτά μας δείχνουν την πίεση του νερού στις θέσεις που θέλουμε να τη γνωρίζουμε. Ιδιαίτερη σημασία έχει το μανόμετρο που τοποθετείται στην έξοδο του νερού από το φίλτρο γιατί μας επιτρέπει να καταλάβουμε αν το φίλτρο θέλει καθάρισμα ή όχι. Χαμηλή ένδειξη του μανομέτρου σημαίνει ότι οι πόροι του φίλτρου έχουν φράξει από τις στερεές ύλες που περιέχει το νερό, με συνέπεια την αύξηση των απωλειών ενέργειας μέσα στο φίλτρο. Γι' αυτό και απαιτείται καθάρισμα.

- Φίλτρα

Τα φίλτρα είναι ειδικές συσκευές που έχουν ως αποστολή την απαλλαγή του νερού από τις ξένες ύλες που σχεδόν πάντα περιέχει και που, αν δεν απομακρυνθούν, θα

προκαλέσουν εμφράξεις στους σταλακτήρες και θα παρεμποδίσουν έτσι την ομαλή λειτουργία του δικτύου. Γενικότερα, οι ξένες ύλες επιταχύνουν τη φθορά των οργάνων και συσκευών της εγκατάστασης. Οι πιο συνηθισμένοι τύποι φίλτρων είναι τα **φίλτρα άμμου** και τα **φίλτρα σίτας**.

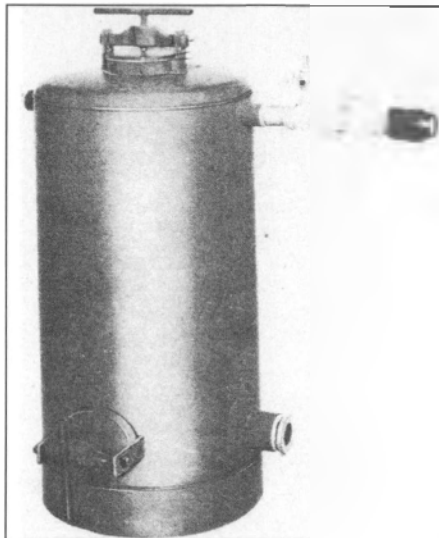
Τα **φίλτρα άμμου** είναι συνήθως ογκώδη συγκριτικά με τα άλλα όργανα της κεφαλής, και αποτελούνται από κυλινδρικά δοχεία με μεταλλικό εξωτερικό περίβλημα (Σχήματα 3.39. – 3.40.). Στο εσωτερικό τους εναλλάσσονται στρώματα άμμου και χαλικιών διαφόρων μεγεθών τα οποία συγκρατούν τα διάφορα στερεά σώματα (άμμοι, μικροοργανισμοί, χόρτα κλπ.) που περιέχονται στο νερό καθώς αυτό αντλείται από διάφορα βάθη. Ειδικότερα, για την απομάκρυνση της άμμου, που σχεδόν πάντα περιέχουν τα αντλούμενα νερά, χρησιμοποιείται συχνά και μία άλλη συσκευή κωνικής μορφής, γνωστή με το όνομα **υδροκυκλώνας** (Σχήμα 3.41.). Η αρχή λειτουργίας του υδροκυκλώνα (Σχήμα 3.42.) στηρίζεται στην περιστροφική κίνηση που παίρνει το νερό μέσα σ' αυτόν, με αποτέλεσμα τη συγκέντρωση της άμμου, λόγω της φυγόκεντρης δυνάμεως, στη βάση της συσκευής. Εκεί συλλέγεται σε ειδικό συλλεκτήρα, ο οποίος κατά διαστήματα καθαρίζεται, ανάλογα με την περιεκτικότητα του νερού σε άμμο. Από το πάνω μέρος της συσκευής, το νερό, σχετικά καθαρό, οδηγείται προς τα άλλα όργανα της κεφαλής, για να φθάσει τελικά στην έξοδο, αφού περάσει ξανά από άλλο φίλτρο τύπου «σίτας».

Τα **φίλτρα σίτας** αποτελούνται από ένα λεπτό και πυκνό πλέγμα κατασκευασμένο από μεταλλικά ή πλαστικά νήματα. Η σίτα αυτή κατακρατεί τα στερεά υλικά που έχουν διαστάσεις μεγαλύτερες από τις διαστάσεις των ανοιγμάτων τους. Οι διαστάσεις αυτές πρέπει να είναι οπωσδήποτε μικρότερες από το άνοιγμα των σταλακτήρων, γιατί διαφορετικά υπάρχει κίνδυνος εμφράξεως των τελευταίων και κατά συνέπεια κίνδυνος μη καλής λειτουργίας του συστήματος.

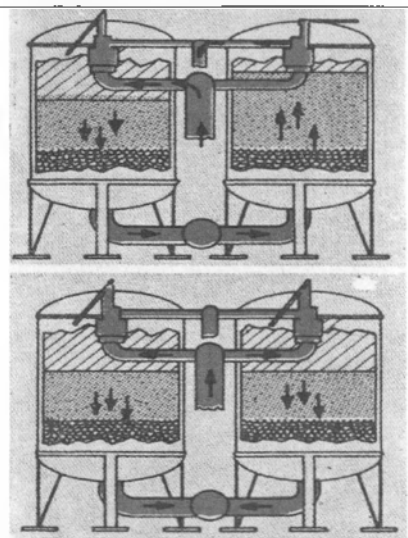
Τα **φίλτρα σίτας**, ανάλογα με τον τρόπο καθαρισμού τους, διακρίνονται σε **απλά** (Σχήμα 3.43.), στα οποία το πλέγμα ανασύρεται έξω από τη συσκευή και πλένεται με καθαρό νερό, σε **ημιαντόματα** (Σχήμα 3.44.), τα οποία καθαρίζονται επιτόπου χωρίς να αποσυναρμολογηθούν με τη βοήθεια ειδικής βούρτσας που υπάρχει στο εσωτερικό του φίλτρου και κινείται κατακόρυφα ή περιστροφικά μέσω εξωτερικού μοχλού, και σε **αυτόματα** (Σχήμα 3.45.). Τα τελευταία καθαρίζονται με καθαρό νερό που εκτοξεύεται υπό πίεση στο εσωτερικό τους ή μέσω υδραυλικής εγκατάστασης η οποία θέτει σε κίνηση ειδική βούρτσα στο εσωτερικό της συσκευής, όταν η πίεση

στην έξοδο του φίλτρου κατέβει κάτω από ορισμένο όριο, ενδεικτικό της προχωρημένης εμφράξεως των φίλτρων.

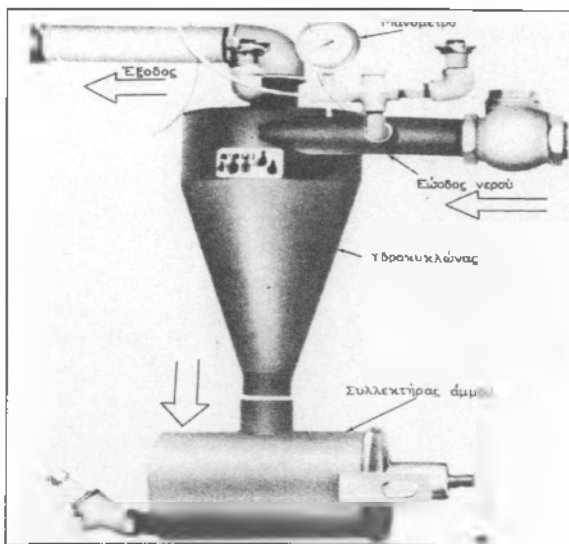
Εκτός από τα παραπάνω φίλτρα που τοποθετούνται στην κεφαλή του δικτύου, υπάρχουν και άλλα **μικρά φίλτρα** που μπορούν να τοποθετηθούν στην αρχή των γραμμών αρδεύσεως. Πρέπει όμως να επιδιώκεται ο καλός καθαρισμός τους στην κεφαλή του δικτύου, για να μην υπάρχει ανάγκη τοποθέτησεως και άλλων φίλτρων που ανεβάζουν το κόστος της εγκαταστάσεως.



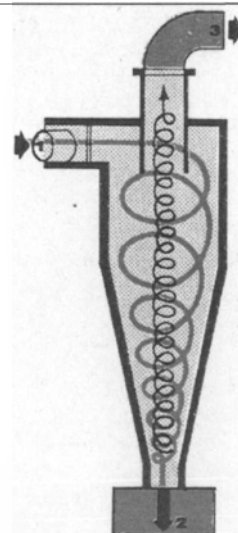
Σχήμα 3.39. Φίλτρο άμμου.



Σχήμα 3.40. Φίλτρα άμμου κατά τη λειτουργία και τον καθαρισμό τους με αντίστροφη ροή.



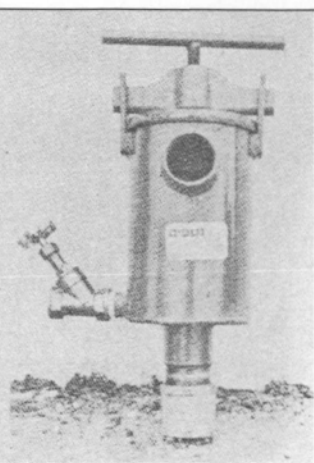
Σχήμα 3.41. Υδροκυκλώνας.



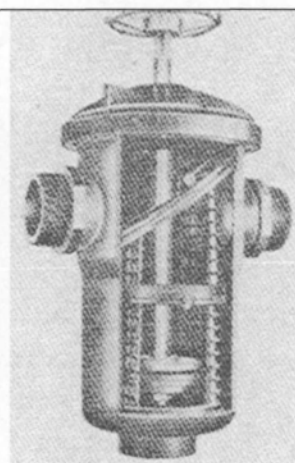
Σχήμα 3.42. Σχηματική παράσταση της κινήσεως του νερού μέσα στον υδροκυκλώνα. 1) Είσοδος. 2) Συλλογή της άμμου. 3) Εξόδος καθαρού νερού.



Σχήμα 3.43. Φίλτρα σίτας απλά.



Σχήμα 3.44. Φίλτρα σίτας ημιαυτόματα.

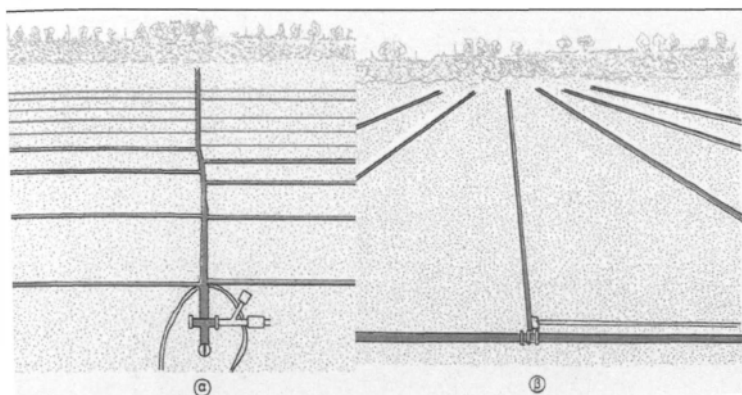


Σχήμα 3.45. Φίλτρα σίτας αυτόματο.

