



Ελληνική Δημοκρατία  
Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό  
Ίδρυμα Ηπείρου

# Αρδεύσεις (Θεωρία)

Ενότητα 12 : Η άρδευση με καταιονισμό

Δρ. Μενέλαος Θεοχάρης



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



# 12.

## Η άρδευση με καταιονισμό

### Γενικά.

Η μέθοδος εφαρμογής του νερού σε όλη την επιφάνεια του αγρού υπό τύπο ψεκασμού, ήτοι κατά τρόπο που προσομοιάζει με τις φυσικές βροχοπτώσεις, ονομάζεται άρδευση με καταιονισμό.

Ο καταιονισμός αποτελεί τον φυσικότερο τρόπο εφαρμογής του νερού στο χωράφι. Κατά απομίμηση προς την φυσική βροχή, με τους εκτοξευτήρες, και την κατάλληλη διάταξή τους, προσπαθούμε να πετύχουμε, κατά το δυνατόν, ομοιόμορφη διαβροχή του χωραφιού με νερό, που διηθείται στο έδαφος κατακόρυφα υπό ακόρεστες συνθήκες ροής.

Ο καταιονισμός προσαρμόζεται για άρδευση όλων των εμπορεύσιμων καλλιεργειών, κάτω από μεγάλη ποικιλία εδαφικών συνθηκών.

Ιδιαίτερα, η μέθοδος συνιστάται όταν η διαθέσιμη παροχή άρδευσης είναι σχετικά μικρή και όταν το έδαφος είναι πολύ διαπερατό, ανομοιόμορφο, αβαθές, με υψηλή υπόγεια στάθμη, μεγάλη κλίση και ανώμαλη τοπογραφία.

Η άρδευση με καταιονισμό, παρόλο ότι θεωρείται σήμερα σαν μία σύγχρονη μέθοδος άρδευσης, είναι γνωστή από παλαιότερα χρόνια.

Τα παλαιότερα συγκροτήματα άρδευσης με καταιονισμό αποτελούνταν, κατά το πλείστον, από μόνιμες σωληνώσεις σιδήρου ή χυτοσιδήρου και γενικά από βαριά υλικά, τα οποία καθιστούσαν ασύμφορη την επέκταση της μεθόδου για την άρδευση των συνήθων καλλιεργειών.

Η κατά τα τελευταία χρόνια ανάπτυξη των περιστροφικών εκτοξευτήρων και των ελαφρών πλαστικών σωλήνων, συντέλεσε στη χρησιμοποίηση της μεθόδου σε μεγάλη κλίμακα.

Η παρατηρούμενη σήμερα τάση προτίμησης της υπόψη μεθόδου, έναντι των μεθόδων επιφανειακής άρδευσης, επιβάλλουν, να εξετάζεται η μέθοδος αυτή με τη δέουσα προσοχή με σκοπό να εφαρμόζεται σωστά και κυρίως στις περιπτώσεις, όπου πράγματι πλεονεκτεί έναντι της επιφανειακής άρδευσης.

### Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της άρδευσης με καταιονισμό.

Κάθε μία μέθοδος άρδευσης, όταν εξετάζεται συγκριτικά με τις άλλες μεθόδους, παρουσιάζει πλεονεκτήματα ή μειονεκτήματα.

Ίσως τα πλεονεκτήματα να είναι αριθμητικά περισσότερα από τα μειονεκτήματα, σημασία όμως έχει η βαρύτητα του καθενός από αυτά στις εκάστοτε εδαφολογικές, κλιματολογικές και γενικά οικολογικές συνθήκες της κάθε περιοχής. Μπορεί ένα και μόνο πλεονέκτημα του καταιονισμού να είναι αποφασιστικό σε ορισμένες περιοχές, οπότε η άρδευση με αυτό το τρόπο να αποτελεί κατάσταση ανάγκης και απαραίτητη προϋπόθεση για την εφαρμογή του αρδευτικού νερού. Σε άλλες περιπτώσεις, προκειμένου να επιλεγεί το ένα ή το άλλο σύστημα άρδευσης, θα πρέπει να σταθμιστούν τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα του κάθε συστήματος σε σχέση με το αντίστοιχο αναμενόμενο οικονομικό αποτέλεσμα από το έργο.

## **Πλεονεκτήματα.**

Τα σπουδαιότερα πλεονεκτήματα της μεθόδου άρδευσης με καταιονισμό είναι τα εξής:

### **α. Δυνατότητα εφαρμογής των αρδεύσεων σε εδάφη που δεν προσφέρονται για επιφανειακή άρδευση**

Είναι δυνατή η εφαρμογή της άρδευσης σε ορισμένα εδάφη τα οποία λόγω της μηχανικής σύστασής τους ή της τοπογραφικής διαμόρφωσης της επιφάνειάς τους, δεν είναι δυνατό να αρδευτούν με μεθόδους επιφανειακής άρδευσης. Τέτοια εδάφη είναι αυτά που έχουν κλίση μεγαλύτερη του 4-5%, τα πολύ ελαφρά εδάφη με βασική διηθητικότητα μεγαλύτερη των 75 mm την ώρα και γενικά τα εδάφη όπου τα μήκη διαδρομής του νερού που επιτυγχάνονται είναι κάτω των 100 m

### **β. Έργο άμεσης απόδοσης**

Αξιοποιείται αμέσως η επένδυση χρημάτων και μπορούμε να προλάβουμε αποτελεσματικά καταστάσεις άμεσης ανάγκης. Τα δίκτυα καταιονισμού κατασκευάζονται ταχύτατα επειδή τα υλικά κατασκευής τους διαθέτονται προκατασκευασμένα από τις βιομηχανίες.

### **γ. Οικονομία αρδευτικού νερού**

Στην άρδευση με καταιονισμό οι απώλειες νερού οφείλονται κυρίως στην εξάτμιση και υπολογίζονται σε 10 ~ 15% του νερού εφαρμογής ενώ παράλληλα έχουμε μη γενικές απώλειες λόγω εξάτμισης κατά την μεταφορά και διανομή του νερού.

Αντίστοιχα οι απώλειες των μεθόδων επιφανειακής άρδευσης από εξάτμιση, βαθιά διήθηση ή επιφανειακή απορροή, κάτω από συνήθεις συνθήκες εδάφους κυμαίνονται σε 30 - 50%, ενώ είναι επίσης θεαματικές οι απώλειες λόγω εξάτμισης κατά τη μεταφορά του νερού.

Ο καταιονισμός έχει, επομένως, βαθμό αποδόσεως άρδευσης 85~90% ενώ οι επιφανειακές μέθοδοι άρδευσης έχουν βαθμό αποδόσεως 50~70%.

Με τον καταιονισμό λοιπόν, μπορούμε με την ίδια ποσότητα νερού να αρδεύσουμε πολύ μεγαλύτερη έκταση.

### **δ. Δεν καταστρέφεται καλλιεργήσιμη έκταση**

Ενώ στα δίκτυα επιφανειακής άρδευσης, ποσοστό 12 ή 14% της συνολικής έκτασης καταλαμβάνεται από τα έργα, στα δίκτυα καταιονισμού δεν απαιτείται εκσκαφή διωρύγων, αλλά προσωρινή εκσκαφή για την τοποθέτηση των υπογείων

αγωγών, η οποία αποκαθίσταται αμέσως μετά την δοκιμαστική λειτουργία του αγωγού.

#### **ε. Δεν απαιτείται συστηματοποίηση των γαιών**

Σε όλες τις μεθόδους επιφανειακής άρδευσης, η επιτυχία της άρδευσης εξαρτάται κατά 90 % από την επιμελημένη ισοπέδωση των αρδευόμενων γαιών. Στον καταιονισμό δεν απαιτείται λεπτομερής ισοπέδωση των γαιών η οποία αφ' ενός μεν είναι δαπανηρή, αφ' ετέρου δε απαιτεί πολύ χρόνο, ιδίως όταν πρόκειται να εφαρμοστεί σε αρδευτικά δίκτυα μεγάλων εκτάσεων, όπως είναι τα δίκτυα συλλογικής άρδευσης.

#### **στ. Αξιοποίηση μικρών και διεσπαρμένων παροχών**

Μικρές παροχές νερού είναι πρακτικά αχρησιμοποίητες λόγω των απωλειών κατά τη διαδρομή του νερού στα δίκτυα επιφανειακής άρδευσης. Με τον καταιονισμό, επειδή το νερό διοχετεύεται με κλειστούς αγωγούς, οι απώλειες μεταφοράς μηδενίζονται.

#### **ζ. Χορήγηση του νερού υπό φυσική μορφή**

Το αρδευτικό νερό κατά τη διαδρομή του στον ατμοσφαιρικό αέρα, πριν φτάσει στις καλλιέργειες, θερμαίνεται και προσλαμβάνει άζωτο και οξυγόνο τα οποία συμπαράσχει στο έδαφος. Επίσης ξεπλένει τα φύλλα των φυτών από τη σκόνη, τα επιβλαβή έντομα, και τα δηλητηριώδη αμμωνιακά άλατα της αποσύνθεσης.

#### **η. Δεν καταστρέφεται η δομή του εδάφους**

Από την αναπόφευκτη υπεράρδευση, κατά τις επιφανειακές μεθόδους, καταστρέφεται η δομή του εδάφους.

Τα λεπτόκοκκα συστατικά του εδάφους παρασύρονται και φράσσουν τους πόρους του εδάφους με συνέπεια τη δημιουργία μονοκοκκικής δομής του εδάφους. Ο αέρας εκτοπίζεται από τους πόρους του εδάφους. Μετά το τέλος της άρδευσης σχηματίζεται επιφανειακή "κρούστα" στο έδαφος, η οποία εμποδίζει την είσοδο του αέρα για την αναπνοή των ριζών και την ανάπτυξη των μικροοργανισμών. Έτσι μετά από κάθε επιφανειακή άρδευση χρειάζεται σκάλισμα.

Με τον καταιονισμό, και μάλιστα με τη χρησιμοποίηση μικρών εκτοξευτήρων, μπορούμε να ρυθμίσουμε την άρδευση ανάλογα με την διηθητικότητα του εδάφους και να αποφύγουμε όλες τις παραπάνω δυσμενείς συνέπειες.

#### **θ. Αποφεύγονται εστίες ζιζανίων**

Κατά την επιφανειακή άρδευση αναπτύσσονται εστίες ζιζανίων τόσο στις όχθες των διωρύγων και των τάφρων, όσο και μέσα στα χωράφια. Με τον καταιονισμό και επειδή υπάρχει δυνατότητα άρδευσης και των νεαρών φυτών, επιταχύνεται η ανάπτυξή τους με συνέπεια την ταχεία κάλυψη της επιφανείας του εδάφους από τα καλλιεργούμενα φυτά τα οποία σκιάζουν το έδαφος και εμποδίζουν την ανάπτυξη των ζιζανίων τα οποία πλην των άλλων απομυζούν τα θρεπτικά συστατικά του εδάφους και χρησιμεύουν σαν μεσάζοντες εκκόλαψης επιβλαβών εντόμων.

#### **ι. Ελάττωση των εργατικών άρδευσης**

Στα σύγχρονα δίκτυα καταιονισμού, η παρακολούθηση της άρδευσης είναι περιττή, και μάλιστα, όταν το σύστημα είναι μόνιμο, η εργατική δαπάνη τείνει να μηδενιστεί.

#### **ια. Ελάττωση των καλλιεργητικών δαπανών.**

Με τον καταιονισμό μπορούμε να συνδυάσουμε την λίπανση καθώς και την καταπολέμηση ασθενειών με την άρδευση, επιτυγχάνοντας ελάττωση του κόστους των καλλιεργητικών δαπανών.

#### **ιβ. Προστασία από τον παγετό**

Εκτοξεύοντας την ώρα του παγετού νερό στα φυτά, εκμεταλλευόμαστε την θερμοχωρητικότητα του νερού καθώς και την θερμότητα πήξης, η οποία είναι 8 cal/lit νερού σε  $^{\circ}\text{C}$ .

#### **ιγ. Καλύτερη διανομή του νερού με ελεύθερη ζήτηση**

Η διανομή του νερού μπορεί να γίνει με ελεύθερη ζήτηση κυρίως με τον καταιονισμό, καθόσον κατά τις επιφανειακές μεθόδους άρδευσης αφ' ενός μεν απαιτούνται πολύ μεγαλύτερες παροχές από τις κανονικές, με συνέπεια τις πολύ μεγαλύτερες διαστάσεις έργου, αφ' ετέρου δε ο έλεγχος του νερού είναι δυσχερέστατος.

#### **ιδ. Ευκολία χρήσεως του δικτύου**

Ο τρόπος χρήσης του συγκροτήματος καταιονισμού γίνεται εύκολα κατανοητός, σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα, και από τους πιο αδαείς χωρικούς, ενώ αντίθετα η πλειονότητα των γεωργών, παρόλη την πείρα μίας ολόκληρης ζωής, δεν αντιλαμβάνεται την ορθή χρήση της μιας ή της άλλης επιφανειακής μεθόδους άρδευσης.

### **Μειονεκτήματα.**

Έναντι των παραπάνω πλεονεκτημάτων, η άρδευση με καταιονισμό παρουσιάζει ορισμένα μειονεκτήματα, τα οποία πολλές φορές περιορίζουν την εφαρμογή της.

Τα σπουδαιότερα μειονεκτήματα είναι:

#### **α. Μεγάλη δαπάνη για την αρχική εγκατάσταση**

Το κόστος κατασκευής του δικτύου μεταφοράς του νερού καθώς επίσης και το κόστος των διαφόρων εξαρτημάτων των δικτύων καταιονισμού είναι υψηλό συγκρινόμενο με τις δαπάνες κατασκευής δικτύων επιφανειακής άρδευσης.

Πρέπει όμως να σημειωθεί ότι η μαζική παραγωγή εξαρτημάτων καταιονισμού, που γίνεται σήμερα, έχει αποτέλεσμα την πτώση των τιμών τους.

Παράλληλα, για αποφυγή απωλειών νερού κατά την μεταφορά, τα επιφανειακά δίκτυα κατασκευάζονται επενδεδυμένα. Έτσι υπάρχουν περιπτώσεις όπου η δαπάνη κατασκευής δικτύων επιφανειακής άρδευσης, πολύ περισσότερο μάλιστα όταν για τα επιφανειακά δίκτυα είναι απαραίτητη η συστηματοποίηση.

#### **β. Αυξημένα έξοδα λειτουργίας**

Κατά την κατασκευή δικτύων επιφανειακής άρδευσης γίνεται εκμετάλλευση της φυσικής τοπογραφίας του εδάφους και η ροή του νερού επιτυγχάνεται με τη βαρύτητα χωρίς να απαιτείται άντληση.

Στον καταιονισμό, με εξαίρεση μεμονωμένες περιπτώσεις όπου η πηγή υδροδότησης βρίσκεται αρκετά ψηλά, ώστε να εξασφαλίζεται η απαιτούμενη πίεση λειτουργίας του συστήματος, σε όλες τις άλλες περιπτώσεις απαιτείται δαπάνη λειτουργίας αντλητικού συγκροτήματος για την εξασφάλιση της υπόψη πίεσης.

#### **γ. Ανομοιόμορφη κατανομή της βροχής λόγω του ανέμου**

Ο άνεμος συμπαρασύρει τα σταγονίδια της βροχής κατά την πνοή του και προκαλεί ανομοιόμορφη άρδευση του αγρού. Με ταχύτητα ανέμου μεγαλύτερη από 2,8 m/sec εμφανίζονται συνθήκες ανομοιόμορφης διασποράς του νερού.

Για ταχύτητα ανέμου μεγαλύτερη από 4,5 m/sec, ή όταν ο αέρας είναι πολύ ξηρός και υπόκειται σε εντατική ηλιακή ακτινοβολία, δεν ενδείκνυται η άρδευση με καταιονισμό και πρέπει να αναστέλλεται.

#### **δ. Μηχανικές βλάβες συσκευών ή εξαρτημάτων δικτύου**

Στα δίκτυα καταιονισμού είναι αναγκαία η τοποθέτηση διαφόρων συσκευών και εξαρτημάτων για την σωστή λειτουργία τους, όπως αντλιών, δικλείδων, αεροεξαγωγών, ρυθμιστών πίεσεως και παροχής, βαλβίδων (αντιπληγματικών ή αντεπιστροφής), φίλτρων, εκτοξευτήρων. Η μη κανονική λειτουργία των παραπάνω, επιδρά δυσμενώς στην κανονική λειτουργία του δικτύου, ή και αναστέλλει την άρδευση.

#### **ε. Ποιότητα αρδευτικού νερού**

Στην άρδευση με καταιονισμό είναι αδύνατη η χρήση νερού υψηλής αλατότητας γιατί προκαλούνται εγκαύματα στα φύλλα των φυτών. Επίσης η χρήση νερού με μεγάλη ποσότητα φερτών υλών προκαλεί αποφράξεις των φίλτρων καθώς επίσης και γρήγορη φθορά των εκτοξευτήρων.

## **Κατηγορίες συγκροτημάτων και δικτύων άρδευσης με καταιονισμό**

### **Γενικά.**

Για την εφαρμογή του συστήματος άρδευσης με καταιονισμό, ο απαιτούμενος μηχανικός εξοπλισμός αποτελείται:

- α. από το αντλητικό συγκρότημα, για την τροφοδότηση του συστήματος με νερό υπό πίεση,
- β. από τις σωληνώσεις, για τη μεταφορά του νερού σε όλα τα σημεία της υπό άρδευση επιφάνειας, και
- γ. από τους εκτοξευτήρες, δηλαδή τα όργανα για την παραγωγή της καταίωσης.

Αν πρόκειται για μεγάλες εκτάσεις συλλογικής άρδευσης, ο παραπάνω απαιτούμενος εξοπλισμός συνιστά τα **δίκτυα άρδευσης**, ενώ όταν πρόκειται για μεμονωμένη άρδευση μικρών εκτάσεων μιλάμε για **συγκροτήματα άρδευσης** με καταιονισμό.

Ανάλογα με τον τρόπο εγκατάστασης των σωληνώσεων τα δίκτυα και τα συγκροτήματα άρδευσης με καταιονισμό διακρίνονται σε **μόνιμα, ημιμόνιμα και φορητά**.

## **Μόνιμα δίκτυα.**

Στα μόνιμα δίκτυα όλες οι σωληνογραμμές καθώς και οι εκτοξευτήρες είναι μόνιμα τοποθετημένοι σε ολόκληρη την υπό άρδευση έκταση.

Το κυριότερο μειονέκτημα των μόνιμων δικτύων είναι ότι το κόστος εγκατάστασης είναι πάρα πολύ υψηλό και για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται κυρίως για ευαίσθητες και πολυέξοδες καλλιέργειες, γήπεδα γκόλφ, κήπους, κ.λ.π.

Ωστόσο τα πλεονεκτήματά τους είναι πολλά και αξιόλογα, τα κυριότερα από τα οποία είναι η πολύ μικρή δαπάνη λειτουργίας και το γεγονός ότι αυτά μπορεί να είναι πλήρως αυτοματοποιημένα.

## **Ημιμόνιμα δίκτυα.**

Στα δίκτυα αυτά, οι σωληνώσεις των κυρίων γραμμών είναι μόνιμα εγκατεστημένες στο έδαφος, ενώ οι γραμμές άρδευσης είναι φορητές.

Αυτή η τοποθέτηση προτιμάται κυρίως όταν πρόκειται για δίκτυα συλλογικής άρδευσης μεγάλης εκτάσεως. Το κόστος εγκατάστασης είναι μικρότερο από το αντίστοιχο των μόνιμων δικτύων, όμως απαιτούνται περισσότερες δαπάνες λειτουργίας τους επειδή πρέπει να μετακινούνται οι γραμμές άρδευσης τόσο για την άρδευση όσο και για τις καλλιεργητικές φροντίδες του αγρού.

## **Φορητά συγκροτήματα.**

Σε αντίθεση με τις δύο προηγούμενες κατηγορίες, οι οποίες αναφέρονται τόσο σε συγκροτήματα, όσο και σε δίκτυα καταιονισμού, η κατηγορία αυτή αφορά μόνο τα συγκροτήματα που εξυπηρετούν μικρές και μεμονωμένες εκτάσεις.

Τα φορητά συγκροτήματα έχουν όχι μόνο τις σωληνώσεις των γραμμών άρδευσης φορητές, αλλά επίσης και τις σωληνώσεις των κυρίων γραμμών, ακόμα δε και το αντλητικό συγκρότημα.

Πλεονεκτούν λόγω του χαμηλού κόστους εγκατάστασης και της δυνατότητας ευχερέστερης προσαρμογής, όμως έχουν πολύ υψηλό κόστος λειτουργίας, λόγω των απαιτούμενων ημερομισθίων για τις μετακινήσεις των σωληνώσεων.

## **Περιγραφή του συγκροτήματος άρδευσης με καταιονισμό**

Ένα ολοκληρωμένο συγκρότημα καταιονισμού, αποτελείται από το αντλητικό συγκρότημα, το δίκτυο μεταφοράς και το δίκτυο διανομής.

### **Το αντλητικό συγκρότημα.**

Το αντλητικό συγκρότημα αποτελείται από την αντλία, τον σωλήνα αναρροφήσεως και τον κινητήρα.

#### **1. Η αντλία.**

Η αντλία εξασφαλίζει στο νερό την απαιτούμενη ενέργεια για την μεταφορά και το διασκορπισμό του στην υπό άρδευση επιφάνεια.

Η εκλογή της αντλίας εξαρτάται από την απαιτούμενη παροχή και το ολικό μανομετρικό ύψος, για το οποίο πρέπει να λειτουργεί.

## 2. Απαιτούμενη ισχύς - Παροχή - Μανομετρικό ύψος της αντλίας.

Το έργο που πρέπει να παράγει η αντλία είναι:

$$W = Bh \text{ ήτοι η ισχύς της πρέπει να είναι } N = \frac{Bh}{t}$$

Αν αντί για B βάλουμε το ίσο του  $V \cdot \gamma$  έχουμε:  $N = \frac{V\gamma h}{t}$  και αφού  $\frac{V}{t} = Q$  έχουμε:  $N = Q \cdot h \cdot \gamma$

Στην παραπάνω σχέση είναι  $N =$  ισχύς σε w,  $Q =$  παροχή σε  $m^3/sec$ ,  $h =$  μανομετρικό ύψος σε m και  $\gamma =$  ειδικό βάρος νερού  $= 9810 N/m^3$ .

Αν εκφράσουμε την ισχύ σε ίππους ( $1 PS = 735,75 w$  καθώς και  $1 HP = 745,36 w$ ) την παροχή σε  $m^3/h$  ( $1 m^3/sec = 3600 m^3/h$ ) και θέτοντας  $\gamma = 9810 N/m^3$  έχουμε:

$$N = \frac{9810Qh}{735,75 \times 3600} = \frac{Qh}{269,72} \text{ PS} \quad \text{και} \quad N = \frac{9810Qh}{745,36 \times 3600} = \frac{Qh}{273,53} \text{ HP}$$

Η παραπάνω σχέση δίνει την θεωρητική, ή υδραυλική ισχύ της αντλίας. Όμως στην αντλία δημιουργούνται τριβές μεταξύ του νερού και των εξαρτημάτων της αντλίας, οι οποίες για να υπερνικηθούν απαιτείται μεγαλύτερη ισχύς από τη θεωρητική ισχύ της αντλίας. Αυτές οι τριβές εκφράζονται με ένα συντελεστή αποδόσεως της αντλίας,  $\eta$ , ο οποίος παίρνει τιμές, ανάλογα με την κατασκευή και τις συνθήκες λειτουργίας της αντλίας, από 0,50 έως 0,80. Επομένως η πραγματικά απαιτούμενη ισχύς της αντλίας δίδεται από τη σχέση:

$$N = \frac{\gamma Q h}{\eta} \quad [w]$$

Όπως είναι φανερό, για την οικονομική λειτουργία του συγκροτήματος καταιονισμού, σπουδαία σημασία έχει ο βαθμός αποδόσεως της αντλίας. Μεταξύ μιας αντλίας με βαθμό αποδόσεως 0,50 και μιας άλλης με βαθμό αποδόσεως 0,75 απαιτείται κατά 50 % μεγαλύτερη ιπποδύναμη.

Από την παραπάνω εξίσωση προκύπτει ότι για τον υπολογισμό της ισχύος της αντλίας πρέπει να είναι γνωστά, τόσο η απαιτούμενη παροχή λειτουργίας του συγκροτήματος, όσο και το ολικό μανομετρικό ύψος που είναι αναγκαίο για την κάλυψη των αναγκών άρδευσης.

Η παροχή,  $Q$ , προκύπτει από τα γεωργοτεχνικά δεδομένα ήτοι την καλλιέργεια, το κλίμα, το έδαφος και την οργάνωση άρδευσης (δόση άρδευσης, εύρος άρδευσης, διάρκεια αρδευτικής δόσης, βαθμός αξιοποίησης του δικτύου).

Το μανομετρικό ύψος προσδιορίζεται προσθέτοντας τις απώλειες ενέργειας μέσα στους σωλήνες, την πίεση λειτουργίας των εκτοξευτήρων, το ύψος αναρρόφησης και το ύψος κατάθλιψης δίνεται δε από τη σχέση:

$$H_m = h_{av} + h_{f1} + h_{f2} + h_{f3} + h_{κατ} + P + \Sigma h_t.$$

όπου:  $H_m =$  μανομετρικό ύψος αντλίας σε m.

