

## Μερικές ενδεικτικές ερωτήσεις θεωρίας

(για πλήρη απάντηση βλπ. διαφάνειες και σύγγραμμα Τσακίρη, μη αποστήθιση αποδείξεων)

Τι είναι ζώνη ριζοστρώματος?

### Ζώνη Ριζοστρώματος

Η επιφανειακή ζώνη του εδάφους που καταλαμβάνεται από τον κύριο όγκο των ριζών της καλλιέργειας και από την οποία η καλλιέργεια αντλεί σχεδόν όλο το νερό για την ανάπτυξη της είναι γνωστή ως *ζώνη ριζοστρώματος* της καλλιέργειας. Η ζώνη αυτή λειτουργεί σαν αποθήκη-δεξαμενή. Η γνώση του βάθους της ζώνης αυτής είναι απαραίτητο στοιχείο για το σχεδιασμό και τη λειτουργία κάθε αρδευτικού δικτύου.

Αν και η ζώνη ριζοστρώματος δεν εξαρτάται μόνο από το είδος της καλλιέργειας, κατά το σχεδιασμό λαμβάνουμε υπόψη μόνο το είδος της καλλιέργειας.

λογούν αυτήν την επιλογή. Οι πιο αντιπροσωπευτικές τιμές για τις συνηθισμένες καλλιέργειες της Ελλάδας φαίνονται στον Πίνακα 4.1.

**Πίν. 4.1:** Βάθος ριζοστρώματος διαφόρων καλλιεργειών που αναπύσσονται σε αρδευόμενα, βαθιά, μέσης μηχανικής σύστασης εδάφη

| Καλλιέργεια         | Βάθος ριζοστρώματος σε cm |         |
|---------------------|---------------------------|---------|
|                     | Μέσο                      | Μέγιστο |
| Μηδική              | 150                       | 240     |
| Καλαμπόκι           | 90                        | 180     |
| Σιτηρά              | 90                        | 180     |
| Βαμβάκι             | 120                       | 200     |
| Χορτοδοτικά         | 60                        | 120     |
| Φυλλοβόλα οπωροφόρα | 150                       | 240     |
| Εσπεριδοειδή        | 150                       | –       |
| Αμπέλια             | 150                       | –       |
| Σακχαρότευτλα       | 90                        | 150     |
| Πατάτες             | 60                        | 90      |
| Ντομάτες            | 120                       | 150     |
| Καπνός              | 90                        | –       |
| Ρύζι                | 60                        | –       |

Πως ορίζεται το ισοδύναμο ύψος εδαφικού νερού και ποια η σχέση του με τη κατά βάρος περιεκτικότητα σε νερό?

Ισοδύναμο ύψος εδαφικού νερού ( $\theta_h$ )

Η περιεκτικότητα του εδάφους σε νερό μπορεί επίσης να εκφρασθεί με διάσταση μήκους, οπότε εκφράζει το ισοδύναμο πάχος υδάτινου στρώματος στην επιφάνεια του εδάφους (όγκος νερού δια του εμβαδού της επιφάνειας). Το ισοδύναμο ύψος νερού συνδέεται με την περιεκτικότητα κατά όγκο με τη σχέση:

$$\theta_h = \theta_v \cdot d \quad \theta_h = \theta_{\text{νερό}} \times (1 \kappa \times d) \quad (4.9)$$

*↑ στοιχειώδης όγκος*

όπου  $\theta_h$  και  $d$  μετρούνται στις αυτές μονάδες μήκους και  $d$  είναι το βάθος της εδαφικής ζώνης που εξετάζουμε. Αν το  $d$  εκφράζεται σε cm και το ύψος  $\theta_h$  σε mm, όπως συνήθως συμβαίνει στην πράξη, η (4.9) γίνεται:

$$\theta_h = 10 \cdot \theta \cdot d \quad (\text{σε mm}) \quad (4.9a)$$

*μονάδες (σε mm)*

Το ισοδύναμο ύψος εδαφικού νερού,  $\theta_h$  μπορεί να υπολογιστεί από την κατά βάρος περιεκτικότητα σε νερό,  $\theta_g$ . Αν το ύψος  $\theta_h$  υπολογίζεται σε mm, το βάθος  $d$  σε cm και αν η φαινομενική πυκνότητα  $\rho_b$  δίνεται σε  $\text{gr/cm}^3$ , τότε ισχύει η ακόλουθη εξίσωση:

$$\theta_h = 10 \cdot \frac{\theta_g \cdot \rho_b}{\rho_w} \cdot d \quad \rho_w = 1 \text{ gr/cm}^3 \quad \text{σε mm} \quad (4.10)$$

Το ύψος νερού σε mm αντιστοιχεί σε  $1 \text{ m}^3/\text{στρέμμα}$  ή  $10 \text{ m}^3/\text{Ha}$ .

Τι είναι υδατοικανότητα και ποιο το σημείο μόνιμης μαράνσεως?

Στον σχεδιασμό των αρδευτικών έργων η υδατοικανότητα αποτελεί το άνω όριο αποθήκευσης νερού στο έδαφος για χρησιμοποίηση από τις καλλιέργειες. Συνήθως αντιστοιχεί σε μύζηση 0.1 έως 0.5 bar με την πρώτη τιμή για ελαφρά εδάφη και τη δεύτερη για συνεκτικά.

Για τον καθορισμό της υδατοικανότητας στο εργαστήριο προτείνεται συνήθως να εφαρμόζεται στο εδαφικό δείγμα μύζηση 1/3 bar για εδάφη μέσης σύστασης.

Οι καλλιέργειες καταναλώνουν νερό από μια εδαφική ζώνη μέχρι ενός κατώτερου ορίου υγρασίας. Το κατώτερο αυτό όριο του διαθέσιμου εδαφικού νερού λέγεται *Σημείο Μόνιμης Μάρανσης* (Permanent Wilting Point, PWP). Όταν η υγρασία φθάσει στο σημείο μόνιμης μάρανσης τότε τα φυτά δεν μπορούν να ικανοποιήσουν τις ανάγκες τους οπότε η ανάπτυξη τους διακόπτεται και μαραίνονται.

Ποιο είναι το διαθέσιμο εδαφικό νερό. Χρησιμοποιούνε αυτό κατά το σχεδιασμό?

### 4.3.3 Διαθέσιμο Εδαφικό Νερό

*από την*

Το εδαφικό νερό, που είναι διαθέσιμο για τις καλλιέργειες, ορίζεται ως η διαφορά της υγρασίας που αντιστοιχεί στο σημείο μόνιμης μάρανσης από την υπάρχουσα εδαφική υγρασία. Αν η υγρασία που αντιστοιχεί σε ζώνη βάθους  $d$  (π.χ. ριζόστρωμα) εκφρασθεί σε ισοδύναμο ύψος νερού  $\theta_d$ , τότε το διαθέσιμο ύψος νερού δίδεται:

$$x_d = \theta_{dI} - \theta_{d, PWP} \quad \text{όπου} \quad \theta_{d, PWP} < \theta_{dI} < \theta_{d, FC} \quad (4.11)$$

*από την*

Αν η εδαφική υγρασία στη ζώνη βρίσκεται στην υδατοϊκανότητα ( $\theta_{h, FC}$ ) τότε η διαθέσιμη υγρασία  $x$  παίρνει την μέγιστη της τιμή  $x_0$ :

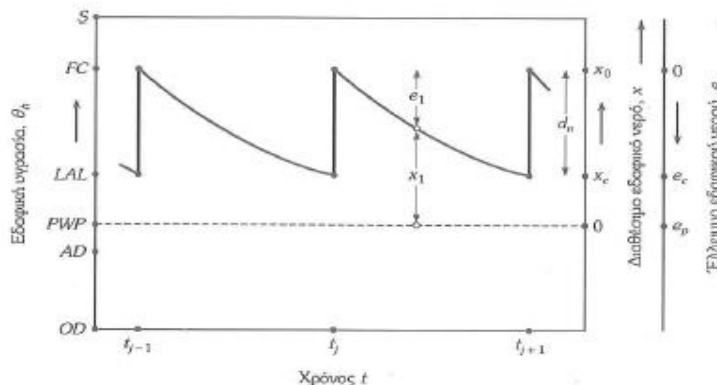
$$x_0 = \theta_{d, FC} - \theta_{d, PWP} \quad (4.12)$$

Προφανώς η διαθέσιμη εδαφική υγρασία είναι μηδενική όταν η εδαφική υγρασία βρίσκεται στο σημείο μόνιμης μάρανσης.

Όσον αφορά τη μηχανική σύσταση των εδαφών τονίζεται ότι όσο συνεκτικότερα είναι αυτά τόσο μεγαλύτερη είναι η μέγιστη διαθέσιμη υγρασία  $x_0$ .

όχι. Θωρώ ως εύρος σχεδιασμού μικρότερο (υπέρ της ασφαλείας) μεταξύ της μέγιστης υδατοϊκανότητας και του ελάχιστου επιτρεπόμενου ορίου μείωσης της υγρασίας που καθορίζεται με βάση το διαθέσιμο εδαφικό νερό και την καλλιέργεια.

Στο Σχήμα 4.4 φαίνεται επίσης η αντιστοιχία των τιμών  $\theta_h$ ,  $x$ , και  $e$ . Το ελάχιστο επιτρεπόμενο όριο μείωσης της υγρασίας (Lower Allowable Limit, LAL), που αναφέρεται στο σχήμα, είναι εξαιρετικά σημαντική παράμετρος για τον σχεδιασμό των αρδευτικών δικτύων και τον προγραμματισμό των αρδεύσεων. Το όριο αυτό αποτελεί κατά ένα τρόπο ένα συντηλεστή ασφαλείας για τις καλλιέργειες ώστε η περιεχόμενη υγρασία να μην υπάρχει κίνδυνος να κατέλθει στο επίπεδο του σημείου της μόνιμης μάρανσης με άμεσο κίνδυνο για την παραγωγή. Ανάλογα με την ανθεκτικότητα των καλλιεργειών στην έλλειψη νερού (αγρονομικά στοιχεία) και την αξία της παραγωγής (οικονομικά στοιχεία) εκλέγεται το ελάχιστο επιτρεπόμενο όριο διαθέσιμης υγρασίας, που αντιστοιχεί σε διαθέσιμο ύψος νερού,  $x_c$ . Συνήθως  $0.25 x_0 < x_c < 0.80 x_0$ . Οι πιο συνήθεις τιμές του λόγου  $x_c/x_0$  είναι 1/4, 1/3, 1/2 και 2/3.



Σχ. 4.4: Τυπική μεταβολή της μέσης διαθέσιμης εδαφικής υγρασίας στο ριζόστρωμα με την εφαρμογή των αρδεύσεων στους χρόνους  $t_{j-1}$ ,  $t_j$  και  $t_{j+1}$  με θεαρητικώς απαιτούμενο ύψος νερού  $d_n = e_c$ .