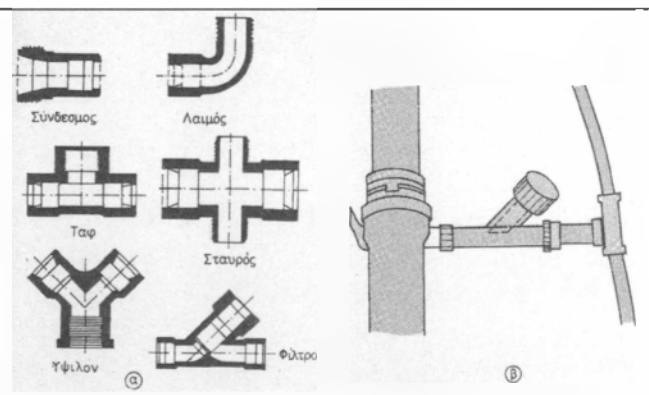
3.3.1.2. Σωληνώσεις

Σ' ένα δίκτυο αρδεύσεως με σταγόνες, οι σωληνώσεις διακρίνονται σ' εκείνες που κατά μήκος και κατά ορισμένα διαστήματα φέρουν σταλακτήρες ή υποδοχές σταλακτήρων και λέγονται **γραμμές αρδεύσεως** και σ' εκείνες που τροφοδοτούν με νερό τις γραμμές αρδεύσεως και λέγονται **κύριες γραμμές αρδεύσεως** (Σχήμα 3.46.).

Σε μεγαλύτερα δίκτυα υπάρχει και κεντρική σωληνώση που τροφοδοτεί τις κύριες σωληνώσεις. Για τις απαραίτητες διακλαδώσεις και συνδέσεις υπάρχουν όλα τα ειδικά εξαρτήματα, δηλαδή ενώσεις ταφ, λαιμοί, φίλτρα, διακόπτες κ.ά., κατασκευασμένα, συνήθως, από προπυλένιο (Σχήμα 3.47.).



Σχήμα 3.46. α) Κύρια γραμμή με γραμμές αρδεύσεως από τις δύο πλευρές. β) Κύρια γραμμή με γραμμές αρδεύσεως από τη μία πλευρά.



Σχήμα 3.47. α) Διάφορα εξαρτήματα. β) Κύρια γραμμή με διακλάδωση προς γραμμή αρδεύσεως με διακόπτη και φίλτρο.

Η κεντρική σωληνώση, όταν υπάρχει, μπορεί να είναι από γαλβανισμένο σιδηροσωλήνα ή από πλαστικό ή αλουμίνιο κ.ά. Ο σωλήνας αυτός τοποθετείται μέσα στο

έδαφος. Οι κύριες γραμμές αρδεύσεως κατασκευάζονται, συνήθως, από πολυαιθυλένιο PE (Εικόνα 3.36.), πλαστικό PVC (Εικόνα 3.37.), αλουμίνιο ή από γαλβανισμένο σίδηρο και τοποθετούνται κατά κανόνα στην επιφάνεια του εδάφους. Τέλος, οι γραμμές αρδεύσεως, οι οποίες τοποθετούνται στην επιφάνεια του εδάφους, είναι, συνήθως, εύκαμπτοι πλαστικοί σωλήνες από μαύρο πολυαιθυλένιο με εξωτερική διάμετρο από 12 μέχρι 40 mm, ανάλογα με την παροχή και τη διαθέσιμη πίεση. Η αντοχή τους σε πίεση κυμαίνεται μεταξύ 4 και 6 atm, ενώ η συνηθισμένη πίεση λειτουργίας τους είναι γύρω στη 1,5 atm. Η διάρκεια ζωής τους είναι περίπου 10 χρόνια για τις κλιματικές συνθήκες της χώρας μας.



Οι αποστάσεις μεταξύ των γραμμών αρδεύσεως ποικίλλουν ανάλογα με το είδος της καλλιέργειας και τις αποστάσεις των γραμμών φυτεύσεως από 45 cm για ορισμένα λαχανικά μέχρι 3 ως 6 m για δενδροφυτείες.

Το μαύρο χρώμα επιβλήθηκε, γιατί είναι αδιαπέρατο στο φως και εμποδίζει την ανάπτυξη στο εσωτερικό των σωληνώσεων διαφόρων μικροοργανισμών που μπορεί να προκαλέσουν έμφραξη των σταλακτήρων και ανωμαλία στο ρυθμό της αρδεύσεως.

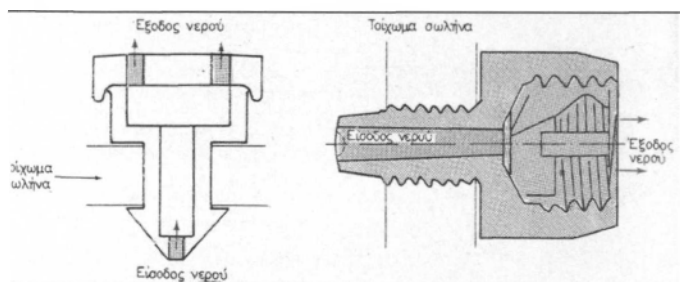
Κατά μήκος των γραμμών αρδεύσεως και κατά διαστήματα, ανάλογα με το είδος της φυτείας που πρόκειται να αρδευτεί, τοποθετούνται σταλακτήρες ή υποδοχές σταλακτήρων, οι οποίοι είναι διαφόρων τύπων και τρόπων λειτουργίας, όπως περιγράφεται παρακάτω.

Στο τέρμα κάθε γραμμής αρδεύσεως προβλέπεται η τοποθέτηση ειδικών βαλβίδων, οι οποίες όταν δε λειτουργεί το σύστημα παραμένουν ανοικτές. Κλείνουν με την πίεση του νερού, μέχρι που η πίεση του νερού μέσα στις σωληνώσεις, πάρει τιμή τέτοια, ώστε να είναι ικανή να προκαλέσει το κλείσιμο της βαλβίδας, μερικά δηλαδή λεπτά της ώρας, η βαλβίδα συνεχίζει να παραμένει ανοικτή, οπότε το νερό που εκρέει ελεύθερα, παρασύρει τις διάφορες ακαθαρσίες που είχαν συγκεντρωθεί στο σωλήνα και έτσι ο σωλήνας καθαρίζεται.

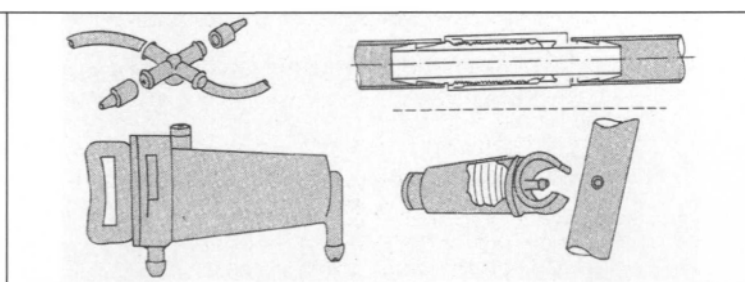
3.3.1.3. Σταλακτήρες

Οι σταλακτήρες κατασκευάζονται από σκληρή πλαστική ύλη, συνήθως από πολυπροπυλένιο. Το μέγεθος και το σχήμα τους ποικίλλει ανάλογα με τον τύπο και την προέλευσή τους. Πάντως το συνηθισμένο σχήμα τους είναι το κυλινδρικό. Το κοινό χαρακτηριστικό τους είναι η ειδική κατασκευή τους με την οποία επιτυγχάνεται η εκροή του νερού στον αγρό με τη μορφή ελεύθερων σταγόνων. Βέβαια, το νερό μέσα στη γραμμή αρδύσεως έχει κάποια πίεση, αλλά κατά τη διέλευσή του από το σταλακτήρα η πίεση αυτή μηδενίζεται λόγω των απωλειών ενέργειας μέσα σ' αυτόν.

Ο μηχανισμός των σταλακτήρων, παρόλες τις τροποποιήσεις και τελειοποιήσεις των διαφόρων κατασκευαστικών εταιριών, παραμένει βασικά ο ίδιος και χωρίζεται σε δύο τύπους, ανάλογα με την αρχή λειτουργίας του, δηλαδή στο **μηχανισμό της στενής οπής** (Σχήμα 3.48.) και στο μηχανισμό **μεγάλης διαδρομής του νερού** (Σχήμα 3.49.).



Σχήμα 3.48. Σταλακτήρες μηχανισμού στενής οπής.



Σχήμα 3.49. Σταλακτήρες μηχανισμού μακρινής διαδρομής.

Αντικειμενικός στόχος και των δύο τύπων είναι η δημιουργία συνθηκών πτώσεως της πίεσεως του νερού, ώστε να επιτυγχάνεται η επιθυμητή για κάθε περίπτωση παροχή με τη μορφή ελεύθερων σταγόνων.

Οι σταλακτήρες στενής οπής έχουν χρησιμοποιηθεί σε μεγάλο βαθμό. Όμως, λόγω του αναγκαστικά μικρού μήκους τους, ο κίνδυνος εμφράξεώς τους από στερεά σώματα, που μπορεί να περιέχει το νερό, είναι πάρα πολύ μεγάλος.

Ο μηχανισμός της ροής μεγάλης διαδρομής αποδείχθηκε στην πράξη καλύτερος σε σύγκριση με τον προηγούμενο, για την ομαλή λειτουργία των σταλακτήρων. Άλλωστε, δεν μπορεί να θεωρηθεί ως τυχαίο το γεγονός ότι τα περισσότερα μοντέλα σταλακτήρων που κατασκευάζονται σήμερα είναι αυτού του τύπου. Το νερό, αναγκασμένο να κάνει μεγάλη διαδρομή είτε μέσα σε ελικοειδείς ή λαβυρινθώδεις αυλακώσεις είτε μέσα σε σωληνίσκους (γνωστοί ως σωλήνες τύπου **σπαγγέτι**) με ανάλογο μήκος, χάνει την πίεσή του και εκρέει με τη μορφή σταγόνων. Η προοδευτική μείωση της πίεσεως επιτρέπει μεγαλύτερα διαμετρήματα

των αυλακώσεων ή των σωληνίσκων και κατά συνέπεια μείωση των κινδύνων εμφράξεως από στερεά σώματα.