$h_{av} =$  υψομετρική διαφορά μεταξύ άξονα αντλίας και στάθμης του νερού από όπου γίνεται η άντληση σε m.

$h_{f1} =$  απώλειες ενέργειας στον αγωγό αναρρόφησης σε m.

$h_{f2} =$  απώλειες ενέργειας στην κύρια γραμμή σε m.



$h_{f3}$  = απώλειες ενέργειας στην γραμμή άρδευσης σε m.

$h_{κατ.}$  = ύψος κατάθλιψης δηλαδή η υψομετρική διαφορά μεταξύ άξονα αντλίας και υψηλότερου σημείου της υπό άρδευση επιφάνειας σε m.

$P$  = η πίεση λειτουργίας του τελευταίου εκτοξευτήρα σε m.

$\Sigma h_{τ.}$  = άθροισμα όλων των τοπικών απωλειών σε m.

### 3. 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 λήψης της κίνησής τους. Οι κυριότεροι τύποι αντλιών είναι:

#### α. Φυγοκεντρικές αντλίες.

Τα τελευταία χρόνια, στην πράξη της άρδευσης, έχουν επικρατήσει οι αντλίες αυτού του είδους γιατί έχουν πολλά πλεονεκτήματα τα οποία συνοψίζονται ως εξής:

- (1). Είναι ελαφρές στην κατασκευή και επομένως ευκολομετακίνητες.
- (2). Είναι απλούστερες στην κατασκευή και επομένως οικονομικότερες.
- (3). Έχουν μικρές μηχανικές τριβές και επομένως μπορούν να εργαστούν σε υψηλές ταχύτητες περιστροφής.
- (4). Ρυθμίζεται η παροχή τους και το μανομετρικό τους ύψος με τον αριθμό των στροφών, και επομένως προσαρμόζονται στις εναλλασσόμενες συνθήκες λειτουργίας του δικτύου καταιονισμού.
- (5). Έχουν χαμηλές δαπάνες συντήρησης.

#### Οι φυγοκεντρικές αντλίες διακρίνονται σε:

- (1). Φυγοκεντρικές με αντλία και κινητήρα στην επιφάνεια του εδάφους.
- (2). Φυγοκεντρικές με αντλία μέσα στο νερό και κινητήρα στην επιφάνεια του εδάφους (αντλίες με κατακόρυφο άξονα).
- (3). Φυγοκεντρικές με αντλία και κινητήρα μέσα στο νερό (βυθισμένες αντλίες)

#### Χαρακτηριστικά της φυγοκεντρικής αντλίας.

Το θεωρητικό ύψος παροχής της αντλίας αυξάνει ανάλογα με την περιφερειακή ταχύτητα της πτερωτής και μειώνεται ανάλογα με την αυξανόμενη ταχύτητα εκροής.

Έτσι αν, κάτω από σταθερή ταχύτητα περιστροφής, αυξηθεί η παροχή, τότε αυξάνει η ταχύτητα ροής και επομένως μειώνεται το ύψος πίεσης.

Οι σχέσεις μεταξύ παροχής και μανομετρικού ύψους παριστάνονται από τη χαρακτηριστική καμπύλη της αντλίας.

Όλα τα εργοστάσια κατασκευής αντλιών συνοδεύουν τις αντλίες με τα διαγράμματα των τεχνικών χαρακτηριστικών. Ένα τέτοιο διάγραμμα παρουσιάζεται στο σχήμα 17.

Στην άρδευση με καταιονισμό πρέπει οι αντλίες να έχουν καμπύλη χαρακτηριστικών (Q.H) επίπεδης μορφής έτσι ώστε σε περιπτώσεις μικρών ή μεγάλων παροχών το μανομετρικό ύψος να παραμένει σταθερό για να λειτουργούν οι εκτοξευτήρες κάτω από σταθερή πίεση.

Η επιλογή της κατάλληλης αντλίας, επομένως, είναι ζήτημα αναζήτησης με βάση τα διαγράμματα των τεχνικών χαρακτηριστικών εκείνης που έχει τον μεγαλύτερο

βαθμό αποδόσεως και που οι μεταβολή της παροχής δεν συνεπάγεται ουσιαστική μεταβολή του μανομετρικού ύψους.

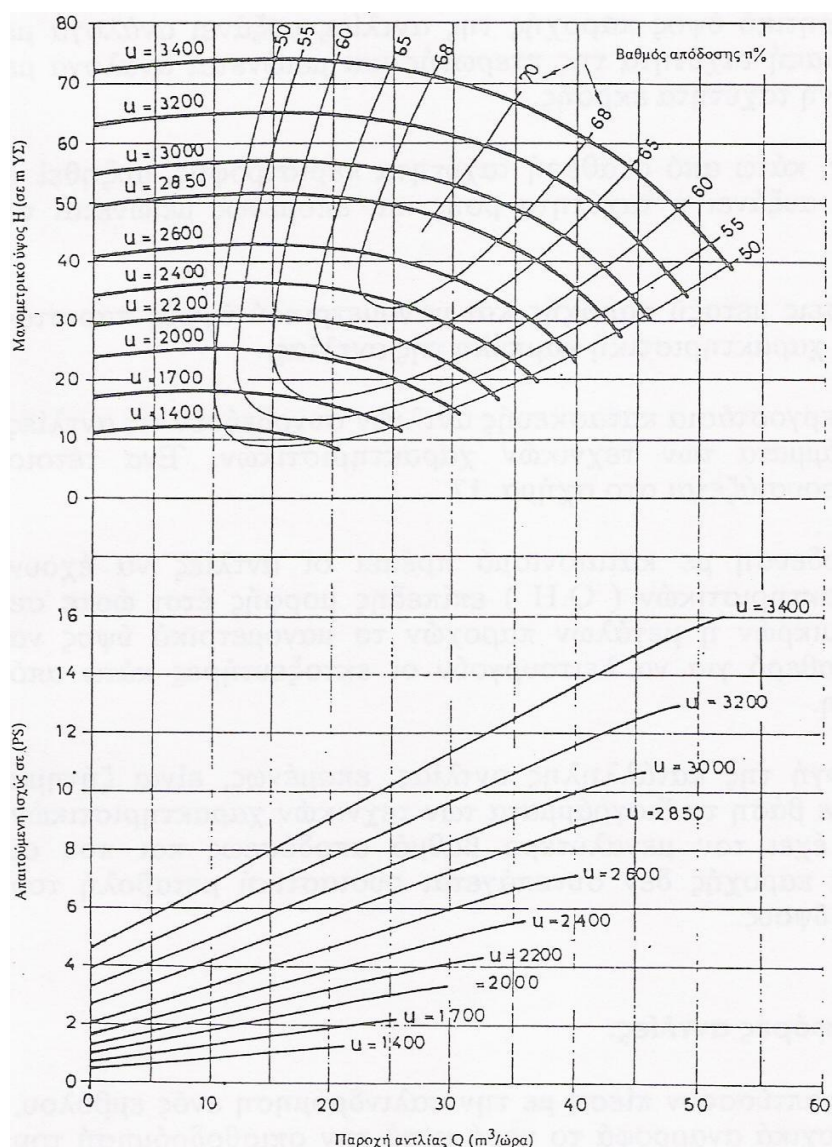
### β. Εμβολοφόρες αντλίες.

Αυτές αναπτύσσουν πίεση με την παλινδρόμηση ενός εμβόλου, το οποίο διαδοχικά αναρροφά το νερό κατά την οπισθοδρόμησή του και το εκτοπίζει στη συνέχεια, κατά την επιστροφή του, προς τον σωλήνα εξαγωγής. Οι αντλίες αυτές φέρουν υποχρεωτικά αποφρακτικά όργανα (βαλβίδες) εισαγωγής και εξαγωγής.

Χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις όπου χρειάζεται να μεταφερθεί μικρή παροχή νερού σε μεγάλα μανομετρικά ύψη.

Διακρίνονται σε ελεύθερες και βυθισμένες αντλίες.

### γ. Ελικοφόρες αντλίες, οι οποίες είναι υποχρεωτικά βυθισμένες.



Σχήμα 17. Χαρακτηριστικές καμπύλες φυγοκεντρικής αντλίας.

### Σωλήνας αναρρόφησης.

Ο σωλήνας αναρρόφησης 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.

Για να λειτουργήσει μια αντλία απαιτείται καταρχήν η αναρρόφηση του νερού, μέσω της σωλήνωσης αναρρόφησης, από την αρχική του στάθμη μέχρι την αντλία και στη συνέχεια η εκτόπισή του από την αντλία και η μεταφορά του, μέσω της σωλήνωσης κατάθλιψης, στην υψηλότερη στάθμη.

Σε όλους τους τύπους αντλιών, η δύναμη που ανυψώνει το νερό μέχρι την αντλία είναι η οφειλόμενη στην ατμοσφαιρική πίεση. Η αντλία με το να εκτοπίζει συνεχώς το νερό προκαλεί κενό.

Η θεωρητική ικανότητα αναρρόφησης των αντλιών είναι 10,33 μέτρα. Το πραγματικό όμως ύψος αναρρόφησης είναι μικρότερο, κατά το ύψος απωλειών λόγω τριβών στο σωλήνα αναρρόφησης και στα εξαρτήματά του, την ταχύτητα εισόδου, την τάση εξάτμισης ανάλογα με τη θερμοκρασία του νερού και τις απώλειες τριβών στην ποδοβαλβίδα και το φίλτρο, και δίδεται από τη σχέση:

$$h_{\pi} = 10,33 - h_s - \frac{v^2}{2g} - h_e - h_{\beta}$$

όπου:  $h_{\pi}$  = το πραγματικό ύψος αναρρόφησης

$h_s$  = το ύψος των συνολικών τριβών στο σωλήνα και τα εξαρτήματα σε m

$V$  = η ταχύτητα ροής σε m/sec

$h_e$  = η τάση εξάτμισης σε m στήλης νερού.

$h_{\beta}$  = οι απώλειες στην ποδοβαλβίδα και στο φίλτρο σε m.

Για τον υπολογισμό του  $h_{\pi}$  ακολουθείται η εξής διαδικασία:

Η ταχύτητα  $V$  βρίσκεται από το διάγραμμα του σχήματος 18 σαν συνάρτηση της παροχής.

Από την εξίσωση συνέχειας υπολογίζεται η διάμετρος του σωλήνα και κατόπιν οι απώλειες τριβών από τον τύπο των Darcy - Weisbach:

$$h_f = 1,20 \cdot f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

αφού προηγουμένως υπολογιστεί το  $f$  σαν συνάρτηση του αριθμού του Reynolds,  $Re = V \cdot D / \nu$ , και της σχετικής τραχύτητας  $K/D$ , με την βοήθεια του διαγράμματος του Moody.

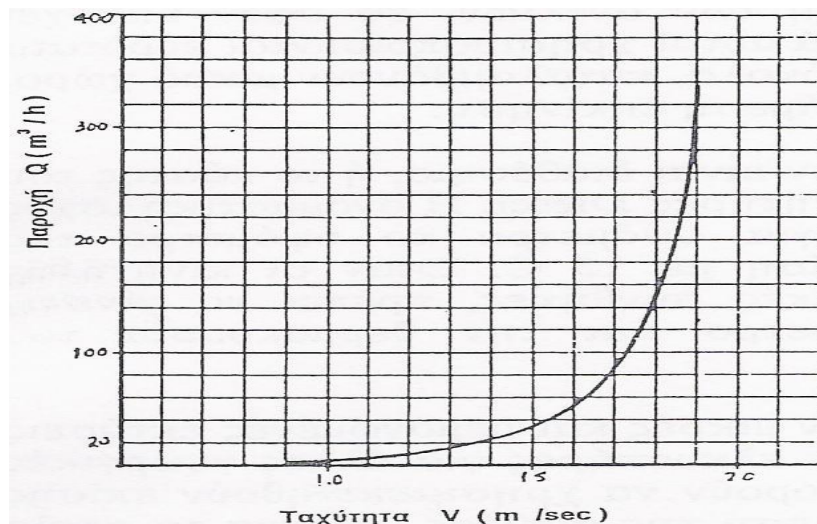
Με την εισαγωγή του συντελεστή 1,20 στην εξίσωση, αντιμετωπίζουμε και τις τοπικές απώλειες τριβών.

Το  $h_e$  παίρνεται από τον πίνακα 25.

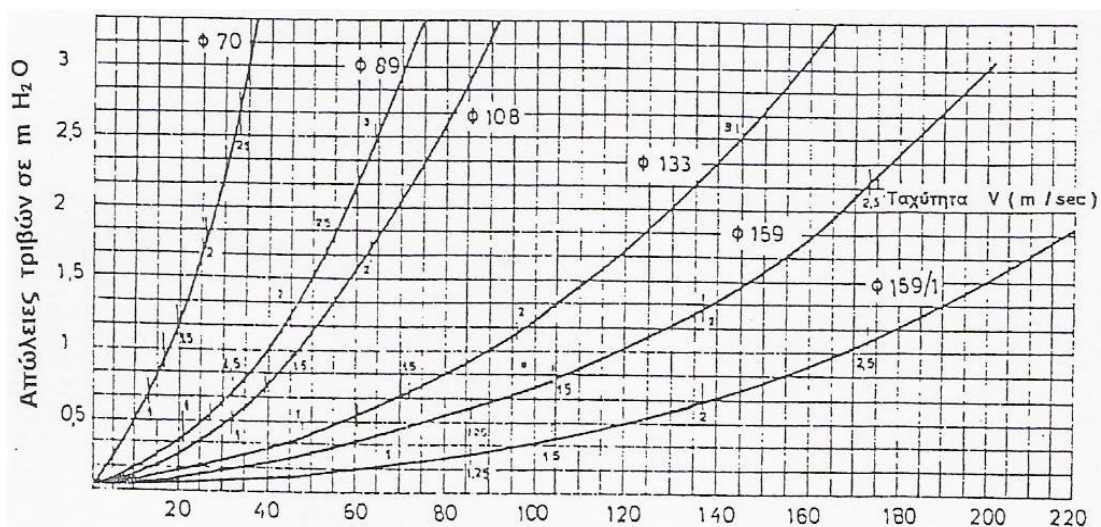
Το  $h_{\beta}$  παίρνεται από το διάγραμμα του σχήματος 19.

**Πίνακας 25.** Πίεση κορεσμού των υδρατμών,  $e_a$ , για διάφορες θερμοκρασίες του αέρα, σε m στήλης νερού.

Θερμοκρασί $\alpha$ $^{\circ}\text{C}$	$e_{\alpha}$ $\text{mH}_2\text{O}$	Θερμοκρασί $\alpha$ $^{\circ}\text{C}$	$e_{\alpha}$ $\text{mH}_2\text{O}$	Θερμοκρασί $\alpha$ $^{\circ}\text{C}$	$e_{\alpha}$ $\text{mH}_2\text{O}$	Θερμοκρασί $\alpha$ $^{\circ}\text{C}$	$e_{\alpha}$ $\text{mH}_2\text{O}$
0	0,061	10	0,123	20	0,234	30	0,424
1	0,066	11	0,131	21	0,249	31	0,449
2	0,071	12	0,140	22	0,264	32	0,476
3	0,076	13	0,150	23	0,281	33	0,503
4	0,081	14	0,160	24	0,298	34	0,532
5	0,087	15	0,171	25	0,317	35	0,562
6	0,093	16	0,182	26	0,336	36	0,594
7	0,100	17	0,194	27	0,357	37	0,628
8	0,107	18	0,206	28	0,378	38	0,663
9	0,115	19	0,220	29	0,401	39	0,699



Σχήμα 18. Μέγιστη ταχύτητα ροής σε m/sec σε σωλήνες αναρρόφησης.



Σχήμα 19. Απώλειες τριβών σε ποδοβαλβίδα με φίλτρο.

## **Ο κινητήρας.**

Οι ηλεκτροκινητήρες αποτελούν συνήθως την πλέον κατάλληλη κινητήρια δύναμη για την κίνηση των αντλιών, εφ' όσον υπάρχει διαθέσιμο ηλεκτρικό ρεύμα. Γενικά αυτοί χρησιμοποιούνται ευρύτατα γιατί είναι απλοί, εγκαθίστανται εύκολα, καταλαμβάνουν μικρό χώρο, έχουν υψηλό βαθμό απόδοσης και άμεση εκκίνηση.

Όπου το ηλεκτρικό ρεύμα δεν είναι διαθέσιμο, ή το κόστος του είναι υψηλό, χρησιμοποιούνται κινητήρες Diesel. Η ονομαστική ισχύς των κινητήρων αυτών δίνεται για υψόμετρο το υψόμετρο της θάλασσας και για θερμοκρασία ίση με 15 C. Όταν οι κινητήρες λειτουργούν κάτω από διαφορετικές συνθήκες, πρέπει να γίνεται διόρθωση ανάλογα με το υψόμετρο και την θερμοκρασία του περιβάλλοντος.

Όταν πρόκειται να αρδευτούν μικρές και μεμονωμένες εκτάσεις από γεωργούς οι οποίοι διαθέτουν ελκυστήρες για άλλες γεωργικές εργασίες, οι ελκυστήρες αυτοί μπορούν να χρησιμοποιηθούν επίσης σαν κινητήρια δύναμη για την κίνηση της αντλίας, πράγμα το οποίο ενδείκνυται και για τον πρόσθετο λόγο ότι κατά την εποχή των αρδεύσεων δεν υπάρχει μεγάλη απασχόληση των ελκυστήρων σε άλλες γεωργικές εργασίες.

Η απαιτούμενη ισχύς του κινητήρα αντλητικού συγκροτήματος ισούται με την ισχύ της αντλίας, η οποία πρέπει να προσαυξηθεί κατά 20 % εφ' όσον χρησιμοποιηθεί ηλεκτροκινητήρας και κατά 25 % - 40 % αν χρησιμοποιηθεί κινητήρας Diesel.

## **Το δίκτυο σωληνώσεων.**

### **Γενικά.**

Για να φτάσει το νερό με πίεση στους εκτοξευτήρες καταιονισμού, πρέπει να περάσει μέσα από το δίκτυο σωληνώσεων.

Συνήθως το δίκτυο σωληνώσεων αποτελείται:

α. Από έναν κύριο αγωγό, σκοπός του οποίου είναι η μεταφορά του νερού από την πηγή υδροδότησης μέχρι την επιφάνεια του αγρού, που πρόκειται να αρδευτεί, καθώς και η διανομή του νερού μέσα στην υπό άρδευση επιφάνεια.

Ο κύριος αγωγός, ή κύρια γραμμή άρδευσης, κατασκευάζεται κάθετα προς τις ισοϋψείς ακολουθώντας δρομολόγιο από τα υψηλότερα σημεία προς τα χαμηλότερα.

Με τον τρόπο αυτό, η απώλεια φορτίου από τη ροή, εξισορροπείται από την ενέργεια λόγω της θέσης του αγωγού με αποτέλεσμα την εξασφάλιση σχεδόν ομοιόμορφης πίεσης σε όλα τα σημεία της γραμμής.

β. Από τους αγωγούς άρδευσης, ή γραμμές άρδευσης, πάνω στους οποίους τοποθετούνται οι εκτοξευτήρες για την άρδευση της έκτασης.

Οι γραμμές άρδευσης τοποθετούνται κατά τις ισοϋψείς και έχουν σταθερή διάμετρο σε όλο το μήκος τους. Με τον τρόπο αυτό οι απώλειες φορτίου ελαχιστοποιούνται αν ληφθεί υπόψη και το γεγονός ότι η παροχή είναι φθίνουσα λόγω της τροφοδοσίας των εκτοξευτήρων.

## Τα φορητά συγκροτήματα καταιονισμού.

### 4. Οι σωλήνες.

Επειδή απαιτούνται συχνές μετακινήσεις τόσο των γραμμών άρδευσης, όσο και της κύριας γραμμής, πολλές φορές μάλιστα μέσα σε υγρό ή και λασπωμένο έδαφος, το δίκτυο σωληνώσεων πρέπει να αποτελείται από ελαφρούς σωλήνες εφοδιασμένους με εξαρτήματα ταχείας σύνδεσης και αποσύνδεσης.

Αυτοί οι σωλήνες ονομάζονται ταχυσύνδετοι σωλήνες και τα εξαρτήματα σύνδεσης και αποσύνδεσης, ταχυσύνδεσμοι.

Οι ταχυσύνδετοι σωλήνες κατασκευάζονται είτε από ταινοχάλυβα είτε από αλουμίνιο είτε από πλαστικό υλικό.

Οι χαλυβδοσωλήνες είναι συγκολλημένοι με ραφή και επιψευδαργυρωμένοι για να προστατεύονται από την οξείδωση και τη διάβρωση.

Οι αλουμινοσωλήνες είναι έγχυτοι ή ελατοί.

Οι πλαστικοί σωλήνες κατασκευάζονται από χλωριούχο πολυβινύλιο (P.V.C.).

Το μήκος των σωλήνων είναι τυποποιημένο σε 6 μέτρα.

Σύμφωνα με τους Γερμανικούς κανονισμούς (DIN 19651) το μήκος των σωλήνων μετράται, σε συνδεδεμένη κατάσταση δύο όμοιας διαμέτρου σωλήνων, σαν η απόσταση ομοειδών σημείων αυτών και επιτρέπεται να έχει απόκλιση μέχρι +4%.

Οι συνήθεις διάμετροι των σωλήνων είναι **50, 60, 70, 89, 108, 133, 159 και 216** χιλιοστών προκειμένου για χαλυβδοσωλήνες και αλουμινοσωλήνες και **50, 63, 75, 90, 110, 125, 140, 160, και 200** χιλιοστών προκειμένου για σωλήνες P.V.C.. Οι διάμετροι αυτές είναι εξωτερικές δηλαδή περιλαμβάνουν και το πάχος των τοιχωμάτων του σωλήνα.

Από τις παραπάνω κατηγορίες σωλήνων ελαφρότεροι είναι οι πλαστικοί σωλήνες, οι οποίοι είναι επίσης και οι φθηνότεροι στην αγορά. Έχουν όμως ορισμένες αδυναμίες στις συνδέσεις και στην αντοχή τους στις μεταβολές των καιρικών συνθηκών. Ιδιαίτερα η ευπάθειά τους στην ηλιακή ακτινοβολία μειώνει σημαντικά το χρόνο της ζωής τους. Η χρήση των πλαστικών σωλήνων έχει επικρατήσει στα μόνιμα συγκροτήματα καταιονισμού. Η περιγραφή των ταχυσυνδέτων πλαστικών σωλήνων θα γίνει στο κεφάλαιο, των μόνιμων συγκροτημάτων για λόγους συνοχής.

Οι αλουμινοσωλήνες είναι ελαφρότεροι από τους χαλυβδοσωλήνες, είναι όμως κατά 80 % έως 100 % ακριβότεροι από αυτούς. Δεν αντέχουν σε αλκαλικό περιβάλλον νερού και εδάφους. Στα όξινα υγρά αντέχουν περισσότερο από τους χαλυβδοσωλήνες. Δεν επισκευάζονται εύκολα αν τρυπήσουν.

Οι επιψευδαργυρωμένοι χαλυβδοσωλήνες αντέχουν σε υγρά με pH = 4,5 μέχρι pH = 8,0. Επισκευάζονται εύκολα με οξυγονοκόλληση. Είναι φθηνοί συγκρινόμενοι με τους αλουμινοσωλήνες. Μειονέκτημά τους είναι το βάρος.

Λόγω των παραπάνω συγκριτικών πλεονεκτημάτων, οι χαλυβδοσωλήνες επικράτησαν στην άρδευση με καταιονισμό.

Η επιψευδαργύρωση των χαλυβδοσωλήνων πρέπει να είναι λεία. Ανωμαλίες μεγαλύτερες από 2 mm αντενδείκνυνται διότι αυξάνουν τις απώλειες τριβών.

Η επιψευδαργύρωση πρέπει να αποτελεί ένα σώμα με το υλικό του σωλήνα και να μην απολεπίζεται. Οι σωλήνες, όταν εξετάζονται μακροσκοπικά, πρέπει να είναι ευθύγραμμοι.

