

Μέθοδοι άρδευσης, επανάληψη, μεθοδολογικές επισημάνσεις

Δρ Μ.Σπηλιώτη

Μέθοδοι άρδευσης

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 με ελεύθερη ζήτηση(θέμα)
- **Επιφανειακά συστήματα άρδευσης, αλλά άρδευση εκ περιτροπής (δεν διδάχτηκε φέτος)**

1.2.3 Μέθοδοι αρδεύσεως

Ανάλογα με τον τρόπο εφαρμογής του αρδευτικού νερού διακρίνουμε τέσσερις βασικές μεθόδους αρδεύσεων

- (i) την τεχνητή βροχή ή άρδευση με καταλιονισμό
- (ii) την επιφανειακή άρδευση
- (iii) την τοπική άρδευση (ή μικροάρδευση)
- (iv) την υπάρδευση

Τσακίρης, 1986

Στην επιφανειακή άρδευση διακρίνουμε τρεις υποκατηγορίες μεθόδων:

- α. Τη μέθοδο με κατάκλυση
- β. Τη μέθοδο με περιορισμένη διάχυση
- γ. Τη μέθοδο με αυλάκια

Στη μέθοδο με κατάκλυση (ή μέθοδο των λεκανών) διαμορφώνονται λεκάνες με μικρά αναχώματα με μηδενικές κατά μήκος και εγκάρσιες κλίσεις. Το νερό διοχετεύεται στις λεκάνες με μεγάλες παροχές μέχρι στο καθορισμένο ύψος και μετά αφήνεται να διηθηθεί.

Στη μέθοδο με περιορισμένη διάχυση (ή μέθοδο με λωρίδες) η έκταση που πρόκειται να αρδευθεί χωρίζεται με μικρά αναχώματα εγκάρσια προς το αυλάκι προσαγωγής. Το νερό διηθείται κατακόρυφα κατά την κίνησή του διαμέσου της λωρίδας.

Στη μέθοδο με αυλάκια το νερό διοχετεύεται σε αυλάκια με μικρή κατά μήκος κλίση και κατά την κίνησή του διηθείται τόσο κατακόρυφα όσο και οριζόντια. Στη μέθοδο αυτή δεν διαβρέχεται όλη η αρδευόμενη επιφάνεια.

Στη τοπική άρδευση ή μικροάρδευση περιλαμβάνονται κυρίως η άρδευση με σταγόνες ή στάγδην άρδευση και η άρδευση με μικροεκτοξευτήρες. Το χαρακτηριστικό αυτό των μεθόδων είναι ότι υγραίνουν μέρος μόνο της αρδευομένης επιφάνειας ώστε να γίνεται εύκολη η απορρόφηση του νερού από το ριζικό σύστημα των καλλιεργειών. Το νερό εφαρμόζεται με μορφή

Τέλος στην υπέρδευση ή υπόγεια άρδευση το νερό διοχετεύεται σε τάφρους και με οριζόντια κυρίως διήθηση υγραίνει το έδαφος εκατέρωθεν, μέχρις ορισμένης αποστάσεως. Η εφαρμογή της μεθόδου αυτής είναι πολύ περιορισμένη λόγω κυρίως των τεχνικών προβλημάτων που παρουσιάζει και της μεγάλης σπατάλης νερού που γίνεται κατά την εφαρμόγή. Συνδυασμός της τοπικής αρδεύσεως και της υπόγειας αρδεύσεως μπορεί να χαρακτηριστεί η εφαρμογή του νερού μέσα στο έδαφος μέσω διάτρητων ή πορωδών σωλήνων ή σωλήνων με σταλλακτήρες.

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 με ελεύθερη ζήτηση (θέμα)

Διαθέσιμο ύψος νερού στο
ριζόστρωμα

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.