Η δυνατότητα δε αυξομειώσεως του μήκους της διαδρομής επιτρέπει τη ρύθμιση της πίεσεως λειτουργίας και τη ρύθμιση της παροχής του σταλακτήρα.

Ως παράδειγμα συγκρίσεως των δύο μηχανισμών αναφέρεται ότι μία στενή οπή διαμέτρου 1 mm δίνει, υπό πίεση 1 atm, παροχή ίση με 25 l/h, ενώ ένας αγωγός με την ίδια διάμετρο και με μήκος 1 m, δίνει, με την ίδια πίεση, παροχή ίση με 5 l/h. Από το παράδειγμα αυτό φαίνεται καθαρά ότι αυξομειώνοντας το μήκος του σωληνίσκου μπορούμε να ρυθμίσουμε την παροχή σε όποια τιμή θέλουμε μεταξύ 5 και 35 l/h.

Για όλους τους τύπους σταλακτήρων θα μπορούσε να πει κανείς ότι η πίεση λειτουργίας τους κυμαίνεται συνήθως από 1 ως 1,5 atm και η παροχή τους από 2 ως 10 l/h. Ο αριθμός και οι αποστάσεις μεταξύ τους επάνω στη γραμμή αρδεύσεως μεταβάλλονται ανάλογα με το είδος των φυτών και τις αποστάσεις φυτεύσεώς τους.

Οι σταλακτήρες, οποιουδήποτε τύπου και αν είναι, πρέπει να παρουσιάζουν τα εξής χαρακτηριστικά:

- Να εξασφαλίζουν σταθερή και ομοιόμορφη παροχή για δεδομένη πίεση.
- Να μην εμφράζονται εύκολα από στερεά σώματα ή χημικά κατάλοιπα που περιέχονται συνήθως στο νερό.
- Να έχουν χαμηλό κόστος.
- Να τοποθετούνται εύκολα στις γραμμές αρδεύσεως.
- Να επιτρέπουν την εύκολη προετοιμασία των γραμμών αρδεύσεως για μεταφορά τους σε άλλη θέση, αν χρειασθεί.

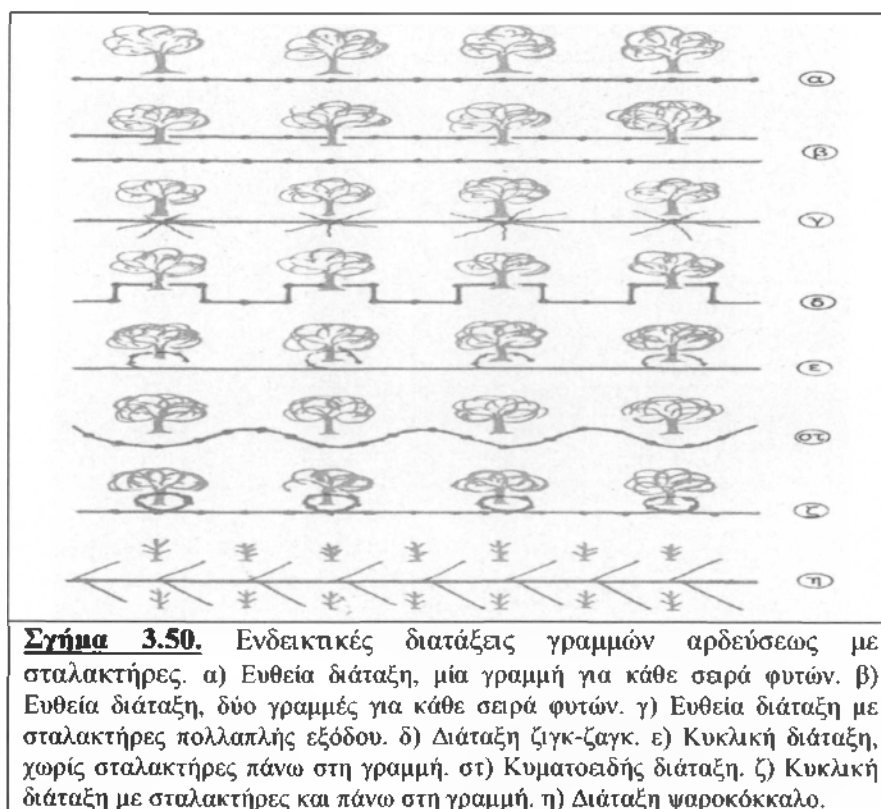
Η διάταξη των σταλακτήρων ακολουθεί κατά κανόνα τη διάταξη των γραμμών αρδεύσεως (Σχήμα 3.50.) επάνω στις οποίες τοποθετούνται. Βέβαια μία απόκλιση από τη διάταξη των γραμμών αρδεύσεως είναι δυνατή με τη χρησιμοποίηση σταλακτήρων μεγάλης διαδρομής, με μορφή σωληνίσκου (σπαγγέτι). Στόχος πάντως κάθε διατάξεως είναι η κατά το δυνατόν ομοιόμορφη διαβροχή του εδάφους στο βάθος του κυρίου ριζοστρώματος των φυτών.

3.3.1.4. Αντλητικό συγκρότημα

Η πίεση λειτουργίας του συστήματος που περιγράψαμε παραπάνω, μπορεί να εξασφαλίζεται ή από μία δεξαμενή η οποία πρέπει να βρίσκεται σε αρκετό ύψος, ώστε να

καλύπτεται ολόκληρο το αγρόκτημα από πλευράς απαιτούμενης πίεσεως ή συνηθέστερα από μία αντλία, μια και στις περισσότερες περιπτώσεις το νερό αντλείται από πηγή νερού (πηγάδι, γεώτρηση, λίμνη, ποτάμι κ.ά.) και στη συνέχεια μέσω της κεφαλής, διοχετεύεται στον αγρό με την ανάλογη πίεση. Για το αντλητικό συγκρότημα και τον υπολογισμό των διαφόρων μεγεθών του ισχύουν όσα αναφέρθηκαν ήδη για την τεχνητή βροχή, με μόνη τη διαφορά ότι στην προκειμένη περίπτωση τα μεγέθη της ισχύος και παροχής της φυγόκεντρης αντλίας είναι πάρα πολύ μικρότερα, λόγω του μικρού μεγέθους των αρδευτικών μονάδων που εξυπηρετούνται από ένα τέτοιο συγκρότημα.

Τα μικρά αντλητικά συγκροτήματα, εκτός από το μικρό τους κόστος παρουσιάζουν και ένα σοβαρό πλεονέκτημα, γιατί λειτουργούν και κατά τη διάρκεια της νύκτας που η τιμή του ηλεκτρικού ρεύματος είναι χαμηλή.

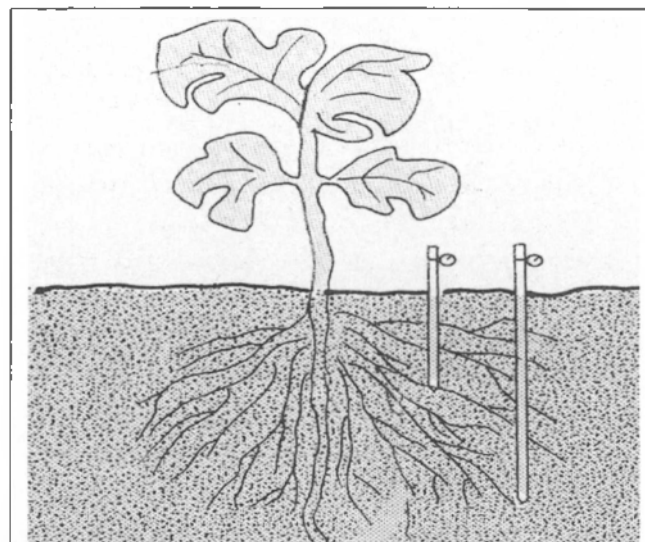


3.3.2. Χαρακτηριστικά λειτουργίας του συστήματος

Τα κύρια χαρακτηριστικά λειτουργίας ενός συστήματος αρδεύσεως με σταγόνες θα μπορούσαν να συνοψισθούν στα εξής:

- ▶ Χαμηλή πίεση λειτουργίας που συνήθως κυμαίνεται από 1-1,5 atm.
- ▶ Χαμηλή παροχή, συνήθως 3-15 l/h.

- ▶ Περιορισμένη επιφάνεια διαβρεχόμενου εδάφους, ανάλογα με τις αποστάσεις των φυτών, του σταδίου αναπτύξεώς τους και του τρόπου αναπτύξεως του ριζικού τους συστήματος σε κάθε στάδιο.
- ▶ Υψηλή συχνότητα αρδεύσεως, εφόσον η παροχή του συστήματος είναι μικρή και οι ανάγκες των φυτών περίπου σταθερές. Έτσι όσο μικραίνει η παροχή τόσο μεγαλώνει η διάρκεια αρδεύσεως, η οποία μπορεί να γίνει και συνεχής, αν ειδικές συνθήκες το επιβάλλουν. Στην περίπτωση αυτή είναι φανερό ότι η παροχή πρέπει να καλύπτει τις ημερήσιες ανάγκες των καλλιεργειών προσαυξημένες με τις αναπόφευκτες απώλειες.
- ▶ Μονιμότητα του συστήματος σε όλη την αρδευτική περίοδο.
- ▶ Εξασφάλιση συνεχούς και μεγάλης διαθέσιμης υγρασίας στο έδαφος δεδομένου ότι η μυζητική τάση βρίσκεται πολύ κοντά στο $1/3$ της ατμοσφαιρικής πίεσεως, δηλαδή το έδαφος βρίσκεται στην περιοχή της υδατοϊκανότητάς του. Βέβαια η παρακολούθηση της υγρασίας απαιτεί την εγκατάσταση τασιμέτρων στο έδαφος (Σχήμα 3.51.).



Σχήμα 3.51. Ενδεικτική τοποθέτηση τασιμέτρων στο έδαφος για την παρακολούθηση της υγρασίας του εδάφους.

3.3.3. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της στάγδην αρδεύσεως

α) Πλεονεκτήματα

1) Περιορισμός στο ελάχιστο του αριθμού των εργατικών χεριών.

Το σύστημα, εγκαταστημένο μόνιμα στο έδαφος, δεν έχει ανάγκη από εργατικά χέρια μετά την εγκατάστασή του παρά μόνο για μια σχετική παρακολούθηση καλής λειτουργίας και για ένα περιοδικό καθαρισμό των φίλτρων.

2) Οικονομία νερού.

Το σύστημα παρουσιάζει το μικρότερο βαθμό απωλειών νερού από κάθε άλλο σύστημα αρδεύσεως τόσο κατά τη μεταφορά του νερού όσο και κατά την εφαρμογή του στον αγρό. Η εξάτμιση από την επιφάνεια του εδάφους είναι σημαντικά μειωμένη, αφού δε διαβρέχεται όλη η επιφάνεια του εδάφους. Επίσης, οι απώλειες λόγω βαθιάς διηθήσεως είναι αμελητέες, όταν το σύστημα μελετηθεί προσεκτικά.