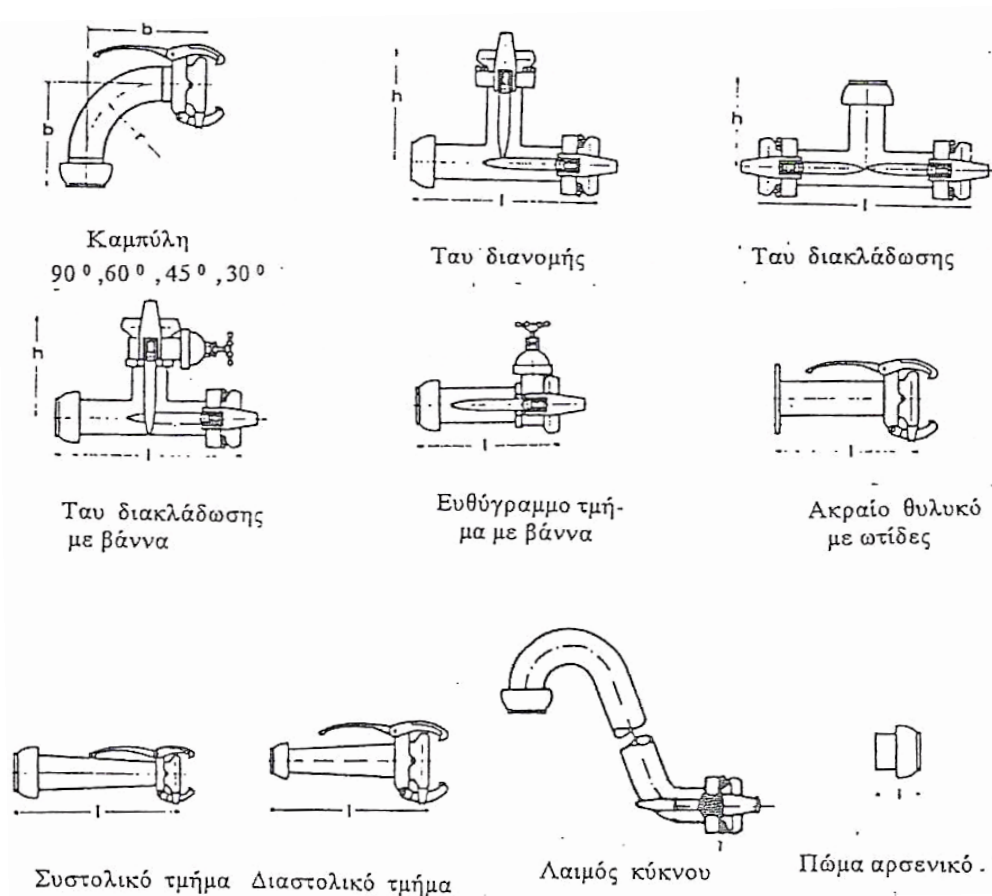
Γενικά στους ταχυσύνδετους σωλήνες η πίεση του νερού είναι μικρότερη από 10 ατμόσφαιρες. Επειδή όμως είναι δυνατό να υπάρξουν υδραυλικά πλήγματα, παίρνεται για πίεση λειτουργίας οι 10 ατμόσφαιρες και για λόγους ασφαλείας δοκιμάζονται στο εργαστήριο σε πίεση 14 - 16 ατμοσφαιρών.

## 5. Τα εξαρτήματα του δικτύου σωληνώσεων.

Τα κυριότερα εξαρτήματα, τα οποία απαιτούνται για τη συγκρότηση ενός δικτύου σωληνώσεων είναι τα εξής:

- α. Καμπύλες 30°, 45°, 60° και 90°.
- β. Ταύ διανομής και διακλαδώσεων.
- γ. Δικλείδες ή βάνες.
- δ. Συστολές, διαστολές.
- ε. Λαιμοί κύκνου, δηλαδή σιγμοειδείς διπλές καμπύλες.
- στ. Πώματα σωλήνων.
- ζ. Υποδοχές εκτοξευτήρων.
- η. Ορθοστάτες εκτοξευτήρων με ή χωρίς τρίποδα.

Τα εξαρτήματα είναι εφοδιασμένα με συνδέσμους ταχείας σύνδεσης ανάλογους με αυτούς των σωλήνων.



**Σχήμα 20.** Εξαρτήματα δικτύων σωληνώσεων με ταχυσύνδετους σωλήνες.

Κατά τη σχεδίαση και τον υπολογισμό ενός δικτύου σωληνώσεων πρέπει, όσο είναι δυνατό, να αποφεύγονται τα πολλά εξαρτήματα γιατί αφ' ενός μεν συνεπάγονται αυξημένες τοπικές απώλειες ενέργειας, αφ' ετέρου δε δημιουργούν επιβαρύνσεις κατά τις μεταθέσεις ή μετακομίσεις του αγωγού.

## **6. Οι ταχυσύνδεσμοι.**

Οι ταχυσύνδεσμοι αποτελούνται από δύο τεμάχια, ένα αρσενικό και ένα θηλυκό, τα οποία ευρίσκονται στα δύο άκρα του σωλήνα και είναι έτσι κατασκευασμένα, ώστε να εφαρμόζονται μεταξύ τους.

Στο θηλυκό τμήμα του ταχυσύνδεσμου είναι τοποθετημένος ελαστικός δακτύλιος ο οποίος εξασφαλίζει τη στεγανότητα.

Ένας μηχανισμός εφοδιασμένος με μοχλό, που είναι τοποθετημένος στο θηλυκό άκρο του σωλήνα, σύρει και συμπιέζει το αρσενικό άκρο του άλλου σωλήνα ενώ συγχρόνως συμπιέζεται και ο ελαστικός δακτύλιος και έτσι εξασφαλίζεται η στεγανότητα της σύνδεσης.

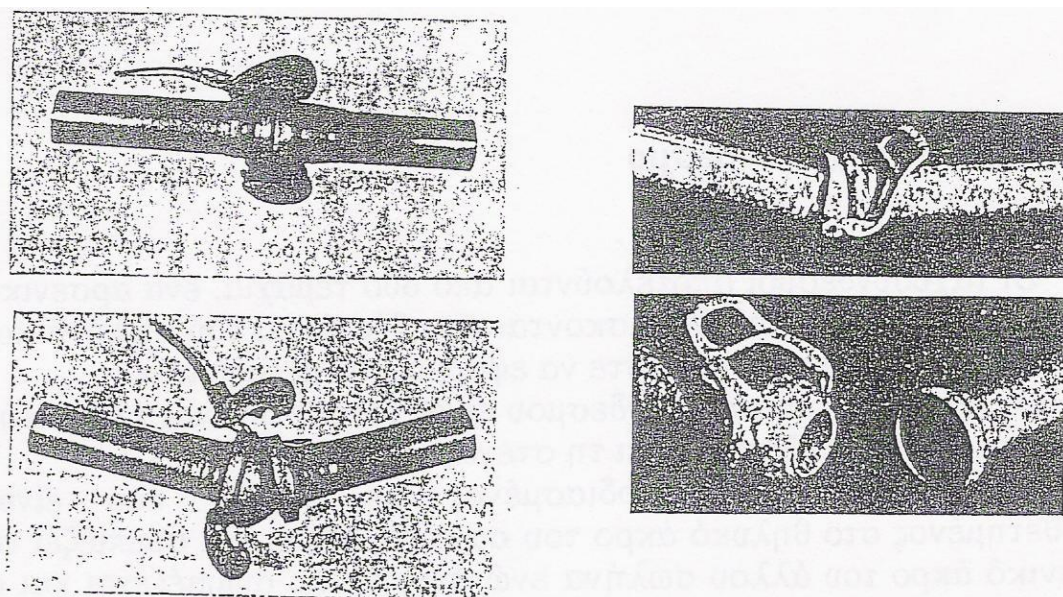
Υπάρχουν ταχυσύνδεσμοι που δεν χρειάζονται μηχανισμό σύνδεσης και η στεγανότητα εξασφαλίζεται με εσωτερική υδραυλική πίεση.

Οι γνωστοί τύποι ταχυσυνδέσμων είναι:

- α. Τύπου Kardan ή Perrot.
- β. Τύπου σφαιρικού ή Bauer.
- γ. Τύπου Mannesman.
- δ. Τύπου Bajionet.
- ε. Τύπου υδραυλικής πίεσης.

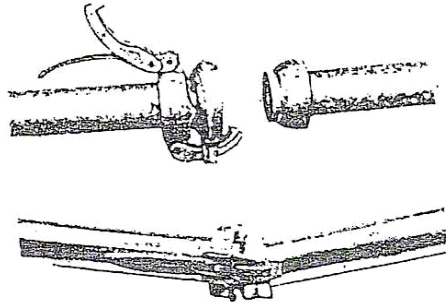
Ο ταχυσύνδεσμος πρέπει να επιτρέπει τη σύνδεση δύο ταχυσυνδέτων σωλήνων υπό γωνία 12 μοιρών έως 15 μοιρών προς κάθε επίπεδο, έτσι ώστε το επιφανειακό δίκτυο να μπορεί να προσαρμόζεται στις ανωμαλίες του εδάφους.

Ο χρόνος σύνδεσης και αποσύνδεσης των ταχυσυνδέτων σωλήνων έχει μεγάλη σημασία γιατί επηρεάζει το χρόνο μετακόμισης ενός αγωγού ή ενός δικτύου.

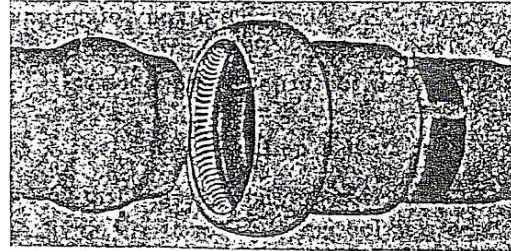




α. Ταχυσύνδεσμος τύπου Bauer.



β. Ταχυσύνδεσμος τύπου Mannesman.



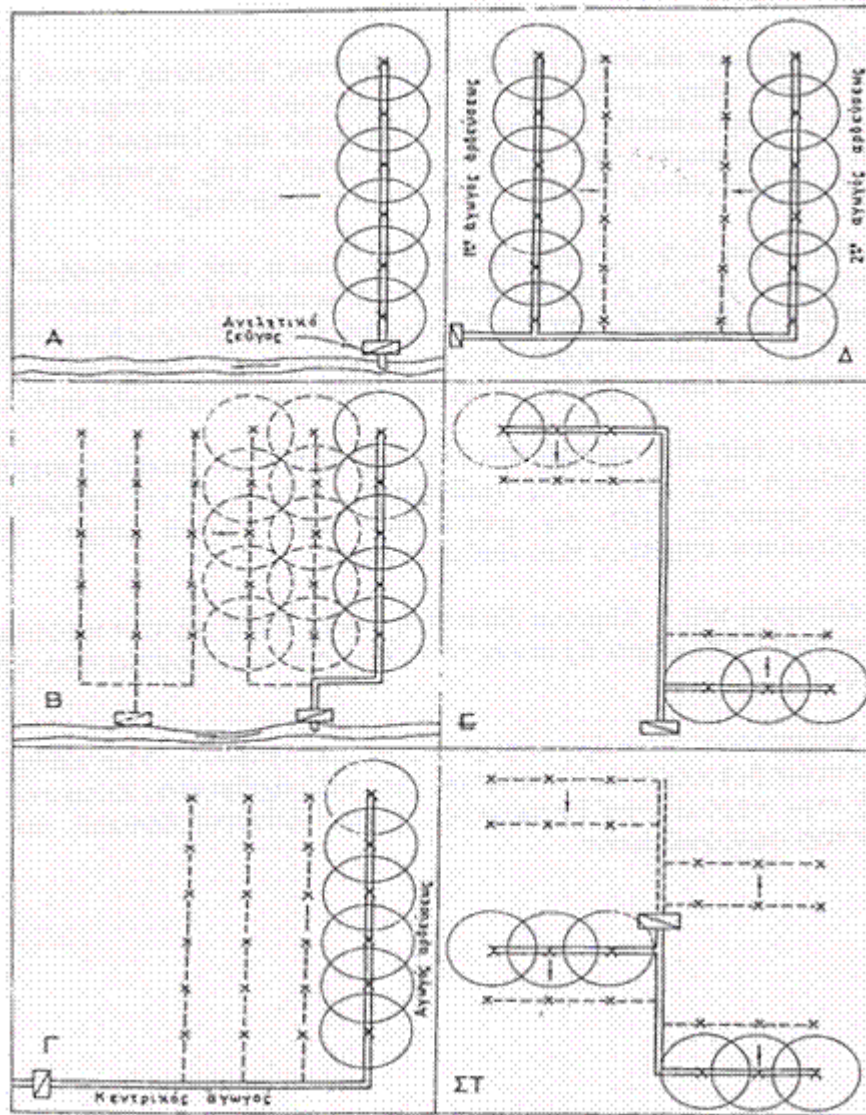
γ. Ταχυσύνδεσμος τύπου Kardan.

δ. Ταχυσύνδεσμος του οίκου Ames (υδραυλικής πίεσης).

**Σχήμα 21.** Διάφοροι τύποι ταχυσυνδέσμων.

## 7. Κλασσικές διατάξεις των δικτύων σωληνώσεων.

Η διάταξη των δικτύων σωληνώσεων εξαρτάται από το σχήμα του κτήματος και από τη θέση της πηγής νερού.



Σχήμα 22. Κλασικές διατάξεις των δικτύων σωληνώσεων.

Για την εκλογή της καταλληλότερης διάταξης, πρέπει να σημειωθεί, ότι κάθε περίπτωση ή ακόμα κάθε κτήμα αποτελεί και ένα ιδιαίτερο πρόβλημα για το οποίο πρέπει να εξετάζονται όλες οι δυνατές λύσεις.

Στο σχήμα 22 παρουσιάζονται μερικές από τις πιο συνηθισμένες τυπικές διατάξεις.

α. Εάν στη μία πλευρά της υπό άρδευσης έκτασης περνά φυσικό ή τεχνητό ρέμα, τότε μπορούμε να αποφύγουμε τον κεντρικό αγωγό και το δίκτυο σωληνώσεων να αποτελείται από μία γραμμή άρδευσης. Σ' αυτή την περίπτωση, σε κάθε μετακίνηση της γραμμής άρδευσης πρέπει να μετακινείται και το αντλητικό συγκρότημα.

β. Η δεύτερη διάταξη αποτελεί βελτίωση της προηγούμενης. Για να αποφύγουμε τις πολλές (και επίπονες) μετακινήσεις του αντλητικού συγκροτήματος εφοδιάζουμε το δίκτυο με έναν κεντρικό αγωγό μικρού μήκους οπότε η μετακίνηση του αντλητικού συγκροτήματος γίνεται ύστερα από κάθε τρεις ή πέντε μετακινήσεις της γραμμής άρδευσης.

γ. Η τρίτη διάταξη αφορά περίπτωση κατά την οποία η πηγή νερού είναι σταθερή π.χ. πηγάδι ή γεώτρηση, οπότε είναι απαραίτητος ο κεντρικός αγωγός, για τη μεταφορά του νερού μέχρι του πιο απομακρυσμένου σημείου του κτήματος.

δ. Η τέταρτη και η πέμπτη διάταξη είναι ίδιες με την προηγούμενη με την διαφορά ότι τώρα έχουμε ταυτόχρονη λειτουργία δύο γραμμών άρδευσης.

ε. Η τελευταία διάταξη αφορά την περίπτωση σταθερής πηγής νερού η οποία βρίσκεται στο κέντρο της υπό άρδευσης έκτασης.

Σε αυτή την περίπτωση προκύπτει η μεγαλύτερη δυνατή οικονομία για το δίκτυο σωληνώσεων.

## **Μόνιμα συγκροτήματα καταιονισμού.**

### **8. Γενικά.**

Στα μόνιμα συγκροτήματα καταιονισμού έχει επικρατήσει η χρήση των πλαστικών σωλήνων από χλωριούχο πολυβινύλιο (P.V.C.) λόγω των παρακάτω πλεονεκτημάτων.

α. Έχουν μικρή τιμή κτήσεως.

β. Η εσωτερική τους επιφάνεια είναι εξαιρετικά λεία και κατά συνέπεια έχουν μικρό συντελεστή τριβής.

γ. Έχουν μικρό βάρος.

δ. Έχουν τέλεια αντοχή στην οξειδωτική δράση του συστήματος νερό - έδαφος - αέρας.

ε. Στην εσωτερική τους επιφάνεια δεν καθιζάνουν άλατα και δεν σχηματίζεται μεμβράνη χλωρίδας λόγω αναπτύξεως μικροοργανισμών με συνέπεια να μην μειώνεται η ενεργός υδραυλική διατομή του σωλήνα.

στ. Λόγω της υψηλής τιμής του συντελεστή ελαστικότητας είναι ευχερής η απορρόφηση και η απόσβεση υδραυλικών πηγμάτων τα οποία προκαλούνται από τις απότομες αυξομειώσεις της ροής.

ζ. Έχουν ευκαμψία και γι' αυτό είναι ευχερείς οι κάμψεις και οι καμπυλώσεις σε ανώμαλα εδάφη.

η. Έχουν ευχέρεια μηχανουργικής κατεργασίας με απλά εργαλεία και από ανειδίκευτα πρόσωπα.

θ. Έχουν μακροβιότητα γιατί τα τοιχώματά τους δεν τρυπάνε από εστιακή ηλεκτρολυτική διάβρωση.

Λόγω ακριβώς των τεραστίων πλεονεκτημάτων των σωλήνων P.V.C., θεωρούμε σκόπιμο να κάνουμε μία πλήρη και λεπτομερή αναφορά σ' αυτούς.

### **9. Χαρακτηριστικά των σωλήνων P.V.C..**

Οι σωλήνες πίεσης P.V.C. κατασκευάζονται από μη πλαστικοποιημένο χλωριούχο πολυβινύλιο uP.V.C.100 σύμφωνα με τις προδιαγραφές DIN 8061, DIN 8062 και DIN 19532. Η χημική τους αντοχή ελέγχεται κατά DIN 16929.

Έχουν χρώμα γκρι σκούρο.

#### **Μηχανικές ιδιότητες.**

Μέτρο ελαστικότητας: 30.000 Kp/ cm<sup>2</sup>

Αντοχή σε εφελκυσμό: 500-600 Kp/cm<sup>2</sup>

Αντοχή σε θλίψη: >800 Kp/ cm<sup>2</sup>

Αντοχή σε κάμψη: 850 Kp/ cm<sup>2</sup>

Επιμήκυνση σε θραύση: 10-80 %

Αντοχή σε κρούση: χωρίς θραύση.

#### **Φυσικές ιδιότητες.**

Πυκνότητα: 1,35-1,46 gr / cm<sup>3</sup>

Συντελεστής γραμμικής διαστολής: 0,08 mm / m. °C.

Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας: 0,14 Kcal / m.h. °C

Απορροφητικότητα σε νερό: 4 mg /cm<sup>2</sup>

Ειδική θερμότητα: 0,24 Kcal / Kg °C

Σημείο Vicat (σημείο μαλακώσεως): 78 °C.

#### **Ηλεκτρικές ιδιότητες.**

Επιφανειακή αντίσταση: 10<sup>13</sup> Ω

Ειδική αντίσταση: 10<sup>15</sup> - 10<sup>16</sup> Ω.cm.

Διηλεκτρική σταθερά σε 10<sup>4</sup> Hz: 3,2

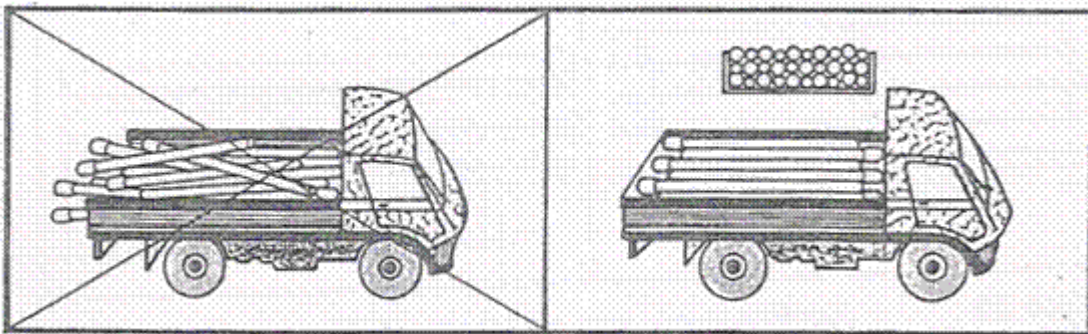
Διηλεκτρική σταθερά σε 800 Hz: 3,5 - 4,0.

### **10. Μεταφορά - Αποθήκευση των σωλήνων P.V.C..**

Τα φορτηγά αυτοκίνητα που χρησιμοποιούνται για την μεταφορά των σωλήνων πρέπει να έχουν καρότσα με λείες επιφάνειες, χωρίς να προσέξουν αιχμηρά σημεία, που θα τραυματίσουν τους σωλήνες.

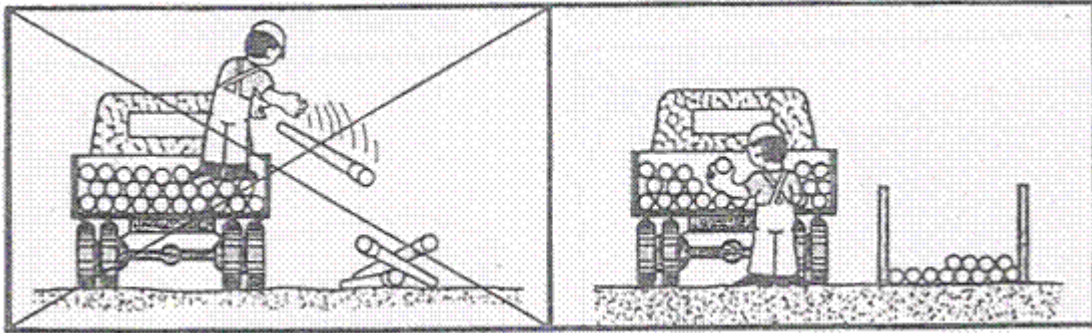
Για καλύτερη μεταφορά πρέπει να τοποθετούνται ξύλινες σανίδες στο δάπεδο και στις πλευρές του αυτοκινήτου.

Οι σωλήνες δεν πρέπει να προεξέχουν ελεύθεροι από την καρότσα του φορτηγού και πρέπει να τοποθετούνται στο αυτοκίνητο σε στρώσεις με τις μούφες εναλλάξ σύμφωνα με το σχήμα 23.



**Σχήμα 23.** Τρόπος φόρτωσης των σωλήνων PVC.

Κατά τη φόρτωση και εκφόρτωση και επειδή οι σωλήνες είναι αρκετά ελαφρότεροι από τους μεταλλικούς ή του αμιαντοτσιμέντου, υπάρχει προδιάθεση των εργατών να τους πετούν μακριά. Αυτό πρέπει οπωσδήποτε να αποφεύγεται. Οι σωλήνες δεν πρέπει να πετιούνται ούτε να σύρονται στο έδαφος. (σχήμα 24).

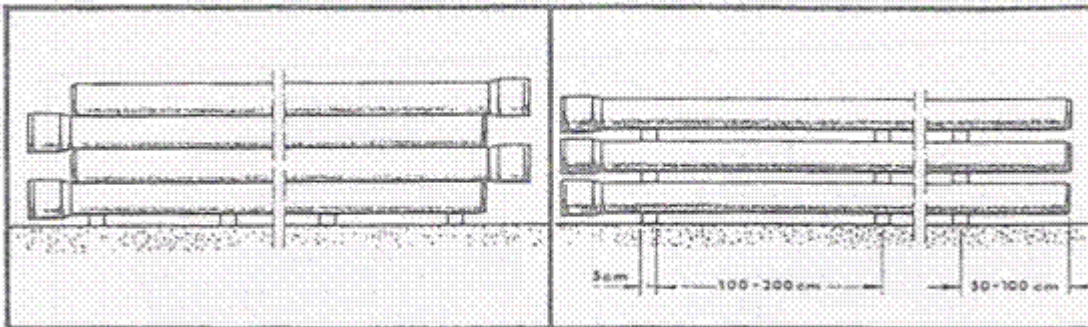


**Σχήμα 24.** Τρόπος εκφόρτωσης των σωλήνων PVC.

Τα ειδικά τεμάχια πρέπει να μεταφέρονται με προσοχή ώστε να αποφεύγονται οι φθορές και να μην καθυστερεί η κατασκευή ενός έργου από την έλλειψη ενός κατεστραμμένου εξαρτήματος.

Η αποθήκευση των σωλήνων μπορεί να γίνεται στο ύπαιθρο. Για την καλή τους όμως κατάσταση πρέπει να ληφθούν οι εξής προφυλάξεις:

- α. Οι σωλήνες πρέπει να αποθηκεύονται σε έδαφος επίπεδο χωρίς πέτρες και αιχμηρά αντικείμενα.
- β. Οι σωλήνες πρέπει να ευρίσκονται σε επαφή καθ' όλο το μήκος με τις μούφες ελεύθερες (στρώσεις με τις μούφες εναλλάξ).



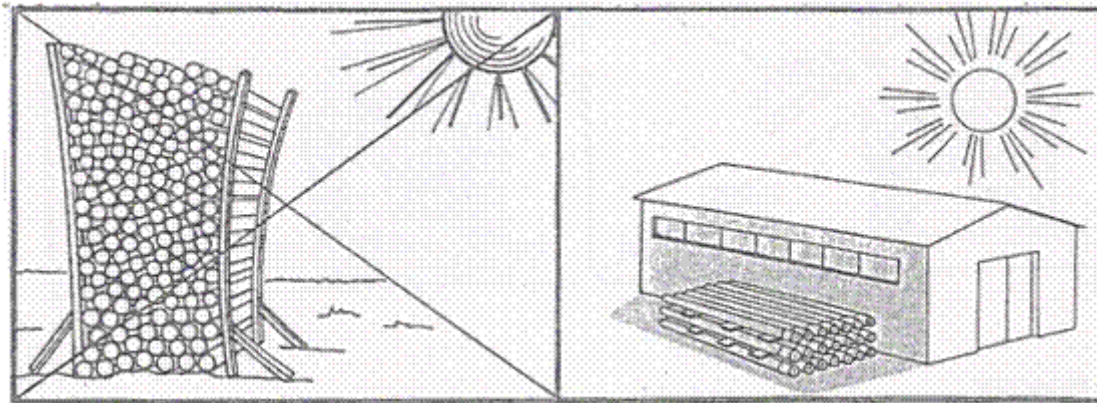
**Σχήμα 25.** Αποθήκευση των σωλήνων PVC.