Βέβαια το βάθος του ριζοστρώματος μιας καλλιέργειας δεν μπορεί να εξαρτάται μόνο από την καλλιέργεια. Μια επίσης από τις βασικές ιδιότητες των ριζών της καλλιέργειας είναι ότι προσαρμόζονται στο περιβάλλον (conditioning). Αν δηλαδή συνηθίσουν να αντλούν νερό από μακρινά σημεία ή υπάρχει δυσκολία στην άντληση του νερού λόγω των μεγάλων αρνητικών πιέσεων του εδάφους, αναπτύσσεται ένα μεγάλο και ισχυρό ριζικό σύστημα. Αντίθετα, αν το νερό βρίσκεται εύκολα και στην επιφανειακή ζώνη, το ριζικό σύστημα που θα αναπτυχθεί είναι γενικά μικρό και αδύνατο.

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 αναπτύσσονται 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	-

Εδαφικό νερό

τρία διαφορετικές κατηγορίες:

α. Το νερό βαρύτητας που έχει άνω όριο το σημείο κορεσμού και κάτω όριο την υδατοϊκανότητα και απομακρύνεται από την εδαφική ζώνη του ριζοστρώματος με την επίδραση της βαρύτητας.

β. Το τριχοειδές νερό που συγκρατείται στο έδαφος με την αρνητική πίεση και αποτελεί την κύρια πηγή νερού για τις καλλιέργειες. Το άνω όριο του είναι η υδατοϊκανότητα και το κάτω είναι η ξηρότητα στον αέρα.

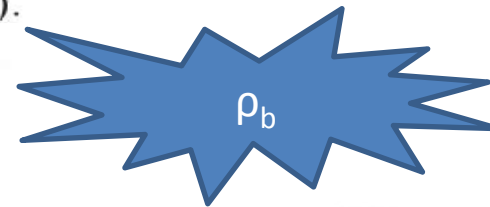
γ. Το υγροσκοπικό νερό που συγκρατείται με προσρόφηση σε μορφή λεπτού φιλμ γύρω από τους κόκκους και δεν είναι διαθέσιμο για την ανάπτυξη των καλλιεργειών.

Φαινόμενη πυκνότητα λαμβάνεται υπόψη και οι πόροι

Φαινομενική Πυκνότητα

Η φαινομενική ή φαινόμενη πυκνότητα ή φαινόμενη ξηρή πυκνότητα (dry bulk density - ρ_b) ορίζεται ως λόγος της μάζας του ξηρού εδάφους στη φυσική του κατάσταση δια του συνολικού όγκου του εδάφους περιλαμβανομένων και των πόρων V_t (Σχήμα 4.1).

$$\rho_b = \frac{m_s}{V_t} = \frac{m_s}{V_s + V_a + V_w}$$



(4.2)



Σχ. 4.1: Διάγραμμα διαχωρισμού του συστήματος των τριών φάσεων του εδάφους.

Εδαφική υγρασία

α. Περιεκτικότητα κατά βάρος (θ_g)

Η περιεχόμενη ποσότητα νερού κατά βάρος (gravimetric water content) εκφράζεται ως λόγος της μάζας του νερού, m_w δια της μάζας του ξηρού εδάφους του δείγματος, m_s :

$$\theta_g = \frac{m_w}{m_s} \quad \text{ή} \quad \text{μνημ. περιεκτικότητας κατά βάρος} \quad (4.6)$$

β. Περιεκτικότητα κατ' όγκο (θ ή θ_v)

Η περιεχόμενη ποσότητα νερού κατ' όγκο εκφράζεται από το λόγο του όγκου του νερού V_w δια του όγκου του δείγματος (εδάφους και πόρων) V_t :

$$\theta = \frac{V_w}{V_t} \quad (4.7)$$

Σχέση περιεκτικότητας κατά βάρους και κατ'όγκο

$$\theta = \frac{V_w}{V_t} = \frac{\frac{m_w}{\rho_b}}{\frac{m_s}{\rho_b}} = \frac{m_w}{m_s} \frac{\rho_b}{\rho_w} = \theta_{gr} \frac{\rho_b}{\rho_w}$$