3) Περιορισμός αναπτύξεως των ζιζανίων.

Επειδή ακριβώς δε διαβρέχεται όλη η επιφάνεια του εδάφους, τα ζιζάνια αναπτύσσονται γύρω από τους σταλακτήρες και τα εργατικά για το βοτάνισμα ή τα έξοδα για τη χρήση ζιζανιοκτόνων είναι πολύ λίγα.

4) Εκτελεστέα εργασιών κατά τη διάρκεια της αρδεύσεως.

Στη διάρκεια της αρδεύσεως μπορούν να γίνονται παράλληλα και άλλες καλλιεργητικές εργασίες, όπως π.χ. η καταπολέμηση ασθενειών, το κλάδεμα, η συλλογή καρπών κ.ά.

5) Εφαρμογή ανεπηρέαστη από τον άνεμο.

Η άρδευση με σταγόνες δεν επηρεάζεται από τον άνεμο, γιατί το νερό χορηγείται με τη μορφή σταγόνων πολύ κοντά στην επιφάνεια του εδάφους.

6) Δυνατότητα εφαρμογής σε επικλινή εδάφη, χωρίς να απαιτείται συστηματική ισοπέδωση.

7) **Δυνατότητα διανομής λιπασμάτων** με την κατάλληλη προσθήκη στην κεφαλή του δικτύου ειδικού δοχείου, γνωστού ως **λιπαντήρα**, όπου διαλύεται το λίπασμα και στη συνέχεια διανέμεται στον αγρό με το ίδιο σύστημα διοχετεύσεως του αρδευτικού νερού (σχήμα 2.3γ).

8) **Δε διαβρέχει το φύλλωμα των φυτών** και έτσι δεν ευνοεί την ανάπτυξη διαφόρων ασθενειών.

9) Επιτρέπει την αξιοποίηση πολύ μικρών παροχών. Με κανένα άλλο από τα κλασικά συστήματα αρδεύσεως δεν μπορεί να αξιοποιηθούν πολύ μικρές παροχές νερού.

β) Μειονεκτήματα

1) Υψηλό κόστος πρώτης εγκαταστάσεως.

Σε σύγκριση με τα άλλα γνωστά συστήματα αρδεύσεως, το κόστος εγκαταστάσεως δικτύου αρδεύσεως με σταγόνες, για τα σημερινά δεδομένα, είναι μεγαλύτερο. Βέβαια, αυτό είναι σχετικό, γιατί εξαρτάται από την αποδοτικότητα της καλλιέργειας, καθώς και από τη διαθεσιμότητα και το κόστος των εργατικών χεριών.

2) Εμφράξεις.

Οι παρατηρούμενες εμφράξεις των σταλακτήρων μπορούν να καταταγούν στις εξής τρεις βασικές κατηγορίες, ανάλογα με το αίτιο που τις προκαλεί. Δηλαδή:

- Εμφράξεις μηχανικές.

Οι εμφράξεις αυτές οφείλονται στην παρουσία στερεών σωματιδίων, συνήθως κόκκων λεπτής άμμου. Η προστασία του συστήματος από αυτές συνίσταται στη χρησιμοποίηση των καταλλήλων για κάθε περίπτωση φίλτρων.

- Εμφράξεις χημικές.

Οι εμφράξεις αυτές οφείλονται σε χημικά ιζήματα που φράζουν μερικώς ή ολικώς τις οπές των σταλακτήρων. Τα ιζήματα αυτά είναι του σιδήρου (σπανιότερα) και του ασβεστίου (συνηθέστερα). Για την απομάκρυνση των τελευταίων φαίνεται ότι η διοχέτευση μέσω του δικτύου διαλύματος υδροχλωρικού οξέος (36%) για 10 λεπτά της ώρας και σε ποσότητα ίση με 0,5 ως 2,0% του όγκου του αρδευτικού νερού, δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα στις περισσότερες περιπτώσεις. Γενικά επειδή οι εμφράξεις από χημικές ουσίες είναι λίγες σε σύγκριση μ' εκείνες που έχουν ως αιτία τη χρήση λιπασμάτων, συνιστάται επιφυλακτικότητα ως προς τη διανομή τους με το σύστημα αρδεύσεως με σταγόνες.

- Εμφράξεις βιολογικές ή οργανικές.

Οι εμφράξεις αυτές οφείλονται στην ανάπτυξη διαφόρων μικροοργανισμών μέσα στις σωληνώσεις του δικτύου (βακτήρια, μύκητες, πρωτόζωα, άλγες κ.ά.), οι οποίοι υπό μορφή αποικιών φράζουν μερικώς ή ολικώς την οπή του σταλακτήρα και έτσι κάνουν αδύνατη την ομαλή λειτουργία του δικτύου. Η καταπολέμησή τους είναι δύσκολη και

κατά κανόνα ανεπιτυχής, με τα σημερινά δεδομένα. Πάντως εφόσον το νερό είναι καθαρό, ο κίνδυνος οργανικής εμφράξεως είναι αμελητέος.

3) Συνεχής έλεγχος της καλής λειτουργίας των σταλακτήρων και των φίλτρων, τα οποία μετά από κάθε άρδευση πρέπει να πλένονται καλά με καθαρό νερό.

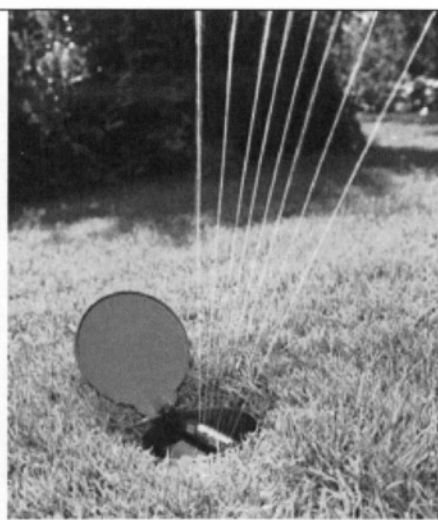
4) Έλεγχος της περιεκτικότητας του εδάφους σε άλατα και εφόσον οι συνήθεις βροχές δεν επαρκούν για την απομάκρυνσή τους, τότε επιβάλλεται να γίνει έκπλυση με πρόσθετες αρδεύσεις.

3.4. ΥΠΟΓΕΙΑ ΑΡΔΕΥΣΗ

Η ιδέα της υπόγειας τοποθέτησης σταλακτοφόρων (Εικόνες 3.38. – 3.40.), είναι ένα αντικείμενο που έχει απασχολήσει διεθνώς για πάρα πολύ καιρό όλες τις εταιρείες παραγωγής σταλακτοφόρων σωλήνων.



Εικόνα 3.38. Υπόγεια άρδευση αγόνων.



Εικόνα 3.39. Υπόγειο πότισμα βροχής.



Εικόνα 3.40. Σταλακτηφόρος νέας γενιάς.

Η ιδέα αυτή έγινε πραγματικότητα πριν από τρία χρόνια, μετά από προσπάθειες και δοκιμές πολλών ετών. Το σημαντικότερο πρόβλημα το οποίο αντιμετώπιζαν όλες οι εταιρείες, σχετικά με την τοποθέτηση σταλακτοφόρων σωλήνων, ήταν ότι οι ρίζες των φυτών ανίχνευαν τους σταλάκτες οι οποίοι μετά από λίγο καιρό έφραζαν. Η εταιρεία που πρώτη ασχολήθηκε με την υπόγεια άρδευση, ανέπτυξε και έκανε διεθνή πατέντα το φίλτρο TECH-FILTER, το οποίο περιέχει τυποποιημένη ποσότητα ριζοαπωθητικών σκευασμάτων (τριφλουραλίνης), που απελευθερώνονται προοδευτικά με το νερό της άρδευσης κρατώντας τις ρίζες μακριά από τον σταλάκτη, χωρίς όμως να τις καταστρέφει.

3.4.1. Πλεονεκτήματα υπόγειας άρδευσης

Τα πλεονεκτήματα της υπόγειας άρδευσης με σταγόνες είναι τα ακόλουθα:

- Εξοικονόμηση νερού άρδευσης λόγω της μείωσης των απωλειών από εξάτμιση ή απορροή.
- Άρδευση οποιαδήποτε ώρα της μέρας χωρίς να παρενοχλούνται οι χρήστες της αρδευόμενης περιοχής.
- Δεν επηρεάζεται η άρδευση από τις καιρικές συνθήκες, όπως ισχυροί άνεμοι.
- Εκτέλεση εργασιών στο χώρο ακόμη και κατά την διάρκεια της άρδευσης.
- Υψηλός βαθμός ομοιομορφίας εφαρμογής του νερού σε κάθε είδος εδάφους.
- Περιορίζει τις ασθένειες που οφείλονται στο συνδυασμό υψηλής θερμοκρασίας και επιφανειακού νερού.
- Υπόγεια υδρολίπανση του φυτικού υλικού χωρίς την επαφή του ανθρώπου με χημικά σκευάσματα.
- Ταυτόχρονη άρδευση μεγάλης επιφάνειας.
- Επειδή το σύστημα δεν είναι ορατό, είναι 100% αντιβανδαλικό.
- Δημιουργεί ευνοϊκές συνθήκες στο έδαφος, με αποτέλεσμα την καλύτερη εκμετάλλευση του νερού από το ριζικό σύστημα των φυτών.
- Άρδευση του χλοοτάπητα των νησίδων που έχουν συνήθως, στενόμακρα τμήματα ή σε χώρους με ακανόνιστο γεωμετρικό σχήμα.
- Επιτρέπεται η χρήση βιολογικά επεξεργασμένου νερού.
- Εφαρμογή σε βραχώδες ή αμμώδες έδαφος όπου απαιτείται συχνό πότισμα.
- Εφαρμογή σε απόκρημνες, κατηφορικές ή ανηφορικές πλαγιές, όπου το νερό μπορεί να προκαλέσει διάβρωση.

3.4.2. Μειονεκτήματα υπόγειας άρδευσης

Τα κυριότερα μειονεκτήματα της υπόγειας άρδευσης με σταγόνες είναι τα ακόλουθα:

- Μεγαλύτερο κόστος.
- Η μη ύπαρξη σαφούς σχεδιασμού κτηματολογίου και το ανάγλυφο του εδάφους είναι αποτρεπτικοί παράγοντες για την κατασκευή υπόγειων δικτύων.