Εάν αυτό είναι αδύνατο, τότε να τοποθετούνται κάτω από τους σωλήνες ξύλινοι δοκοί, πλάτους τουλάχιστον 50mm και σε απόσταση όχι μεγαλύτερη από 2 m μεταξύ τους. (Σχήμα 25).

Σωλήνες διαφορετικών διαμέτρων πρέπει να αποθηκεύονται χωριστά ή εάν αυτό είναι αδύνατο η μεγαλύτερη διάμετρος να τοποθετείται στην αρχή.

Το συνολικό ύψος των στρώσεων δεν πρέπει να υπερβαίνει το 1,5 μέτρο.

Η αποθήκευση στο ύπαιθρο για μεγάλο διάστημα απαιτεί προφύλαξη των σωλήνων από τις ηλιακές ακτινοβολίες. (Σχήμα 26).



**Σχήμα 26.** Προφύλαξη των σωλήνων από τις ηλιακές ακτινοβολίες.

Οι ελαστικοί δακτύλιοι στεγανότητας πρέπει να αποθηκεύονται σε μέρος δροσερό και μακριά από την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας.

Επίσης δεν πρέπει να έρχονται οι ελαστικοί δακτύλιοι σε επαφή με λίπη (γράσα), έλαια.

Καλό θα είναι όταν η θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι χαμηλότερη από τους  $0^{\circ}\text{C}$  να αποφεύγονται τα απότομα κτυπήματα στους σωλήνες.

## **11. Τοποθέτηση των σωλήνων PVC.**

### **12.1.1.1.1 Υπόγεια δίκτυα.**

#### **α. Άνοιγμα της τάφρου.**

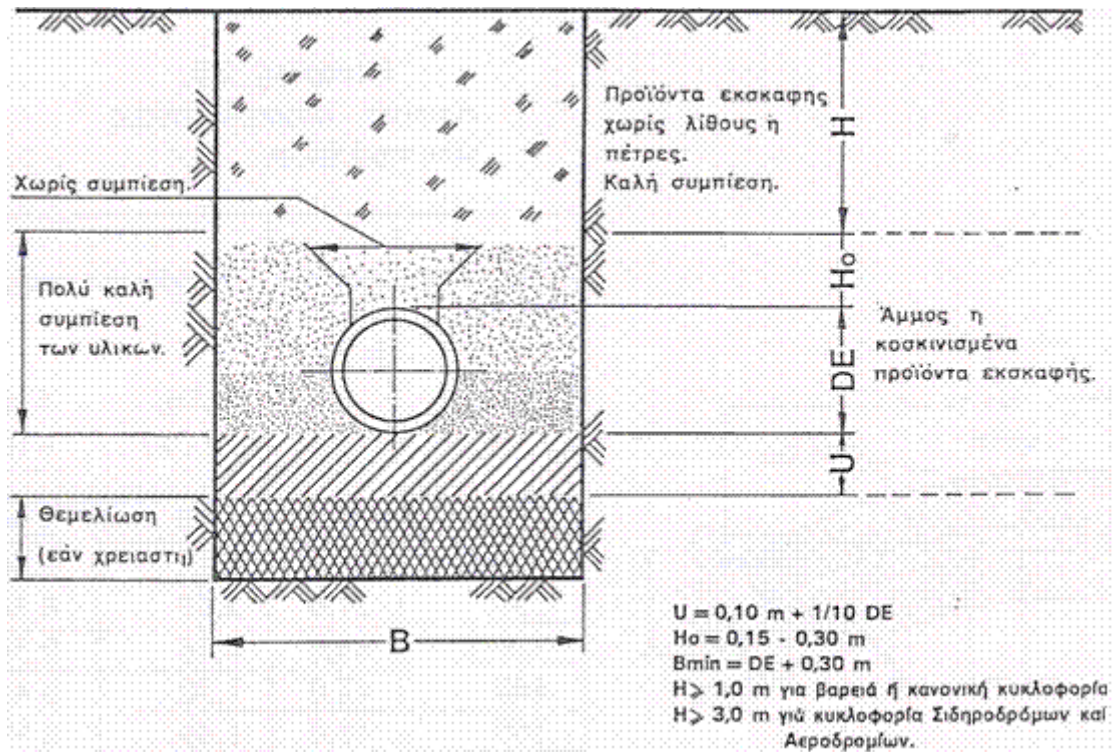
Οι συνιστώμενες διαστάσεις και η μορφή της τάφρου εικονίζονται στο σχήμα 27.

Το βάθος τοποθέτησης του σωλήνα επηρεάζεται από τα στατικά και δυναμικά φορτία, τη σύσταση του εδάφους και την συμπίεση αυτού, και δεν πρέπει να είναι μικρότερο από 1 μέτρο. Το πλάτος της τάφρου πρέπει να είναι 30 εκατοστά μεγαλύτερο από την εξωτερική διάμετρο της μούφας. Ο πυθμένας της τάφρου πρέπει να είναι επίπεδος χωρίς πέτρες και άλλα αιχμηρά αντικείμενα. Στη συνέχεια δημιουργείται στρώμα πάχους 10 εκατοστών από άμμο ή καλά κοσκινισμένο χώμα και κατόπιν τοποθετούνται οι σωλήνες.

Οι σωλήνες και τα ειδικά τεμάχια πρέπει να εδράζονται καλά στο στρώμα της άμμου.

Οι σωλήνες δεν πρέπει κατά την εγκατάσταση να κάμπτονται συγχρόνως κατά την οριζόντια και την κατακόρυφη έννοια για την δημιουργία καμπύλης, παρά μόνο οριζόντια ή κατακόρυφα, σχήμα 28, και σε μέτρο που δίνεται στον παρακάτω πίνακα 26.

Για μεγαλύτερες διαμέτρους ή για αλλαγές διευθύνσεως μεγαλύτερης γωνίας από την επιτρεπόμενη επιβάλλεται η χρησιμοποίηση ειδικού εξαρτήματος (καμπύλη).



Σχήμα 27. Μορφή και διαστάσεις της τάφρου τοποθέτησης των σωλήνων PVC.

Πίνακας 26. Ακτίνα καμπυλότητας των σωλήνων.

Εξωτερική διάμετρος $d_e$ (mm)	Ακτίνα R (m)	Μήκος του σωλήνα	
		12 m a (m)	6 m a (m)
63	18,2	3,86	0,94
75	22,6	3,13	0,80
90	27,0	2,63	0,66
110	33,0	2,16	0,54
140	42,0	1,70	0,43
160	48,0	1,49	0,37
225	67,5	1,06	0,27

### β. Σύνδεση των σωλήνων.

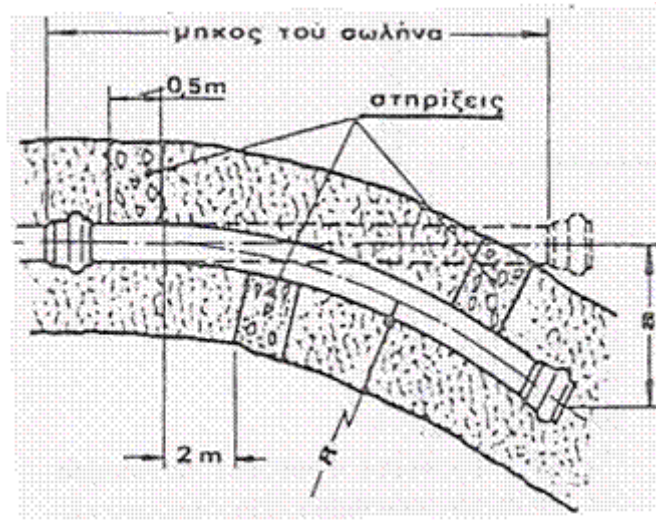
Πριν γίνει η σύνδεση, καθαρίζεται καλά από μέσα η μούφα του σωλήνα και η εξωτερική επιφάνεια του ευθύ άκρου.

Τοποθετείται ο ελαστικός δακτύλιος στη θέση που υπάρχει στη μούφα κρατώντας τον όπως δείχνει το σχήμα 29<sub>1</sub>.

Σημαδεύεται με μαρκαδόρο πόσο θα μπει ο σωλήνας στη μούφα, σχήμα 29<sub>4</sub>. Το μήκος αυτό (EM) φαίνεται στους πίνακες των σωλήνων πίεσης. Το σημάδεμα με μαρκαδόρο πρέπει να γίνεται οπωσδήποτε, ώστε να μη τερματίσει ο σωλήνας μέσα στη μούφα και να μένει περιθώριο για τις διαστολές, σχήμα 29<sub>5</sub>.

ΠΡΟΣΟΧΗ: Καλύψτε με υγρό σαπούνι (όχι ορυκτέλαιο ή γράσο) το ευθύ άκρο του σωλήνα και τον ελαστικό δακτύλιο.

Για την σύνδεση σπρώχνουμε τον σωλήνα περιστροφικά με τα χέρια. Για διάμετρο σωλήνων μεγαλύτερη από 110 χιλιοστά χρησιμοποιείται ξύλινος ή μεταλλικός μοχλός, σχήμα 29<sub>6</sub> ή ειδική συσκευή συνδέσεως (παλάγκο - δακτύλιος).



**Σχήμα 28.** Κάμψη και στήριξη του σωλήνα μέσα στην τάφρο.

Στους σωλήνες που συνδέονται με κόλλα μετά τον καθαρισμό από χώματα κλπ. γίνεται και καθάρισμα της μούφας και του φρεζαρισμένου άκρου με ακετόνη. Κατόπιν γίνεται προσεκτικά η επάλειψη με ειδική κόλλα και αφού αφηθεί 15 δευτερόλεπτα για να στερεοποιηθεί η κόλλα, γίνεται η σύνδεση με την εισαγωγή του φρεζαρισμένου άκρου στη μούφα.

Για διαμέτρους μεγαλύτερες από 90 mm, η επάλειψη πρέπει να γίνεται από δύο εργάτες συγχρόνως. Μετά την σύνδεση θα πρέπει να περάσουν 24 ώρες προτού το δίκτυο τεθεί σε λειτουργία.

### γ. Αγκύρωση των σωλήνων.

Τα διάφορα εξαρτήματα που χρησιμοποιούνται στα δίκτυα όπως γωνίες, πώματα, καμπύλες, συστολές, διακλαδώσεις πρέπει να στηριχθούν και να αγκυρωθούν με μπετόν.

Ο τρόπος και οι διατομές των αγκυρώσεων που θα χρησιμοποιηθούν φαίνονται στο σχήμα 30.

Οι υπολογισμοί των διατομών αγκύρωσης, γίνονται για πίεση δοκιμής του δικτύου δηλ. 1,5 φορές την ονομαστική πίεση λειτουργίας του αγωγού και με επιτρεπόμενα φορτία εδάφους κατά DIN 1055.

Η φόρτιση του σώματος αγκύρωσης είναι:

$$R = 2\eta\mu \frac{\alpha}{2} \cdot \frac{d_i^2 \pi}{4} \cdot p \quad (\text{kp})$$

D = η εξωτερική διάμετρος του σωλήνα σε mm.

d<sub>i</sub> = η εσωτερική διάμετρος του σωλήνα σε mm.

p = η εσωτερική πίεση δοκιμής σε Kp/cm<sup>2</sup>.



$p_1$  = η αντοχή του εδάφους στη θλίψη σε Kp/ cm<sup>2</sup>.

A = η επιφάνεια πακτώσεως από μπετόν σε cm<sup>2</sup>.

**δ. Γέμισμα της τάφρου.**

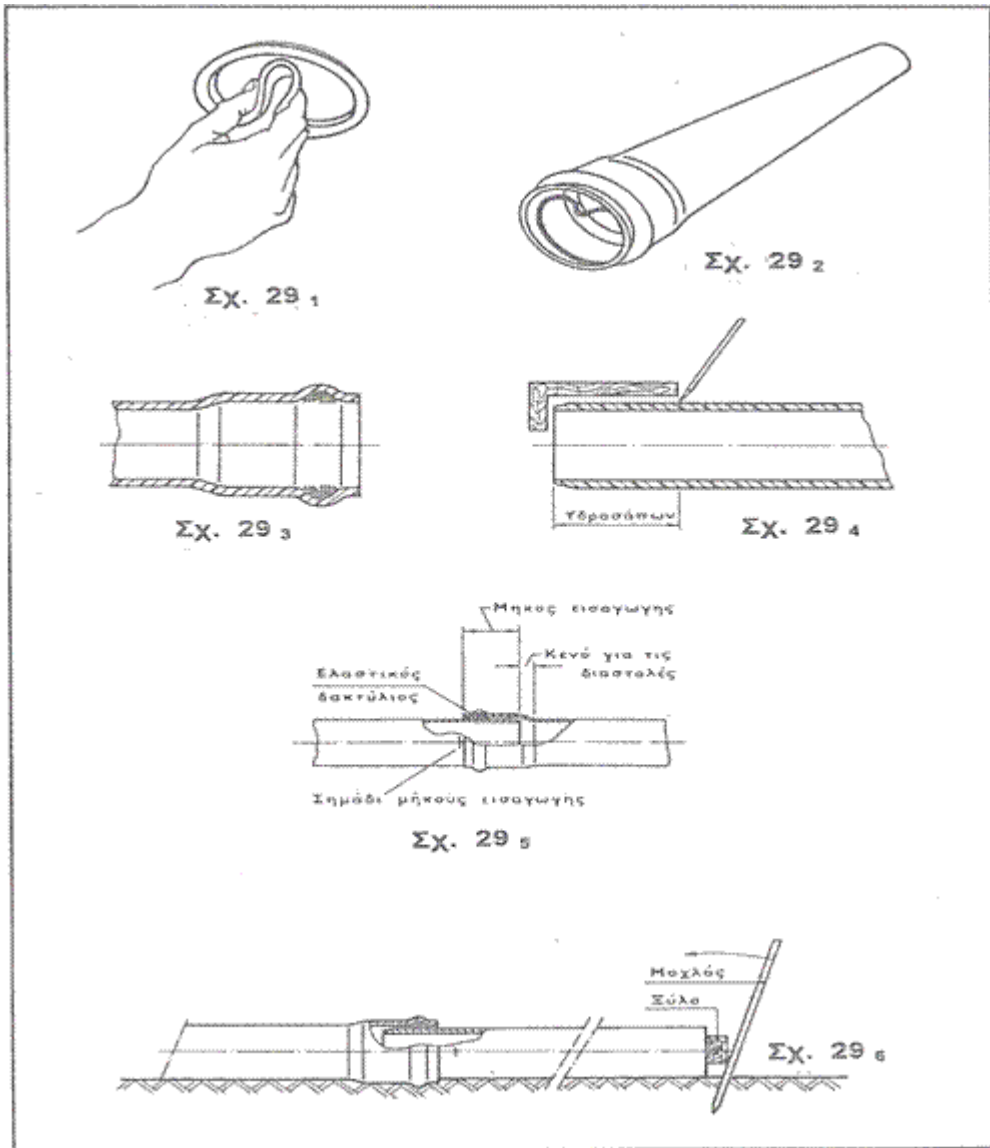
Μετά την σύνδεση του σωλήνα γεμίζεται η τάφρος πρώτα με άμμο ή χώμα κοσκινισμένο, σχήμα 31, που δεν περιέχει πέτρες μεγαλύτερες από 20 mm, με κάλυψη μέχρι 30 cm πάνω από τον σωλήνα και συμπιέζεται πολύ καλά κυρίως στα πλευρά του αγωγού.

Αξονική Δύναμη: 
$$F = \frac{d_i^2 \pi}{4} \cdot p \quad (\text{kp})$$

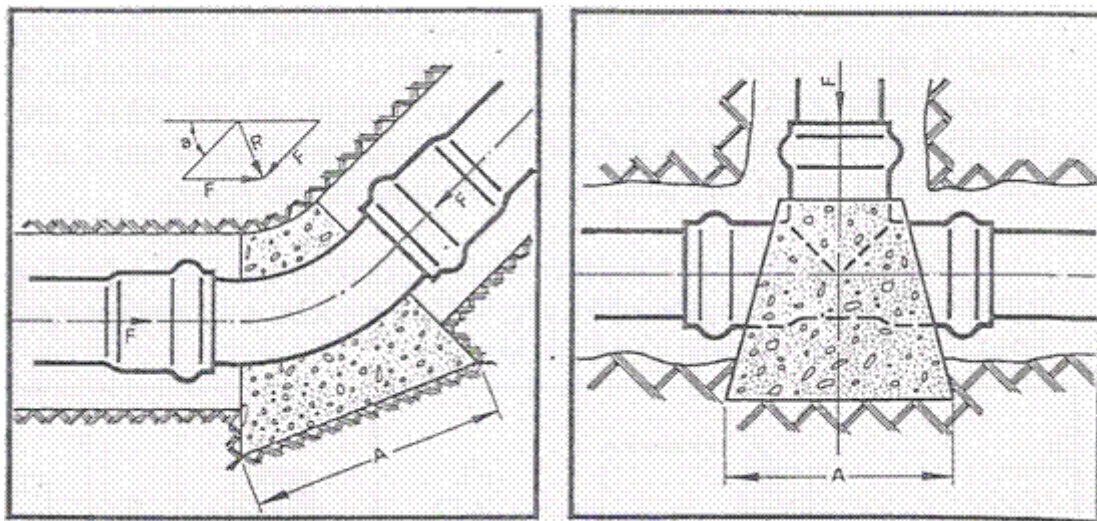
Η συνισταμένη των δυνάμεων που εφαρμόζεται πάνω στα ειδικά τεμάχια λόγω αλλαγής της διεύθυνσης είναι:

Το υπόλοιπο ύψος της τάφρου γεμίζεται με κοινό χώμα.

Στην περίπτωση εγκαταστάσεως δικτύου σε μη σταθερά εδάφη (μαλακό έδαφος, υψηλός υδάτινος ορίζοντας κλπ.) θα πρέπει πρώτα να δημιουργηθεί η κατάλληλη θεμελίωση.



Σχήμα 29. Σύνδεση των σωλήνων PVC.



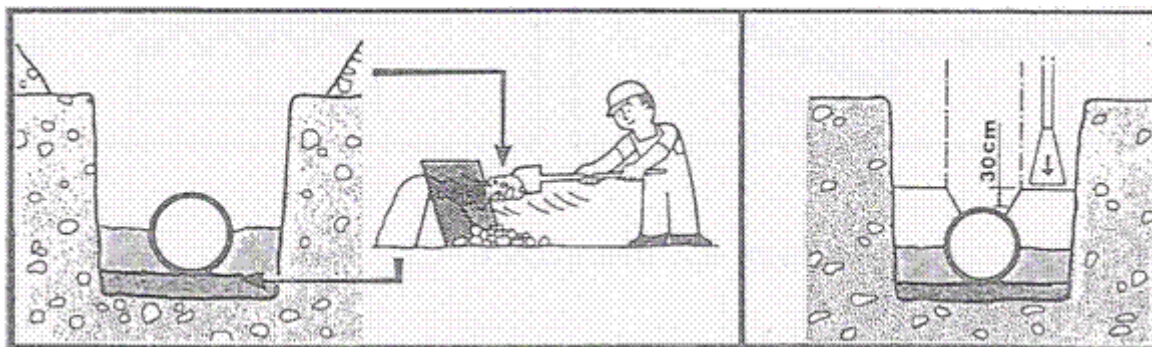
Σχήμα 30. Αγκύρωση των σωλήνων PVC.

#### 12.1.1.1.2 Τοποθέτηση των σωλήνων PVC κάτω από δρόμους.

Στην περίπτωση αυτή πρέπει να προστατεύονται οι σωλήνες και οι διπλές μούφες μέσα σε προστατευτικό τμήμα σωλήνα από άλλο υλικό.

Για την εκλογή της διαμέτρου του προστατευτικού σωλήνα, ο οποίος πρέπει να έχει κατάλληλα υποστηρίγματα για την εξουδετέρωση των κραδασμών, πρέπει να ληφθεί υπ' όψη η εύκολη εισαγωγή διπλών μουφών, κλπ.

Μία άλλη τεχνική είναι το μπετονάρισμα του αγωγού που βρίσκεται κάτω από το δρόμο.



Σχήμα 31. Γέμισμα της τάφρου.

#### 12.1.1.1.3 Τοποθέτηση των σωλήνων PVC σε ελώδη εδάφη.

Για να αποφύγουμε τη καθίζηση του δικτύου σε μη σταθερά εδάφη πρέπει να ακολουθήσουμε την πιο κάτω τεχνική:

- α. Αποξήρανση του εδάφους ή
- β. Κτίσιμο θεμελίων σε πασσάλους από μπετόν, ή
- γ. Τοποθέτηση των σωλήνων σε ξύλινους ή πέτρινους πασσάλους.

#### 12.1.1.1.4 Τοποθέτηση των σωλήνων PVC σε επιφανειακά δίκτυα.

Οι σωλήνες μπορεί να χρησιμοποιηθούν και σε επιφανειακά δίκτυα αφού ληφθούν υπ' όψη τα παρακάτω:

Οι σωλήνες δεν πρέπει να είναι εκτεθειμένοι στην ηλιακή ακτινοβολία και να βρίσκονται σε αρκετά μεγάλη απόσταση από αντικείμενα που εκπέμπουν θερμότητα γιατί είναι δυνατόν να προκληθεί αλλοίωση τους.

Πρέπει να ληφθεί πρόνοια προφύλαξης των σωλήνων από τις χαμηλές θερμοκρασίες ή να ληφθεί μέριμνα για το άδειασμα των αγωγών ώστε να μην προκληθούν ζημιές από το πάγωμα του νερού.

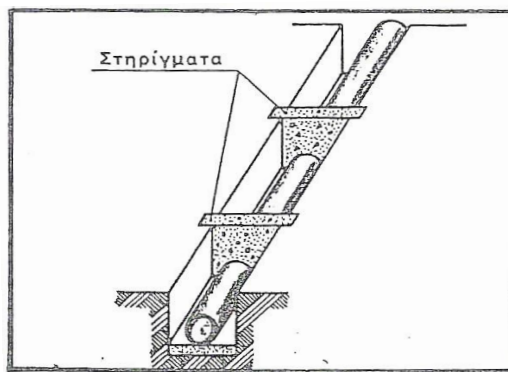
Οι σωλήνες πρέπει να στηρίζονται με τέτοιο τρόπο που να εξασφαλίζεται μόνο η κατά μήκος κίνηση λόγω συστολής ή διαστολής του σωλήνα από τις διαφορές θερμοκρασίας χωρίς να αποσυνδέονται.

Οι αλλαγές διεύθυνσεως και οι διακλαδώσεις (γωνίες-ταύ) πρέπει να βρίσκονται μεταξύ των σημείων στηρίξεως του αγωγού.

Η στήριξη των αγωγών γίνεται με δακτυλίους μεταλλικούς οι οποίοι δεν πρέπει να σφίγγουν τον σωλήνα και τα άκρα τους να είναι στρογγυλεμένα για να μην τον πηγώσουν. Για μεγαλύτερη προφύλαξη συνιστάται η χρησιμοποίηση δακτυλίων από πλαστική ύλη που παρεμβάλλεται μεταξύ του αγωγού και των μεταλλικών δακτυλίων σφιγκτήρων.

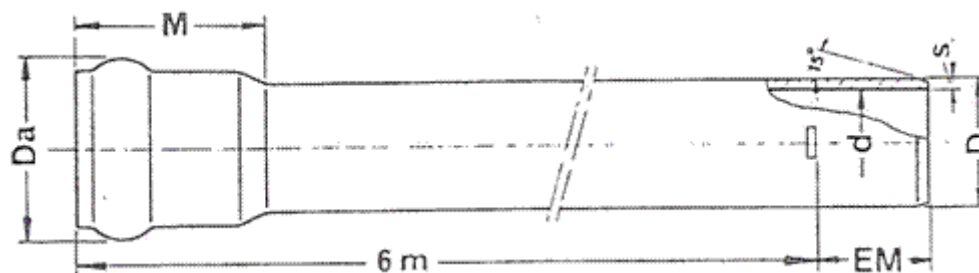
#### 12.1.1.1.5 Τοποθέτηση των σωλήνων PVC σε κρημνώδεις περιοχές.

Σε κρημνώδεις περιοχές οι σωλήνες πρέπει να εξασφαλίζονται από πιθανές ολισθήσεις με επαρκή αριθμό στηριγμάτων (μπετόν) σχήμα 32. Για να προφυλαχθεί το υπόστρωμα και το υπέδαφος από διάβρωση πρέπει να προβλεφθεί κατάλληλη αποχέτευση.



Σχήμα 32. Αγκύρωση αγωγού σε κρημνώδεις περιοχές.

## 12. Σωλήνες πίεσης από u PVC.



Σχήμα 33. Αγωγός πίεσης u PVC.

**Πίνακας 27. Σωλήνες πίεσεως 6, 10, 12,5 και 16 Atm.**

**Σωλήνες πίεσεως 6 Atm.**

Πίεση λειτουργίας σε 20 °C: **6 Atm.**  
Προδιαγραφές: DIN 8061, 8062, ΕΛΟΤ9.  
Χρώμα: Γκρι σκούρο.