Φαινομενική Πυκνότητα

Η φαινομενική ή φαινόμενη πυκνότητα ή φαινόμενη ξηρή πυκνότητα (dry bulk density - ρ_b) ορίζεται ως λόγος της μάζας του ξηρού εδάφους στη φυσική του κατάσταση δια του συνολικού όγκου του εδάφους περιλαμβανομένων και των πόρων V_t (Σχήμα 4.1).

$$\rho_b = \frac{m_s}{V_t} = \frac{m_s}{V_s + V_a + V_w}$$

Φαινόμενη
πυκνότητα

Ισοδύναμο ύψος εδαφικού νερού

Ισοδύναμο ύψος εδαφικού νερού (θ_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 κατ' όγκο με τη σχέση:

$$\theta_h = \theta_v \cdot d$$

$$\theta_h = \theta_{\text{νερό}} \times (\text{ικ} \times d) \quad (4.9)$$

↑ ποσοστιαία όγκος

όπου θ_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 θ_h σε mm, όπως συνήθως συμβαίνει στην πράξη, η (4.9) γίνεται:

$$\theta_h = 10 \cdot \theta \cdot d \quad (4.9a)$$

→ (σε mm) → cm

Το ισοδύναμο ύψος εδαφικού νερού, θ_h μπορεί να υπολογιστεί από την κατά βάρος περιεκτικότητα σε νερό, θ_g . Αν το ύψος θ_h υπολογίζεται σε mm, το βάθος d σε cm και αν η φαινομενική πυκνότητα ρ_b δίνεται σε gr/cm^3 , τότε ισχύει η ακόλουθη εξίσωση:

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

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

Το
ισοδύναμο
ύψος
εδαφικού
νερού
εξαρτάται
από τη
καλλιέργεια

Υδατοϊκανότητα εδάφους

Για τον υπολογισμό των παραμέτρων άρδευσης είναι χρήσιμη από πρακτικής άποψη η ταξινόμηση της εδαφικής υγρασίας σε κατηγορίες. Μετά από επαρκή βροχή ή άρδευση, το μεγαλύτερο ποσοστό του εδαφικού αέρα εκτοπίζεται από την εδαφική ζώνη που θεωρούμε, με αποτέλεσμα όλοι οι πόροι να γεμίσουν από νερό. Τότε λέμε ότι το έδαφος από άποψη υγρασίας έφθασε στον κορεσμό (saturation, θ_s). Ο κορεσμός εκφράζει τη μέγιστη ποσότητα νερού που μπορεί να υπάρξει σε μια εδαφική ζώνη. Με την προϋπόθεση ότι προστατεύουμε την εδαφική ζώνη από την εξάτμιση, η περιεχόμενη ποσότητα νερού μειώνεται μόνο λόγω της επίδρασης της βαρύτητας και της στράγγισης που λαμβάνει χώρα και διαρκεί ένα αρκετά μεγάλο διάστημα. Στην πράξη θεωρούμε συνήθως ότι το σύστημα αποκτά ισορροπία, δηλαδή η στράγγιση τείνει να γίνει μηδενική 1.5 με 2 ημέρες μετά από την επαρκή βροχή ή άρδευση και η περιεχόμενη υγρασία τείνει σε ένα όριο. Το όριο αυτό είναι γνωστό ως υδατοϊκανότητα του εδάφους