3.5. ΤΑΣΕΙΣ - ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΡΔΕΥΣΕΩΣ

3.5.1. Επιφανειακή άρδευση

Η επιφανειακή άρδευση αποτέλεσε την πρώτη μορφή αρδεύσεως αρχίζοντας με την κατάκλυση μεγάλων εκτάσεων (π.χ. πεδιάδα του Νείλου) όπου παράλληλα με την αποθήκευση νερού στο έδαφος πραγματοποιούνταν και η εναπόθεση γόνιμης γης που καθιστούσε τα εδάφη εύφορα και παραγωγικά.

Σιγά - σιγά η επιφανειακή άρδευση διαμορφώθηκε στα γνωστά συστήματα που αναπτύχθηκαν σύντομα στις προηγούμενες παραγράφους. Παρόλο που όλα τα συστήματα επιφανειακής αρδεύσεως δίνουν ικανοποιητικά αποτελέσματα, εφόσον εφαρμόζονται σωστά, η επιφανειακή άρδευση τείνει να περιορισθεί μόνο στις περιπτώσεις που για τεχνικούς λόγους είναι επιβεβλημένη. Βασική αιτία γι' αυτό είναι η έλλειψη εργατικών χεριών για αγροτικές εργασίες και η άνοδος του βιοτικού επιπέδου του γεωργού, ο οποίος αναζητά άλλα συστήματα λιγότερο επίπονα τα οποία του επιτρέπουν παράλληλα να απασχολείται και με άλλες γεωργικές εργασίες.

Δεν είναι λίγες οι περιπτώσεις, ακόμα και στη χώρα μας, όπου οι γεωργοί αγόρασαν μόνοι τους ατομικά αντλητικά συγκροτήματα και αντί να αρδεύουν με επιφανειακή άρδευση, όπως προέβλεπε το δίκτυο, αντλούν το νερό από τις διώρυγες και ποτίζουν με τεχνητή βροχή. Σήμερα σε όλες τις προηγμένες χώρες, η επιφανειακή άρδευση, εφόσον το κόστος της ενέργειας δεν είναι απαγορευτικό, παραχωρεί τη θέση της σε πιο μοντέρνα συστήματα και περιορίζεται μόνο σε ειδικές περιπτώσεις, όπου φαίνεται η πλέον ενδεδειγμένη.

Ένας άλλος περιοριστικός παράγοντας για τη χρήση επιφανειακής αρδεύσεως είναι ότι οι απώλειες νερού από διαρροές και βαθιά διήθηση είναι μεγάλες και αυτό σημαίνει ότι η επιφανειακή άρδευση έχει ανάγκη μεγάλων παροχών. Η επιφανειακή άρδευση δεν μπορεί να αξιοποιήσει μικρές παροχές νερού.

Γενικά, ο ρυθμός εφαρμογής της επιφανειακής αρδεύσεως κατά την τελευταία εικοσαετία μειώθηκε κατά πολύ προς όφελος της τεχνητής βροχής και ιδιαίτερα στις ανεπτυγμένες χώρες. Θα πρέπει να σημειωθεί όμως ότι η συνεχής αύξηση των υγρών καυσίμων που παρατηρείται τον τελευταίο καιρό τείνει να καταστήσει οριακή από οικονομικής πλευράς την εφαρμογή της τεχνητής βροχής.

3.5.2. Τεχνητή βροχή

Η μέθοδος της τεχνητής βροχής εμφανίσθηκε από την αρχή με τη μόνιμη μορφή της, αλλά ήταν πολύ δαπανηρή λόγω του υψηλού κόστους των σιδηροσωλήνων. Γι' αυτό περιορίσθηκε στην άρδευση κήπων και σπανιότερα σε περιπτώσεις πολύ παραγωγικών καλλιεργειών.

Η βιομηχανική πρόοδος και η μείωση του κόστους της εγκατάστασως αρδευτικών δικτύων, ιδιαίτερα μετά τα επιτεύγματα στον τομέα των πλαστικών, βοήθησαν στη γρήγορη εξάπλωση του συστήματος αρδύσεως με τεχνητή βροχή σε ατομική ή σε συλλογική βάση. Η ιδέα της συλλογικής αρδύσεως μειώνει ακόμα περισσότερο το κόστος των δικτύων και κάνει τη μέθοδο προσιτή στις ευρύτερες μάζες των γεωργών. Το γεγονός ότι η τεχνητή βροχή εφαρμόζεται στις περισσότερες κατηγορίες εδαφών και καλλιεργειών, της δίνει ένα ακόμα πλεονέκτημα σε σύγκριση με την επιφανειακή άρδευση.

Επιπλέον από την άποψη ποιότητας εργασίας, η τεχνητή βροχή παρέχει πολλά πλεονεκτήματα, γιατί η εργασία του γεωργού περιορίζεται στην τοποθέτηση της γραμμής αρδύσεως η οποία παραμένει στην ίδια θέση 8 και 10 ώρες, γεγονός που του δίνει την ελευθερία να κάνει και άλλες εργασίες και αυτό μετρά πολύ στην επιλογή του συστήματος. Άλλωστε τα συλλογικά δίκτυα είναι έτσι μελετημένα, ώστε ο γεωργός να είναι ελεύθερος να αρδεύσει όποτε αυτός θέλει χωρίς κανένα περιορισμό. Το σύστημα όμως της ελεύθερης ζήτησεως, όπως συχνά χαρακτηρίζονται τα συλλογικά δίκτυα τεχνητής βροχής, περνά στις ημέρες μας μεγάλη κρίση, όχι γιατί δεν είναι καλό, αλλά κυρίως γιατί οι γεωργοί δεν συνειδητοποίησαν ότι το δίκτυο, για να είναι αποδοτικό, πρέπει να λειτουργεί 18 και 20 ώρες το 24ωρο, που σημαίνει ότι ένας αριθμός γεωργών θα πρέπει να κάνει τις αλλαγές των γραμμών αρδύσεως στις 8 ή 10 η ώρα το βράδυ και στις 4 ή 6 το πρωί. Δυστυχώς όμως οι γεωργοί προτιμούν τις κανονικές ώρες της ημέρας με συνέπεια η ζήτηση να παρουσιάζεται συγκεντρωμένη και αυτό μειώνει την αποδοτικότητα του δικτύου και καταπονεί υπέρμετρα τα αντλητικά συγκροτήματα. Έτσι, το αυξημένο κόστος πρώτης εγκατάστασως του δικτύου με ανεξέλεγκτο βαθμό ελευθερίας, αποδείχθηκε σε πολλές περιπτώσεις άσκοπο και ανώφελο.

Για το λόγο αυτό σήμερα παρουσιάζεται η τάση η τεχνητή βροχή να εφαρμόζεται με πρόγραμμα, που σημαίνει ότι κάθε γεωργός μπορεί να αρδεύσει σε ορισμένη ημερομηνία και ώρα. Η λύση αυτή φαίνεται ότι θα επικρατήσει για τα προσεχή χρόνια, γιατί τα δίκτυα γίνονται έτσι πιο οικονομικά και ο έλεγχος του αρδευτικού νερού πιο αποτελεσματικός, με συνέπεια τον περιορισμό της σπατάλης πολύτιμου αρδευτικού νερού.

Σε περιπτώσεις μικρού και διεσπαρμένου αγροτικού κλήρου (αν δεν έχει προχωρήσει η εφαρμογή του αναγκαίου αναδασμού) όπως συμβαίνει στη χώρα μας η από κοινού χρήση του κινητού υλικού (σωληνώσεις και εκτοξευτήρες) συχνά δημιουργεί προβλήματα προστριβών μεταξύ των παραγωγών, ενώ η εξυπηρέτηση πολλών αγροτών μαζί, μέχρι και 5 ή 6 μερικές φορές, προκαλεί πρόσθετες δυσκολίες. Έτσι, εκτός από την εφαρμογή του συστήματος τεχνητής βροχής με πρόγραμμα, θα πρέπει να καταβάλλεται και ιδιαίτερη προσπάθεια κατά τη φάση της μελέτης, ώστε να περιορίζεται στο ελάχιστο ο αριθμός των εξυπηρετούμενων αγροτών από κοινή υδροληψία, έστω και αν η εφαρμογή ενός τέτοιου σχεδίου είναι δαπανηρότερη. Με τον τρόπο αυτό αξιοποιείται οπωσδήποτε καλύτερα το δίκτυο και επιμηκύνεται η οικονομική ζωή του κινητού υλικού.

3.5.3. Άρδευση με σταγόνες

Η άρδευση με σταγόνες είναι νέα μέθοδος αρδεύσεως η οποία εμφανίστηκε την τελευταία 20ετία. Παρόλο που η μέθοδος χρειάζεται ακόμη διερεύνηση σε πολλά σημεία της, εφαρμόζεται πάρα πολύ και αυτό δείχνει ότι οι γεωργοί ενδιαφέρονται για την ορθολογική χρησιμοποίησή της ή για τους κινδύνους που εγκυμονεί για το έδαφος η χρήση τυχόν αλατούχων νερών. Αν οι συνθήκες εδάφους, νερού και καλλιεργειών είναι καλές, η εφαρμογή της μεθόδου είναι θέμα αποκλειστικά και μόνο οικονομικό. Έτσι, εφαρμοζόμενη στην αρχή σε θερμοκήπια ή σε εξαιρετικά αποδοτικές καλλιέργειες, άρχισε σιγά - σιγά χάρη στη μείωση του κόστους, λόγω της βιομηχανικής παραγωγής των σωληνώσεων και των διάφορων εξαρτημάτων, να εφαρμόζεται και σε άλλες καλλιέργειες όπως σε αμπέλια, εσπεριδοειδή, ελαιώνες, λαχανικά κ.ά. Οι παρατηρούμενες υψηλές αποδόσεις των καλλιεργειών σε συνδυασμό με την κατακόρυφη άνοδο αμοιβής των εργατικών ημερομισθίων τείνουν να καλύψουν το υψηλό κόστος της πρώτης εγκαταστάσεως και συνηγορούν στην εξάπλωση του συστήματος. Εξάλλου η αξιοποίηση πηγών μικρών παροχών, όπως π.χ. ένα πηγάδι μέσα στο κτήμα, διευκολύνει το γεωργό και είναι και αυτός ένας λόγος διαδόσεως του συστήματος.

Στη χώρα μας η μέθοδος εφαρμόζεται, σε όλα σχεδόν τα διαμερίσματα της και ιδιαίτερα στην Κρήτη. Πάντως για να αποφευχθούν δυσάρεστες καταστάσεις, απαιτείται πριν από την εφαρμογή της μεθόδου ιδιαίτερη προσοχή στην ποιότητα του αρδευτικού νερού. Από την ποιότητα του νερού εξαρτάται η καλή λειτουργία των σταλακτήρων και η προστασία των εδαφών από τον κίνδυνο αλατώσεώς τους.