<b>Εξωτερική διάμετρος D (mm)</b>	<b>Πάχος τοιχώμα- τος S (mm)</b>	<b>Εσωτερική διάμετρος D (mm)</b>	<b>Μήκος μούφας M(mm)</b>	<b>Εμβόλιμο μήκος EM(mm)</b>	<b>Εξωτ. διάμ μούφας Da (mm)</b>	<b>Βάρος G (kg/m)</b>
40	1,8	36,4	47	42	44,0	0,334
50	1,8	46,4	90	75	68,0	0,422
63	1,9	59,2	110	95	85,0	0,562
75	2,2	70,6	130	115	97,0	0,782
90	2,7	84,6	130	115	119,0	1,13
110	3,2	103,6	155	140	145,0	1,64
125	3,7	117,6	170	155	163,0	2,13
140	4,1	131,8	170	155	175,0	2,65
160	4,7	150,6	175	160	200,0	3,44
200	5,9	188,2	220	205	251,0	5,37
225	6,6	211,8	230	215	279,0	6,76
250	7,3	235,4	245	230	305,0	8,31
280	8,2	263,6	260	245	344,0	10,40
315	9,2	296,6	265	250	379,0	13,20
355	10,4	334,2	280	305	433,0	16,70
400	11,7	376,6	293	278	490,0	21,10
450	13,2	423,6	300	285	532,5	26,80
500	14,6	470,8	310	295	555,1	32,90

### Σωλήνες πίεσεως 10 Atm.

Πίεση λειτουργίας σε 20 °C: **10 Atm.**  
Προδιαγραφές: DIN 8061, 8062, ΕΛΟΤ9.  
Χρώμα: Γκρι σκούρο.

Εξωτερική διάμετρος D (mm)	Πάχος τοιχώματος S (mm)	Εσωτερική διάμετρος D (mm)	Μήκος μούφας M(mm)	Εμβόλιμο μήκος EM(mm)	Εξωτ. διάμ. μούφας Da (mm)	Βάρος G (kg/m)
25	1,5	22,0	32	27	28,5	0,174
32	1,8	28,4	40	35	36,0	0,264
40	1,9	36,2	47	42	44,5	0,350
50	2,4	45,2	93	78	68,5	0,552
63	3,0	57,0	110	95	86,5	0,854
75	3,6	67,8	125	110	99,0	1,22
90	4,3	81,4	133	118	122,0	1,75
110	5,3	99,4	152	137	148,0	2,61
125	6,0	113,0	170	155	168,0	3,34
140	6,7	126,6	180	165	179,0	4,18
160	7,7	144,6	190	175	206,0	5,47
200	9,6	180,8	240	225	258,0	8,51
225	10,8	203,4	250	235	290,0	10,80
250	11,9	226,2	265	250	315,0	13,20
280	13,4	253,2	270	255	355,0	16,60
315	15,0	285,0	290	275	390,0	20,90
355	16,9	321,2	320	305	447,5	26,50
400	19,1	361,8	300	285	489,0	33,70
450	21,5	407,0	310	295	550,0	42,70
500	23,9	452,2	340	325	609,0	52,60

### Σωλήνες πίεσεως 12,5 Atm.

Πίεση λειτουργίας σε 20 °C: **12,5 Atm.**  
Προδιαγραφές: DIN 8061, 8062, ΕΛΟΤ9.  
Χρώμα: Γκρι σκούρο.

Εξωτερική διάμετρος D (mm)	Πάχος τοιχώματος S (mm)	Εσωτερική διάμετρος D (mm)	Μήκος μούφας M(mm)	Εμβόλιμο μήκος EM(mm)	Εξωτερ. διάμ. μούφας Da (mm)	Βάρος G (kg/m)
110	6,5	97,0	152	137	146,4	3,15
125	7,4	110,2	170	155	168,8	3,97
140	8,2	123,6	180	165	179,7	5,05
160	9,4	141,2	190	175	207,2	6,58
200	11,8	176,4	240	225	258,0	10,31
225	13,2	198,6	250	235	290,0	13,00
250	14,7	220,6	265	250	315,0	16,03
280	16,5	247,0	268	253	355,0	20,04
315	18,5	278,0	270	255	389,5	25,40
355	20,9	313,2	310	295	448,0	32,36
400	23,5	353,0	290	275	489,0	40,93
450	26,5	397,0	310	295	550,0	51,88
500	29,4	441,2	340	325	615,0	63,95

## Σωλήνες πίεσεως 16 Atm.

Πίεση λειτουργίας σε 20 °C: 16 Atm.  
Προδιαγραφές: DIN 8061, 8062, ΕΛΟΤ9.  
Χρώμα: Γκρι σκούρο.

Εξωτερική διάμετρος D (mm)	Πάχος τοιχώματος S (mm)	Εσωτερική διάμετρος D (mm)	Μήκος μούφας M(mm)	Εμβόλιμο μήκος EM(mm)	Εξωτερ. διάμ. μούφας D <sub>a</sub> (mm)	Βάρος G (kg/m)
25	1,9	21,2	32	27	29,3	0,212
32	2,4	27,2	32	27	37,3	0,342
40	3,0	34,0	47	42	46,5	0,525
50	3,7	42,6	92	77	72,5	0,809
63	4,7	53,6	110	95	89,0	1,29
75	5,6	63,8	125	110	103,0	1,82
90	6,7	76,6	155	140	126,0	2,61
110	8,2	93,6	170	155	155,0	3,90
125	9,3	106,4	195	180	174,5	5,01
140	10,4	119,2	190	175	186,0	6,27
160	11,9	136,2	200	185	213,0	8,17
200	14,9	170,2	250	235	269,5	12,80
225	16,7	191,6	280	265	296,0	16,10
250	18,6	212,8	265	250	320,0	19,90
280	20,8	238,4	270	255	360,0	24,90
315	23,4	268,2	270	255	395,5	31,50
400	29,7	340,6	270	255	480,0	50,80

### 12.1.2. Υπολογισμός της διατομής των σωλήνων.

### 13. Γενικά.

Στους κλειστούς υπό πίεση αγωγούς των αρδευτικών δικτύων με καταιονισμό, δεχόμαστε δύο οριακές της επιτρεπόμενης ταχύτητας ροής μία ελάχιστη και μία μέγιστη.

Γενικά, όταν εκλέγουμε τη διάμετρο των σωλήνων, η ελάχιστη ταχύτητα πρέπει να είναι σταθερά μεγαλύτερη από την ταχύτητα καθίζησης των φερτών υλών, για να αποφεύγονται οι εναποθέσεις.

Σύμφωνα με τους Γερμανικούς Κανονισμούς, για καθαρά νερά μπορούμε να δεχθούμε ελάχιστη ταχύτητα ροής  $V_{\min}=0,30$  m/sec, ενώ για θολά νερά ή νερά που προέρχονται από λύματα, η ελάχιστη ταχύτητα ροής πρέπει να είναι 0,80 m/sec.

Το Υπουργείο Δημοσίων Έργων της Ελλάδας με την εγκύκλιο Δ. 24714/20-10-1969 καθορίζει σαν ελάχιστη ταχύτητα ροής γενικά ίση με 0,50 m/sec.

Σαν ανώτατη ταχύτητα μπορούμε να δεχθούμε  $V_{\max}=2,00$  m/sec. Μεγαλύτερες τιμές της ταχύτητας είναι ανεπιθύμητες, γιατί αφ' ενός μεν δίνουν υψηλές τιμές

απώλειας φορτίου λόγω τριβών επειδή οι απώλειες είναι ανάλογες προς το τετράγωνο της ταχύτητας, αφ' ετέρου δε αυξάνουν σημαντικά την υπερπίεση κατά την απότομη μεταβολή της παροχής και την δημιουργία κινδύνου καταστροφής των αγωγών από υδραυλικό πλήγμα.

Οι παραπάνω οριακές τιμές της ταχύτητας ροής, συνεπάγονται έναν αριθμό τυποποιημένων διαμέτρων σωλήνων οι οποίες είναι κατάλληλες από υδραυλικής σκοπιάς για την κατασκευή του δικτύου.

Για την τελική επιλογή των διαμέτρων των σωληνώσεων πρέπει να βρεθεί η κατάλληλη μέση τιμή με την οποία αφ' ενός μεν οι δαπάνες κατασκευής να κρατηθούν σε επιτρεπτά όρια και το έργο να προωθηθεί στο στάδιο της κατασκευής, αφ' ετέρου δε να μην παραβλεφθούν οι ετήσιες δαπάνες λειτουργίας του δικτύου.

Για να βρεθεί, η ευνοϊκότερη τιμή, πρέπει για όλες τις εναλλακτικές λύσεις, να υπολογιστούν οι συνολικές δαπάνες κατασκευής, λειτουργίας και αποσβέσεως του έργου. Η εγκατάσταση με την μικρότερη ετήσια δαπάνη λειτουργίας και απόσβεσης δίνει την οικονομικότερη λύση.

### 12.1.3. Υπολογισμός της διαμέτρου των σωλήνων.

Για τον υπολογισμό της διαμέτρου των σωλήνων χρησιμοποιούμε κατ' αρχή την εξίσωση συνέχειας για τις δύο παραπάνω οριακές τιμές της ταχύτητας και υπολογίζουμε τις αντίστοιχες οριακές τιμές της διαμέτρου.

Από την εξίσωση συνέχειας  $Q = E \cdot V$  έχουμε:

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} V \Rightarrow D^2 = \frac{4Q}{\pi V} = 1,27324 \frac{Q}{V} \Rightarrow D = 35,68 \sqrt{\frac{Q}{V}}$$

όπου  $D$  = η διάμετρος του σωλήνα σε mm

$Q$  = η παροχή σε lit/sec

$V$  = η ταχύτητα ροής σε m/sec

Έχουμε επομένως:  $D_{\min} = 35,68 \sqrt{\frac{Q}{V_{\max}}}$  και  $D_{\max} = 35,68 \sqrt{\frac{Q}{V_{\min}}}$

Αν χρησιμοποιήσουμε τις τιμές  $V_{\min} = 0,50$  m/sec και  $V_{\max} = 2,00$  m/sec έχουμε:

$$D_{\min} = 25,23 \sqrt{Q} \quad \text{και} \quad D_{\max} = 50,46 \sqrt{Q}$$

### 14. Υπολογισμός των απωλειών φορτίου λόγω τριβών.

Η απώλεια φορτίου λόγω τριβών θα υπολογιστεί από την εξίσωση των Darcy-Weisbach:

$$h_f = \frac{f \cdot L \cdot V^2}{2g \cdot D} F$$

όπου:  $h_f$  = οι απώλειες ενέργειας σε m στήλης νερού.

$L$  = το μήκος του αγωγού σε m.

$V$  = η μέση ταχύτητα ροής σε m/sec.

$D$  = η εσωτερική διάμετρος του αγωγού σε m.

$f$  = ο συντελεστής τριβών, αδιάστατος.

$F$  = διορθωτικός συντελεστής ανάλογα με τον



αριθμό των εκτοξευτήρων.

Βασικά διακρίνουμε δύο μορφές ροής.

**α. Τη στρωτή ροή**, κατά την οποία οι γραμμές ροής διευθετούνται παράλληλα προς τα τοιχώματα του σωλήνα, και η κατανομή της ταχύτητας στη διατομή του σωλήνα, έχει μορφή παραβολική.

**β. Την τυρβώδη ροή**, κατά την οποία εμφανίζονται στροβιλώδεις κινήσεις του υγρού κάθετα προς τη διεύθυνση της ροής και η κατανομή της ταχύτητας δεν έχει μορφή παραβολική.

Η τυρβώδης ροή διακρίνεται σε ροή “υδραυλικώς λείας συμπεριφοράς” και σε ροή “υδραυλικώς τραχείας συμπεριφοράς”.

Μεταξύ των δύο αυτών ροών υπάρχει η “μεταβατική κατάσταση” η οποία και συναντάται συχνότερα στην πράξη.

Για τη διάκριση της μορφής ροής σε ένα κλειστό αγωγό, προσδιοριστικός παράγοντας είναι ο αριθμός του Reynolds που είναι αδιάστατος και υπολογίζεται από τη σχέση:

$$R_e = \frac{V \cdot D}{\nu}$$

όπου  $V$  = η μέση ταχύτητα ροής σε m.

$D$  = η εσωτερική διάμετρος του αγωγού σε m.

$\nu$  = η κινηματική συνεκτικότητα του νερού σε m<sup>2</sup>/sec.

Η κινηματική συνεκτικότητα των ρευστών μειώνεται ανάλογα με την αύξηση της θερμοκρασίας. Οι τιμές της για το νερό, σύμφωνα με τον Hering δίνονται από τον ακόλουθο πίνακα 27.

## 15. Η θερμοκρασία του νερού

Για τον υπολογισμό της τιμής του αριθμού του Reynolds είναι εύλογο να λαμβάνεται θερμοκρασία νερού από 10 μέχρι 20 βαθμούς Κελσίου. Σε κάθε περίπτωση πρέπει να λαμβάνεται η σωστή αντίστοιχη θερμοκρασία.

**Πίνακας 31.** Μεταβολή της κινηματικής συνεκτικότητας του νερού σε συνάρτηση με την θερμοκρασία.

Θερμοκρασία σε °C	0	10	20	40	60	80	100
Κινηματική συνεκτικότητα 10 <sup>6</sup> ·ν σε m <sup>2</sup> /sec	1,79	1,31	1,01	0,658	0,478	0,366	0,295

### 12.1.3.1.1 Υπολογισμός του συντελεστή τριβών $f$ .

#### α. Στρωτή ροή.

Για τιμές του  $Re < 2320$  η ροή είναι στρωτή και τότε η τιμή του  $f$  στην εξίσωση Darcy-Weisbach υπολογίζεται κατά τους Hagen-Poiseuille από τη σχέση:  $f = \frac{64}{R_e}$

και είναι αδιάφορο αν τα εσωτερικά τοιχώματα του αγωγού είναι λεία ή τραχέα.

### β. Τυρβώδης ροή.

Πάνω από την κρίσιμη τιμή του αριθμού του Reynolds  $R_e = 2320$  και κυρίως πάνω από την τιμή  $R_e=3000$  η ροή γίνεται τυρβώδης και διακρίνουμε τις τρεις περιοχές που αναφέραμε, ήτοι:

#### β1. Ροή υδραυλικώς λείας συμπεριφοράς.

Στην περίπτωση αυτή το ύψος των ανωμαλιών των εσωτερικών τοιχωμάτων του σωλήνα είναι μικρότερο από το πάχος της στρωτής οριακής στοιβάδας του ρέοντος νερού και η τιμή του συντελεστή  $f$  εξαρτάται μόνο από τον αριθμό Reynolds.

Συγκεκριμένα το  $f$  υπολογίζεται από τις σχέσεις:

(1). Για  $3.000 < R_e < 100.000$  ισχύει η εξίσωση του Blasius:

$$f = \frac{0,316}{R_e^{1/4}}$$

(2). Για  $R_e > 100.000$  ισχύει η εξίσωση του Karman, όπως τροποποιήθηκε από τους Prandtl - Nikuradse:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2,51 \log \frac{R_e \cdot \sqrt{f}}{2,51} = 2,51 \log (R_e \cdot \sqrt{f}) - 0,80$$

#### β2. Ροή υδραυλικώς τραχείας συμπεριφοράς.

Στην περίπτωση αυτή οι ανωμαλίες των εσωτερικών τοιχωμάτων του σωλήνα, δεν καλύπτονται από το πάχος της στρωτής οριακής στοιβάδας έτσι ώστε η τιμή του  $f$  να εξαρτάται μόνο από τη σχετική τραχύτητα  $K/D$  του σωλήνα και είναι **ανεξάρτητη από την τιμή του αριθμού του Reynolds**.

Κατά τους Prandtl - Nikuradse ισχύει η σχέση:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2,51 \log \frac{K}{D} + 1,14 = -2,51 \log \frac{K}{D} + 1,14$$

#### β3. Μεταβατική κατάσταση.

Μεταξύ της υδραυλικώς λείας και της υδραυλικώς τραχείας συμπεριφοράς η τιμή του  $f$  εξαρτάται τόσο από τον αριθμό του Reynolds όσο και από την σχετική τραχύτητα  $K/D$ .

Συνδυάζοντας τις δύο καταστάσεις οι Colebrook και White διατύπωσαν την σχέση:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} + 2,51 \log \frac{K}{D} = 1,14 - 2,51 \log \left[ 1 + 9,35 \frac{D/K}{R_e \cdot \sqrt{f}} \right]$$

Για αποφυγή των δύσκολων μαθηματικών υπολογισμών που απαιτούνται για την επίλυση των παραπάνω εξισώσεων, συντάχθηκε από τον **Moody** το διάγραμμα, που φέρει το όνομά του, στο οποίο μπορούμε να αναγνώσουμε την τιμή του  $f$  από τον αριθμό του Reynolds,  $R_e$ , και τη σχετική τραχύτητα  $K/D$ .

Η οριακή καμπύλη της τραχείας συμπεριφοράς δίδεται από τη σχέση:

$$R_e \cdot f \cdot K/D = 200$$

### 7.2.3.3. Υπολογισμός των απωλειών φορτίου λόγω τριβών

Ο συντελεστής τριβών  $f$  δίδεται από την ημιεμπειρική σχέση των Colebrook – White

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left[ \frac{k}{3,7D} + \frac{2,51}{R_e \sqrt{f}} \right]$$

όπου:  $k$  είναι η απόλυτη τραχύτητα του αγωγού,

$V$  είναι η ταχύτητα ροής του νερού,  $D$  είναι η εσωτερική διάμετρος του αγωγού και

$\nu$  είναι το κινηματικό ιξώδες του νερού και

$R_e$  είναι ο αριθμός του Reynolds, ο οποίος υπολογίζεται από τη σχέση:

$$R_e = \frac{VD}{\nu}$$

Η λύση της παραπάνω εξίσωσης όταν το τιθέμενο πρόβλημα υδραυλικού υπολογισμού συνίσταται στην εύρεση της διαμέτρου  $D$  με δεδομένα τα  $\Delta h$ ,  $Q$ ,  $L$  και  $k$ , η λύση αποκτάται με διαδοχικές δοκιμές.

Το 1976 οι Swamee and Jain πρότειναν, για τον υπολογισμό του  $f$ , τον ακόλουθο τύπο:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left[ \frac{k}{3,7D} + \frac{5,74}{R_e^{0,90}} \right]$$

Ο τύπος αυτός υπολογίζει με πολύ ικανοποιητική προσέγγιση το συντελεστή τριβής,  $f$ , και είναι ρητός σε σχέση με τον τύπο των Colebrook – White, δηλαδή δεν χρειάζεται να γίνουν επαναληπτικές διαδικασίες.

Οι Γ. Τερζίδης – Χ. Μπαμπατζιμόπουλος το 1992 βελτίωσαν τον παραπάνω τύπο και πρότειναν τον ακόλουθο:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -a \log_{10} \left[ b \left[ \frac{\varepsilon (g S_f)^{0,2}}{Q^{0,4}} \right]^c + \frac{d}{R_e^e} \right]$$

όπου:  $S_f$  είναι η κλίση της γραμμής ενέργειας

$g$  είναι η επιτάχυνση της βαρύτητας

$\varepsilon$  είναι η ισοδύναμη τραχύτητα ομοιόμορφης άμμου

$Q$  είναι η παροχή

$R_e$  είναι ο αριθμός του Reynolds

$a, b, c, d, e$  είναι παράμετροι (συντελεστές) που προέκυψαν με τον αλγόριθμο του Marquard

Από περαιτέρω επεξεργασία της παραπάνω εξίσωσης προκύπτουν οι επόμενες δύο σχέσεις τις οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον υπολογισμό του  $f$ :

1) Αν είναι γνωστές οι απώλειες τριβών και ζητείται η διάμετρος, προκύπτει η σχέση:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -1,879 \log_{10} \left[ 0,602 \frac{k^{1,009} \Delta h^{0,2018}}{Q^{0,4036} L^{0,2018}} + \frac{2,287 \nu L^{0,2}}{Q^{0,6} \Delta h^{0,2}} \right]$$

2) Αν είναι γνωστή η διάμετρος και ζητούνται οι απώλειες τριβών προκύπτει η σχέση:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -1,793 \log \left[ 0,2328 \frac{k^{1,114}}{D^{1,114}} + 5,4389 \frac{\nu D}{Q} \right]$$

#### 7.2.3.4. Η ισοδύναμη απόλυτη τραχύτητα

Στις παραπάνω σχέσεις χρησιμοποιείται ο όρος τραχύτητα και ο όρος σχετική τραχύτητα.

Οι τιμές της ισοδύναμης απόλυτης τραχύτητας,  $k$ , εξαρτώνται από το υλικό, τον τρόπο κατασκευής, την τυχόν εσωτερική προστασία των σωλήνων και ορίζονται ύστερα από παράλληλη εξέταση των φυσικοχημικών ιδιοτήτων του νερού, που σχετίζονται με τη διάβρωση ή την εναπόθεση ιζημάτων στους σωλήνες.

Με την εγκύκλιο Δ.22.200/30-7-1977 του ΥΠΕΧΩΔΕ, συνιστάται (αν συντρέχουν οι προϋποθέσεις) να λαμβάνονται οι ακόλουθες τιμές ισοδύναμης απόλυτης τραχύτητας σωλήνων.

**Πίνακας 3.3.** Τιμές της ισοδύναμης απόλυτης τραχύτητας.

Αγωγοί από σωλήνες σκληρού PVC, ύστερα από χρήση	$k = 0,05$ μέχρι $0,1$ mm
Αγωγοί από σωλήνες αμιαντοσιμέντου, ύστερα από χρήση	$k = 0,2$ μέχρι $0,5$ mm
Αγωγοί συγκολλημένοι χαλύβδινοι, ύστερα από χρήση	$k = 0,4$ μέχρι $2,0$ mm
Αγωγοί από σωλήνες χυτοσιδήρου, ύστερα από χρήση	$k = 1,0$ μέχρι $1,5$ mm
Αγωγοί από σωλήνες σκυροδέματος, ύστερα από χρήση	$k = 0,5$ μέχρι $2,5$ mm

Στις υπολογιζόμενες γραμμικές απώλειες φορτίου, με εφαρμογή των ανωτέρω τιμών του  $k$ , περιλαμβάνονται οι απώλειες στους αρμούς σύνδεσης των σωλήνων. Μπορεί να προτείνονται και διαφορετικές τιμές για το συντελεστή  $k$ , εάν η πρόταση στηρίζεται σε κατάλληλες μετρήσεις που να αναφέρονται στις συνθήκες λειτουργίας του συγκεκριμένου δικτύου. Σε κάθε περίπτωση πρέπει να εκλέγεται και να αιτιολογείται η σωστή τιμή του  $k$ , για λειτουργία του έργου σε όλη τη διάρκεια ζωής του.

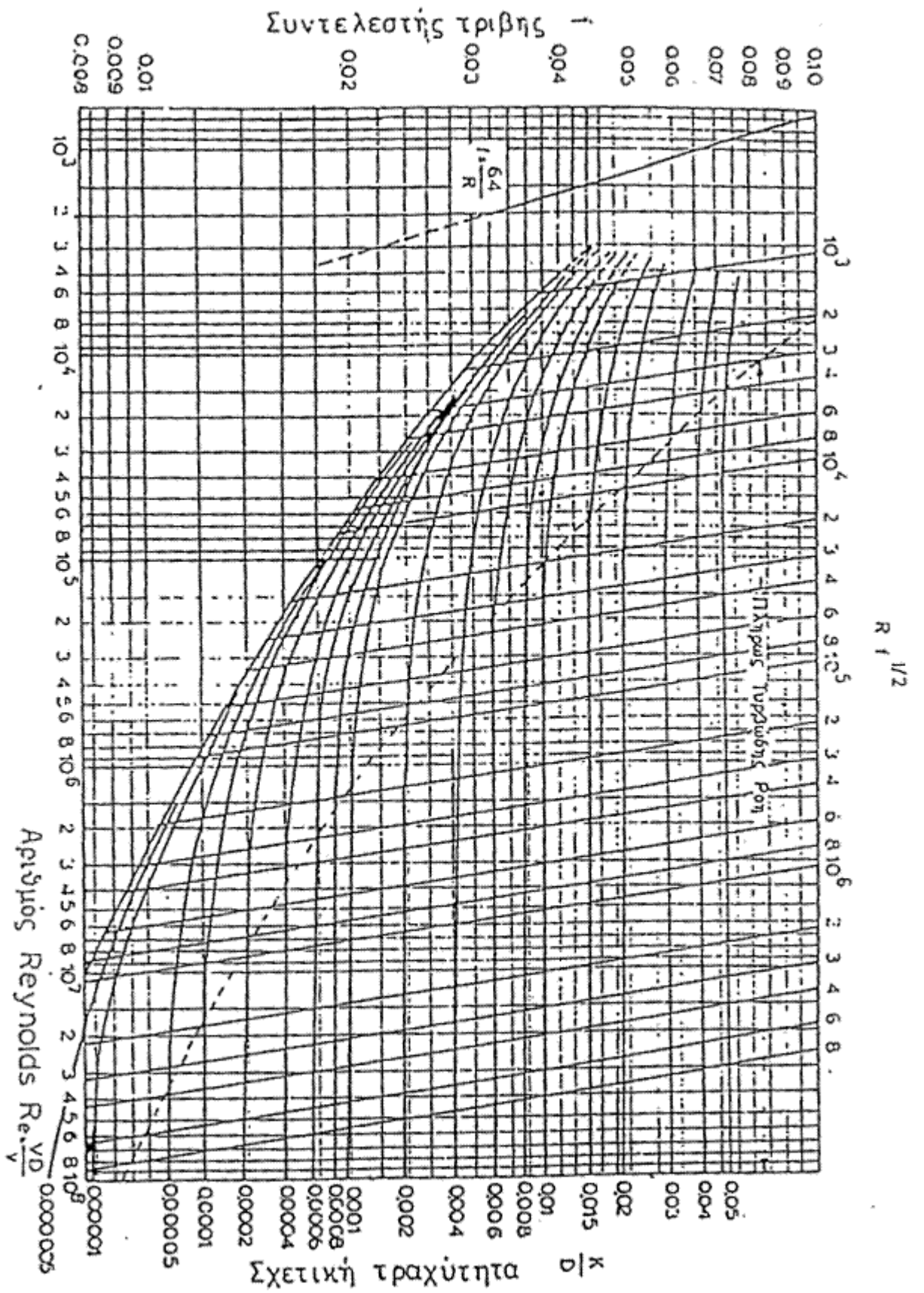
Η τραχύτητα των τοιχωμάτων ενός αγωγού είναι συνάρτηση του υλικού κατασκευής και του τρόπου κατεργασίας του αγωγού, εκφράζεται δε με το συντελεστή  $K$  της απόλυτης τραχύτητας, ο οποίος έχει διαστάσεις μήκους.