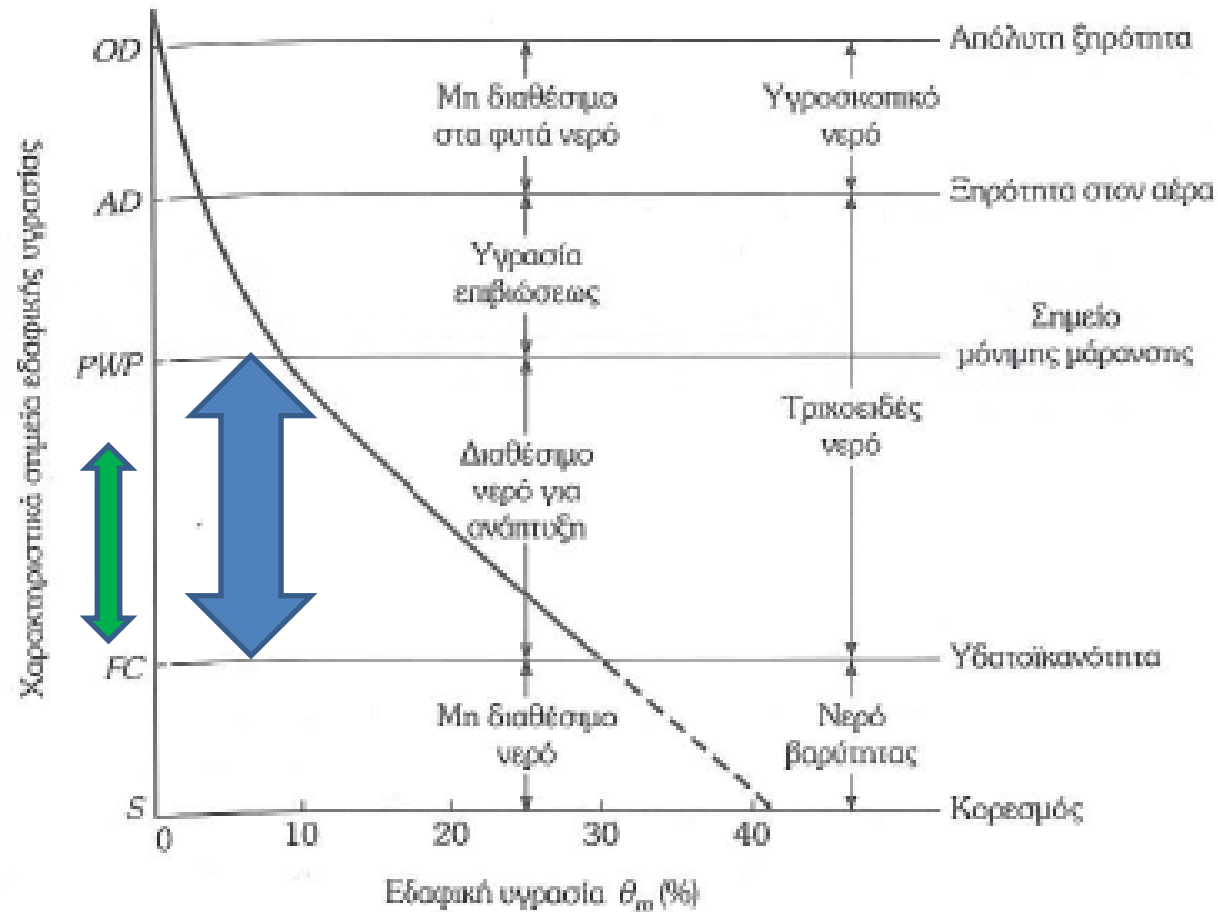
(*field capacity, FC*). Η υδατοϊκανότητα είναι χαρακτηριστικό του εδάφους και εξαρτάται κυρίως από τη μηχανική σύσταση και τη δομή του.

Σημείο μόνιμης μαράνσεως

Στον σχεδιασμό των αρδευτικών έργων η υδατοϊκανότητα 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 υδατοϊκανότητας 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.



Σχ. 4.3: Διάγραμμα που δείχνει την ταξινόμηση του εδαφικού νερού και τα χαρακτηριστικά όρια της εδαφικής υγρασίας.

Διαθέσιμο ύψος νερού

4.3.3 Διαθέσιμο Εδαφικό Νερό

προσφατική

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 θ_h , τότε το διαθέσιμο ύψος νερού δίδεται:

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

από τις προηγούμενες

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

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

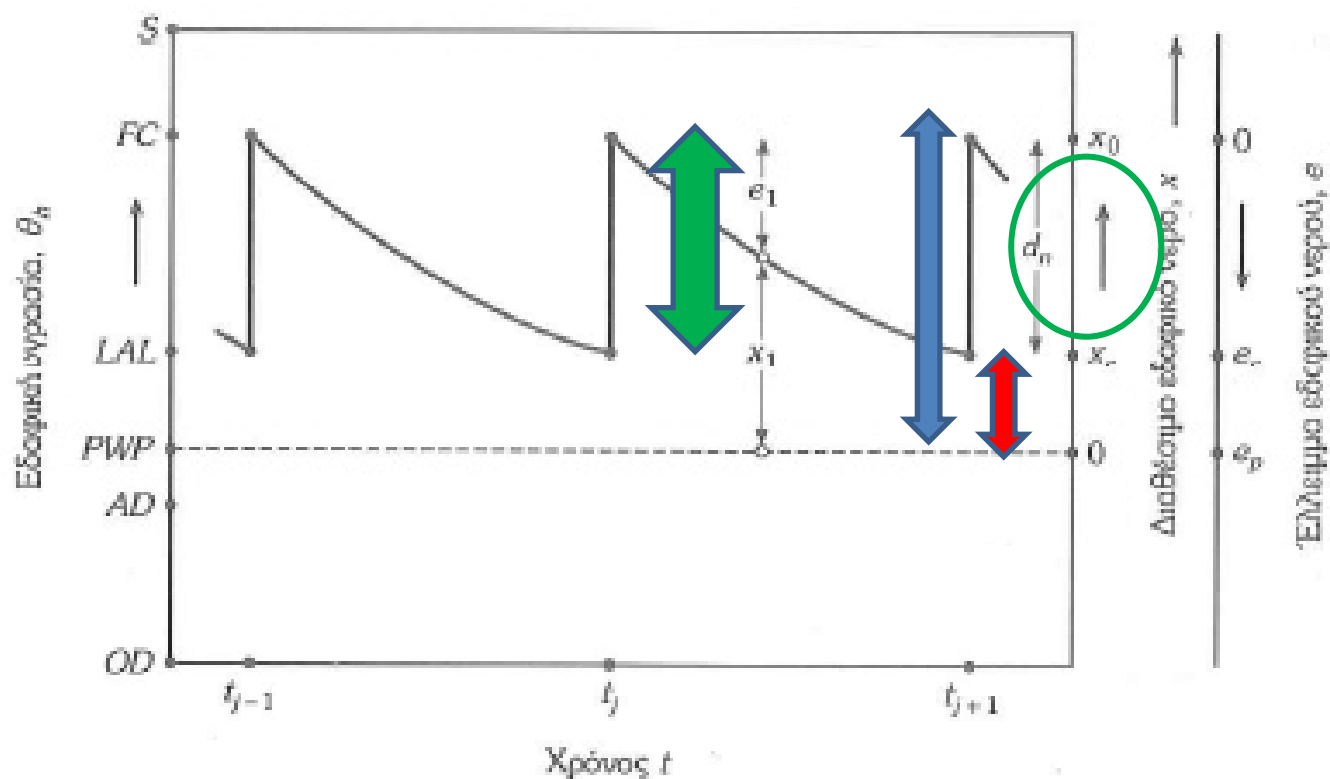
Προφανώς η διαθέσιμη εδαφική υγρασία είναι μηδενική όταν η εδαφική υγρασία βρίσκεται στο σημείο μόνιμης μάρανσης.

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

Εύρος

(ριζόστρωμα \approx λειτουργία ταμιευτήρα)

Σχεδιάζω ώστε η υγρασία στο ριζόστρωμα να κυμαίνεται μεταξύ της μέγιστης υδατοϊκανότητας (μετά το πότισμα) και θεωρητικά μέχρι το σημείο της μόνιμης μαράνσεως (στην πράξη με μικρότερο εύρος αφού για το σημείο μόνιμης μαράνσεως θεωρώ ένα συντελεστή ασφαλείας)



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 θεωρητικώς απαιτούμενο ύψος νερού $d_n = e_c$.

Υπερ της ασφαλείας...