### Τι είναι η καθαρή δόση άρδευσης?

Είναι το ισοδύναμο ύψος εδαφικού νερού που εκφράζει τη μέγιστη υδατοϊκανότητα μείον το σημείο ελάχιστο επιτρεπόμενο ορίου μείωσης της υγρασίας για την καλλιέργεια.

### Η δόση άρδευσης (ή πραγματικό ύψος εφαρμογής) από τι εξαρτάται? Εξαρτάται και από το είδος της καλλιέργειας?

Επειδή κατά κανόνα υπάρχουν απώλειες κατά την άρδευση, που από το ένα μέρος εξαρτώνται από τις εδαφικές και ατμοσφαιρικές συνθήκες και από το άλλο από τη μέθοδο εφαρμογής, το πραγματικό ύψος εφαρμογής  $d$  είναι συνήθως μεγαλύτερο από το θεωρητικά απαιτούμενο και υπολογίζεται από τη σχέση:

$$d = \frac{d_n}{E_a} \quad (4.15)$$

όπου  $E_a$  είναι ο συντελεστής απόδοσης κατά την εφαρμογή που κυμαίνεται κάτω από συνθήκες συνθήκες από 0.60 έως 0.90. Το πραγματικό ύψος εφαρμογής είναι γνωστό ως *δόση άρδευσης*. Όσο αφορά στις διαστάσεις των μεγεθών  $x$ ,  $e$ ,  $d_n$  και  $d$  όλα εκφράζονται σε μονάδες μήκους και κατά προτίμηση σε mm.

Η δόση άρδευσης εξαρτάται κύρια από το είδος του εδάφους και δευτερευόντως από την καλλιέργεια (βλ. ύψος ριζοστρώματος και ελάχιστο επιτρεπόμενο όριο μείωσης της υγρασίας). Επίσης από το δίκτυο και την πρακτική αρδεύσεων ( $E_a$ ).

### Τι είναι το εύρος άρδευσης?

Ο χρόνος που απαιτείται για τον καταβιβασμό της υγρασίας από  $x_0$  έως την  $x_c$  υπολογίζεται με τη χρησιμοποίηση του μέσου ημερήσιου ύψους αναγκών  $IR_n$ . Αν η εξίσωση (6.127) λυθεί ως προς  $\Delta t$  λόγω της εξίσωσης (6.128) δίνει

$$T = \frac{x_0 - x_c}{IR_n} = \frac{d_n}{IR_n} \quad (6.129)$$

**Πρακτικά επιλέγουμε ο χρόνος μεταξύ δύο ποτισμάτων να είναι ίσος με το εύρος άρδευσης.**

### Τι είναι δυναμική εξατμισοδιαπνοή? Ποια είναι η κύρια παράμετρος που την επηρεάζει?

*Δυναμική εξατμισοδιαπνοή: Εξατμισοδιαπνοή σε συνθήκες άπειρης επάρκειας νερού, και χωρίς εμπόδια στην ανάπτυξη του φυτού.*

*Ισχυρή εξάρτηση (και όχι μόνο) από θερμοκρασία.*

## Τι είναι ενεργός βροχόπτωση? Μία καλοκαιρινή βροχή μεγάλου ύψους κατά πόσο ανακουφίζει τις ανάγκες?

γειών. Η ενεργός βροχόπτωση είναι το μέρος εκείνο της βροχόπτωσης που εισχωρεί στο ριζόστρωμα και χρησιμοποιείται από τις καλλιέργειες για την ανάπτυξή τους. Προφανώς η ενεργός βροχόπτωση εξαρτάται από ένα πλήθος παραγόντων, οι κυριώτεροι από τους οποίους είναι:

- το ύψος και η ένταση βροχόπτωσης
- η αποθηκευτικότητα του ριζοστρώματος της καλλιέργειας
- η κατάσταση της επιφάνειας του εδάφους (ξηρό έδαφος, φύλλωμα δένδρων)
- η διηθητικότητα του εδάφους
- το έλλειμα υγρασίας πριν τη βροχόπτωση που καθορίζεται από το καθεστώς της υγρασίας (αρδευόμενες περιοχές)
- η εξάτμιση.

Από ένα σημείο και πέρα το ύψος βροχής μετατρέπεται κυρίως σε απορροή και επομένως, δε λαμβάνεται υπόψη στην ενεργό βροχόπτωση.

Το παραπάνω είναι περισσότερο εμφανές στην παρακάτω εμπειρική μέθοδο προσδιορισμού της ενεργούς βροχόπτωσης:

Η μέθοδος που προτάθηκε από την υπηρεσία Bureau of Reclamation των ΗΠΑ (Stamm, 1967) φαίνεται στον Πίνακα 6.4 και αναφέρεται σε μηνιαίες τιμές. Η μέθοδος είναι κατάλληλη για περιοχές ξηρού και ημίξηρου κλίματος.

**Πίν. 6.4:** Υπολογισμός της μηνιαίας ενεργού βροχόπτωσης (Μέθοδος U.S. Bureau of Reclamation)

| Μηνιαία βροχόπτωση<br>(κατά κλάσεις) | Ποσοστό ενεργού βροχόπτωσης<br>(κατά κλάσεις) |
|--------------------------------------|---|
| mm                                   | %   |
| 0.0 - 25.4                           | 90 - 100                                      |
| 25.4 - 50.8                          | 85 - 95                                       |
| 50.8 - 76.2                          | 75 - 90                                       |
| 76.2 - 101.6                         | 50 - 80                                       |
| 101.6 - 127.0                        | 30 - 60                                       |
| 127.0 - 152.4                        | 10 - 40                                       |
| > 152.4                              | 0 - 10  |

## Πως το εύρος άρδευσης εξαρτάται από τη θερμοκρασία?

- Η δόση άρδευσης μικραίνει όσον αυξάνουν οι ανάγκες (παρανομαστής κλάσματος) επομένως εξαρτάται από τις κλιματικές συνθήκες και την καλλιέργεια (ανάγκες σε νερό). Πρακτικά αυτό σημαίνει συχνότερο πότισμα στο μήνα
- Επιπλέον εξαρτάται από την υδατοϊκανότητα του εδάφους και από την καλλιέργεια (βάθος ριζοστρώματος, ελάχιστο όριο μείωσης υγρασίας)



- Το εύρος αρδεύσεως διαφέρει από καλλιέργεια σε καλλιέργεια, και από μήνα σε μήνα. Για τα Ελληνικά δεδομένα το μικρότερο εύρος άρδευσης (άρα και δυσμενέστερο) είναι συχνά το μήνα Ιούλιο.

### **Πως επηρεάζει η θερμοκρασία την παροχή σχεδιασμού σε ένα υδροστόμιο για ένα αγροτεμάχιο?**

Η θερμοκρασία καθορίζει τις ανάγκες και άρα το εύρος άρδευσης, δηλαδή το χρόνο μεταξύ δύο ποτισμάτων. Για μεγάλη θερμοκρασία προκύπτουν μικρά εύρη (πιο συχνό πότισμα). Επομένως σε ένα αγροτεμάχιο μπορεί να μην επαρκεί ο χρόνος ποτίσματος με μία γραμμή άρδευσης και να τοποθετούνται δύο ή και τρεις γραμμές άρδευσης που θα λειτουργούν ταυτόχρονα ώστε ο συνολικός χρόνος ποτίσματος να είναι μικρότερος από το εύρος άρδευσης, διπλασιάζοντας ή και τριπλασιάζοντας έτσι την παροχή σχεδιασμού με βάση την παροχή του αγωγού εφαρμογής.

---

### **Δίκτυα καταιονισμού**

**Να αναφερθούν τα είδη σωλήνων που χρησιμοποιούνται σε ένα ατομικού και σε ένα συλλογικό δίκτυο καταιονισμού.**

Αγροτεμάχιο:

- Γραμμή άρδευσης: Ταχυσύνδετοι σωλήνες.
- Κύρια γραμμή άρδευσης: Ταχυσύνδετοι σωλήνες η PVC.

Συλλογικό δίκτυο: PVC, 10-12 atm, υπόγειοι.

### **Πως προκύπτει η παροχή σχεδιασμού σε ένα αγωγό εφαρμογής (ή γραμμή άρδευσης)?**

Η παροχή σχεδιασμού σε ένα αγωγό εφαρμογής είναι ίση με την παροχή (από φυλλάδια εμπορικών εταιριών) κάθε εκτοξευτήρα επί τον αριθμό των εκτοξευτήρων.

### **Πως προκύπτει η παροχή σχεδιασμού στη κύρια γραμμή εφαρμογής?**

Η παροχή σχεδιασμού στην κύρια γραμμή άρδευσης δεν είναι σταθερή. Θα πρέπει να θεωρηθούν διάφορα σενάρια. Θα πρέπει να γνωρίζουμε πόσες γραμμές εφαρμογής λειτουργούν ταυτόχρονα. Τελικά, επιλέγεται το δυσμενέστερο σενάριο για το σχεδιασμό κάθε τμήματος με επιπρόσθετο κριτήριο την απλότητα.

### **Πως προκύπτει η παροχή σχεδιασμού στο υδροστόμιο ή πιο γενικά στην αρχή του αγροτεμαχίου?**

Είναι η παροχή της γραμμής άρδευσης επί των αριθμό των γραμμών αρδεύσεως που λειτουργούν ταυτόχρονα.

**Πόσος είναι ο χρόνος παραμονής της γραμμής άρδευσης σε μια θέση?**

$$t = \frac{d}{r}$$

**Πως προσδιορίζεται ο αριθμός των γραμμών άρδευσης που λειτουργούν ταυτόχρονα?**

Από το χρόνο παραμονής σε μία θέση για τη γραμμή άρδευσης προσδιορίζεται ο χρόνος που απαιτείται για να ποτιστεί όλο το αγροτεμάχιο. Ελέγχεται αν ο χρόνος αυτός είναι μικρότερος από το εύρος άρδευσης. Επομένως, σε ένα αγροτεμάχιο μπορεί να μην επαρκεί ο χρόνος ποτίσματος με μία γραμμή άρδευσης και να τοποθετούνται δύο ή και τρεις γραμμές άρδευσης που θα λειτουργούν ταυτόχρονα ώστε ο συνολικός χρόνος ποτίσματος να είναι μικρότερος από το εύρος άρδευσης, διπλασιάζοντας ή και τριπλασιάζοντας έτσι την παροχή σχεδιασμού με βάση την παροχή του αγωγού εφαρμογής.