Παρά τις παραπάνω επιφυλάξεις, η μέθοδος επεκτείνεται συνεχώς και είναι άξιον παρατηρήσεως στην προκειμένη περίπτωση ότι η εφαρμογή του συστήματος προτρέπει των πορισμάτων που προκύπτουν από την έρευνα.

Η μέθοδος είναι φανερό ότι κερδίζει έδαφος σε βάρος της τεχνητής βροχής και της επιφανειακής αρδεύσεως, η οποία έτσι περιορίζεται ακόμα περισσότερο.

3.6. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΤΟΥ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΡΔΕΥΣΕΩΣ

Η επιλογή του κατάλληλου συστήματος αρδεύσεως εντάσσεται μέσα στη γενικότερη προσπάθεια του ανθρώπου για ορθολογική χρήση του νερού σε κάθε τομέα χρήσεώς του (ύδρευση, βιομηχανία, άρδευση κλπ.), ώστε να αποφεύγεται η σπατάλη του και ταυτόχρονα να επιτυγχάνονται και τα καλύτερα δυνατά αποτελέσματα.

Μεταξύ των τομέων καταναλώσεως νερού, την πρώτη θέση κατέχει με τις αρδεύσεις η γεωργία και γι' αυτό κάθε βελτίωση στον τομέα αυτό ερμηνεύεται σε όφελος μεγάλων ποσοτήτων νερού. Εδώ θα πρέπει να διευκρινισθεί ότι τα φυτά, για να αναπτυχθούν φυσιολογικά, έχουν ανάγκη από ορισμένη ποσότητα νερού, η οποία πρέπει να τους δοθεί ανεξάρτητα από το σύστημα αρδεύσεως που θα εφαρμοσθεί. Επομένως όταν μιλούμε για όφελος σε καμιά περίπτωση δεν εννοούμε περιορισμό των αναγκών των φυτών σε νερό. Το όφελος συνδέεται άμεσα με τον καλύτερο τρόπο μεταφοράς και διανομής του νερού, ώστε να περιορίζονται στο ελάχιστο δυνατόν οι αναπόφευκτες απώλειες νερού (εξάτμιση, βαθιά διήθηση κ.ά.). Αυτό σημαίνει κατάλληλη εκλογή και σωστή λειτουργία του συστήματος αρδεύσεως.

Βέβαια, δε θα πρέπει να λησμονηθεί ότι όπως όλες οι άλλες επιχειρήσεις έτσι και οι γεωργικές έχουν ως τελικό σκοπό το κέρδος και γι' αυτό το κόστος του συστήματος παίζει σοβαρό ρόλο στην τελική απόφαση της επιλογής του συστήματος.

Με σκοπό τη διευκόλυνση στην εκλογή του συστήματος αρδεύσεως γίνεται μία συνοπτική αναφορά στους βασικούς παράγοντες - κριτήρια που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη, όπως π.χ. το κλίμα, το έδαφος, τα φυτά και ο τρόπος καλλιέργειάς τους, οι διαθέσιμες ποσότητες νερού, το διαθέσιμο εργατικό και τεχνικό δυναμικό, το επίπεδο αναπτύξεως του αγρότη και το κόστος των έργων.

3.6.1. Κλίμα

Όπως είναι ήδη γνωστό, το κλίμα προσδιορίζει κατά βάση την ποσότητα του νερού που εξατμίζεται από την επιφάνεια του εδάφους και την ποσότητα που καταλήγει στην ατμόσφαιρα με το μηχανισμό της διαπνοής των φυτών. Από τους παράγοντες του κλίματος ιδιαίτερη σημασία έχουν οι άνεμοι και η θερμοκρασία. Έτσι, αν στην περιοχή φυσούν συχνά άνεμοι με ταχύτητα μεγαλύτερη από 4-5 m/sec, τότε απαγορεύεται η εφαρμογή του συστήματος της τεχνητής βροχής, γιατί είναι αδύνατη η εξασφάλιση ομοιόμορφης αρδύσεως, με αποτέλεσμα την εμφάνιση στο έδαφος κηλίδων με περίσσεια νερού και κηλίδων με ανεπάρκεια νερού. Επίσης, η επικράτηση γενικά υψηλών θερμοκρασιών κάνει προβληματική την εφαρμογή της τεχνητής βροχής, γιατί μεγάλες ποσότητες νερού χάνονται λόγω της έντονης εξατμίσεως του νερού. Για το λόγο αυτό, ακόμη και όταν για μια περιοχή η θερμοκρασία εγκαταστάσεως του συστήματος της τεχνητής βροχής δεν είναι απαγορευτική, δε συνιστάται η λειτουργία του δικτύου τις μεσημβρινές ώρες.

Έτσι στις παραπάνω περιπτώσεις ενδείκνυται η επιφανειακή άρδευση, χωρίς να αποκλείεται και η άρδευση με σταγόνες ή παραλλαγές του συστήματος τεχνητής βροχής ανάλογα με τις ειδικές συνθήκες της καλλιέργειας (μικροεκτοξευτήρες κ.ά.).

Στην περίπτωση σοβαρών ελλείψεων νερού, θα πρέπει να προτείνονται καλλιέργειες ανθεκτικές στην ξηρασία.

Κατά την άποψη πολλών αξιόλογων γενετιστών, θα πρέπει να αναζητηθεί η δημιουργία ποικιλιών ανθεκτικών στην ξηρασία, κυρίως για τις χώρες της Αφρικής και της Αραβικής Χερσονήσου, όπου η επέκταση των αρδύσεων είναι αναγκαστικά περιορισμένη και κατά συνέπεια το πρόβλημα της διατροφής των ανησυχητικά αυξανόμενων πληθυσμών αυτών των περιοχών καθίσταται καθημερινά οξύτερο. Λύσεις αποστολής τροφίμων και άλλων εφοδίων δεν είναι δυνατό να επιλύσουν παρά εντελώς προσωρινά και ευκαιριακά το πρόβλημα.

Αν η περιοχή πλήττεται από παγετούς, η τεχνητή βροχή, όπως έχουμε αναφέρει, αποτελεί ένα μέσο ανπλαγετικής προστασίας.

3.6.2. Έδαφος

Εάν η προς άρδευση περιοχή είναι ανώμαλη και παρουσιάζει μεγάλες κλίσεις, τότε αποκλείεται η επιφανειακή άρδευση. Επίσης η επιφανειακή άρδευση αποκλείεται στην

περίπτωση εδαφών με μεγάλη διηθητικότητα (π.χ. αμμώδη εδάφη με διηθητικότητα μεγαλύτερη από 20 cm/h), γιατί τα μήκη των αυλακίων πρέπει να είναι μικρά και η πυκνότητα τους μεγάλη. Αυτό κάνει ασύμφορη την εφαρμογή της μεθόδου γιατί η έκταση που καταλαμβάνει το δίκτυο είναι μεγάλη, τα έξοδα συντηρήσεως αυξημένα και η κυκλοφορία των μηχανημάτων προβληματική. Εδάφη αβαθή και με σχετικά μεγάλες κλίσεις αποφεύγεται να ισοπεδώνονται λόγω κινδύνου αποκαλύψεως αγόνων εδαφών. Συνεπώς σ' αυτά τα εδάφη είναι αδύνατη η εφαρμογή της επιφανειακής αρδεύσεως. Επίσης, αν η υπόγεια στάθμη του νερού βρίσκεται σε μικρό βάθος από την επιφάνεια του εδάφους, πάλι η επιφανειακή άρδευση δεν ενδείκνυται, γιατί στην πράξη δεν είναι εύκολος ο έλεγχος των ποσοτήτων του εφαρμοζόμενου νερού και ο κίνδυνος ανυψώσεως της υπόγειας στάθμης στο βάθος του κύριου ριζοστρώματος των φυτών είναι μεγάλος. Στην μη εφαρμογή της επιφανειακής αρδεύσεως οδηγεί συχνά και η αδυναμία εκτελέσεως των απαραίτητων ισοπεδώσεων λόγω ελλείψεως, σε πολλές περιπτώσεις, των αναγκαίων τεχνικών μέσων.

Σε όλες αυτές τις περιπτώσεις τη λύση προσφέρει το σύστημα της τεχνητής βροχής, το οποίο παρέχει επιπλέον τη δυνατότητα εφαρμογής μικρών αρδευτικών δόσεων, πράγμα που είναι δύσκολο να εφαρμοσθεί με την επιφανειακή άρδευση.

Υπάρχει βέβαια και η δυνατότητα εφαρμογής της αρδεύσεως με σταγόνες ή με άλλες παραλλαγές της τεχνητής βροχής (μικροεκτοξευτές κ.ά.).

Στις περιπτώσεις εφαρμογής μεγάλων αρδευτικών δόσεων πάνω από 80 m³/στρ., η επιφανειακή άρδευση προσφέρεται καλύτερα. Επίσης η επιφανειακή άρδευση μπορεί να εφαρμοσθεί σε όλες τις άλλες περιπτώσεις που δε συμπεριλαμβάνονται σ' αυτές που αναφέρθηκαν προηγουμένως.

3.6.3. Είδος φυτού και τρόπος καλλιέργειας

Μια χαρακτηριστική περίπτωση που το είδος της καλλιέργειας επιβάλλει με τρόπο σαφή το σύστημα αρδεύσεως, είναι η καλλιέργεια του ρυζιού, το οποίο υποχρεωτικά αρδεύεται με επιφανειακή άρδευση και μάλιστα με κατάκλυση.

Επιβάλλουν την επιφανειακή άρδευση και ορισμένες καλλιέργειες που το φύλλωμά τους δεν πρέπει να βρέχεται κατά την άρδευση, γιατί είναι ευαίσθητες σε ασθένειες φυτών. Π.χ. το αμπέλι και ορισμένα από τα κηπευτικά (μαρούλι, τομάτα κ.ά.).

Εντατικές κηπευτικές καλλιέργειες (λαχανικά κ.ά.) καλλιεργούμενες σε σειρές αρδεύονται με τη μέθοδο των αυλακίων.

Επίσης η άρδευση λειμώνων, βοσκών, μηδικής, τριφυλλιού και άλλων συγγενών φυτών, που συχνά καλλιεργούνται κατά λωρίδες, γίνεται κατά κανόνα με το σύστημα επιφανειακής αρδύσεως με λωρίδες, χωρίς να αποκλείεται και η τεχνητή βροχή με εκτοξευτήρες υψηλής πίεσεως (κανόνια κ.ά.).

Φυτείες καπνού και τεύτλων προσφέρονται για επιφανειακή άρδευση. Ο αραβόσιτος, όταν καλλιεργείται σε βαριά εδάφη αλλά και σε συνήθη εδάφη, προσφέρεται καλύτερα για επιφανειακή άρδευση, γιατί η άρδευση με τεχνητή βροχή παρουσιάζει μεγάλες δυσκολίες στη μετακίνηση των γραμμών αρδύσεως από θέση σε θέση, ιδίως όταν τα φυτά αποκτούν μεγάλο ύψος.