Στον πίνακα που ακολουθεί δίνονται οι τιμές του συντελεστή  $K$  για τα συνήθη υλικά κατασκευής των σωλήνων.

Η σχετική τραχύτητα είναι ο λόγος της απόλυτης τραχύτητας προς τη διάμετρο του αγωγού και είναι αδιάστατη.

**Πίνακας 32.** Τιμές του συντελεστή K της απόλυτης τραχύτητας των σωλήνων.

A/A	Υλικό κατασκευής του σωλήνα	Κατάσταση του εσωτερικού τοιχώματος του σωλήνα	K (mm)
1.	Ορείχαλκος, χαλκός, αλουμίνιο ελατό.	Καινούργιοι σωλήνες	0,002
		Μεταχειρισμένοι σωλήνες	0,03
2.	Ταχυσύνδετοι σωλήνες από ταινοχάλυβα επιψευδαργυρωμένοι.	Καινούργιοι με καθαρή επιψευδαργύρωση.	0,020
		Γενικά επιψευδαργυρωμένοι	0,035
3.	Χάλυβας ελατός κυλινδρισμένος χωρίς ραφή	Καινούργιοι σωλήνες	0,03 - 0,05
		Μεταχειρισμένοι	0,1 - 0,3
4.	Χάλυβας με ραφή και γενικά χαλυβδοσωλήνες	Καινούργιοι χωρίς ασφάλτωση	0,03 - 0,1
		Καινούργιοι με ασφάλτωση	0,05 - 0,2
		Σωλήνες ελαφρά οξειδωμένοι	0,2 - 0,5
		Σωλήνες με ισχυρή εναπόθεση αλάτων	1,5 - 3,0
5.	Χάλυβας καρφωτός	Ανάλογα με το κάρφωμα	1,0 - 6,0
		Βαρεία ήλωση	μέχρι 9
6.	Αμιαντοσωλήνες		0,02- 0,025
7.	Πλαστικοί σωλήνες, P.V.C.	Καινούργιοι σωλήνες,	0,007
		Μεταχειρισμένοι σωλήνες	0,03



Σχήμα 34. Διάγραμμα του Moody

### 12.1.3.1.2 Υπολογισμός συντελεστή F

Στους αγωγούς άρδευσης, μετά από κάθε εκτοξευτήρα η παροχή ελαττώνεται διαδοχικά κατά το ποσό του νερού που εκρέει από τον εκτοξευτήρα.

Αυτό έχει συνέπεια τη διαδοχική ελάττωση της ταχύτητας ροής στον αγωγό, επομένως μείωση των απωλειών φορτίου.

Για αποφυγή επίπονων διαδοχικών υπολογισμών, η απώλεια στον αγωγό άρδευσης υπολογίζεται κανονικά από την εξίσωση Darcy-Weisbach και στη συνέχεια η τιμή που βρίσκουμε πολλαπλασιάζεται επί ένα διορθωτικό συντελεστή F, οι τιμές του οποίου δίνονται στον επόμενο πίνακα:

**Πίνακας 33** Τιμές του διορθωτικού συντελεστή F.

Αριθμός εκτοξευτήρων	F	Αριθμός εκτοξευτήρων	F	Αριθμός εκτοξευτήρων	F
1	1,000	11	0,380	22	0,357
2	0,625	12	0,376	23	0,355
3	0,518	13	0,373	24	0,355
4	0,469	14	0,370	25	0,354
5	0,440	15	0,367	30	0,350
6	0,421	16	0,365	35	0,347
7	0,408	17	0,363	40	0,345
8	0,398	18	0,361	50	0,343
9	0,391	19	0,360	100	0,338
10	0,385	20	0,359		

## 16. Απώλειες σε εξαρτήματα εξοπλισμού του δικτύου σωληνώσεων.

Η αντιμετώπιση των τοπικών απωλειών και του αντίστοιχου κόστους των ειδικών τεμαχίων είναι δυνατό να γίνει με έναν από τους ακόλουθους τρόπους:

α) Οι διακλαδώσεις, στροφές, μεταβολές διαμέτρου και λοιπές ανωμαλίες του δικτύου, των οποίων η θέση είναι γνωστή εκ των προτέρων, εφόσον η γεωμετρία του δικτύου είναι γνωστή, θεωρούνται υπολογιστικά μέλη του δικτύου, με μηδενικό μήκος, κόστος που δίνεται από το κόστος των ειδικών τεμαχίων που θα τοποθετηθούν και τοπικές απώλειες, δηλ. μεταβολή της τιμής φορτίου, που δίνεται από νομογραφήματα, εμπειρικούς τύπους ή στην πλέον πλήρη μορφή από τράπεζα στοιχείων.

β) Οι γραμμικές απώλειες αυξάνονται κατά ένα ποσοστό, για συνυπολογισμό των τοπικών απωλειών φορτίου. Το ποσοστό αυτό δεν μπορεί να λαμβάνεται μικρότερο από 10 μέχρι 15 %. Το ποσοστό αυτό μπορεί να εκτιμηθεί σε αντιπροσωπευτικά μεγάλη διαδρομή, κατά μήκος του κυρίου ή των κυρίων αγωγών του δικτύου, ύστερα από υπολογισμό των τοπικών απωλειών

Ένα δίκτυο άρδευσης με καταιονισμό για να συγκροτηθεί έχει ανάγκη από εξαρτήματα. Στα εξαρτήματα αυτά (καμπύλες, ταφ, δικλίδες κ.λπ.) λόγω αλλαγής της ταχύτητας δημιουργούνται τοπικές απώλειες φορτίου. Αυτές υπολογίζονται από τη γενική σχέση:

$$h_e = k \frac{V^2}{2g} \quad \text{σε m στήληςνερο } \acute{\upsilon}$$

όπου το  $k$  είναι αδιάστατος συντελεστής απωλειών εξαρτημάτων και εξαρτάται, από το σχήμα του εξαρτήματος, της καμπυλότητας και του υλικού κατασκευής.

**Πίνακας 34.** Τιμές του συντελεστή τοπικών απωλειών  $k$ .

**α. Απότομη διεύρυνση.**

Αναλογία διατομών $E_1:E_2$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
$k$	1,0	0,81	0,64	0,49	0,36	0,25	0,16	0,09	0,04	0,01	0

**β. Απότομη στένωση.**

Αναλογία διατομών $E_1:E_2$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
$k$	0,50	0,48	0,45	0,41	0,36	0,29	0,21	0,13	0,07	0,01	0

Όταν ο αγωγός ξεκινάει από δεξαμενή, τότε το  $E_1$  είναι άπειρο και επομένως  $k = 0,50$ .

**γ. Αλλαγή διεύθυνσης**

Γωνία $\theta$ σε μοίρες	5	10	15	20	22,5	25	27,5	30	32,5	35
$k$	0,50	0,48	0,45	0,41	0,36	0,29	0,21	0,13	0,07	0,01

Αν ο σωλήνας στραφεί κατά τεταρτοκύκλιο, δηλαδή αν  $\theta = 90^\circ$ , τότε  $k = 0,131 + 1,847 (D:2R)^{3,5}$ , όπου  $R$  είναι η ακτίνα της καμπύλης και  $D$  είναι η διάμετρος του σωλήνα. Γενικά για  $\theta < 90^\circ$ :  $k_\theta = k_{90}^\theta$ . ( $\theta^\circ: 90^\circ$ )

**17. Επιτρεπόμενο μέγιστο ύψος απωλειών φορτίου.**

Κατά την επιλογή των διαμέτρων των αγωγών, δύο παράγοντες έχουν σημασία. Η ομοιομορφία άρδευσης και τα οικονομικά κριτήρια. Οι δύο αυτοί παράγοντες δρουν αντίθετα. Οι μικρής διαμέτρου αγωγοί είναι φθηνότεροι και συγχρόνως ελαφρότεροι, επομένως είναι και ευκολοκίνητοι κατά την άρδευση.

Όμως εμφανίζουν υψηλότερες απώλειες φορτίου, για την ίδια πάντα παροχή, επομένως η διαφορά πίεσης μεταξύ της αρχής και του τέλους του αγωγού είναι σημαντική με την επίδραση στην πίεση λειτουργίας των εκτοξευτήρων.

Για το λόγο αυτό, και εξασφάλιση σχετικής ομοιομορφίας διανομής του νερού, συνιστάται όπως στο ίδιο χωράφι, η απώλεια φορτίου λόγω τριβών (γραμμικών και τοπικών) να μην υπερβαίνει το 20% της πίεσης λειτουργίας των εκτοξευτήρων.

**18. Το υδραυλικό πλήγμα σωληνογραμμών.**



#### 12.1.3.1.3 Γενικά

Η διερεύνηση του προβλήματος υπολογισμού της κατάλληλης διαμέτρου των αγωγών, ολοκληρώνεται με των υπολογισμό και αντιμετώπιση του υδραυλικού πλήγματος των σωληνογραμμών.

Ο υπολογισμός αυτός έχει νόημα και πρέπει να γίνεται απαραίτητα για την κυρία γραμμή, πιθανόν δε, σε ελάχιστες εξαιρετικές περιπτώσεις, να χρειάζεται και στις δευτερεύουσες γραμμές.

Ο υπολογισμός δεν έχει νόημα, λόγω των μικρών πιέσεων που επικρατούν, για τους πλευρικούς αγωγούς.

Από τον υπολογισμό της συνολικής πίεσης του αγωγού δηλαδή του αθροίσματος της πίεσης λειτουργίας του και της υπερπίεσης που οφείλεται στο υδραυλικό πλήγμα, θα προκύψει αν η κλάση των σωλήνων, που επιλέξαμε, είναι επαρκής. Στην αντίθετη περίπτωση, πρέπει να επαναλάβουμε τους υδραυλικούς υπολογισμούς με σωλήνες μεγαλύτερης ονομαστικής αντοχής.

#### 12.1.3.1.4 Περιγραφή του υδραυλικού πλήγματος.

Οι άγνωστες συνθήκες της ροής του νερού, που επικρατούν στους αγωγούς πίεσεως από τις συνθήκες λειτουργίας του δικτύου, όπως π.χ. το απότομο κλείσιμο μίας δικλείδας, ή από απότομη διακοπή λειτουργίας των αντλιών, ή το σπάσιμο ενός σωλήνα, δημιουργούν στον αγωγό το φαινόμενο της υπερπίεσης ή της υποπίεσης, η οποία πολλές φορές είναι δυσανάλογα μεγάλη, ξεπερνά την αντοχή του δικτύου και δημιουργεί σοβαρά προβλήματα στην εγκατάσταση.

Για το λόγο αυτό πρέπει να προσδιορίζεται η τιμή της υπερπίεσης ώστε αυτή να βρίσκεται μέσα στα όρια αντοχής του αγωγού.

Επειδή οι συνθήκες ροής δεν είναι ακριβώς γνωστές, ακολουθείται η αναλυτική μέθοδος προσδιορισμού της υπερπίεσης.

Έτσι για έναν απλό αγωγό με σταθερά χαρακτηριστικά (διατομή, πάχος) που ξεκινά από μία δεξαμενή σταθερής στάθμης και ελέγχεται σε μία απόσταση L από μία δικλείδα, η υπερπίεση που δημιουργείται με το χειρισμό αυτής της δικλείδας εξαρτάται από τη σχέση του χρόνου Tα (του χειρισμού της δικλείδας) προς το χρόνο πορείας και επιστροφής.

$T' = 2L/a$ , ενός πιεστικού κύματος στη θέση της δικλείδας αφού ανακλαστεί στη δεξαμενή.

Το L είναι μήκος αγωγού σταθεράς διαμέτρου χωρίς διακλαδώσεις σε m.

#### 12.1.3.1.5 Υπολογισμός του υδραυλικού πλήγματος.

**α. Η ταχύτητα διαδόσεως του κύματος στον αγωγό είναι:**

$$a = \sqrt{\frac{g/\gamma}{(1/\epsilon) + (D_i/S \cdot E)}}$$

όπου:

a= ταχύτητα διαδόσεως του κύματος σε m/sec.

$g =$  επιτάχυνση της βαρύτητας  $= 9,81 \text{ m/sec}^2$ .

$\gamma =$  ειδικό βάρος του νερού  $= 10^3 \text{ Kg/m}^3$ .

$\epsilon =$  μέτρο ελαστικότητας του νερού  $= 2,08 \cdot 10^8 \text{ Kg/m}^2$ .

$D_i =$  εσωτερική διάμετρος του αγωγού σε m.

$S =$  πάχος τοιχώματος του αγωγού σε m.

$E =$  μέτρο ελαστικότητας του σωλήνα. Για σωλήνα PVC είναι  $E = 3 \cdot 10^8 \text{ Kg/m}^2$ .

Για χρόνος μεταβολής της ροής δηλαδή η απότομη διακοπή λειτουργίας των αντλιών ή το άνοιγμα-κλείσιμο της δικλείδας λαμβάνεται συνήθως  $T = 3 \text{ sec}$ .

β. Η υπερπίεση  $\Delta p$  είναι:

**1. Για ταχεία διακοπή της ροής και για:**

$$T < \frac{2L}{\alpha} \quad \text{είναι} \quad \Delta P = \frac{\alpha V_0}{g}$$

όπου  $V_0$  είναι η ταχύτητα ροής με κανονικές συνθήκες σε m / sec.

**2. Για ταχεία διακοπή της ροής και για:**

$$T = \frac{2L}{\alpha} \quad \text{είναι} \quad \Delta P = \frac{2LV_0}{gT}$$

**3. Για βραδεία διακοπή της ροής**

$$T > \frac{2L}{\alpha} \quad \text{είναι} \quad \Delta P = \gamma \cdot \left[ \frac{m}{2} + \sqrt{\left( \frac{m}{2} \right)^2 + m} \right] \cdot H$$

$$\text{όπου: } m = \frac{L \cdot V_0}{g \cdot T \cdot H} \quad \text{και}$$

$H$  το αρχικό στατικό φορτίο σε m.

**19. Επιλογή οικονομικότερων διαμέτρων.**

Η δαπάνη απόσβεσης εξαρτάται από το αρχικό κόστος της εγκατάστασης, τη διάρκεια ζωής του δικτύου και το επιτόκιο δανεισμού. Με βάση τους παράγοντες αυτούς υπολογίζεται το τοκοχρεολύσιο από τη σχέση:

$$\Delta = K \cdot r \cdot \frac{(1+r)^n}{(1+r)^n - 1}$$

όπου:  $\Delta =$  το τοκοχρεολύσιο, ή ετήσια δαπάνη απόσβεσης σε δραχμές

$K =$  η δαπάνη αρχικής εγκατάστασης σε δραχμές

$r =$  το επιτόκιο

$n =$  η διάρκεια ζωής του συγκροτήματος

Το ωριαίο κόστος άντλησης υπολογίζεται από τη σχέση:

$$C_h = \frac{Q \cdot H \cdot C_1}{309,78 \cdot n_\alpha}$$

όπου:  $C_h =$  ωριαίο κόστος άντλησης σε δραχμές.

$Q =$  η παροχή του δικτύου σε l/sec.

$H$  = το συνολικό μανομετρικό ύψος της αντλίας σε m.

$C_1$  = η τιμή του KWh σε δραχμές.

$\eta_a$  = ο βαθμός αποδόσεως της αντλίας.

Το ετήσιο κόστος αντλήσεως υπολογίζεται με τη σχέση  $C_a = C_h \cdot N_h$  όπου  $N_h$  είναι ο συνολικός αριθμός ωρών λειτουργίας κατά τη διάρκεια της αρδευτικής περιόδου.

Για κάθε τυποποιημένη διάμετρο για την οποία ισχύει  $D_{\min} < D < D_{\max}$ , υπολογίζουμε τα αντίστοιχα  $\Delta$  και  $C_a$ . Οικονομικότερη είναι η διάμετρος για την οποία έχουμε το μικρότερο άθροισμα  $\Delta + C_a$ .

## Οι εκτοξευτήρες.

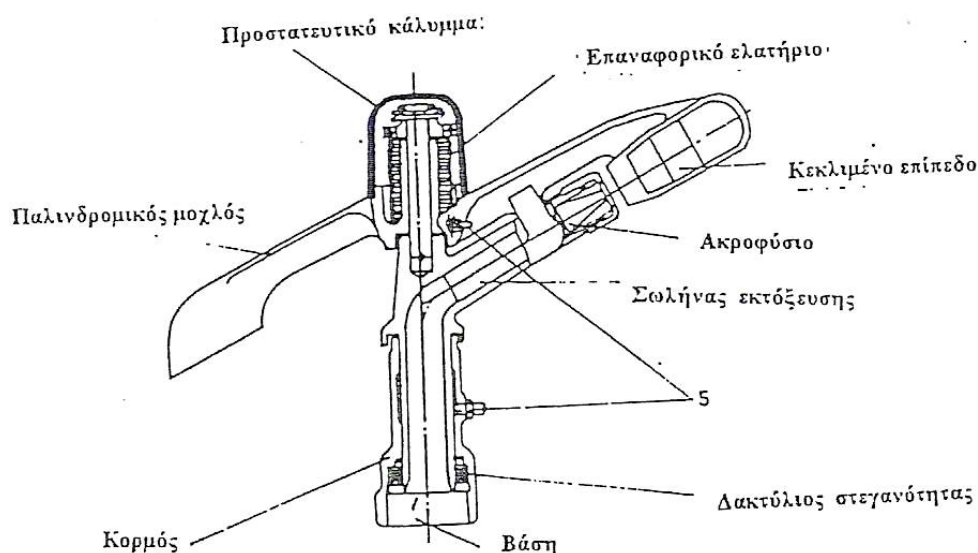
Γενικά.

Τα κύρια χαρακτηριστικά όργανα ενός συγκροτήματος καταιονισμού είναι οι εκτοξευτήρες. Με αυτούς εκτοξεύεται το νερό στον αγρό και επιτυγχάνεται η άρδευση.

Ο αριθμός των εκτοξευτήρων, κατά συγκρότημα, εξαρτάται από την παροχή της αντλίας και από την παροχή του κάθε εκτοξευτήρα, κάτω από τις συνθήκες λειτουργίας του.

Κάθε εκτοξευτήρας, αποτελείται από τα ακόλουθα μέρη:

- Από τη βάση ή κορμό, ο οποίος συνδέεται πάνω στον αγωγό παροχής του νερού.
- Από τον σωλήνα εκτόξευσης, ο οποίος περιστρέφεται πάνω στη βάση και φέρει το ακροφύσιο με το οποίο εκτοξεύεται το νερό.
- Από το μηχανισμό περιστροφής.



Σχήμα 35. Τομή ενός περιστρεφόμενου εκτοξευτήρα καταιονισμού.

Κύριο γνώρισμα του εκτοξευτήρα είναι το ακροφύσιο. Αυτό αποτελεί στένωση του σωλήνα εκτόξευσης και σχηματίζει ένα συγκλίνον κωνικό επιστόμιο.

Εξ' αιτίας της στένωσης, και επειδή πρέπει να ισχύει η εξίσωση συνέχειας, έχουμε αύξηση της ταχύτητας ροής. Έτσι το νερό εκτοξεύεται στον αέρα, κατ' αρχή με μορφή υδάτινης δέσμης, η οποία κάτω από την συνεχώς αυξανόμενη αντίσταση του αέρα διασκορπίζεται και πέφτει στο έδαφος υπό μορφή σταγόνων βροχής.

Η οριζόντια απόσταση από τον εκτοξευτήρα μέχρι και τις τελευταίες συγκεντρωμένες σταγόνες βροχής ονομάζεται ακτίνα εκτόξευσης.

Εκτός από ορισμένες ειδικές περιπτώσεις άρδευσης λαχανόκηπων, πρασιών, ανθοκήπων, όπου χρησιμοποιούνται ειδικοί εκτοξευτήρες, για την άρδευση των γεωργικών εκτάσεων επικράτησαν οι περιστρεφόμενοι εκτοξευτήρες, οι οποίοι διαβρέχουν επιφάνεια κύκλου με κέντρο τον εκτοξευτήρα.

Για την περιστροφική τους κίνηση οι εκτοξευτήρες χρησιμοποιούν την ενέργεια του εξερχόμενου νερού.

Υπάρχουν εκτοξευτήρες με ειδική εξάρτηση, η οποία αυτόματα αντιστρέφει την κατεύθυνση περιστροφής του σωλήνα εκτόξευσης. Οι εκτοξευτήρες αυτοί μας επιτρέπουν να αρδεύουμε οποιοδήποτε κυκλικό τομέα θέλουμε, και ονομάζονται εκτοξευτήρες αρδευόμενου τομέα.

Τους εκτοξευτήρες αυτούς τους χρησιμοποιούμε στα άκρα των γραμμών άρδευσης καθώς και σε πολύ στενά κληροτεμάχια.

### **Κατηγορίες εκτοξευτήρων.**

Τα κύρια στοιχεία των εκτοξευτήρων είναι η παροχή, η πίεση λειτουργίας, και η αιτία εκτόξευσης. Ανάλογα με τα στοιχεία αυτά οι εκτοξευτήρες διακρίνονται στις παρακάτω κατηγορίες:

#### **20. Εκτοξευτήρες χαμηλής πίεσης.**

Οι εκτοξευτήρες αυτοί λειτουργούν συνήθως υπό πίεση 1 - 3 ατμοσφαιρών, παροχή 1 - 4 m<sup>3</sup> / h, ακτίνα εκτόξευσης 6 - 20 m και ωριαία ένταση βροχής 6 -12 mm / h. Λόγω της μικρής ακτίνας εκτόξευσης, δεν επηρεάζονται από τους ανέμους.

Επειδή έχουν μικρό ύψος βροχής θεωρούνται κατάλληλοι για εδάφη μικρής διηθητικότητας.

Κυρίως χρησιμοποιούνται για την άρδευση των οπωροφόρων με καταιονισμό κάτω από τα δέντρα.

#### **21. Εκτοξευτήρες μέσης πίεσης.**

Αυτοί λειτουργούν με πίεση 3 - 5 ατμοσφαιρών, παροχή 4 - 10 m<sup>3</sup> / h, ακτίνα εκτόξευσης 20 - 40 m και ένταση βροχής 8-15 mm / h.

Θεωρούνται κατάλληλοι για όλα σχεδόν τα φυτά μεγάλης καλλιέργειας και για το μεγαλύτερο μέρος των αρδευόμενων εδαφών.

Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την άρδευση των οπωροφόρων με καταιονισμό πάνω από τα δέντρα.

#### **22. Εκτοξευτήρες υψηλής πίεσης.**

Λειτουργούν με πίεση 5 - 8 ατμοσφαιρών, παροχή 30 - 75 m<sup>3</sup> / h, ακτίνα εκτόξευσης 40 - 60 m και ένταση βροχής 10-25 mm / h.

Χρησιμοποιούνται κυρίως για εδάφη ελαφριάς σύστασης και για πυκνές καλλιέργειες, όπως η μηδική και το τριφύλλι.

Γενικά η χρήση τους περιορίζεται σε εδάφη μεγάλης διηθητικότητας.

### **Υδραυλικά χαρακτηριστικά των εκτοξευτήρων.**

Ένας καλός εκτοξευτήρας πρέπει να έχει τα ακόλουθα στοιχεία:

- α) Να κατανέμει κανονικά τη βροχή.
- β) Να εργάζεται συνεχώς και με ασφάλεια.
- γ) Να παρέχει την επιθυμητή παροχή.
- δ) Να έχει όσο το δυνατό μεγαλύτερη ακτίνα εκτόξευσης.