**Ποιο είναι το κριτήριο Christainsen και πως προέκυψε? (χωρίς απόδειξη), που εφαρμόζεται**

Επειδή οι εκτοξευτήρες μιας γραμμής αρδεύσεως λειτουργούν με διαφορετικό πιεζομετρικό φορτίο ο καθένας θα υπάρχει μια διακύμανση παροχών των εκτοξευτήρων κατά μήκος της γραμμής. Η παροχή από εκτοξευτήρα που λειτουργεί με πιεζομετρικό φορτίο  $H$  είναι :

$$q = C \cdot a \sqrt{2gH} \quad (7.35)$$

όπου  $q$  = η παροχή του εκτοξευτήρα  
 $a$  = το εμβαδόν του ακροφυσίου  
 $H$  = το πιεζομετρικό φορτίο και  
 $C$  = συντελεστής που εξαρτάται από τις συνθήκες στην είσοδο του ακροφυσίου  $C = 0.97 \approx 0.99$

Με βάση την Εξ. 4.35 και θεωρώντας όμοιους εκτοξευτήρες προκύπτει η ακόλουθη Εξίσωση.

$$\frac{q_i}{q_1} = \left( \frac{H_i}{H_1} \right)^{1/2} \quad (7.36)$$

όπου  $q_i$  και  $q_1$  = η παροχή του  $i$  και του τελευταίου εκτοξευτήρα (αρίθμηση από το τέλος της γραμμής),  
 $i = 1(1)N_s$   
 $H_i$  και  $H_1$  = το πιεζομετρικό φορτίο στον  $i$  και τον τελευταίο εκτοξευτήρα.

Σύμφωνα με το κριτήριο του Christiansen η διακύμανση της πίεσης κατά μήκος μιάς γραμμής αρδεύσεως δεν πρέπει να υπερβαίνει το 20%. Από την Εξ.7.36 εύκολα προκύπτει ότι η διακύμανση της πίεσης κατά 20% κατά μήκος της γραμμής αρδεύσεως αντιστοιχεί με διακύμανση της παροχής κατά 10%.

**Άρα επιθυμείται οι απώλειες να είναι μικρότερες από 20% της πίεσης λειτουργίας, επομένως, και η διακύμανση της παροχής στους εκτοξευτήρες να είναι μικρότερη από 10%**

**Σε ποιο αποκλειστικό μέρος του δικτύου καταιονισμού εφαρμόζεται ο διορθωτικός συντελεστής F?**

Μόνο στον αγωγό εφαρμογής, είναι ένας μειωτικός συντελεστής για την εύρεση των απωλειών ενέργειας γιατί θεωρούμε σταθερή παροχή ενώ η παροχή μειώνεται κατά μήκος του αγωγού εφαρμογής.

**Για δεδομένη παροχή και μήκος από τι εξαρτώνται οι γραμμικές απώλειες?**

Από τη διάμετρο και από το είδος του σωλήνα (βλπ. τραχύτητα → f)

Οι Darcy - Weisbach κατέληξαν στην παρακάτω σχέση που αποδίδει το γραμμικό ύψος απωλειών  $h_f$ , συνάρτηση του συντελεστή τριβής  $f$ , της διαμέτρου του αγωγού, του μήκους του αγωγού και της ταχύτητας:

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g}, \quad (2.9)$$

ή ισοδύναμα θέτοντας όπου  $Q = V \cdot A = V \cdot \pi(D/2)^2$

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{Q^2}{2g(\pi D^2/4)^2},$$

ή ισοδύναμα:

$$h_f = \frac{8fL}{g\pi^2 D^5} Q^2$$

Οπότε  $f = f(k/D)$  (με,  $k/D$ ) = συντελεστής τριβής αδιάστατος αριθμός,

$Q$  = παροχή ( $m^3/s$ ),

$V$  = ταχύτητα ( $m/s$ ),

$L$  = μήκος του αγωγού για το οποίο προσδιορίζονται οι απώλειες (m) και

$D$  = (εσωτερική) διάμετρος του αγωγού (m).

Με τον όρο αντίσταση του αγωγού εννοείται η ποσότητα:

$$R = \frac{8fL}{g\pi^2 D^5} \quad (2.10)$$

Οπότε:

$$h_f = RQ^2 \quad (2.11)$$



### Πως λαμβάνονται υπόψη οι τοπικές απώλειες ενέργειας σε δίκτυα καταιονισμού?

- Δεν προσδιορίζω τις περισσότερες από τις τοπικές απώλειες ενέργειας πρακτικά αδύνατο, αλλά κάνω μία υπόθεση (π.χ. 10% επί των γραμμικών)
- Έμμεσα και από την προσαύξηση της τραχύτητας.

### Πως προσδιορίζονται οι συνολικές απώλειες ενέργειας?

Οι συνολικές απώλειες φορτίου υπολογίζονται ως το άθροισμα των επί μέρους γραμμικών και των τοπικών απωλειών καθ'όλο το τμήμα της σωληνώσεως.

$$h = \Sigma h_f + \Sigma h_m \quad (7.24)$$

Οι τοπικές απώλειες μπορούν να λαμβάνονται σάν ποσοστό των γραμμικών απωλειών φορτίου. Για τις συνήθεις συνθήκες οι τοπικές απώλειες είναι της τάξεως του 10% των γραμμικών απωλειών. Συνεπώς οι συνολικές απώλειες φορτίου μπορούν να υπολογισθούν χονδρικά

$$\left| h = 1.10 \Sigma h_f \right| \quad (7.25)$$

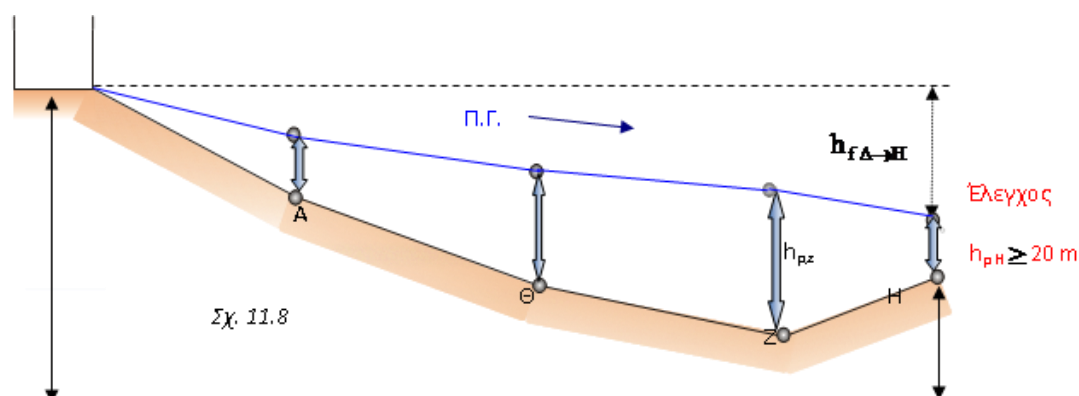
### Για σταθερή διάμετρο και παροχή ενός κλειστού αγωγού η ροή είναι ομοιόμορφη η όχι?

Ναι, γιατί η ταχύτητα παραμένει σταθερή για δεδομένη παροχή και διάμετρο ώστε να επαληθεύεται η αρχή διατήρηση της μάζας σε μόνιμη ροή.

### Σε κλειστούς αγωγούς πως προσδιορίζεται η πίεση?

Από τη **διατήρηση της ενέργειας** και από το υψόμετρο εδάφους.

Ύψος πίεσης σε ένα σημείο: από τη στάθμη εδάφους (για τον άξονα του αγωγού) έως τη γραμμή ενέργειας σε αυτό το σημείο



Πως προσδιορίζεται η πίεση στην αρχή του αγωγού εφαρμογής?

**Σε γραμμή άρδευσης**

**Όπου  $H = h_{p,B}$**   
 Δε θέλω μεγάλη διακύμανση πιέσεων στον αγωγό εφαρμογής  
 Ηγ ύψος ανοδικού σωλήνα (απόφαση μηχανικού)

$$H_L \left( = h_{p,L} = \frac{p_L}{\rho g} \right) = \underset{= h_{p,B} = \frac{p_B}{\rho g}}{H} + h_r + 0.75 h_{f,L \rightarrow B} \mp 0.5 \Delta z$$

**Γιατί στα δίκτυα καταιονισμού συνήθως απαιτείται αντλία?**

Γιατί στα δίκτυα καταιονισμού υπάρχει σημαντική απαίτηση πίεσης στα υδροστόμια, ενώ το ανάγλυφο είναι συνήθως περίπου επίπεδο.

**Ποια είναι η προσέγγιση που γίνεται στο μάθημα για το ύψος κινητικής ενέργειας και ποια η επίπτωση για την πιεζομετρική γραμμή?**

- Ταχύτητα περίπου 0.5-1.5 m/s
- Σημαντικό ύψος πίεσης.
- Αμελητέο ύψος κινητικής ενέργειας σε σχέση με τους άλλους όρους  **$\Pi.G \approx \Gamma.E$**

$\Pi.G. = z + p/\rho g, \quad \Gamma.E. = z + p/\rho g + v^2/2g$

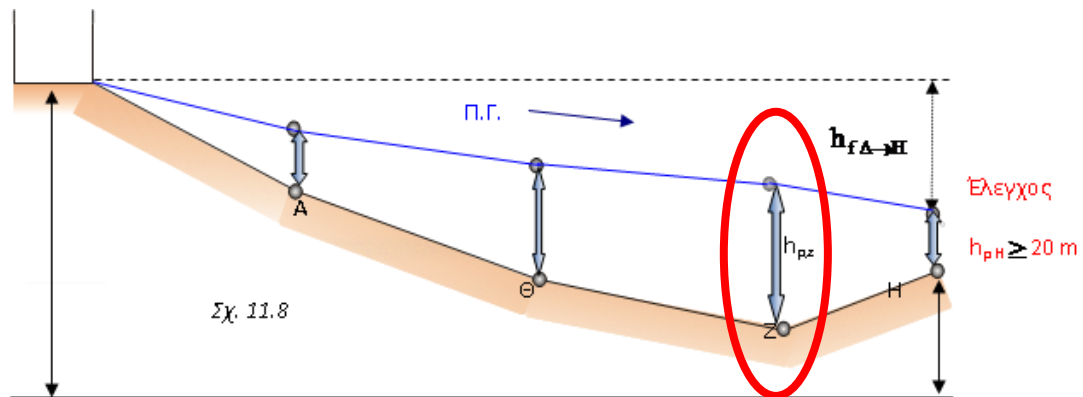
**Κατά τη φορά κίνηση του νερού η γραμμή ενέργειας μπορεί να αυξηθεί?**

όχι (εκτός αν υπάρχει αντλία).

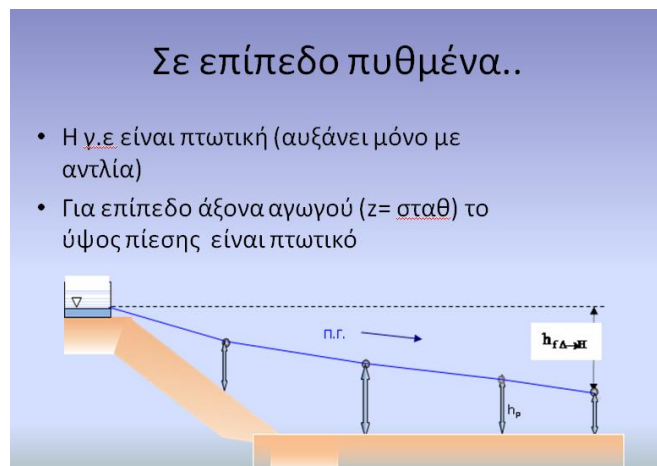
- Γραμμή ενεργείας: ο γεωμετρικός τόπος του ύψος θέσης, αθροισμένου με το ύψος πίεσης και του ύψος κινητικής ενέργειας
- **Πάντοτε πτωτική από τη διατήρηση της ενέργειας**
- Δεν ισχύει πάντα το ίδιο για την Π.Γ. (βλπ. Επ. μάθημα)
- Σε εγγειοβελτιωτικά  $\Gamma.E = \Pi.G.$  πτωτική, άρα και η Π.Γ. πτωτική.