Τελευταία, η δημιουργία υβριδίων αραβοσίτου υψηλής αποδόσεως δικαιολογεί την πρόσθετη δαπάνη για εγκαταστάσεις πτερύγων αρδύσεως στην ίδια θέση σε όλη τη διάρκεια της αρδευτικής περιόδου. Έτσι, με τη χρησιμοποίηση από την αρχή υπερυψωμένων εκτοξευτήρων πάνω σε ειδικά στελέχη, κατάλληλα προσαρμοσμένα και στερεωμένα, τείνει να εκλείψει το σοβαρό πρόβλημα της μετακινήσεως των πτερύγων αρδύσεως των υβριδίων αυτών, των οποίων το ύψος φθάνει συχνά και μερικές φορές ξεπερνάει τα 2,50 μέτρα.

Τα οπωροφόρα μπορούν να αρδεύονται με όλα τα συστήματα αρδύσεως εκτός εάν άλλοι προσδιοριστικοί παράγοντες επιβάλλουν το ένα ή το άλλο σύστημα. Στην περίπτωση εφαρμογής επιφανειακής αρδύσεως, η μέθοδος κατά λεκάνη (κατάκλυση) είναι η επικρατέστερη, ενώ στην περίπτωση τεχνητής βροχής, η άρδευση μπορεί να γίνεται κάτω ή πάνω από την κόμη των δένδρων. Η άρδευση με σταγόνες είναι δυνατή σε όλα τα οπωροφόρα, αρκεί μόνο το νερό να είναι καλής ποιότητας, γιατί αν περιέχει άλατα και δεν προβλεφθεί ικανοποιητική απόπλυση, υπάρχει μεγάλος κίνδυνος αλατώσεως των εδαφών.

Σε καλλιέργειες σε θερμοκήπια μπορούν να εφαρμοσθούν επίσης όλα τα συστήματα, αλλά τελευταία φαίνεται να κερδίζει έδαφος η αυτοματοποιημένη άρδευση με σταγόνες.

3.6.4. Η διαθέσιμη ποσότητα και η ποιότητα νερού

Όταν η διαθέσιμη ποσότητα νερού είναι περιορισμένη (πηγές μικρών παροχών), το σύστημα της τεχνητής βροχής είναι το καλύτερο, γιατί επιτρέπει την καλύτερη εφαρμογή του νερού στον αγρό. Όταν η διαθέσιμη ποσότητα νερού είναι πολύ μικρή, τότε ενδείκνυται η στάγδην άρδευση. Η επιφανειακή άρδευση λόγω των αυξημένων απωλειών νερού από βαθιά διήθηση απαιτεί μεγαλύτερες παροχές, και από αυτή την άποψη, δε διαθέτει την προσαρμοστικότητα των άλλων συστημάτων αρδύσεως.

Εκτός από τη διαθέσιμη ποσότητα, σημαντικό ρόλο στην επιλογή του κατάλληλου συστήματος αρδεύσεως παίζει και η ποιότητά του.

Εδώ θα προσθέσουμε ότι όταν το νερό είναι κρύο και οι καλλιέργειες παρουσιάζουν σχετική ευπάθεια σ' αυτό, ή όταν το νερό περιέχει άλατα και προκαλεί εγκαύματα στο φύλλωμα των καλλιεργειών, τότε πρέπει να αποφεύγεται το σύστημα της τεχνητής βροχής για τις καλλιέργειες και να εφαρμόζεται η επιφανειακή άρδευση. Εφόσον υπάρχει η δυνατότητα, συνιστάται η προθέρμανση του νερού σε υπαίθριες δεξαμενές, για να αποκτήσει κατάλληλη θερμοκρασία, η οποία κυμαίνεται γύρω στους 25°C.

Ως προς την επιλογή του συστήματος αρδεύσεως με αλατούχο νερό, θα μπορούσε κανείς να πει ότι η μέθοδος αρδεύσεως με λεκάνες είναι η πιο καλή, γιατί επιτρέπει καλή απόπλυση. Σε δεύτερη σειρά τοποθετείται η άρδευση κατά λωρίδες, ενώ η τεχνητή βροχή δίνει επίσης καλά αποτελέσματα, αλλά σε καλλιέργειες των οποίων το φύλλωμα είναι ανθεκτικό στα άλατα. Η ανεπαρκής άρδευση λόγω του κινδύνου συγκεντρώσεως των αλάτων προς τη ζώνη του ριζικού συστήματος των φυτών, πρέπει να αποκλείεται παντελώς.

Η άρδευση με σταγόνες στην προκειμένη περίπτωση πρέπει να χρησιμοποιείται με μεγάλη προσοχή, γιατί, συνήθως με το σύστημα αυτό, λόγω μη κατά κανόνα συστηματικής αποπλύσεως, όταν οι βροχοπτώσεις στην περιοχή του έργου δεν είναι αρκετές για την απομάκρυνση των αλάτων, υπάρχει κίνδυνος σοβαρής αλατώσεως του εδάφους. Η εξυγίανσή του απαιτεί την προσαγωγή μεγάλων ποσοτήτων νερού, που σημαίνει στην ουσία νέο αρδευτικό δίκτυο.

Πάντως, γενικός κανόνας στη χρήση αλατούχων νερών είναι η ενδεδειγμένη σε κάθε περίπτωση απόπλυση των εδαφών για την αποφυγή αλατώσεώς τους.

Επίσης τα αλατούχα νερά, όπως έχουμε αναφέρει, προκαλούν σοβαρά προβλήματα εμφράξεων στους σταλακτήρες του συστήματος αρδεύσεως με σταγόνες λόγω καθιζήσεως των διαλυμένων αλάτων στην έξοδο του νερού. Το πρόβλημα αυτό είναι μικρότερο στα ακροφύσια των εκτοξευτών του συστήματος της τεχνητής βροχής.

3.6.5. Διαθέσιμο εργατικό και τεχνικό δυναμικό

Η έλλειψη εργατικού δυναμικού σε μια περιοχή ευνοεί την εφαρμογή των συστημάτων τεχνητής βροχής και αρδεύσεως με σταγόνες. Με το πρώτο σύστημα ο αγρότης καλείται να επέμβει μόνο για τη μετακίνηση της γραμμής αρδεύσεως εφόσον το δίκτυο είναι συλλογικό. Στο χρονικό διάστημα παραμονής της γραμμής στην ίδια θέση, μπορεί να

επιδίδεται σε άλλες γεωργικές εργασίες. Στις περιπτώσεις μόνιμου δικτύου τεχνητής βροχής (σύστημα πολύ δαπανηρό), η απασχόληση του γεωργού περιορίζεται στο να θέσει σε λειτουργία το δίκτυο και μετά το τέλος της αρδεύσεως να τη διακόψει.

Με το σύστημα της αρδεύσεως με σταγόνες η απασχόληση του αγρότη περιορίζεται μόνο στην εκκίνηση και το σταμάτημα του συστήματος, ενώ μετά από κάθε άρδευση πρέπει να καθαρίζει τα φίλτρα από τις κάθε είδους στέρεες φερτές ύλες που κατακρατούνται σ' αυτά. Βέβαια μια γενικότερη εποπτεία και έλεγχος της καλής λειτουργίας των σταλακτήρων πρέπει να γίνεται συστηματικά.

Αντίθετα η ύπαρξη διαθέσιμου εργατικού δυναμικού ευνοεί την επιφανειακή άρδευση η οποία είναι κατά κανόνα οικονομικότερη.

Άλλος παράγοντας που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά την εκλογή του συστήματος αρδεύσεως, είναι και το διαθέσιμο τεχνικό δυναμικό. Ανεπτυγμένο τεχνικό δυναμικό ευνοεί την εγκατάσταση δικτύων τεχνητής βροχής ή αρδεύσεως με σταγόνες, γιατί είναι δυνατή η επιτόπου επισκευή διαφόρων βλαβών που μπορεί να παρουσιασθούν κατά τη λειτουργία του δικτύου σε διάφορες ευαίσθητες εγκαταστάσεις του. Αντίθετα, η έλλειψη ανεπτυγμένου τεχνικού δυναμικού ευνοεί το παραδοσιακό σύστημα της επιφανειακής αρδεύσεως, για το οποίο υπάρχει πατροπαράδοτη εμπειρία και αυτό δεν πρέπει να λησμονείται στη διαδικασία της επιλογής του συστήματος.

3.6.6. Επίπεδο αναπτύξεως των αγροτών

Όπως και στην περίπτωση του τεχνικού δυναμικού έτσι και εδώ η ύπαρξη ανεπτυγμένου αγροτικού δυναμικού ευνοεί την εφαρμογή των νεωτέρων συστημάτων αρδεύσεως. Όταν το επίπεδο των αγροτών είναι ανεπτυγμένο, οι αγρότες πείθονται και συνεργάζονται εύκολα δημιουργώντας έτσι ευνοϊκές οικονομικά προϋποθέσεις για την εφαρμογή αυτών των συστημάτων που σε ατομική βάση θα ήταν αντιοικονομικά (π.χ. συλλογικά δίκτυα τεχνητής βροχής).

Προσπάθειες που έγιναν σε υπανάπτυκτες χώρες να εγκαταστήσουν σύγχρονα και αυτοματοποιημένα συστήματα αρδεύσεως, απέτυχαν κατά το μεγαλύτερο ποσοστό, με συνέπεια οι χώρες αυτές να βρεθούν στη δυσάρεστη θέση να πληρώνουν δάνεια για έργα, που δεν τους απέδωσαν τα αναμενόμενα οφέλη.

Στην περίπτωση αυτή επιβάλλεται η εκπαίδευση του ιθαγενούς στοιχείου σε όλα τα επίπεδα και σε ικανοποιητικό αριθμό, για να αναλάβουν τη διοίκηση, λειτουργία και

συντήρηση αυτών των νέων συστημάτων αρδεύσεως. Παράλληλα πρέπει να προβλέπεται η ανάπτυξη του τεχνικού δυναμικού στις περιοχές των έργων για τις απαραίτητες επισκευές ή αντικαταστάσεις φθαρμένου υλικού.

3.6.7. Κόστος των διαφόρων συστημάτων αρδεύσεως

Η ανάλυση της επιδράσεως του κόστους στην εκλογή του κατάλληλου συστήματος αρδεύσεως ξεφεύγει από το σκοπό της παρούσας εργασίας. Απλώς, για τα σημερινά δεδομένα, μπορεί κανείς να πει ότι σε περιπτώσεις που και τα τρία συστήματα που είδαμε (επιφανειακή άρδευση - τεχνητή βροχή - άρδευση με σταγόνες) είναι δυνατόν να εφαρμοσθούν, το μικρότερο κόστος έχει η επιφανειακή άρδευση, ακολουθεί η τεχνητή βροχή και τελευταία έρχεται η άρδευση με σταγόνες.