Τα δύο πρώτα εξαρτώνται από τον τρόπο κατασκευής του εκτοξευτήρα και τα επόμενα δύο είναι συνάρτηση των υδραυλικών συνθηκών που επικρατούν την ώρα λειτουργίας του εκτοξευτήρα.

### **23. Η παροχή του εκτοξευτήρα.**

Η παροχή του εκτοξευτήρα,  $q$ , είναι συνάρτηση της διαμέτρου του ακροφυσίου και της διαθέσιμης πίεσης λειτουργίας.

Είναι  $q = \mu \cdot E \cdot 2gh$

όπου:  $q = \eta$  παροχή σε m<sup>3</sup> / sec.

$E = \eta$  διατομή του ακροφυσίου σε m<sup>2</sup>.

$h = \eta$  πίεση λειτουργίας του εκτοξευτήρα σε m.

Η σχέση αυτή γράφεται ως:

$$q = \mu \cdot \frac{\pi D^2}{4} 2gh$$

όπου  $D = \eta$  διάμετρος του ακροφυσίου σε m.

Ο συντελεστής παροχής,  $\mu$ , εξαρτάται από τον τύπο του ακροφυσίου, τη μορφή της εισόδου και το μήκος του.

Επίσης, κατά τον Schroeder, η τιμή του  $\mu$  εξαρτάται και από το βαθμό της καλής κατεργασίας κατά την κατασκευή του, καθώς και από τον τρόπο σύνδεσής του με το σωλήνα εκτόξευσης. Αν η αναλογία διαμέτρου ακροφυσίου, προς τη διάμετρο του σωλήνα είναι 1: 4, η τιμή του συντελεστή  $\mu$ , υπολογίζεται 0,94 και επομένως:

$$q = 3600 \frac{0,94 \cdot 3,14 \cdot 19,62}{4 \cdot 10} = 0,01177 \cdot D^2 \cdot h$$

### **24. Η ακτίνα εκτόξευσης.**

Η ακτίνα εκτόξευσης,  $R$ , είναι η οριζόντια απόσταση από τη βάση του εκτοξευτήρα μέχρι τις τελευταίες συγκεντρωμένες σταγόνες βροχής στην περιφέρεια του κύκλου που διαβρέχεται.

Εξαρτάται από τη μορφή του ακροφυσίου, την πίεση λειτουργίας του εκτοξευτήρα, την ταχύτητα περιστροφής του εκτοξευτήρα, την πυκνότητα του

ατμοσφαιρικού αέρα, την ταχύτητα και διεύθυνση του ανέμου και τη γωνία εκτόξευσης. Ως εκ τούτου δεν είναι δυνατό να υπολογιστεί με μαθηματικές σχέσεις.

## 25. Η γωνία εκτόξευσης.

Η μέγιστη απόσταση  $R_{\max}$  πρέπει, σύμφωνα με τους νόμους της Μηχανικής, θα προκύπτει για γωνία εκτόξευσης  $\varphi = 45^\circ$  αφού:

$$R_{\max} = \frac{V_0^2 \eta \mu 2\varphi}{g}$$

αυτό όμως δεν συμβαίνει στην πραγματικότητα λόγω της αντίστασης του αέρα, η οποία δεν λογαριάστηκε στην παραπάνω σχέση. Σύμφωνα με τον Freeman, ο οποίος εργάστηκε πειραματικά το 1889, η απόσταση  $R_{\max}$  εμφανίζεται υπό γωνία εκτόξευσης  $\varphi = 45^\circ$  μόνο για μικρές ταχύτητες εξόδου. Αν αυξηθεί η αρχική ταχύτητα  $V_0$  των υδάτινων μορίων,  $R_{\max}$  εμφανίζεται υπό γωνία περίπου  $\varphi = 32^\circ$ .

## 26. Η διάμετρος του ακροφυσίου.

Από πειράματα του Veisbach το 1861 και του Ινστιτούτου Υδραυλικής και Υδραυλικών Μηχανών της Ζυρίχης τα έτη 1940-42, φαίνεται ότι την ακτίνα εκτόξευσης επηρεάζει η διάμετρος του ακροφυσίου μέχρι διαμέτρου 35 mm. Μεγαλύτερης διαμέτρου ακροφύσια, παύουν να επηρεάζουν την ακτίνα εκτόξευσης.

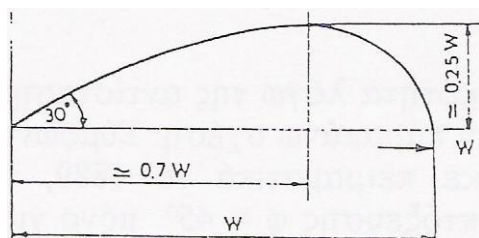
## 27. Η πίεση λειτουργίας του εκτοξευτήρα.

Όσο μεγαλώνει η πίεση λειτουργίας του εκτοξευτήρα,  $h$ , αυξάνει η ακτίνα εκτόξευσης. Όταν όμως αυτή περάσει την τιμή των 49 m, η αντίσταση που προβάλλεται από τον αέρα αυξάνει γρηγορότερα από το  $h^2$  και συντελεί στη γρηγορότερη διασπορά των σταγονιδίων και τη βράχυνση της ακτίνας εκτόξευσης.

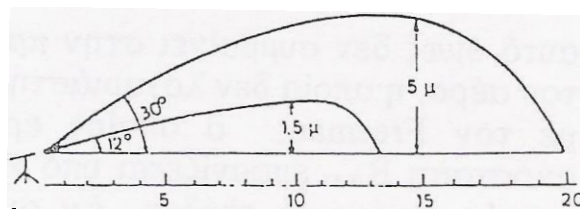
### 28. 3.3.3.6. Η ταχύτητα περιστροφής του εκτοξευτήρα.

Η περιστροφική κίνηση του εκτοξευτήρα, έχει συνέπεια την βράχυνση της ακτίνας εκτόξευσης. Αποδείχτηκε πειραματικά ότι το μέγιστο μήκος εκτόξευσης πετυχαίνεται για γωνία  $\varphi=30^\circ$ . Λόγω της περιστροφικής κίνησης του εκτοξευτήρα, η τροχιά του εκτοξευόμενου νερού δεν είναι παραβολή αλλά βαλλιστική, ασύμμετρη, όπως παριστάνεται στο σχήμα 36.

Το μέγιστο ύψος της τροχιάς πετυχαίνεται περίπου στο 70 % του μήκους, ενώ το μέγιστο ύψος, που πετυχαίνεται, είναι το 1/4 του μήκους.



της μέγιστης σταγόνων των διαδρομής βροχής ενός εκτοξευτήρα καταιονισμού.



Σχήμα 37. Σχηματική παρουσίαση της μεγάλης διαδρομής των σταγόνων βροχής δύο εκτοξευτή με γωνία  $30^\circ$  και  $12^\circ$ .

Για γωνία μικρότερη των  $30^{\circ}$  έχουμε σημαντική μείωση της ακτίνας εκτόξευσης. Το σχήμα 37, δείχνει την τροχιά δύο εκτοξευτήρων υπό γωνία  $30^{\circ}$  και  $12^{\circ}$  με τα ίδια λοιπά χαρακτηριστικά κατασκευής και λειτουργίας αυτών.

### **Υδραυλικά στοιχεία εκτοξευτήρων από πίνακες.**

Όλα τα εργοστάσια κατασκευής εκτοξευτήρων συνοδεύουν αυτούς με πίνακες των υδραυλικών στοιχείων τους.

Στους πίνακες αναγράφονται χωριστά για κάθε εκτοξευτήρα η ενδεδειγμένη σειρά ακροφυσίων, η πίεση λειτουργίας, η παροχή και η ακτίνα εκτόξευσης.

Τα στοιχεία της παροχής του εκτοξευτήρα και της ακτίνας εκτόξευσης είναι απαραίτητα για τη μελέτη και τη λειτουργία των συγκροτημάτων τεχνητής βροχής.

Από την παροχή της αντλίας και την παροχή του εκτοξευτήρα, που θα διαλέξουμε, θα εξαρτηθεί ο αριθμός των εκτοξευτήρων του συγκροτήματος.

Από την ακτίνα εκτόξευσης θα εξαρτηθεί η απόσταση μεταξύ τους.

Στους πίνακες που ακολουθούν αναγράφονται οι μέσες τιμές παροχής και ακτίνας εκτόξευσης, κατά κατηγορία εκτόξευσης, ανάλογα με την διάμετρο του ακροφυσίου και την πίεση λειτουργίας του εκτοξευτήρα.

Η πραγματική ακτίνα εκτόξευσης, με την οποία πρέπει να γίνεται ο υπολογισμός, είναι μικρότερη από αυτή που αναγράφεται στους πίνακες γιατί επηρεάζεται από την ταχύτητα περιστροφής του εκτοξευτήρα, από τον άνεμο που φυσά καθώς και από τους στροβιλισμούς του νερού που δημιουργούνται, αναπόφευκτα, στο σωλήνα εκτόξευσης.

Γενικά μπορούμε να υπολογίσουμε στους συνηθισμένους εκτοξευτήρες την πραγματική ακτίνα εκτόξευσης,  $R_{\pi}$ , στο 0,80-0,90 της τιμής που αναγράφεται στον πίνακα.

Στους εκτοξευτήρες με γωνία εκτόξευσης  $12^{\circ}$  η ακτίνα εκτόξευσης είναι  $0,90 R_{\pi}$  στις περιπτώσεις που χρησιμοποιούνται υψηλές πιέσεις και φτάνει έως  $0,75 W_{\pi}$  στις περιπτώσεις που χρησιμοποιούνται χαμηλές πιέσεις, συγκρινόμενη με τις αντίστοιχες τιμές για γωνία εκτόξευσης  $30^{\circ}$ .

Στους εκτοξευτήρες με γωνία εκτόξευσης  $6^{\circ}$  η βράχυνση της ακτίνας εκτόξευσης είναι ακόμη σοβαρότερη και παίρνει τιμές από  $0,68 R_{\pi}$  έως  $0,50 R_{\pi}$ , ανάλογα με την πίεση.

**Πίνακας 35.** Στον οποίο φαίνονται τα υδραυλικά στοιχεία εκτοξευτήρων καταιονισμού μικρού και μεσαίου τύπου με ένα ακροφύσιο υπό γωνία εκτόξευσης 30<sup>0</sup> (στοιχεία του οίκου Perrot).

Διάμετρος ακροφυσίου	Πίεση	Ακτίνα εκτόξευσης	Παροχή εκτοξευτήρα	Διάμετρος ακροφυσίου	Πίεση	Ακτίνα εκτόξευσης	Παροχή εκτοξευτήρα
δ mm	h atm	R m	q m <sup>3</sup> /h	δ mm	h atm	R m	q m <sup>3</sup> /h
4,0	2,0	11,3-12,0	0,82-0,88	7,0	2,0	18,5	2,64
	<b>2,5</b>	<b>13,0-14,0</b>	<b>0,90-0,96</b>		2,5	19,0	2,90
	3,0	14,0-15,3	0,98-1,11		<b>3,0</b>	<b>19,4</b>	<b>3,22</b>
	3,5	14,5-16,0	1,06-1,11		3,5	20,0	3,48
	4,0	15,0-16,4	1,14-1,19		4,0	20,6	3,73
4,2	2,0	13,0-14,5	0,90-0,93	8,0	2,5	20,0	3,75
	<b>2,5</b>	<b>13,2-15,0</b>	<b>1,00-1,05</b>		<b>3,0</b>	<b>21,0</b>	<b>4,11</b>
	3,0	14,0-15,6	1,10-1,14		3,5	21,5	4,44
	3,5	14,5-16,1	1,15-1,23		4,0	21,8	4,74
	4,0	15,0-16,6	1,32		4,5	22,0	5,04
4,5	2,0	13,5-13,5	1,07	9,0	2,5	20,5	4,78
	<b>2,5</b>	<b>14,0-14,0</b>	<b>1,20</b>		<b>3,0</b>	<b>21,5</b>	<b>5,24</b>
	3,0	14,2-15,6	1,32		3,5	22,0	5,67
	3,5	14,7-16,3	1,42		4,0	22,5	6,06
	4,0	15,2-17,8	1,52		4,5	23,0	6,42
4,8	2,0	13,5-14,0	1,24	10,0	2,5	21,0	6,01
	<b>2,5</b>	<b>14,5-14,8</b>	<b>1,38</b>		3,0	22,0	6,58
	3,0	14,7-15,5	1,51		<b>3,5</b>	<b>23,0</b>	<b>7,12</b>
	3,5	15,0-16,0	1,63		4,0	23,5	7,60
	4,0	15,5-16,5	1,75		4,5	24,0	8,06
5,0	2,0	13,5-12,0	1,33	11,0	2,5	22,0	7,30
	<b>2,5</b>	<b>14,5-14,0</b>	<b>1,48</b>		3,0	23,0	8,01
	3,0	14,8-15,0	1,63		<b>3,5</b>	<b>23,5</b>	<b>8,63</b>
	3,5	16,0-16,7	1,76		4,0	24,5	9,23
	4,0	16,2-16,3	1,88		4,5	25,0	9,79
5,5	2,0	14,0-14,5	1,62	12,0	2,5	22,5	8,60
	2,5	15,2-16,0	1,82		3,0	23,5	9,43
	<b>3,0</b>	<b>16,0-16,6</b>	<b>1,99</b>		<b>3,5</b>	<b>24,5</b>	<b>10,18</b>
	3,5	16,5-17,3	2,14		4,0	25,0	10,88
	4,0	17,0-17,8	2,29		4,5	26,0	11,55
6,0	2,0	14,5-16,5	1,94				
	2,5	16,3-17,0	2,16				
	<b>3,0</b>	<b>16,5-17,6</b>	<b>2,37</b>				
	3,5	17,2-17,9	2,56				
	4,0	17,7-18,1	2,74				

Σημείωση: Οι μικρές τιμές παροχής και ακτίνας εκτόξευσης ισχύουν για εκτοξευτήρες με βραχύ σωλήνα εκτόξευσης, ενώ οι μεγάλες τιμές για εκτοξευτήρα με μακρό σωλήνα εκτόξευσης.



**Πίνακας 36.** Στον οποίο φαίνονται τα υδραυλικά στοιχεία εκτοξευτήρων καταιονισμού μεγάλου και υπερμεγέθους τύπου με ένα ή δύο ακροφύσια υπό γωνία εκτόξευσης 30<sup>0</sup>.

Διάμετρος ακροφυσίου	Πίεση	Ακτίνα εκτόξευσης	Παροχή εκτοξευτήρα	Διάμετρος ακροφυσίου	Πίεση	Ακτίνα εκτόξευσης	Παροχή εκτοξευτήρα
δ mm	h atm	R m	q m <sup>3</sup> /h	δ mm	h atm	R m	q m <sup>3</sup> /h
<b>α. Μεγάλου τύπου</b>							
12,0	3,5	28,0	10,13	18,0	3,5	34,3	23,05
	<b>4,0</b>	<b>29,2</b>	<b>10,83</b>		4,0	35,5	24,64
	4,5	29,6	11,49		<b>4,5</b>	<b>36,7</b>	<b>26,12</b>
	5,0	30,4	12,11		5,0	37,6	27,53
14,0	3,5	30,0	13,87	20,0	3,5	35,8	29,00
	<b>4,0</b>	<b>31,2</b>	<b>14,82</b>		4,0	37,4	31,20
	4,5	32,2	15,72		<b>4,5</b>	<b>38,5</b>	<b>32,80</b>
	5,0	32,8	16,58		5,0	39,6	34,60
16,0	3,5	32,2	18,11	22,0	3,5	37,5	34,45
	<b>4,0</b>	<b>33,6</b>	<b>19,38</b>		4,0	38,9	37,50
	4,5	34,6	20,56		<b>4,5</b>	<b>40,3</b>	<b>39,05</b>
	5,0	35,5	21,66		5,0	41,4	41,10
<b>β. Υπερμεγέθους τύπου</b>							
20,0	4	37,3	27,5	26/7	4	41,5	48,0
	<b>5</b>	<b>40,1</b>	<b>30,5</b>		5	44,0	53,7
	6	43,0	33,5		<b>6</b>	<b>46,3</b>	<b>58,0</b>
22/6	4	38,7	35,0	28/8	4	43,1	56,0
	<b>5</b>	<b>41,3</b>	<b>39,5</b>		5	45,4	62,5
	6	43,9	44,0		<b>6</b>	<b>47,8</b>	<b>68,7</b>
24/6	4	39,3	40,5	30/8	4	44,5	64,0
	5	42,3	46,0		5	46,8	72,5
	<b>6</b>	<b>44,8</b>	<b>51,2</b>		<b>6</b>	<b>49,2</b>	<b>80,0</b>

**Πίνακας 37.** Στον οποίο φαίνονται τα υδραυλικά στοιχεία εκτοξευτήρων καταιονισμού με δύο ακροφύσια (τύπου Ισραήλ):

Διάμετρος ακροφυσίου	Πίεση	Ακτίνα εκτόξευσης	Παροχή εκτοξευτήρα	Διάμετρος ακροφυσίου	Πίεση	Ακτίνα εκτόξευσης	Παροχή εκτοξευτήρα
δ mm	h atm	R m	q m <sup>3</sup> /h	δ mm	h atm	R m	q m <sup>3</sup> /h
<b>α. τύπου 323,223, 333.</b>							
4,0/3,2	2,0	12,0	1,35	4,8/3,2	2,0	12,0	1,68
	2,5	13,0	1,52		2,5	13,0	1,92
	3,0	14,0	1,65		3,0	13,5	2,03
4,5/2,5	1,5	11,0	1,12	4,8/4,8	2,5	14,0	2,45
	2,0	12,0	1,38		3,0	14,5	2,70
	2,5	12,5	1,55		3,5	15,0	3,24

4,6/3,0	2,0	13,5	1,69				
	2,5	14,5	1,90				
	3,0	15,0	2,08				
	3,5	16,0	2,26				
<b>β. τύπου 344/90</b>							
5,5/4,2	2,0	15,0	2,29	7,5/5,5	3,0	18,0	5,35
	2,5	15,5	2,55		3,5	18,5	5,76
	3,0	16,0	2,81		4,0	19,5	6,17
	3,5	16,5	3,06		4,5	20,0	6,54
5,5/4,8	2,5	14,5	2,95	8,5/5,5	3,5	19,5	6,84
	3,0	16,0	3,12		4,0	20,0	7,30
	3,5	16,5	3,45		4,5	20,5	7,75
6,3/4,8	3,0	17,0	4,00		5,0	21,0	8,15
	3,5	17,5	4,32				
	4,	18,0	4,62				

**Πίνακας 38.** Στον οποίο φαίνονται τα υδραυλικά στοιχεία εκτοξευτήρων καταιονισμού με δύο ακροφύσια τύπου ZE 30 D του οίκου Perrot υπό γωνία εκτόξευσης 30<sup>0</sup>.

Διάμετρος ακροφυσίου	Πίεση στον εκτοξευτήρα	Ακτίνα εκτόξευσης	Παροχή εκτοξευτήρα	Διάμετρος ακροφυσίου	Πίεση στον εκτοξευτήρα	Ακτίνα εκτόξευσης	Παροχή ή εκτόξευτήρα
δ mm	h atm	R m	q m <sup>3</sup> /h	δ mm	h atm	R m	q m <sup>3</sup> /h
4,5/4,8	1,5	13,0	2,01	5,0/6,5	2,0	16,4	3,61
	2,0	14,0	2,33		2,5	17,3	4,04
	2,5	14,75	2,60		3,0	17,6	4,42
	3,0	15,5	2,84		3,5	18,5	4,77
	3,5	16,0	3,07		4,0	19,25	5,11
4,5/5,5	1,5	12,5	2,34	5,0/7,5	4,5	19,75	5,41
	2,0	13,5	2,71		2,5	17,0	4,88
	2,5	15,0	3,04		3,0	19,0	5,34
	3,0	16,0	3,32		3,5	19,25	5,76
	3,5	16,5	3,59		4,0	20,0	6,17
4,8/4,8	1,5	14,5	2,14	5,5/5,5	4,5	20,25	6,54
	2,0	14,0	2,48		2,0	14,5	3,24
	2,5	15,75	2,76		2,5	15,0	3,64
	3,0	16,5	3,02		3,0	16,0	3,98
	3,5	17,0	3,26		3,5	16,5	4,30
4,8/5,5	1,5	15,00	2,47	5,5/6,5	4,0	17,0	4,60
	2,0	15,75	2,86		2,5	15,5	4,36
	2,5	16,25	3,20		3,0	16,5	4,77
	3,0	16,75	3,50		3,5	17,0	5,15
				4,0	18,0	5,51	

	3,5 4,0	16,85 17,00	3,78 4,05		4,5	18,5	5,83
4,8/6,5	2,0 2,5 3,0 3,5 4,0	16,0 17,0 18,0 18,25 18,5	3,51 3,92 4,29 4,63 4,96	5,5/7,5	2,0 2,5 3,0 3,5 4,0 4,5	16,5 17,5 18,5 18,75 19,0 19,5	4,64 5,20 5,69 6,14 6,57 6,96
5,0/5,5	2,0 2,5 3,0 3,5 4,0	15,5 16,0 16,3 16,6 17,0	2,96 3,32 3,63 3,92 4,20	5,5/8,5	2,5 3,0 3,5 4,0 4,5	18,5 19,0 19,5 19,75 20,0	6,16 6,74 7,28 7,78 8,25

### Διάταξη εκτοξευτήρων.

Οι περιστροφικοί εκτοξευτήρες καλύπτουν μία κυκλική επιφάνεια. Επομένως, για να διαβραχεί ολόκληρη η προς άρδευση έκταση, πρέπει να επικαλύπτονται οι κυκλικές επιφάνειες που διαβρέχονται από τους εκτοξευτήρες.

Καθένας εκτοξευτήρας παρουσιάζει, για δεδομένη πίεση, ένα χαρακτηριστικό διάγραμμα λειτουργίας, στο οποίο το ύψος βροχής που πέφτει, είναι συνάρτηση της απόστασης από τον εκτοξευτήρα. Από το διάγραμμα αυτό εξαρτάται η ομοιόμορφη διανομή του νερού στο έδαφος. Για τον λόγο αυτό τα εργοστάσια κατασκευής εκτοξευτήρων προσπαθούν να δημιουργήσουν τύπους εκτοξευτήρων με τέτοιου είδους χαρακτηριστικά διαγράμματα λειτουργίας, ώστε να πετυχαίνεται κατά το δυνατό περισσότερο ομοιόμορφη διανομή του νερού.

Σε όλους γενικά τους τύπους εκτοξευτήρων, το ύψος βροχής που πέφτει, ελαττώνεται όσο πλησιάζουμε στην περιφέρεια του διαβρεχόμενου από τον εκτοξευτήρα κύκλου, δηλαδή η διανομή του νερού από ένα μονάχα εκτοξευτήρα δεν είναι ομοιόμορφη σε ολόκληρη την επιφάνεια του διαβρεχόμενου κύκλου. Για το λόγο αυτό, για επίτευξη ομοιόμορφης διανομής του νερού, είναι αναγκαία μία σημαντική επικάλυψη των εκτοξεύσεων των γειτονικών εκτοξευτήρων. Ανάλογα με τον τρόπο, με τον οποίο επιδιώκεται να εξασφαλισθεί η ομοιόμορφη διανομή του νερού, διακρίνονται οι παρακάτω τρεις διατάξεις των εκτοξευτήρων.

### 29. Ορθογωνική διάταξη.

Σύμφωνα με τη διάταξη αυτή, οι εκτοξευτήρες τοποθετούνται πάνω στη γραμμή άρδευσης σε αποστάσεις μικρότερες από την απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών γραμμών άρδευσης.

Για την εφαρμογή της διάταξης αυτής συνιστάται, όπως η απόσταση μεταξύ των εκτοξευτήρων επί της γραμμής άρδευσης να είναι ίση με την ακτίνα εκτόξευσης, και η απόσταση μεταξύ των γραμμών άρδευσης να είναι ίση περίπου με 1,33 της ακτίνας εκτόξευσης.

Κατά τη διάταξη αυτή πετυχαίνουμε οικονομία μετακίνησης των γραμμών άρδευσης κατά 30% περίπου, σε σύγκριση με την τετραγωνική διάταξη.

Η ωφέλιμη επιφάνεια που αρδεύεται από κάθε ένα εκτοξευτήρα είναι:

$$E = b \cdot l = R_{\pi} \cdot 1,33 \cdot R_{\pi} = 1,33 \cdot R_{\pi}^2$$

όπου  $R_{\pi}$  = η πραγματική ακτίνα εκτόξευσης.

Η διάταξη αυτή προτιμάται στην περίπτωση κατά την οποία στην περιοχή φυσούν άνεμοι σταθερής διεύθυνσης.

Οι γραμμές άρδευσης πρέπει να τοποθετούνται κάθετα προς τη διεύθυνση του ανέμου.

### 30. Τετραγωνική διάταξη.

Κατά την τετραγωνική διάταξη η απόσταση των εκτοξευτήρων μεταξύ τους, επί της ίδιας γραμμής άρδευσης είναι ίση προς την απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών θέσεων της γραμμής άρδευσης.

Για τη διαβροχή ολόκληρης της αρδεύσιμης επιφάνειας, πρέπει η απόσταση μεταξύ των εκτοξευτήρων να είναι θεωρητικά ίση προς την πλευρά τετραγώνου εγγεγραμμένου σε κύκλο ακτίνας ίσης με την ακτίνα εκτόξευσης.