Κατά τη φορά κίνηση του νερού η πίεση μπορεί να αυξηθεί (γενικά)?

Ναι, σε χαμηλά σημεία η πίεση μπορεί και να αυξάνεται, μολονότι η γραμμή ενέργειας είναι πάντα πτωτική



Κατά τη φορά κίνηση του νερού η πίεση μπορεί να αυξηθεί αν ο πυθμένας του αγωγού είναι οριζόντιος?



ΌΧΙ.

Η ύπαρξη ανωφέρειας κατά την κίνηση του νερού δρα ανακουφιστικά η επιβαρυντικά για το ύψος πίεσης ανάντη?

Δρα επιβαρυντικά.

Τι είναι το ύψος αντλίας και ποια η σύνδεση με την απαραίτητη ισχύς?

$$\text{ύψος αντλίας} = h_p = \frac{\dot{W}_p}{\dot{m}g} = \frac{\text{έργο/χρόνος από την αντλία στη ροή}}{\text{βάρους/χρόνος του ρέοντος ρευστού}}$$

**Πρακτικά: ενέργεια σε μονάδες μήκους.**

Υψος αντλίας προστίθεται ισχύς στο ρευστό (μοναδική απότομη περίπου σημειακή άνοδος της Γ.Ε. κλειστών αγωγών)

Το ύψος αντλίας είναι περίπου ίσο με το μανομετρικό.

**ΑΔΕ:**

$$H_A + H_M = \left( +1.1 \cdot \frac{h_f}{\text{γραμμικές απώλειες, 1} \rightarrow \text{L}} \right) + H_{\text{ανάντη αγωγόεφαρμογής}} \Leftrightarrow$$

δυσμενέστερη διατομή H<sub>L</sub> + z<sub>L</sub>

$$H_M = \left( H_L + z_L \right) - z_1 + \left( +1.1 \cdot \frac{h_f}{\text{γραμμικές απώλειες, 1} \rightarrow \text{L}} \right) =$$

δυσμενέστερη διατομή

$$= H_L + \Delta z_{1 \rightarrow L} + \left( +1.1 \cdot \frac{h_f}{\text{γραμμικές απώλειες, 1} \rightarrow \text{L}} \right)$$

δυσμενέστερη διατομή

## Ισχύς αντλητικού συγκροτήματος

Η απαιτούμενη ισχύς του αντλητικού συγκροτήματος προσδιορίζεται από τη σχέση:

όπου:  $N$  η ισχύς της αντλίας (KW),  
 $Q$  η παροχή της γεώτρησης (m<sup>3</sup>/s),  
 $H_M$  το μανομετρικό ύψος (m), και  
 $n$  ο βαθμός απόδοσης του αντλητικού συγκροτήματος  
 (εξαρτάται από σύστημα άντλησης σ-π, αντλίες, συντήρηση).

$$N = \frac{9.81 \cdot Q \cdot H_M}{n}$$

Η απορροφούμενη ισχύς του αντλητικού συγκροτήματος είναι 15% μεγαλύτερη, δηλαδή  $N' = 1.15 \times N$  (Τσακίρης, 2002)

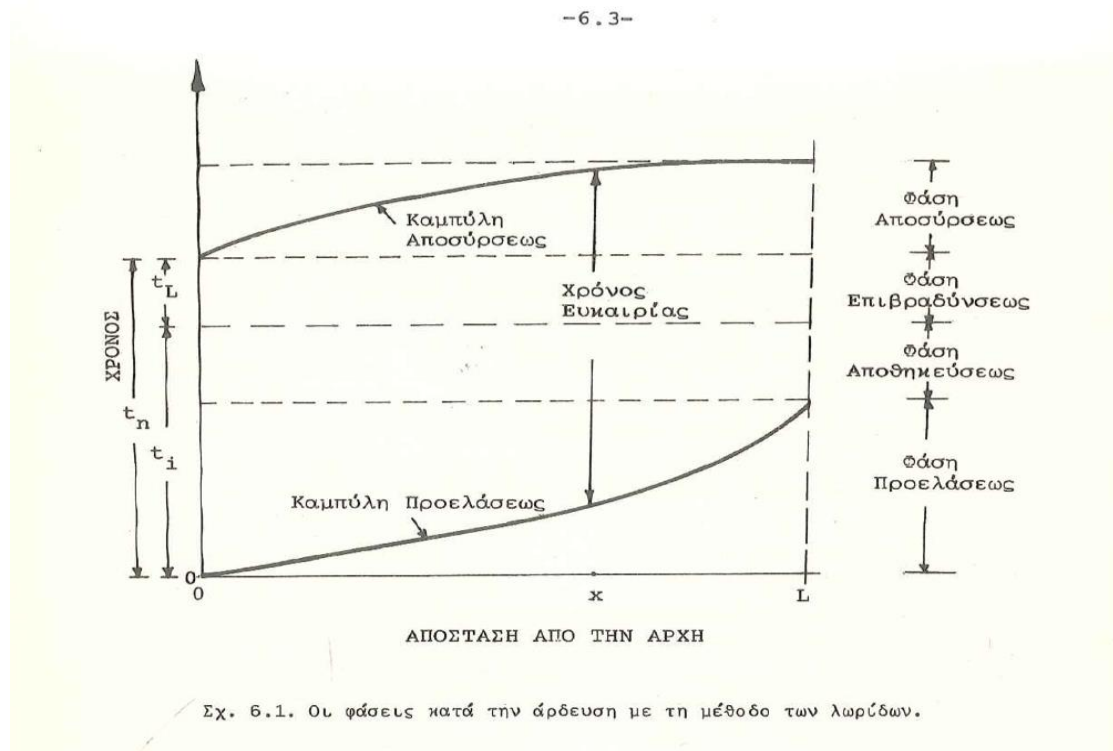
**Ποια συνθήκη εξασφαλίζει στα δίκτυα καταιονισμού ότι η πραγματική διήθηση είναι ίση με την ένταση τεχνητής βροχής?**

σε καταιονισμό  
 Επιθυμώ  $r \leq 1$

## Επιφανειακές μέθοδοι άρδευσης

Ποιος ο χρόνος ευκαιρίας σε επιφανειακές μεθόδους ΑΡΔΕΥΣΗΣ? Είναι αυτός ίσος με το χρόνο ποτίσματος?

Χρόνος ευκαιρίας: χρόνος μεταξύ καμπύλης προσελάσεως και απόσυρσης. Χρόνος που διατίθεται το νερό για άρδευση («σε αυτό το χρόνο ποτίζεται το ριζόστρωμα», τη Ποτίζω «πιο λίγο». Χρόνος ευκαιρίας-χρόνος επιβράδυνσης = διάρκεια άρδευσης, τα  $t_i = t_n - t_L$

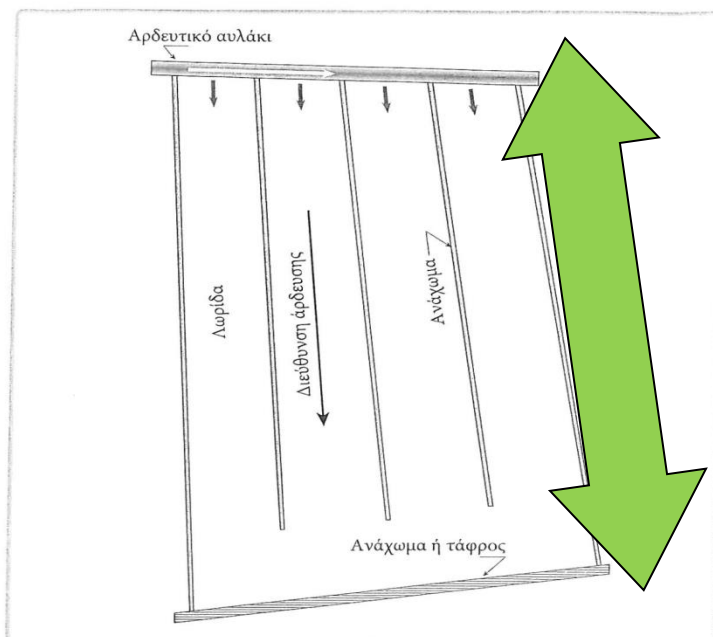


Ποιο είναι το κρίσιμο σχεδιαστικό μέγεθος και πως υπολογίστηκε στο θέμα για την άρδευση σε λωρίδες?

Το μήκος της λωρίδας. Από πίνακες με βάση τη βιβλιογραφία.

Πιν. 6.3 Τυπικές συνδυασίες των βασικών παραμέτρων της μεθόδου των λωρίδων.

| Τύπος εδάφους | Κλίση, S <sub>0</sub><br>(m/m) | Ύψος εφαρμογής<br>(mm) | Πλάτος λωρίδ.<br>(m) | Μήκος λωρίδ.<br>(m) | Παροχή<br>(lt/sec) |
|---------------|--------------------------------|------------------------|----------------------|---------------------|--------------------|
| Χονδρόκοκκο   | 0.0025                         | 50                     | 15                   | 150                 | 240                |
|               |                                | 100                    | 15                   | 250                 | 210                |
|               |                                | 150                    | 15                   | 400                 | 180                |
|               | 0.01                           | 50                     | 12                   | 100                 | 80                 |
|               |                                | 100                    | 12                   | 150                 | 70                 |
|               |                                | 150                    | 12                   | 250                 | 70                 |
|               | 0.02                           | 50                     | 10                   | 60                  | 35                 |
|               |                                | 100                    | 10                   | 100                 | 30                 |
|               |                                | 150                    | 10                   | 200                 | 30                 |
| Μέσο          | 0.0025                         | 50                     | 15                   | 250                 | 210                |
|               |                                | 100                    | 15                   | 400                 | 180                |
|               |                                | 150                    | 15                   | 400                 | 100                |
|               | 0.01                           | 50                     | 12                   | 150                 | 70                 |
|               |                                | 100                    | 12                   | 300                 | 70                 |
|               |                                | 150                    | 12                   | 400                 | 70                 |
|               | 0.02                           | 50                     | 10                   | 100                 | 30                 |
|               |                                | 100                    | 10                   | 200                 | 30                 |
|               |                                | 150                    | 10                   | 300                 | 30                 |
| Λεπτόκοκκο    | 0.0025                         | 50                     | 15                   | 400                 | 120                |
|               |                                | 100                    | 15                   | 400                 | 70                 |
|               |                                | 150                    | 15                   | 400                 | 40                 |
|               | 0.01                           | 50                     | 12                   | 400                 | 70                 |
|               |                                | 100                    | 12                   | 400                 | 35                 |
|               |                                | 150                    | 12                   | 400                 | 20                 |
|               | 0.02                           | 50                     | 10                   | 320                 | 30                 |
|               |                                | 100                    | 10                   | 400                 | 30                 |
|               |                                | 150                    | 10                   | 400                 | 20                 |