Πολύ συχνά όμως η έλλειψη εργατικών χεριών, η βελτίωση της ποιότητας της εργασίας και το αναμενόμενο υψηλό εισόδημα ανατρέπουν την παραπάνω σειρά. Έτσι π.χ. ενώ ένας οπωρώνας θα μπορούσε να αρδευτεί με τη μέθοδο επιφανειακής αρδεύσεως ή με τεχνητή βροχή, λόγω ελλείψεως εργατικών χεριών, αρδεύεται με το σύστημα των σταγόνων, αν και το κόστος εγκαταστάσεώς του είναι πολύ μεγαλύτερο. Επίσης σ' ένα θερμοκήπιο που αποφέρει υψηλό εισόδημα, το κόστος του συστήματος με σταγόνες, αν και μεγαλύτερο απ' ό,τι στα άλλα συστήματα, δεν απασχολεί τον παραγωγό, γιατί σχετικά με το εισόδημα, είναι πολύ μικρό.

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Συμπερασματικά, η επιφανειακή άρδευση τείνει να μειωθεί αισθητά, λόγω της εμφάνισης της τεχνητής βροχής (σε υπαίθριες κηπευτικές καλλιέργειες) και της στάγδην αρδύσεως (σε δενδρώδεις και θερμοκηπιακές καλλιέργειες), εξασφαλίζοντας τις αναγκαίες ποσότητες νερού για τα φυτά και επιδιώκοντας οικονομία νερού από την έλλειψή του. Στη σύγχρονη εποχή μας, επιτρέπεται η αυτοματοποιημένη άρδευση για να έχουμε τις καλύτερες αποδόσεις παραγόμενων φυτικών προϊόντων. Η σύγκριση των συστημάτων αρδύσεως περιγράφεται στην ενότητα των τάσεων και των προοπτικών αυτών, στο τελευταίο κεφάλαιο.

Όσον αφορά τις Ευρωπαϊκές χώρες, ισχύουν τα ακόλουθα:

α) Στη νότια Ευρώπη, η άρδευση είναι απαραίτητη για να εξασφαλίσει την αύξηση της συγκομιδής κάθε έτος.

β) Στην κεντρική και δυτική Ευρώπη, το πότισμα είναι μόνο ένας τρόπος για να διατηρηθεί η παραγωγή τα ξηρά καλοκαίρια.

γ) Στις Ευρωπαϊκές Μεσογειακές χώρες βρίσκονται οι σημαντικότερες αρδευόμενες περιοχές.

δ) Στη βόρεια Ευρώπη υπάρχει η μέγιστη δυνατότητα για την αποταμίευση του νερού.

ε) Στη νότια Ευρώπη αποτελεί πρόκληση η μείωση των απωλειών στα συστήματα άρδευσης, όπως και η κατεύθυνση σε κερδοφόρες καλλιέργειες που απαιτούν μικρότερες ποσότητες νερού άρδευσης.

Επιβάλλεται να εφαρμόσουμε στην Ελλάδα, λόγω προβλημάτων έλλειψης νερού από κοινωνικές-οικονομικές-περιβαλλοντικές συνθήκες, μια τέτοια πολιτική στο θέμα του σχεδιασμού της διαχείρισης του νερού για τη γεωργία, που θα έχει σαν αποτέλεσμα τη κάλυψη των αναγκών σήμερα αλλά και τη διασφάλισή τους για το μέλλον. Η πολιτική της μονόπλευρης διαχείρισης της προσφοράς του νερού, που συνδέθηκε με την αναζήτηση νέων πηγών νερού προς εκμετάλλευση κάθε φορά που τα αποθέματα εξαντλούνταν, είναι διαπιστωμένο ότι θα επιτείνει το πρόβλημα.

Με την εφαρμοζόμενη μέθοδο άρδευσης επιδιώκουμε κυρίως, οικονομία νερού, λόγω της οικονομικής κρίσης που επικρατεί στη χώρα μας. Γι' αυτό η άρδευση μπορεί να ξεκινά και να εκτελείται:

- ❖ Σε τακτά χρονικά διαστήματα.
- ❖ Περιοδικά, δηλαδή με ορισμένη χρονική περίοδο επανάληψής της.

- ❖ Όταν η υγρασία του εδάφους μειωθεί οριακά και πριν τα φυτά φθάσουν στο σημείο μόνιμης μαρανσής τους.
- ❖ Με τις λιγότερες απώλειες νερού.

Έτσι, παρέχεται η δυνατότητα στον παραγωγό να κάνει μέγιστη οικονομία νερού και λιπασμάτων, να αυξήσει την παραγωγή και την ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων και να μειώσει ταυτόχρονα, το κόστος παραγωγής των προϊόντων.

Είναι επιτακτική ανάγκη, λοιπόν, στις μέρες μας να:

- Γίνεται ορθολογική χρήση των υδάτινων πόρων, προκειμένου να διασφαλιστεί η αειφορία των φυσικών πόρων.
- Γίνεται σωστή εκμετάλλευση των υδάτινων πόρων με την εφαρμογή αυτόματων συστημάτων άρδευσης για να προσδιορίζεται η απαιτούμενη δόση άρδευσης των καλλιεργειών.
- Μειωθούν οι απώλειες του αρδευτικού νερού στο ελάχιστο.
- Ευαισθητοποιηθεί ο αγροτικός μας πληθυσμός για την ορθολογική χρήση των υδάτινων πόρων, με συνεχή ενημέρωση και εκπαίδευση.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- **ΑΝΑΛΟΓΙΔΗΣ Α. ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ, 2000**, *“Έδαφος, Θρεπτικά στοιχεία και Φυτική παραγωγή”*, Εκδόσεις : Αγρότυπος, Αθήνα.
- **ΑΡΒΑΝΙΤΙΔΗΣ ΑΝΤΩΝΙΟΣ, 1991**, *“Δενδροκομία Ι”*, Εκδόσεις : Ο.Ε.Δ.Β., Αθήνα.
- **ΓΑΒΡΙΗΛΙΔΗΣ ΣΑΒΒΑΣ, 1967**, *“Μηχανική κατεργασία του εδάφους και σπορά”*, Θεσσαλονίκη.
- **ΕΓΚΥΚΛΟΠΑΙΔΕΙΑ ΥΔΡΙΑ**, Τόμος: 1.
- **ΕΓΚΥΚΛΟΠΑΙΔΕΙΑ ΠΑΠΥΡΟΣ LAROUSE BRITΤΑΝICA**, Τόμοι: 4, 10, 45.
- **ΖΑΡΟΓΙΑΝΝΗΣ Ι. ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ, 1989**, *“Αρδεύσεις - Στραγγίσεις”*, Τ.Ε.Ι. Λάρισας, Λάρισα.
- **ΚΑΛΤΣΙΚΗΣ Π., ΤΣΙΤΣΙΑΣ Κ., ΧΟΛΕΒΑΣ Κ., ΧΟΥΛΙΑΡΑΣ Ν., 1985**, *“Έδαφολογία και Θρέψη φυτών”*, Εκδόσεις : Ο.Ε.Δ.Β., Αθήνα.
- **ΚΑΠΟΣ Μ. ΜΗΛΑΤΙΔΗΣ, 1991**, *“Άντληση, ύδρευση, άρδευση”*, Αθήνα.
- **ΚΑΡΑΚΑΤΣΟΥΛΗΣ Γ. ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ, 1995**, *“Αρδεύσεις, Στραγγίσεις και προστασία εδαφών”*, Εκδόσεις : Ίδρυμα Ευγενίδου, Αθήνα.
- **ΚΟΥΚΟΥΛΑΚΗΣ Π., ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ Α., 2001**, *“Η ερμηνεία της ανάλυσης του εδάφους”*, Εκδόσεις : Σταμούλης, Αθήνα.
- **ΛΙΑΚΟΠΟΥΛΟΣ Α., 1988**, *“Μαθήματα γεωργικής υδραυλικής και εγγειοβελτιωτικών έργων : Άρδευση και στράγγιση εδαφών”*, Θεσσαλονίκη.
- **ΜΙΧΕΛΑΚΗΣ Γ. ΝΙΚΟΛΑΟΣ, 1988**, *“Συστήματα αυτόματης άρδευσης : άρδευση με σταγόνες”*, Εκδόσεις : Αγροτεχνική, Αθήνα.
- **ΜΠΑΜΠΛΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ, 2004**, *“Άρδεντικά δίκτυα πρασίνου”*, Εκδόσεις : Σταμούλης, Αθήνα.
- **ΟΥΖΟΥΝΗΣ Θ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ, 1987**, *“Τα πότισμα με σταγόνες και μικροεκτοξευτήρες : από θεωρητική και πρακτική άποψη”*, Εκδόσεις : Γαρταγάνη, Θεσσαλονίκη.
- **ΠΑΠΑΖΑΦΕΙΡΙΟΥ Γ. ΖΑΦΕΙΡΗΣ, 1998**, *“Αρχές και Πρακτική των Αρδεύσεων”*, Εκδόσεις : Ζήτη, Θεσσαλονίκη.
- **ΠΑΠΑΖΑΦΕΙΡΙΟΥ Γ. ΖΑΦΕΙΡΗΣ, 1999**, *“Οι ανάγκες σε νερό των καλλιεργειών”*, Εκδόσεις : Ζήτη, Θεσσαλονίκη.
- **ΠΑΠΑΖΑΦΕΙΡΙΟΥ Ζ., ΤΕΡΖΙΔΗΣ Γ., 1997**, *“Γεωργική υδραυλική”*, Εκδόσεις : Ζήτη, Θεσσαλονίκη.
- **ΤΣΙΤΣΙΑΣ Κ. ΚΥΡΙΑΚΟΣ, 1997**, *“Έδαφολογία”*, Εκδόσεις : Ο.Ε.Δ.Β., Αθήνα.

► ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ

- <http://bprice.pstatic.gr>
- <http://en.wikipedia.org>
- <http://geografia.fcsh.unl.pt>
- <http://kpe-kastor.kas.sch.gr>
- <http://www2.sis.gov.eg>
- <http://www.2travel2egypt.com>
- <http://www.agrodrip.gr>
- <http://www.agrokip.gr>
- <http://www.bakoulas.gr>
- <http://www.bestgarden.gr>
- <http://www.com>
- <http://www.ecros.org>
- <http://www.envifriendly.tuc.gr>
- <http://www.geomations.com>
- <http://www.google.com.gr>
- <http://www.greenplan.gr>
- <http://www.minagric.gr>
- <http://www.mkm.gr>
- <http://www.sis.gov.eg>
- <http://www.ssp.gr>
- <http://www.touregypt.net>
- <http://www.utlcairo.com>