Το ελάχιστο επιτρεπόμενο όριο διαθέσιμης υγρασίας, για ένα μεγάλο αριθμό καλλιεργειών προτείνεται με βάση αγρονομικούς κυρίως παράγοντες από τους Doorenbos και Pruitt (1977). Στον Πίνακα 4.3 παρουσιάζεται ο προτεινόμενος λόγος x_c/x_0 για τις πιο γνωστές καλλιέργειες του Ελληνικού χώρου.

Πίν. 4.3: Το ελάχιστο επιτρεπόμενο όριο μείωσης της εδαφικής υγρασίας (x_c/x_0) για τις βασικές καλλιέργειες της Ελλάδας

Καλλιέργεια	Ελάχιστο όριο μείωσης της υγρασίας x_c/x_0
Μηδική	0.45
Καλαμπόκι	0.40 - 0.50
Βαμβάκι	0.35
Χορτοδοτικά	0.50
Αμπέλι	0.65
Ελιές	0.35
Πατάτες	0.75
Ζαχαρότευλα	0.50
Ντομάτες	0.60
Σιτηρά (αρχή)	0.45
(τέλος)	0.10

Καθαρό ύψος διαθέσιμου νερού

Επομένως αν πριν την άρδευση το διαθέσιμο ύψος νερού στο ριζόστρωμα είναι x_c , το έλλειμμα θα έχει ύψος e_c , οπότε το καθαρό (θεωρητικό) ύψος νερού d_n που θα πρέπει να κορηνγηθεί, αν οι απώλειες εφαρμογής θεωρηθούν μηδενικές, υπολογίζεται από τη σχέση:

$$d_n = |e_c| = x_0 - x_c \quad (4.14)$$

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 συνήθεις 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.

Εφαρμογή

Διαθέσιμη υγρασία:

Η διαθέσιμη υγρασία του εδάφους για την ανάπτυξη θ_m προκύπτει όταν αφαιρούμε από την υδατοϊκανότητα του εδάφους Y_{FC} , την υγρασία στο σημείο μόνιμης μαράνσεως, Y_{PWP} . Έτσι για το συγκεκριμένο έδαφος είναι:

$$\theta_m = Y_{FC} - Y_{PWP} = 19 - 11 = 8\% \xi\beta$$

Ισοδύναμο ύψος εδαφικού νερού:

Το ισοδύναμο ύψος νερού θ_h για κάθε είδος καλλιέργειας δίνεται από την εξίσωση που ακολουθεί:

$$\theta_h = 10 \cdot \theta_m \cdot \rho_b \cdot d$$

όπου D_b είναι η φαινόμενη ξηρά πυκνότητα του εδάφους. Για το συγκεκριμένο έδαφος που είναι μέσο, ισούται με $1,46 \text{ g/cm}^3$. Με αντικατάσταση στην παραπάνω εξίσωση, έχουμε για τα δύο είδη καλλιεργειών:

$$\text{Αραβόσιτος: } \theta_{h,\alpha} = 10 \cdot \theta_m \cdot \rho_b \cdot h_a = 10 \cdot \frac{8}{100} \cdot 1,46 \cdot 90 = 105,12 \text{ mm}$$

$$\text{Σακχαρότευτλα: } \theta_{h,\sigma} = 10 \cdot \theta_m \cdot \rho_b \cdot h_a = 10 \cdot \frac{8}{100} \cdot 1,46 \cdot 90 = 105,12 \text{ mm}$$

Πιν. 4.3: Το ελάχιστο επιτρεπόμενο όριο μείωσης της εδαφικής υγρασίας (x_c/x_0) για τις βασικές καλλιέργειες της Ελλάδας

Καλλιέργεια	Ελάχιστο όριο μείωσης της υγρασίας x_c/x_0
Μηδική	0.45
Καλαμπόκι	0.40 - 0.50
Βαμβάκι	0.35
Χορτοδοτικά	0.50
Αμπέλι	0.65
Ελιές	0.35
Πατάτες	0.75
Ζακχαρότευλα	0.50
Ντομάτες	0.60
Σιτηρά (αρκύ)	0.45
(τέλος)	0.10

Ελάχιστο όριο μείωσης της υγρασίας:

Το ελάχιστο όριο μείωσης της υγρασίας (LAL) δίνεται από πίνακα (Μαθήματα Εγγειοβελτιωτικών Έργων του Γ.Π. Τσακίρη, Πιν. 2.4, σελ. 2.18) και για τις δύο υπό μελέτη καλλιέργειες είναι:

$$\text{Αραβόσιτος: } \left(\frac{x_c}{x_0} \right)_\alpha = 0,45$$

$$\text{Σακχαρότευτλα: } \left(\frac{x_c}{x_0} \right)_\sigma = 0,50$$

όπου x_c είναι το διαθέσιμο ύψος νερού στο ριζόστρωμα πριν την εφαρμογή της άρδευσης:

$$\text{Αραβόσιτος: } x_{c,\alpha} = 0,45 \cdot x_{0,\alpha} = 0,45 \cdot 105,12 = 47,30 \text{mm}$$

$$\text{Σακχαρότευτλα: } x_{c,\sigma} = 0,50 \cdot x_{0,\alpha} = 0,50 \cdot 105,12 = 52,56 \text{mm}$$

Καθαρό και πραγματικό ύψος ύδατος:

Αν οι απώλειες κατά την εφαρμογή της άρδευσης θεωρηθούν μηδενικές, τότε το καθαρό ύψος του ύδατος που πρέπει να εφαρμοστεί ώστε η υγρασία στο ρίζωμα από x_c να γίνει x_0 , είναι:

$$d_n = x_0 - x_c$$

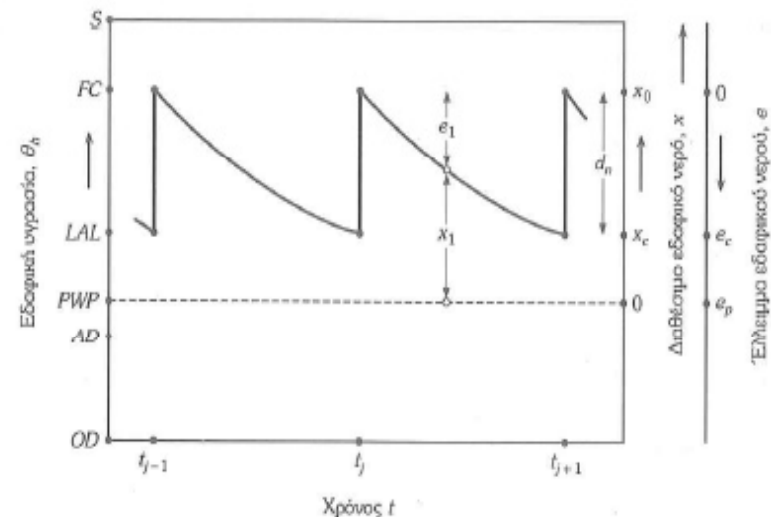
Αραβόσιτος: $d_{n,\alpha} = x_{0,\alpha} - x_{c,\alpha} = 105,12 - 47,30 = 57,82mm$

Σακχαρότευτλα: $d_{n,\sigma} = x_{0,\sigma} - x_{c,\sigma} = 105,12 - 52,56 = 52,56mm$

Οι τιμές βέβαια που βρέθηκαν είναι οι θεωρητικές, γιατί στην πραγματικότητα υπάρχουν απώλειες κατά την εφαρμογή της άρδευσης. Ο συντελεστής απόδοσης κατά την εφαρμογή της άρδευσης δίνεται, $E_a=0,75$. Άρα το πραγματικό ύψος για δύο καλλιέργειες είναι:

Αραβόσιτος: $d_\alpha = \frac{d_{n,\alpha}}{E_a} = \frac{57,82}{0,75} = 77,09mm$

Σακχαρότευτλα: $d_\sigma = \frac{d_{n,\sigma}}{E_a} = \frac{52,56}{0,75} = 70,08mm$