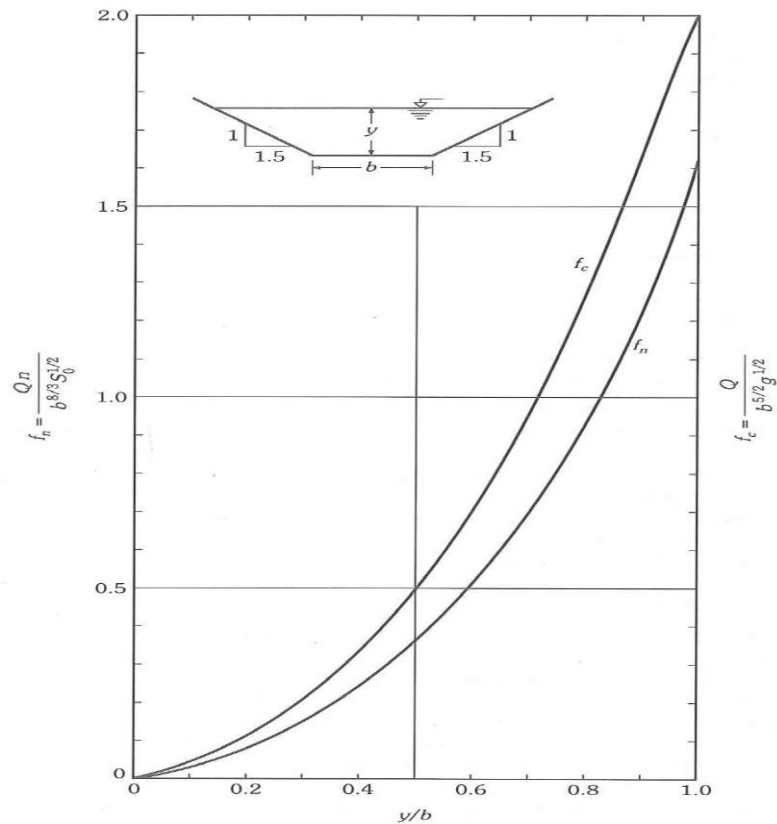
Σχήμα 9.6. Διάταξη άρδευσης με λωρίδες ή περιορισμένη διάχυση.

Γιατί οι επιφανειακές μέθοδοι άρδευσης είναι πιο υδροβόρες σε σχέση με τα δίκτυα καταιονισμού?

Για ποιο είδος ροής σε ποια εξίσωση και κρίσιμο για ποιο είδος διατομής εδράζεται η διαγραμματική επίλυση της δευτερεύουσας ροής στην άσκηση?



Για τραπεζοειδής διατομή με κλίση πρανών 1:1.5



Σχ. 8.11α: Συναρτήσεις αγωγιμότητας και κρίσιμης ροής τραπεζοειδούς διατομής  $z = 1.5 : 1$ .

$$\bar{f}_n = \frac{Q \cdot n}{S_0^{1/2} b_0^{8/3}}$$

$$\rightarrow f_c = \frac{Q}{\sqrt{g} \cdot b_0^{5/2}}$$

Από ποιες παραμέτρους εξαρτάται το κρίσιμο βάθος και πως προκύπτει η διαγραμματική επίλυση για τη συνάρτηση κρίσιμου βάθους?

$$\rightarrow f_c = \frac{Q}{\sqrt{g} \cdot b_0^{5/2}}$$

από την παροχή και τα γεωμετρικά στοιχεία της διατομής. Για τραπεζοειδη διατομή προκύπτει θέτοντας  $Fr = 1$  και με αδιαστατοποίηση

Ποια η σχέση ειδικής ενέργειας και κρίσιμου βάθους?

Το κρίσιμο βάθος αντιστοιχεί σε ελάχιστη ειδική ενέργεια όπου και ορίζεται  $Fr = 1$



Ειδική ενέργεια

- Ενέργεια ανά μονάδα βάρους του υγρού, σε μια διατομή, με επίπεδο αναφοράς τον πυθμένα του αγωγού ( $z=0$ )

$$E = y + \frac{v^2}{2g} = y + \frac{Q^2}{2gA^3}$$

Για  $y \rightarrow 0$ ,  $E \rightarrow \infty$ , για  $y \rightarrow \infty$ ,  $E \rightarrow y \rightarrow \infty$

$E \rightarrow \min$ , για  $y = y_c$  (κρίσιμο βάθος)

$$\frac{dE}{dy} = 0 \Rightarrow 1 - \frac{Q^2 B}{g A^3} = 0 \Rightarrow \boxed{\frac{Q^2 B}{g A^3} = 1 \text{ για } y = y_c}$$

- συζυγή βάθη ροής
- υποκρίσιμη, υπερκρίσιμη, κρίσιμη ροή

$$\frac{Q^2 B}{g A^3} = Fr^2 \Rightarrow \text{αριθμός Froude (Fr)}$$

$$Fr < 1 \Rightarrow \text{υποκρίσιμη ροή}$$

$$Fr > 1 \Rightarrow \text{υπερκρίσιμη ροή}$$

$$Fr = 1 \Rightarrow \text{κρίσιμη ροή}$$

$$\frac{Q^2 B}{g A^3} = 1 \quad \text{για } y = y_c \Rightarrow Q^2 = \frac{g A^3}{B} \Rightarrow Q = \sqrt{\frac{g A^3}{B}} \Rightarrow Q = \sqrt{g} A \sqrt{\frac{A}{B}}$$

$$f_c = A \sqrt{\frac{A}{B}} : \text{συνάρτηση κρίσιμης ροής}$$

Τι είδος ροή επιζητώ κατά το σχεδιασμό των διωρύγων?

Στα αρδευτικά δίκτυα επιζητώ σχεδιασμό με υποκρίσιμη ροή.

Στο θέμα ποια κατάσταση ροής θεωρήθηκε?

Μόνιμη Ομοιόμορφη ροή, βάθος ροής σταθερό.

Ποια είναι η βασική εξίσωση που στηρίχτηκε η διαγραμματική επίλυση στις διώρυγες?

Θωρώ ομοιόμορφη ροή (βάθος ροής σταθερό), επιλύω με βάση την εξίσωση του Manning,

$$\bar{f}_n = \frac{Q \cdot n}{S_0^{1/2} b_0^{8/3}}$$

Τι εκφράζει ο συντελεστής Manning?

Την τραχύτητα των τοιχωμάτων

### **Που εφαρμόζεται ο νόμος του Clement (1ος)?**

Για δίκτυα με ελεύθερη ζήτηση και ίδια παροχή στα υδροστόμια. Ο αριθμός των υδροστομίων που λειτουργούν ταυτόχρονα υπολογίζεται με βάση τη διωνυμική κατανομή (επιτυχία η αποτυχία, δεν μας ενδιαφέρει η σειρά της επιτυχίας) η οποία, *προσεγγίζεται με μία κανονική κατανομή*. Η κανονική κατανομή για μία ορισμένη πιθανότητα (ποιότητα λειτουργίας) μας δηλώνει ποιός είναι ο μέγιστος αριθμός των υδροστομίων που λειτουργούν ταυτόχρονα.

### **Ποια είναι η υποκειμενική επιλογή στο νόμο Clement?**

Η ποιότητα λειτουργίας.

### **Ισχύει η αρχή της συνέχειας σε επιφανειακά συλλογικά αρδευτικά δίκτυα?**

Κατά το σχεδιασμό (θεώρηση παροχών) δεν ισχύει υπό την έννοια ότι δε συμπίπτουν οι αγρότες στη συμπεριφορά τους σε κλίμακα αγρού π.χ. σε κλίμακα δικτύου. Προφανώς ισχύει στην πράξη.

### **Σε ομοιόμορφη ροή ανοικτού αγωγού πως μπορεί άμεσα να προσδιοριστεί η κλίση της γραμμής ενέργειας και η κλίση της ελεύθερης επιφανείας του νερού?**

Σε ομοιόμορφη ροή ανοικτών αγωγών η κλίση της γραμμής ενέργειας και η κλίση της ελεύθερης επιφανείας του νερού είναι ίσες με την κλίση του πυθμένα. Προφανώς αυτό δεν ισχύει στους κλειστούς αγωγούς.

## Μεταβολή της γραμμής ενέργειας σε ομοιόμορφη ροή σε ανοικτούς αγωγούς

Ομοιόμορφη ροή:

$$\frac{\partial V}{\partial x} = 0, \quad \frac{\partial y}{\partial x} = 0$$

Παραγωγή όρων ενέργειας κατά τη διεύθυνση της ροής, x

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{V^2}{2g} + z + y \right) = \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{V^2}{2g} \right) + \frac{\partial z}{\partial x} + \frac{\partial y}{\partial x} = \frac{\partial z}{\partial x} = -S_0 < 0$$

Ομοιόμορφη ροή → κλίση γραμμής ενέργειας = κλίση πυθμένα = κλίση ελεύθερης επιφάνειας

**Χρησιμοποιείται η θεωρία του κρίσιμου βάθους στους κλειστούς αγωγούς?**

**Απ. ΟΧΙ, μόνο σε ανοικτούς αγωγούς.**

**Ποια είναι η κατανομή της πίεσης σε μία διατομή σε ανοικτούς αγωγούς?**

Σε αντίθεση με τους κλειστούς αγωγούς η πίεση δεν είναι σταθερή σε μία διατομή, αλλά ακολουθεί υδροστατική κατανομή (για επιπέδους πυθμένες) . Έμμεσα λοιπόν, επηρεάζεται από τη διατήρηση της ενέργειας.

**Να εξηγηθούν οι μηκοτομές του συλλογικού επιφανειακού δικτύου.**

**Γιατί λιμνάζει το νερό στις επιφανειακές μεθόδους άρδευσης?**

Γιατί η ένταση τεχνητής βροχής είναι μεγαλύτερη από τη δυνητική διηθητικότητα. Αυτό επιδιώκεται ώστε το νερό να κινείται κατάντη αλλά και να διηθείτε στο εξεταζόμενο σημείο ακόμη και για ένα χρόνο όταν θα τελειώσει ο χρόνος ποτίσματος.

**Τι είναι η ειδική παροχή και από τι εξαρτάται?**

Η ειδική παροχή άρδευσης του δικτύου ορίζεται ως η συνεχής παροχή σε L/s · στρέμμα (ή L/s · ha) της υπό άρδευση έκτασης στο σημείο εκτροπής ή γενικότερα στην αρχή του αρδευτικού δικτύου.

Η ειδική παροχή του δικτύου χρησιμοποιείται συνήθως για τον έλεγχο της επάρκειας μιας δεδομένης διαθέσιμης παροχής ή για τον καθορισμό του μεγέθους της έκτασης που μπορεί να αρδευθεί από τη διαθέσιμη παροχή. Πιο χρήσιμη για τη διαστασιολόγηση του δικτύου είναι η ειδική παροχή στο αγροτεμάχιο.