Επομένως, αν  $R_{\pi}$  είναι η πραγματική ακτίνα εκτόξευσης του κάθε εκτοξευτήρα, και  $b$  η απόσταση μεταξύ των εκτοξευτήρων, θα έχουμε:

$$b = l = R_{\pi} \cdot \sqrt{2} = 1,41 R_{\pi}.$$

Εν τούτοις, ενώ κατά την απόσταση της πλευράς του τετραγώνου πετυχαίνεται πραγματική αλληλοεπικάλυψη, κατά την έννοια της διαγωνίου στο σημείο επαφής των τεσσάρων κύκλων, παραμένει ανεπαρκώς αρδευόμενη έκταση.

Για το λόγο αυτό επιβάλλεται όπως η απόσταση μεταξύ δύο εκτοξευτήρων να μην είναι μεγαλύτερη από  $1,2 R_{\pi}$ .

Η ωφέλιμη επιφάνεια που αρδεύεται από κάθε ένα εκτοξευτήρα, κατά την τετραγωνική διάταξη, είναι:

$$E = b^2 = 1,44 R_{\pi}^2.$$

Η τετραγωνική διάταξη είναι η πιο εύκολη και πρακτικά εφαρμόσιμη και για το λόγο αυτό επικράτησε στην πράξη.

### 31. Τριγωνική διάταξη.

Κατά τη διάταξη αυτή οι εκτοξευτήρες τοποθετούνται στις κορυφές ισοσκελούς τριγώνου, ήτοι η απόσταση των εκτοξευτήρων

- επί της γραμμής άρδευσης ισούται με  $b = R_{\pi} \cdot \sqrt{3}$  και
- η απόσταση γραμμής από γραμμή  $l = 1,52 R_{\pi}$ .

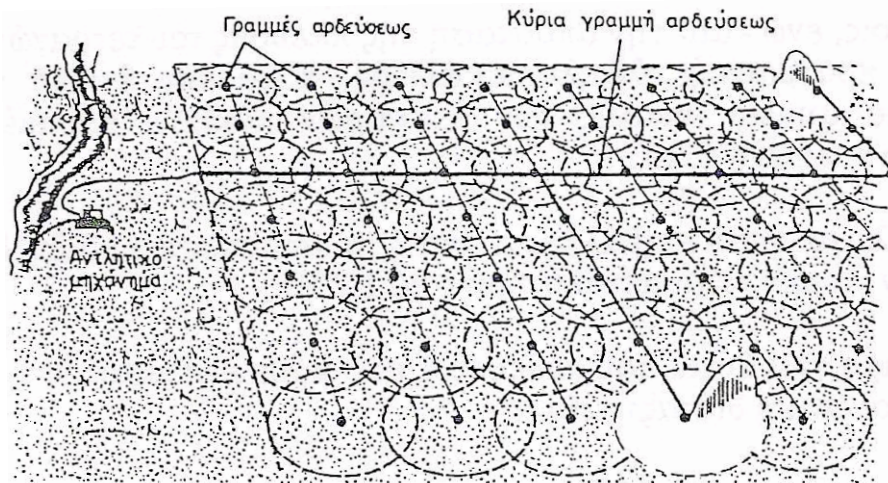
Επομένως η ωφέλιμη επιφάνεια που αρδεύεται από τον κάθε ένα εκτοξευτήρα, ισούται με το κανονικό εξάγωνο που είναι εγγεγραμμένο στον κύκλο, ήτοι:

$$E = \frac{3R_{\pi}^2 \sqrt{3}}{2}$$

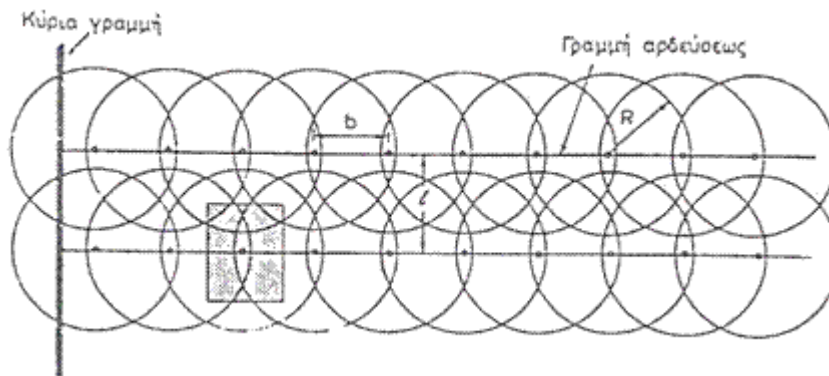
Η επιφάνεια αυτή είναι 30 % μεγαλύτερη της τετραγωνικής στον ίδιο εκτοξευτήρα, έχουμε επομένως οικονομία εκτοξευτήρων.

Η τριγωνική διάταξη είναι κατάλληλη για τα μόνιμα συγκροτήματα, όπου πετυχαίνεται οικονομία εκτοξευτήρων και σωληνώσεων κατά 25 - 30%. Στα φορητά συγκροτήματα είναι πολύ δύσκολη η εφαρμογή της λόγω του τυποποιημένου μήκους των σωλήνων στα 6 m.

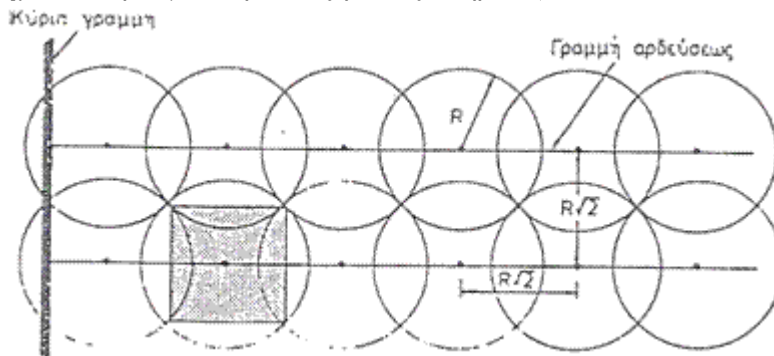
Στα σχήματα που ακολουθούν παρουσιάζονται οι παραπάνω διατάξεις.



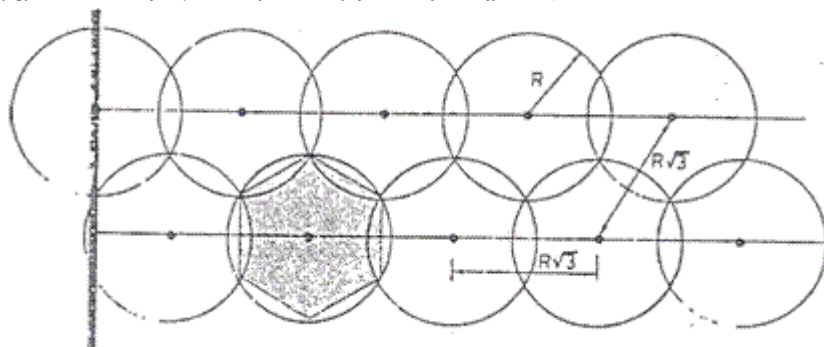
Σχήμα 38. Σχηματική παράσταση επικάλυψης αρδευόμενων κύκλων.



Σχήμα 39. Ορθογωνική διάταξη εκτοξευτήρων ( $b = R\pi$  και  $l = 1,33 \cdot R\pi$ ).



Σχήμα 40. Τετραγωνική διάταξη εκτοξευτήρων ( $b = l = R\pi\sqrt{2} = 1,41 R\pi$ ).



**Σχήμα 41.** Τριγωνική διάταξη εκτοξευτήρων ( $b = R_{\pi}\sqrt{3}$  και  $l = 1,52 R_{\pi}$ ).

### Ομοιομορφία κατανομής του εκτοξευόμενου νερού.

Η ομοιομορφία κατανομής του νερού στο χωράφι είναι συνάρτηση των χαρακτηριστικών των εκτοξευτήρων και της διάταξής τους.

Αν η τοποθέτηση των εκτοξευτήρων γίνει σωστά, η κατανομή του νερού από ένα μεμονωμένο εκτοξευτήρα είναι περίπου τριγωνική, με μέγιστο ύψος νερού στη θέση του εκτοξευτήρα και ελάχιστο στα όρια της περιφέρειας που ορίζεται από την ακτίνα εκτόξευσής του.

Μία τέτοια ιδεώδης κατανομή μπορεί να υπάρξει μόνο κάτω από συνθήκες απόλυτης νηνεμίας και δίνεται στο σχήμα 42.

Ο άνεμος παραμορφώνει την κατανομή του νερού, όσο δε μεγαλύτερη είναι η ταχύτητά του, τόσο μεγαλύτερη παραμόρφωση προκαλεί. Χαρακτηριστική είναι η περίπτωση (β) στο σχήμα 42, που δείχνει την κατανομή του νερού του ίδιου εκτοξευτήρα που χρησιμοποιήθηκε στην περίπτωση (α) αλλά με ταχύτητα του ανέμου 17 Km/h. Η πράξη έδειξε ότι όταν η ταχύτητα του ανέμου υπερβεί τα 16 Km/h, η κατανομή του νερού είναι τόσο ανομοιομορφη που επιβάλλεται η διακοπή της άρδευσης.

Ο Christiansen σαν μέσο εκτίμησης της ομοιομορφίας της κατανομής της βροχής προτείνει τον συντελεστή.

$$C_u = 100 \cdot \left[ 1 - \frac{|\Sigma(x' - x)|}{n \cdot x} \right] \quad \%$$

όπου  $x$  είναι το ύψος του νερού σε κάθε θέση παρατήρησης,  $x'$  είναι ο μέσος όρος των  $x$  και  $n$  ο αριθμός των θέσεων παρατήρησης.

Μια διάταξη είναι αποδεκτή όταν  $C_u > 85\%$ .

Για παράδειγμα, ας θεωρήσουμε την επικαλυπτόμενη διάταξη του σχήματος 42, όπου οι θέσεις παρατήρησης είναι στις κορυφές τετραγώνων με πλευρά 6 m. Συνολικά υπάρχουν  $n = 20$  θέσεις που το ύψος νερού στην καθεμιά φαίνεται στο σχήμα. Ο μέσος όρος των παρατηρήσεων είναι  $x' = 16,6$  mm και το άθροισμα των διαφορών παρατηρήσεων από το μέσο όρο είναι  $|\Sigma(x' - x)| = 32,8$  mm.

Εφαρμόζοντας τον τύπο του Christiansen βρίσκουμε:

$$C_u = 100 \cdot \left[ 1 - \frac{32,8}{20 \cdot 16,6} \right] \% = 90,12 \%$$

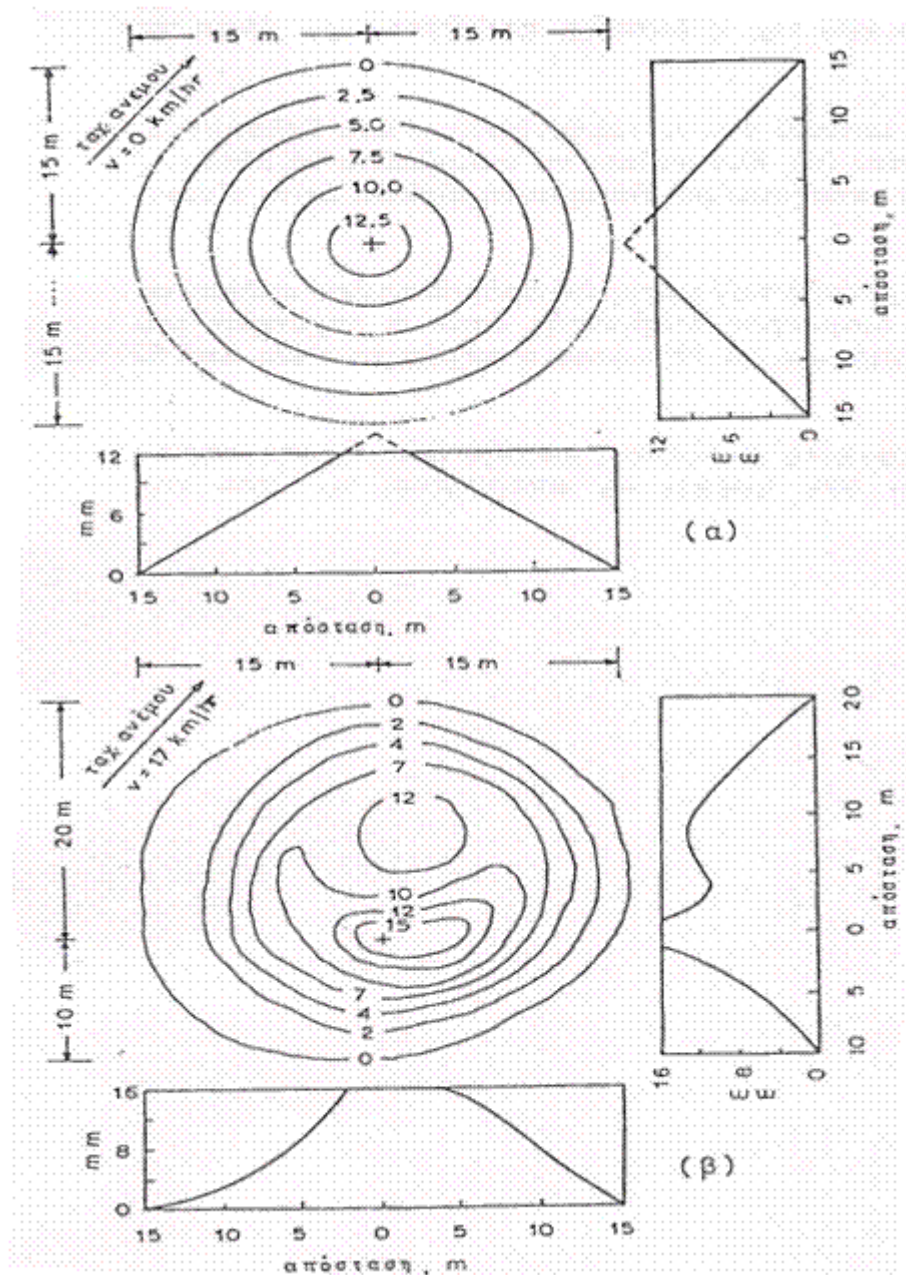
Η διάταξη αυτή είναι αποδεκτή αφού  $C_u = 89,8\% > 85\%$ .

Αν δεν υπάρχουν διαθέσιμες παρατηρήσεις για τον έλεγχο, της διάταξης με υπολογισμό του  $C_u$ , η διάταξη επιλέγεται με βάση τα παρακάτω στοιχεία:

α. Η απόσταση μεταξύ των εκτοξευτήρων, που βρίσκονται πάνω στη γραμμή άρδευσης (α), δεν πρέπει να υπερβαίνει το 50% της διαμέτρου διαβροχής του εκτοξευτήρα, όπως αυτή δίνεται στον πίνακα προδιαγραφών.

β. Η απόσταση μεταξύ των γραμμών άρδευσης δεν πρέπει να υπερβαίνει το 65% της διαμέτρου διαβροχής όταν η ταχύτητα του ανέμου είναι από 0 - 8 Km/h και το 50% όταν η ταχύτητα είναι από 8-16 Km/h.

γ. Η μέγιστη διαγώνια απόσταση μεταξύ δύο εκτοξευτήρων σε ορθογωνική διάταξη δεν πρέπει να υπερβαίνει το 75% της διαμέτρου διαβροχής.



**Σχήμα 42.** Κατανομή στην επιφάνεια του εδάφους του νερού που εκτοξεύεται από ένα εκτοξευτήρα κάτω από συνθήκες (α) νηνεμίας και (β) με άνεμο ταχύτητας 17 Km/h.

### Η ένταση βροχής.

Με την έννοια ένταση βροχής στον καταιονισμό, εννοούμε το ύψος ωριαίας τεχνητής βροχής σε χιλιοστά.

Αυτή υπολογίζεται με το λόγο της παροχής του εκτοξευτήρα δια την ωφέλιμη επιφάνεια που αρδεύεται από ένα εκτοξευτήρα.

Εξ άλλου, επειδή κατά την λειτουργία των εκτοξευτήρων, ένα μέρος του εκτοξευόμενου νερού εξατμίζεται στην ατμόσφαιρα μέχρις ότου τα σταγονίδια φτάσουν στην επιφάνεια του εδάφους, ο παραπάνω καθοριζόμενος λόγος πρέπει να πολλαπλασιαστεί επί ένα συντελεστή, ο οποίος αποδίδει την απώλεια νερού κατά την πτώση των σταγονιδίων στο έδαφος και ο οποίος μπορεί να ληφθεί κατά προσέγγιση ίσος με 0,90.

Ο συντελεστής αυτός δεν πρέπει να ταυτίζεται με τον βαθμό αποδόσεως των αρδεύσεων κατά την εφαρμογή του νερού, καθόσον ο τελευταίος εκτός από τις απώλειες νερού λόγω εξάτμισης, περιλαμβάνει και τις απώλειες από βαθειά διήθηση καθώς και τις απώλειες από επιφανειακή απορροή και δεν μπορεί, κάτω από συνήθεις συνθήκες να είναι μεγαλύτερος από 0,85.

Σύμφωνα με τα παραπάνω η ένταση βροχής δίδεται από τη σχέση:

$$I = \frac{1000 \cdot q \cdot n}{\alpha \cdot \beta}$$

όπου:  $I$  = η ένταση βροχής σε mm/h.

$q$  = η παροχή εκτοξευτήρα σε m<sup>3</sup>/h.

$\alpha$  = η ισαποχή εκτοξευτήρων επί των γραμμών άρδευσης σε m

$\beta$  = η ισαποχή γραμμών άρδευσης σε m.

$n$  = συντελεστής απωλειών νερού λόγω εξάτμισης.

Για να αποφευχθεί η απώλεια νερού από επιφανειακή απορροή, πρέπει η μέση ένταση βροχής να είναι ίση ή μικρότερη από τη βασική διηθητικότητα του εδάφους. Έτσι εξασφαλίζεται η ταχεία διήθηση του νερού στο έδαφος και αποφεύγεται η επιφανειακή απορροή. Η ανάγκη της ταχείας διήθησης του νερού αποβαίνει τόσο περισσότερο επιτακτική, όσο μεγαλύτερη είναι η κλίση της επιφάνειας του εδάφους.

### **Χρόνος παραμονής του εκτοξευτήρα στην ίδια θέση.**

Ο χρόνος παραμονής του εκτοξευτήρα στην ίδια θέση για να επιτευχθεί η άρδευση, είναι συνάρτηση της αρδευτικής δόσης και της έντασης βροχής και δίδεται από τη σχέση:

$$T = \frac{d_v}{I}$$

όπου:  $T$  = ο χρόνος παραμονής σε h.

$d_v$  = η δόση εφαρμογής σε mm ύψους νερού.

$I$  = η μέση ένταση βροχής σε mm/h.

### **Η εκλογή του κατάλληλου εκτοξευτήρα.**

Ενώ πριν από μερικά χρόνια η τάση της τεχνητής βροχής ήταν προς τους μεγάλους εκτοξευτήρες, με αποτέλεσμα να φτάσουμε μέχρι το κανόνι βροχής με ακροφύσιο 28 και 32 χιλιοστών, αργότερα με την ανακάλυψη του μικρού εκτοξευτήρα δόθηκε η δυνατότητα δημιουργίας συγκροτημάτων με χαμηλή ένταση βροχής. Είναι βέβαια αληθινό ότι χαμηλή ένταση βροχής είχε επιτευχθεί και με το κανόνι βροχής διότι ενώ πετυχαινότανε μεγάλη ακτίνα εκτόξευσης η παροχή ανά ώρα



ρυθμιζότανε με αύξηση του χρόνου μεταξύ δύο βολών. Παρ' όλα αυτά το κανόνι έχει ανάγκη εξασφάλισης υψηλής πίεσης λειτουργίας.

Η σύγχρονη τεχνική του καταιονισμού προτιμά τους μικρούς εκτοξευτήρες εξαιτίας των πολλών πλεονεκτημάτων του τα οποία συνοψίζονται στα εξής:

α. Η απαιτούμενη πίεση λειτουργίας τους είναι σχετικά μικρή. Επομένως το απαιτούμενο συνολικό μανομετρικό ύψος του συγκροτήματος παραμένει χαμηλό με συνέπεια την μείωση της ισχύος του το οποίο έχει σαν τελικό αποτέλεσμα την ελάττωση της δαπάνης αγοράς και λειτουργίας του συγκροτήματος.

β. Με τους μικρούς εκτοξευτήρες πετυχαίνουμε βροχή ασθενούς έντασης με όλα τα γνωστά αποτελέσματα.

Συγκεκριμένα:

2. Το διασκορπιζόμενο νερό απορροφάται από το έδαφος και επομένως, ούτε απορρέει επιφανειακά με συνέπεια τη δημιουργία συνθηκών διάβρωσης, ούτε παραμένει πάνω στην επιφάνεια του εδάφους με συνέπεια το σχηματισμό ανεπιθύμητης επιφανειακής κρούστας μετά την εξάτμισή του.

3. Δεν απαιτούνται μετά την άρδευση πρόσθετες καλλιεργητικές εργασίες όπως σκάλισμα γιατί με την μικρής έντασης βροχή διατηρείται η υφή και η δομή του εδάφους.

4. Οι εκτοξευτήρες παραμένουν για μία πλήρη άρδευση, περισσότερο χρόνο στην ίδια έκταση, επομένως η μετακίνησή τους γίνεται σε αραιά χρονικά διαστήματα και έτσι μπορούμε να εφαρμόσουμε πρακτικά την νυκτερινή άρδευση με την οποία μηδενίζονται οι απώλειες από εξάτμιση και, επειδή συνήθως επικρατεί νηνεμία, πετυχαίνεται ομοιομορφία κατανομή της βροχής.

γ. Οι μικροί εκτοξευτήρες προσαρμόζονται καλύτερα στα μικρά κληροτεμάχια, επομένως είναι οι πιο κατάλληλοι για τις Ελληνικές συνθήκες.

# Προτεινόμενη Βιβλιογραφία

1. Μενέλαος Θεοχάρης, "ΑΡΔΕΥΣΕΙΣ", Τ.Ε.Ι. Ηπείρου, Άρτα, 2012.
2. Μενέλαος Θεοχάρης, "Η ΑΡΔΕΥΣΗ ΜΕ ΣΤΑΓΟΝΕΣ", Τ.Ε.Ι. Ηπείρου, Άρτα, 1998.
3. Θεοχάρης Μ.: " Αρδεύσεις - Στραγγίσεις ", Άρτα 1998
4. Θεοχάρης Μ.: " Η Άρδευση με Σταγόνες ", Άρτα 1998
5. Θεοχάρης Μ.: " Αρδεύσεις - Στραγγίσεις , Εργαστηριακές Ασκήσεις", Άρτα 1998
6. Καρακατσούλης Π. : " Αρδεύσεις - Στραγγίσεις και Προστασία των Εδαφών ", Αθήνα 1993.
7. Κωνσταντινίδης Κ. : "Η μέθοδος αρδεύσεως δια καταιονήσεως ", Θεσσαλονίκη - Αθήνα 1975.
8. Μιχελάκης Ν. : "Συστήματα Αυτόματης Άρδευσης - Άρδευση με Σταγόνες"
9. Daugerty - Franzini : "Υδραυλική" Τόμοι I , II, Εκδόσεις Πλαίσιο , Αθήνα.
10. Davis- Sorensen : " Handbook of applied Hydraulics" Third edition McGraw-Hill Book Company, 1969.
11. Ουζούνης Δ. "Θεωρητική και Πρακτική Μέθοδος της Άρδευσης με Σταγόνες" Εκδόσεις Γαρταγάνη, Θεσσαλονίκη 1997.
12. Τερζίδης Γ. : "Μαθήματα Υδραυλικής " , Τόμοι I ,II , III, Θεσσαλονίκη 1986.
13. Τερζίδης Γ. - Παπαζαφειρίου Ζ. : " Γεωργική Υδραυλική " Εκδόσεις Ζήτη , Θεσσαλονίκη 1997.
14. Τζιμόπουλος Χ. : " Γεωργική Υδραυλική ", Τόμοι I , II, Εκδόσεις Ζήτη , Θεσ-σαλονίκη 1982.
15. Τσακίρης Γ. : "Μαθήματα Εγγειοβελτιωτικών Έργων " , Αθήνα
16. Hansen V. - Israelsen : "Αρδεύσεις. Βασικοί Αρχαί και Μέθοδοι . Μετάφραση από τους Α. Νικολαΐδη και Α. Κοκκινίδη ", Αθήνα 1968.

# Σημείωμα Αναφοράς

Θεοχάρης Μενέλαος, (2015). Αρδεύσεις (Θεωρία). ΤΕΙ Ηπείρου.  
Διαθέσιμο από:

<http://eclass.teiep.gr/courses/TEXG108/>

# Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά Δημιουργού-Μη Εμπορική Χρήση-Όχι Παράγωγα Έργα 4.0 Διεθνές [1] ή μεταγενέστερη. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, Διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».

[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.el>



Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

Επεξεργασία: Δημήτριος Κατέρης

Άρτα, 2015



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