Η ειδική παροχή στο αγροτεμάχιο υπολογίζεται:

$$q_0 = \frac{IR_n}{3.6 t_d E_a} = \frac{IR}{3.6 t_d} \quad (\text{L/s} \cdot \text{στρέμμα}) \quad (6.131)$$

όπου  $IR_n$  : καθαρό ύψος αναγκών σε αρδευτικό νερό σε mm/ημέρα κατά το μήνα αιχμής

$IR$  : ύψος αναγκών σε αρδευτικό νερό σε mm/ημέρα κατά το μήνα αιχμής

$E_a$  : συντελεστής απόδοσης κατά την εφαρμογή

$t_d$  : αριθμός ωρών λειτουργίας του δικτύου ανά 24ωρο.

Αν δεν αναφέρεται ο αριθμός ωρών λειτουργίας συνήθως παίρνεται ίσος με 24 hr. Στο παρελθόν για την ασφαλή κάλυψη των αναγκών η ειδική παροχή στο αγροτεμάχιο πολλαπλασιάζετο με ένα συντελεστή προσαύξησης  $c$ , που για τις Ελληνικές συνθήκες ήταν από 1.10 έως 1.20.

Αν δεν αναφέρεται ο αριθμός των ωρών  $t_d = 24 \text{ hr}$ .  
 Συνήθως, για τις ελλ. δεδομένα δίνεται ένα συντελεστή προσαύξησης 1.10 - 1.20

$$q = c q_0 = (1.1 - 1.20) \cdot q_0$$

Οι ειδική παροχή καθορίζεται από τις ημερήσιες ανάγκες σε νερό της καλλιέργειας (θεωρούμε ότι οι ημερήσιες ανάγκες παρέχονται με συνεχή τρόπο στο ημερήσιο χρόνο λειτουργίας του δικτύου) και από το συντελεστή απόδοσης (επομένως, από τη γεωργική πρακτική αλλά και την κατάσταση του αρδευτικού δικτύου).

Στο θέμα θεωρήθηκε ένα σταθμισμένο άθροισμα ειδικών παροχών γιατί είχαμε διαφορετικές καλλιέργειες.

**Ποια είναι τα συστήματα άρδευσης ως προς τη θεώρηση της παροχής?**



## Συστήματα άρδευσης

- Συνεχούς ροής
- Εκ περιτροπής
- Με ελεύθερη ζήτηση
  
- Μείξη (π.χ. περιορισμένη ζήτηση, ελεύθερη ζήτηση αλλά ορισμένες ημέρες της εβδομάδας)

- Συνεχούς ροής (χρησιμοποιήθηκε στα συλλογικά επιφανειακά δίκτυα βλπ. ειδική παροχή κτλ...)
- Εκ περιτροπής (τελευταία μαθήματα)
- Με ελεύθερη ζήτηση (χρησιμοποιήθηκε στα συλλογικά δίκτυα καταιονισμού βλπ. Εξίσωση Clement, παροχή υδροστομίουκτλ...)

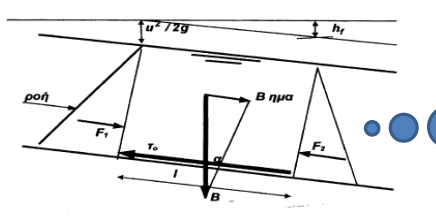
## Διδάχτηκαν αναλυτικά

- **Επιφανειακά συστήματα άρδευσης:**
  - επιφανειακά συστήματα άρδευσης (άρδευσης με λωρίδες στο αγροτεμάχιο)
  - Συλλογικά επιφανειακά δίκτυα, συνεχής ροή (θέμα)
- **Δίκτυα καταιονισμού:**
  - Άρδευση στο αγροτεμάχιο με ταχυσύνδετους σωλήνες
  - Ατομικά δίκτυα (άσκηση)
  - Συλλογικά, άρδευση εκ περιτροπής (θέμα)
- **Επιφανειακά συστήματα άρδευσης, αλλά άρδευση εκ περιτροπής (στις τελευταίες παραδόσεις)**

## Ανοικτοί και κλειστοί αγωγοί κατά το σχεδιασμό του θέματος

- **Ανοικτοί:** Ομοιόμορφη ροή, βάθος ροής σταθερό, υδροστατική κατανομή της πίεσης, οι δυνάμεις λόγω πίεσης εξουδετερώνονται σε ομοιόμορφη ροή
- Κλίση ενέργειας = κλίση ελεύθερας επιφανείας = κλίση εδάφους (για ομοιόμορφη ροή)
- Αίτιο κίνησης σε ομοιόμορφη ροή η οριζόντια συνιστώσα του βάρους
- Ήπιες κατηφορικές κλίσεις
- Πίεση: Με βάση την εξίσωση ενέργειας και το ανάγλυφο
- Κλίση ενέργειας, από γραμμικές απώλειες
- Αίτιο κίνησης σε ομοιόμορφη ροή η συνιστώσα λόγω πίεσης και βάρους
- Με αντλία κατανικάται κάθε ανάγλυφο (σχεδόν)
- Μπορούν να κατανικηθούν υψομετρικές διαφορές

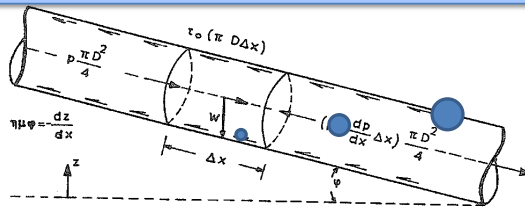
**Μόνιμη Ομοιόμορφη ροή, ανοικτοί αγωγοί:** Ομοιόμορφη ροή όταν το ύψος ροής παραμένει σταθερό που είναι ταυτόσημο με τη θεώρηση σταθερής ταχύτητας → β' νόμος του Νεύτωνα → άθροισμα δυνάμεων μηδέν, ισορροπία μεταξύ της οριζόντιας συνιστώσας του βάρους με τη δύναμη αντίστασης στη ροή λόγω τριβής



Σχήμα 4.1 Όγκος ελέγχου για την απόδειξη της εξισώσεως της ομοιόμορφου ροής

Εφόσον το ύψος ροής παραμένει το ίδιο (κανονικό βάθος ροής) και για υδροστατική κατανομή της πίεσης, οι δυνάμεις από πίεση στον όγκο ελέγχου αλληλοεξουδετερώνονται

**Μόνιμη Ομοιόμορφη ροή, κλειστοί αγωγοί:** Διατήρηση της ορμής σε κυκλικό αγωγό υπό πίεση με μόνιμη ροή, σταθερή διατομή → **σταθερή ταχύτητα (άρα για σταθερή διατομή έχω ομοιόμορφη ροή)**, β' νόμος του Νεύτωνα → άθροισμα δυνάμεων μηδέν, ισορροπία μεταξύ των δυνάμεων πίεσης και βάρους με τη δύναμη αντίστασης λόγω τριβής (για οριζόντιο αγωγό ισορροπία μεταξύ δυνάμεων τριβής και πίεσης)



Απειροστός όγκος ελέγχου, η πίεση σταθερή σε όλο το ύψος της διατομής, διαφέρει κατά τον άξονα της ροής από θέση σε θέση

## Επιπρόσθετες ερωτήσεις με βάση τη νέα ύλη και βασικά θέματα κρίσης

Πως επιτυγχάνεται ο ακριβής προσδιορισμός του φυτικού συντελεστή?

Απάντηση: Με βάση τα στάδια ανάπτυξης που είναι:

- Περίοδος εγκατάστασης της καλλιέργειας
- Περίοδος κύριας βλάστησης
- Περίοδος ανάπτυξης καρπού
- Περίοδος ωρίμανσης

Επειδή η θερμοκρασία και επομένως η δυντική εξατμισοδιαπνοή προσδιορίζονται ανά μήνα οι φυτικοί συντελεστές προσδιορίζονται ανά μήνα για κάθε καλλιέργεια: μεσοσταθμικά ανάλογα με τον αριθμό ημερών του κάθε σταδίου ανάπτυξης που αντιστοιχεί στο μήνα και το φυτικό συντελεστή του σταδίου ανάπτυξης

**Διαφορές στάγδην άρδευση με τον κλασικό καταιονισμό**

- Αυξημένος κόστος εγκατάστασης (μόνιμη εγκατάσταση) στη σ.α. (στάγδην άρδευση)
- Μειωμένο εργατικό κόστος (εφόσον ο αγρός ποτίζεται ταυτόχρονα σε αντίθεση με τον καταιονισμό που μία η περισσότερες γραμμές άρδευσης λειτουργούν ταυτόχρονα –όχι σε όλες τις θέσεις ταυτόχρονα –επομένως στον καταιονισμό χρησιμοποιούνται ταχυσύνδετοι σωλήνες αλουμινίου που στήνονται και ξεστήνονται)
- οικονομία στη δαπανώμενη ενέργεια με δεδομένο ότι οι απαιτούμενες πιέσεις είναι σημαντικά μικρότερες σ.α.
- Σημαντική εξοικονόμηση νερού, καθόλου απορροή, περιορισμός ζιζανίων, μη σημαντική επιρροή του ανέμου στη σ.α.
- Στη στάγδην άρδευση έχουμε μειωμένη εξατμισοδιαπνοή, γιατί μόνο μέρος του εδάφους υγραίνεται

## Στραγγίσεις

- Στράγγιση: συλλογή πλεονάζοντος νερού στην επιφάνεια ή το ριζόστρωμα
- Τάφρος: ανεπένδυτη διώρυγα για συλλογή πλεονάζοντος νερού στην επιφάνεια.  
Συλλέγει:
  - Πλεονάζον νερό άρδευσης

- Πλεονάζον νερό ραγδαία βροχής

Συνήθως δυσμενέστερη περίπτωση η δεύτερη (υδρολογικός σχεδιασμός για παροχή αιχμής). Στο μάθημα αναφέρθηκε η δεύτερη μόνο περίπτωση ως δυσμενέστερη.

- Ντραίνες: χρησιμοποιούνται για την απομάκρυνση νερού από το ριζόστρωμα και έλεγχο φρεατικής στάθμης

## Υδραυλικός υπολογισμός τάφρων, τα επίμαχα σημεία:

- Συνήθως **ανεπένδυτη** τραπεζοειδής διατομή
- Ως **ανεπένδυτη διατομή** θα πρέπει να υπάρξει έλεγχος **μέγιστης ταχύτητας** (νε βάση το υλικό της διατομής) για να μην υπάρξει κίνηση φερτών κα άρα μεταβολή της διατομής
- Διαστασιολόγηση θεωρώντας **ομοιόμορφη ροή** με χρήση της εξίσωσης του Manning (προσοχή χρήση συντελεστή manning για τάφρους)
- Εμπειρικός κανόνας κλειδί για τα **γεωμετρικά στοιχεία της διατομής**:

Όσον αφορά στην τιμή του λόγου πλάτους πυθμένα – βάθους ροής, το U.S. Bureau of Reclamation προτείνει την απλή εμπειρική σχέση:

$$y_0 / A^{1/2} = 0,5$$

όπου  $A = (by_0 + zy_0^2)$

Λύνοντας ως  $b/y_0 \rightarrow b/y_0 = 4 - z$

## Υδρολογικός σχεδιασμός τάφρων

Ο Υδρολογικός σχεδιασμός των τάφρων αν θεωρηθεί ότι δυσμενέστερη περίπτωση είναι η στράγγιση πλεοναζόντων νερών από τις χειμερινές βροχοπτώσεις (και όχι κατά την αρδευτική περίοδο) στηρίζεται στην **ορθολογική μέθοδο**. Η ορθολογική μέθοδος μας δίνει ένα μέτρο της μέγιστης απορροής λεκάνης απορροής (παροχή σχεδιασμού για στραγγίσεις), (εδώ αγροτεμαχίου) για μία συγκεκριμένη ένταση βροχής  $i$  (mm/h), επομένως μπορεί να ειπωθεί ως ένα μοντέλο **μετατροπής της βροχής σε απορροή**.

### Ορθολογική μέθοδος (τομή στην Υδρολογία)

Σύμφωνα με την Ορθολογική Μέθοδο η αιχμή της πλημμύρας υπολογίζεται από την ακόλουθη εξίσωση:

$$R_{\max} = 0.278 \cdot C \cdot r \cdot A \quad (11.19)$$

όπου:

- $R_{\max}$  = η αιχμή άμεσης απορροής,  $m^3/s$
- $C$  = ο συντελεστής απορροής (αδιάστατος) (Κεφ. 7)
- $r$  = η κρίσιμη ένταση της βροχής που προκύπτει από την όμβρια καμπύλη για διάρκεια ίση με το χρόνο συγκέντρωσης της λεκάνης, mm/hr και
- $A$  = η έκταση της λεκάνης απορροής,  $Km^2$ .

$$Q = 0.278 \cdot C \cdot r \cdot A$$

#### Συντελεστής Απορροής $C$

Συντελεστής απορροής  $C$  είναι ο λόγος του όγκου της άμεσης απορροής προς τον όγκο της βροχόπτωσης. Δηλαδή μπορεί να γραφεί

$$C = \frac{h_R}{h_r} \quad \text{ορισμός} \quad (8.5)$$

όπου:

$h_R$  είναι ο όγκος της άμεσης απορροής εκφρασμένος σε ισοδύναμο ύψος και

$h_r$  είναι ο όγκος βροχόπτωσης εκφρασμένος σε ισοδύναμο ύψος.

**- Συντελεστής απορροής  $C$ :** Λόγος όγκου άμεσης απορροής προς τον όγκο της βροχόπτωσης

$$c = h_R/h_r$$

- $h_R$  όγκος άμεσης απορροής εκφρασμένος σε όρους ισοδυνάμου ύψους
- $h_r$  όγκος βροχόπτωσης εκφρασμένος σε όρους ισοδυνάμου ύψους

**Προσοχή, συμμετέχει όλη η επιφάνεια της στραγγιζόμενης έκτασης  $A$  αν ο χρόνος βροχής είναι μεγαλύτερος ή ίσιος από το χρόνο συγκέντρωσης.**

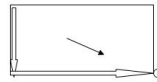
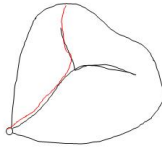
**Σχεδιαστικά, θεωρούμε χρόνο βροχής ίσο με το χρόνο συγκέντρωσης**



## Χρόνος συγκέντρωσης

### - Χρόνος συγκέντρωσης

- Χρόνος που χρειάζεται το νερό να διανύσει την απόσταση από το πιο απομακρυσμένο σημείο της λεκάνης ως την έξοδο ακολουθώντας το υδρογραφικό δίκτυο
- Διάκριση μεταξύ φυσικών λεκανών και αστικών λεκανών
- Συνιστώσες χρόνου συγκέντρωσης:
  - Σε επιφάνειες (πειραματικές σχέσεις π.χ. Wanielista, 1978)
  - Ρηχή ροή (πειραματικές, Manning)
  - Διαμορφωμένη διατομή με βαθιά ροή (Manning)



(i) Ο χρόνος συγκέντρωσης  $t_c$  (min) να υπολογιστεί από την εξίσωση του Kirpich:

$$t_c = 0.02 \cdot L^{0.77} \cdot S^{-0.385}$$

όπου  $L$  (m) το συνολικό μήκος ροής από το πλέον απομακρυσμένο σημείο της κεκλιμένης επιφάνειας έως την έξοδο της τάφρου και  $S$  η κατά μήκος κλίση του εδάφους.

Δεν χρησιμοποιώ εξισώσεις για να βρω το χρόνο συγκέντρωσης που ισχύουν σε φυσικές λεκάνες σε αστικές λεκάνες

**Σχεδιασμός: Επιλογή έντασης βροχής: Από όμβριες καμπύλης που κατασκευάζονται με βάση τα καταγεγραμμένα μετεωρολογικά δεδομένα. Μας δίνουν την ένταση βροχής ως συνάρτηση του χρόνου βροχής και της περιόδου επαναφοράς.**

**Θεωρώ χρόνο βροχής ίσο με το χρόνο συγκέντρωσης**

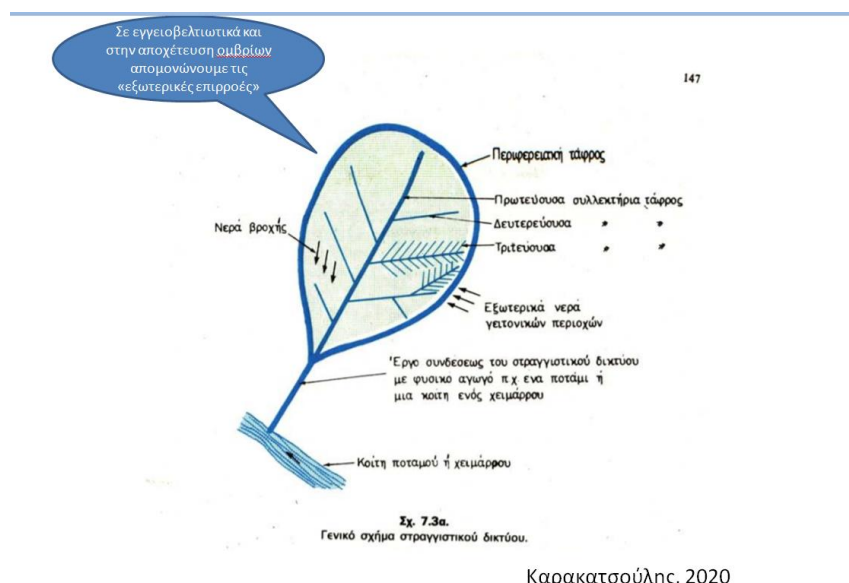
### - Όμβριες καμπύλες

- $i = at^n$ , για δεδομένη περίοδο επαναφοράς
- $i = ct^n/T^b$ , μοναδική για όλες τις περιόδους επαναφοράς (Τσακίρης, 1995)
- Οι όμβριες καμπύλες είναι παράλληλες για τις περιόδους επαναφοράς
- Για την ίδια περίοδο επαναφοράς η ένταση βροχής  $i$  μειώνεται με την αύξηση της διάρκειας βροχής
- Για την ίδια διάρκεια βροχής η ένταση αυξάνεται με την αύξηση της περιόδου επαναφοράς

## Περίοδος επαναφοράς

της περιοχής μελέτης για δεδομένη περίοδο επαναφοράς. Σε στραγγιστικά δίκτυα γεωργικών εκτάσεων, ανάλογα με την αναμενόμενη οικονομική πρόσοδο από τις καλλιέργειες και με δεδομένο ότι ανεπάρκεια του βασικού κορμού του στραγγιστικού δικτύου, (κύρια και συλλεκτήριες τάφροι πρώτης τάξης), θα δημιουργούσε πολύ μεγαλύτερες ζημιές απ' ό,τι η ανεπάρκεια του δευτερεύοντος - τριτεύοντος δικτύου, η περίοδος επαναφοράς συνήθως δεν υπερβαίνει τα 2 έτη για τάφρους δευτέρας και τρίτης τάξης, ενώ επιλέγεται στο διάστημα μεταξύ 15 και 25 έτη για την κύρια και τις συλλεκτήριες τάφρους πρώτης τάξης. (Smedema και Rycroft, 1983). Ως διάρκεια

**Επομένως, κατά το σχεδιασμό των τάφρων επιλέγω διάρκεια βροχής ίσο με το χρόνο συγκέντρωσης και 2 έτη για δευτερεύουσες και τριτεύουσες τάφρους.**



## Επιλογή υλικών και βασικοί περιορισμοί (SOS):

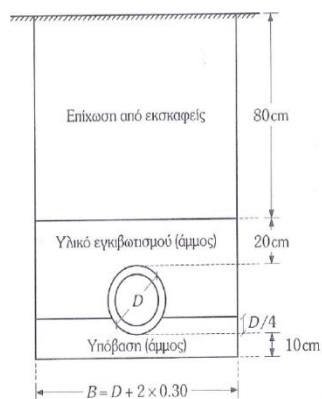
**Συλλογικά δίκτυα (ακτινωτά- υπόγεια) υπό πίεση** σε καταιονισμό ή στάγδην άρδευση ή αυτόπρωθούμενα συστήματα καταιονισμού: Κυκλικοί αγωγοί, ονομαστικής αντοχής (συνήθως) PVC 10-12 atm και άνω του εμπορίου. Περιορισμός ταχύτητας:

$$0.5 \leq V \leq 1.5 - 2m/s, Q = \frac{\pi D^2}{4} V$$

(υδραυλικοί υπολογισμοί, στο διεθνές σύστημα μονάδων, οι υπολογισμοί γίνονται πάντα με την εσωτερική διάμετρο).

Πίεση λειτουργίας : 10atm (1000 hPa) αγωγοί εμπορίου

|                                |       |       |       |       |     |       |       |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-----|-------|-------|
| Εξωτερική διάμετρος $D_0$ (mm) | 63    | 75    | 90    | 110   | 125 | 140   | 160   |
| Εσωτερική διάμετρος $D$ (mm)   | 57    | 67.8  | 81.4  | 99.4  | 113 | 126.6 | 144.6 |
| Εξωτερική διάμετρος $D_0$ (mm) | 200   | 225   | 250   | 280   | 315 | 355   | 400   |
| Εσωτερική διάμετρος $D$ (mm)   | 180.8 | 203.4 | 226.2 | 253.2 | 285 | 321.2 | 361.8 |
| Εξωτερική διάμετρος $D_0$ (mm) | 500   |       |       |       |     |       |       |
| Εσωτερική διάμετρος $D$ (mm)   | 452.2 |       |       |       |     |       |       |



Σχ. 8.55: Τυπική διατομή ορύγματος εκσκαφής.

### Άρδευση στο αγροτεμάχιο με αγωγούς υπό πίεση,

- **Καταιονισμός (θέμα):**

- Γραμμή εφαρμογής: (μετακινούμενοι σωλήνες αλουμινίου) ταχυσύνδετοι σωλήνες, συνήθως αλουμινίου. Κριτήριο Cristiansen στη γραμμή εφαρμογής. Επιτρεπτές απώλειες ενέργειας σε επίπεδο αγροτεμάχιο 20% της πίεσης λειτουργίας κατά μήκος του αγωγού εφαρμογής.
- Κύρια γραμμή άρδευσης (μόνιμη ή φορητή): ταχυσύνδετοι σωλήνες ή PVC, μεταβλητή παροχή, σενάρια, ΔEN έχει νόημα το κριτήριο του Cristiansen. Περιορισμοί ταχύτητας.



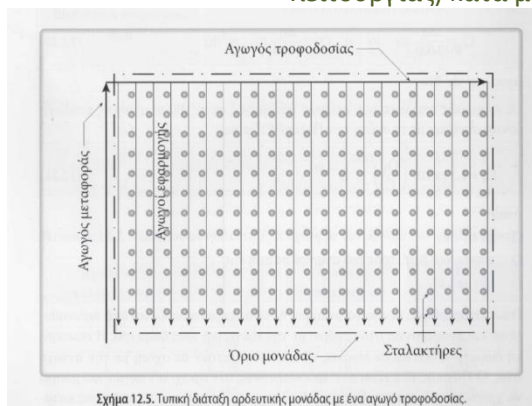
**Καταιονισμός στο αγροτεμάχιο,**

ανάντη υδροστόμιο ( συλλογικό δίκτυο)

ή ατομικό αντλιοστάσιο και υδροληψία

- **Στάγδην άρδευση (μόνιμη εγκατάσταση-νέα ύλη):**

- αγωγοί εφαρμογής: κλειστοί αγωγοί (κυκλικοί) πολυαιθυλενίου 4, 6 atm. Ισχύει το κριτήριο Christiansen, επιτρεπτές απώλειες ενέργειας σε επίπεδο αγροτεμάχιο 55% (\*20% της πίεσης λειτουργίας) κατά μήκος του αγωγού εφαρμογής
- αγωγοί τροφοδοσίας: κλειστοί αγωγοί (κυκλικοί) σκληρό PVC 6atm και άνω. Ισχύει το κριτήριο Christiansen, επιτρεπτές απώλειες ενέργειας σε επίπεδο αγροτεμάχιο 45% (\*20% της πίεσης λειτουργίας) κατά μήκος του αγωγού τροφοδοσίας)



Στάγδην άρδευση

*Σχόλιο: Ο υδραυλικός υπολογισμός για αγωγούς υπό πίεση ολοκληρώνεται με τον προσδιορισμό της ισχύς της αντλίας (αν υπάρχει αντλιοστάσιο) ή των πιέσεων (στη δυσμενέστερη διαδρομή) αν υπάρχει ανάντη δεξαμενή χωρίς αντλιοστάσιο.*

**Συλλογικά δίκτυα ανοικτών αγωγών** (σε επιφανειακές μεθόδους άρδευσης): **πρωτεύουσες, δευτερεύουσες, τραπεζοειδής αγωγοί από τα υλικά εκσκαφής, επένδυση από άοπλο σκυρόδεμα**, κλίση πρανών (συνήθως) 1:1.5.

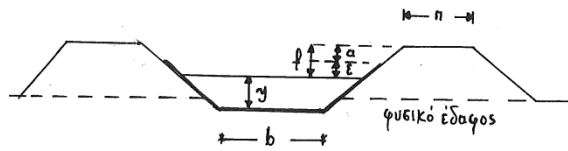
Στο θέμα (μικρές διατομές ισχύσει  $b=0.5m$ ). Προσδιορισμός βάθους ροής κατά Manning (ομοιόμορφη ροή)

Γενικά ισχύει:

Για μικρούς αγωγούς  $b/y_n \sim 1$

Για αγωγού μεσαίου μεγέθους  $b/y_n \sim 1-3$

Για μεγάλους αγωγούς  $b/y_n > 3$

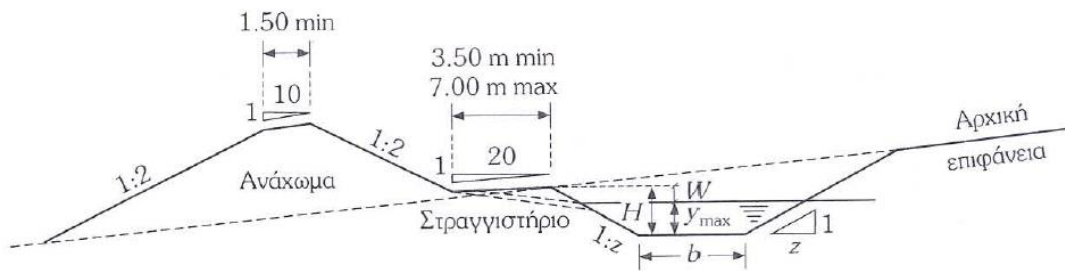


$\phi$ : περιθώριο ασφαλείας αναχώματος  
 $\epsilon$ : περιθώριο ασφαλείας επένδυσης

**Τριτεύουσες:** Προκατασκευασμένα καναλέτα ή ορθογωνική διατομή.

Σε κάθε περίπτωση σε ανοικτούς αγωγούς επιθυμώ υποκρίσιμη ροή

**Τάφροι:** **Ανεπένδυτη** τραπεζοειδής διατομή από το υλικό εκσκαφής. Ως **ανεπένδυτη διατομή**, θα πρέπει να υπάρξει έλεγχος **μέγιστης ταχύτητας**.



Διατομή τάφρου κεκλιμένης περιοχής

## Αρδεύσεις και Διαχείριση Υδατικών Πόρων (πρώτο μάθημα)

Τι είναι ερημοποίηση , μπορείτε να αναφέρετε παραδείγματα ερημοποίησης που σχετίζονται με εντατική αρδευτική δραστηριότητα?

Απ. Η **ερημοποίηση**, όπως έχει οριστεί στην Παγκόσμια Διάσκεψη Κορυφής του Περιβάλλοντος (1992), είναι υποβάθμιση των γαιών στις ξηρές, ημίξηρες και ύφυγρες περιοχές, η οποία προκύπτει ως αποτέλεσμα πολλών παραγόντων στους οποίους περιλαμβάνονται οι κλιματικοί παράγοντες και οι ανθρώπινες δραστηριότητες. Πιο αναλυτικά, η ερημοποίηση είναι η διαδικασία σύμφωνα με την οποία η γόνιμη γη υποβαθμίζεται και σταδιακά εξαφανίζεται, αφήνοντας κηλίδες απογυμνωμένων περιοχών που εξαπλώνονται, και πιθανά ενοποιούνται διαμορφώνοντας περιοχές μικρής παραγωγικότητας. Παραδείγματα:

- Υφαλμύρυνση υπογείων υδροφόρων (έλλειμμα νερού) από εντατικές αντλήσεις για άρδευση
- Λανθασμένη αντικατάσταση δασών η βοσκότοπων σε έντονα επικλινείς πλαγιές από αρδευόμενες εκτάσεις--διάβρωση εδαφών λόγω πλημμύρας, υποβάθμιση γονιμότητας

**Ερ. Παραγωγικότητα νερού στην αρδευόμενη γεωργία**

### Παραγωγικότητα νερού

- Όφελος (ή φυσικές μονάδες) (ετήσιο) ανά  $m^3$  νερού (ετήσιο) NB/W, ( $\text{€}/m^3$ ).
- Εξαρτάται:
  - είδος καλλιέργειας
  - συνθήκες εδάφους και κλίματος στην περιοχή
  - διαθεσιμότητα νερού
  - πρακτική αρδεύσεων
  - οικονομικές πρακτικές
- Διακύμανση παραγωγικότητας νερού ανά περιοχή, αντικειμενικές και υποκειμενικές συνθήκες



### Παραγωγικότητα του Νερού

- μεγαλύτερη παραγωγή με λιγότερο νερό ( More crop per drop)-

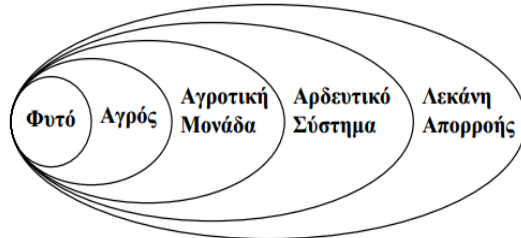
$$WP = \frac{\text{όφελος}}{\text{νερό}}$$

όφελος: σε φυσικούς ή οικονομικούς όρους

νερό: σε μονάδες όγκου νερού

Η κλίμακα επηρεάζει τον τρόπο υπολογισμού

- Κλίμακες για τον υπολογισμό της παραγωγικότητας του νερού



Τι πρέπει να γίνει στα αρδευτικά δίκτυα;

- μείωση απωλειών στα δίκτυα

- βελτίωση μεθόδων άρδευσης

- καλύτερα αποτελέσματα με επιστημονική υποστήριξη

Μείωση καταναλώσεων

Αύξηση παραγωγικότητας

**Ο μεγαλύτερος καταναλωτής νερού στην Ελλάδα είναι η γεωργία (περί το 85% της κατανάλωσης σε επίπεδο χώρας).** Ωστόσο, σημειώνεται ότι αν και πρέπει να υπάρχει εκσυγχρονισμός και ανάταξη αρδευτικών δικτύων, η Ελλάδα έχει διαφορετικές κλιματικές συνθήκες από τη μητροπολιτική Ευρώπη, επομένως μεγαλύτερες ανάγκες (κλειδί για τις ανάγκες είναι ο προσδιορισμός της δυνητική εξατμοδιαπονής που επηρεάζεται κυρίως από τη θερμοκρασία)

**Τι είναι **λειψυδρία**, να προταθούν μέτρα για την αντιμετώπιση της λειψυδρίας που σχετίζονται με τις αρδεύσεις:**

Απ. Λειψυδρία: μόνιμη ή περιστασιακή περίπτωση όπου η ζήτηση υπερβαίνει τους αξιοποιήσιμους υδατικούς πόρους. Αίτια:

- Ανθρωπογενή (αύξηση του πληθυσμού, η έλλειψη υποδομών κ.ά)
- Φυσικά
- Συνδυασμός

Μέτρα:

- ✓ Επιλογή καλλιεργειών που οδηγούν σε μικρότερες ανάγκες σε νερό
- ✓ Μετατροπή των επιφανειακών αρδεύσεων σε στάγδην άρδευση ή με καταιονισμό για τη μείωση των απωλειών στα δίκτυα (προσοχή στην επιλογή καλλιεργειών)

- ✓ Μείωση της προσφοράς νερού σε περιόδους με έντονη ξηρασία (η ξηρασία είναι μία (παροδική εξ ορισμού) περίπτωση λειψυδρίας) και έγκαιρη προειδοποίηση των αγροτών (συνδυαστικά με κατάλληλο αντιστάθμιση για το χαμένο εισόδημα)