Ανάγκες σε νερό

Εξατμισοδιαπνοή

- Εξάτμιση: νερό από υγρή σε αέρια φάση (π.χ. ταμιευτήρας)
- Πραγματική εξατμισοδιαπνοή: μεταφορά νερό προς την ατμόσφαιρα από τη διαπνοή των φυτών και από την εξάτμιση από την επιφάνεια του εδάφους και των φύλλων όταν αυτά είναι υγρά
- **Δυνητική Εξατμισοδιαπνοή: εξατμισοδιαπνοή σε συνθήκες πλήρους διαθεσιμότητας νερού (κλιματικοί παράγοντες θερμοκρασία, μικροκλίμα κ.ά) (πιο γενικό, μοντέλα υδατικού ισοζυγίου)**
- Δυνητική Εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας αναφοράς: εξατμισοδιαπνοή σε συνθήκες πλήρους διαθεσιμότητας νερού για μία καλλιέργεια αναφοράς (π.χ. μηδική) που αναπτύσσεται δυναμικά (Παπαμηχαήλ, 2001)(αρδεύσεις)
- Δυνητική Εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας : υπολογισμός σε σχέση με τη Δυνητική Εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας αναφοράς
- Συνήθως η διαστασιολόγηση σε ταμιευτήρες γίνεται με βάση τη δυναμική εξατμισοδιαπνοή, δυσκολία αποτίμησης της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής

Καθαρό ύψος σε αρδευτικό νερό (ημερήσιες ανάγκες)

Καθαρό ύψος σε αρδευτικό νερό:

Το καθαρό ύψος σε αρδευτικό νερό υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$IR_n = PET_c - \frac{P_e}{n_d}$$

$$PET_c = k \cdot PET_0$$

μήνα (μεβάζση το στάδιο ανάπτυξης) *δυναμική εξατμισοδοαπνοή καλ. αναφοράς*

όπου PET_c είναι η δυναμική εξατμισοδιαπνοή όπως υπολογίστηκε προηγουμένως, P_e η ενεργός βροχόπτωση και n_d ο αριθμός των ημερών του αντίστοιχου μήνα. Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της εφαρμογής της εξίσωσης για κάθε μήνα:

Μήνας	Μ	Ι	Ι	Α	Σ
n_d	31	30	31	31	30

Συνεχή παροχή διάκριση στο είδος της διώρυγας, παροχή ανά στρέμμα

6.10 ΕΙΔΙΚΗ ΠΑΡΟΧΗ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

Οι ανάγκες σε αρδευτικό νερό εκφράζονται συνήθως σε ισοδύναμο ύψος υδάτινου στρώματος ανά ημέρα ή σε όγκο νερού ανά μονάδα έκτασης και ανά ημέρα. Αν οι ανάγκες σε αρδευτικό νερό της μονάδας έκτασης κατά την περίοδο αιχμής εκφραστούν σε συνεχή παροχή οδηγούμαστε στην έννοια της *ειδικής παροχής άρδευσης* (hydromodule ή water duty ή water modulus ή specific discharge).

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

ειδική παροχή και σχεδιασμός
συλλογικών επιφανειακών δικτύων
άρδευσης

Ειδική παροχή 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.

Εύρος Άρδευσης

$$IR_n = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad (6.127)$$

όπου Δx : είναι η μείωση της διαθέσιμη υγρασίας στο ριζόστρωμα στη διάρκεια χρόνου Δt ($\Delta t =$ μία ημέρα).

Έστω τώρα ένα ύψος διαθέσιμης υγρασίας στο ριζόστρωμα μιας καλλιέργειας

$$\Delta x = x_0 - x_c = d_n \quad (6.128)$$

όπου x_0 : είναι το διαθέσιμο ύψος εδαφικής υγρασίας στο ριζόστρωμα όταν η εδαφική υγρασία βρίσκεται στην υδατοϊκανότητα και

x_c : είναι το ελάχιστο επιτρεπόμενο όριο μείωσης της υγρασίας στο ριζόστρωμα

d_n : το καθαρό ύψος εφαρμογής.

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 Δt λόγω της εξίσωσης (6.128) δίνει

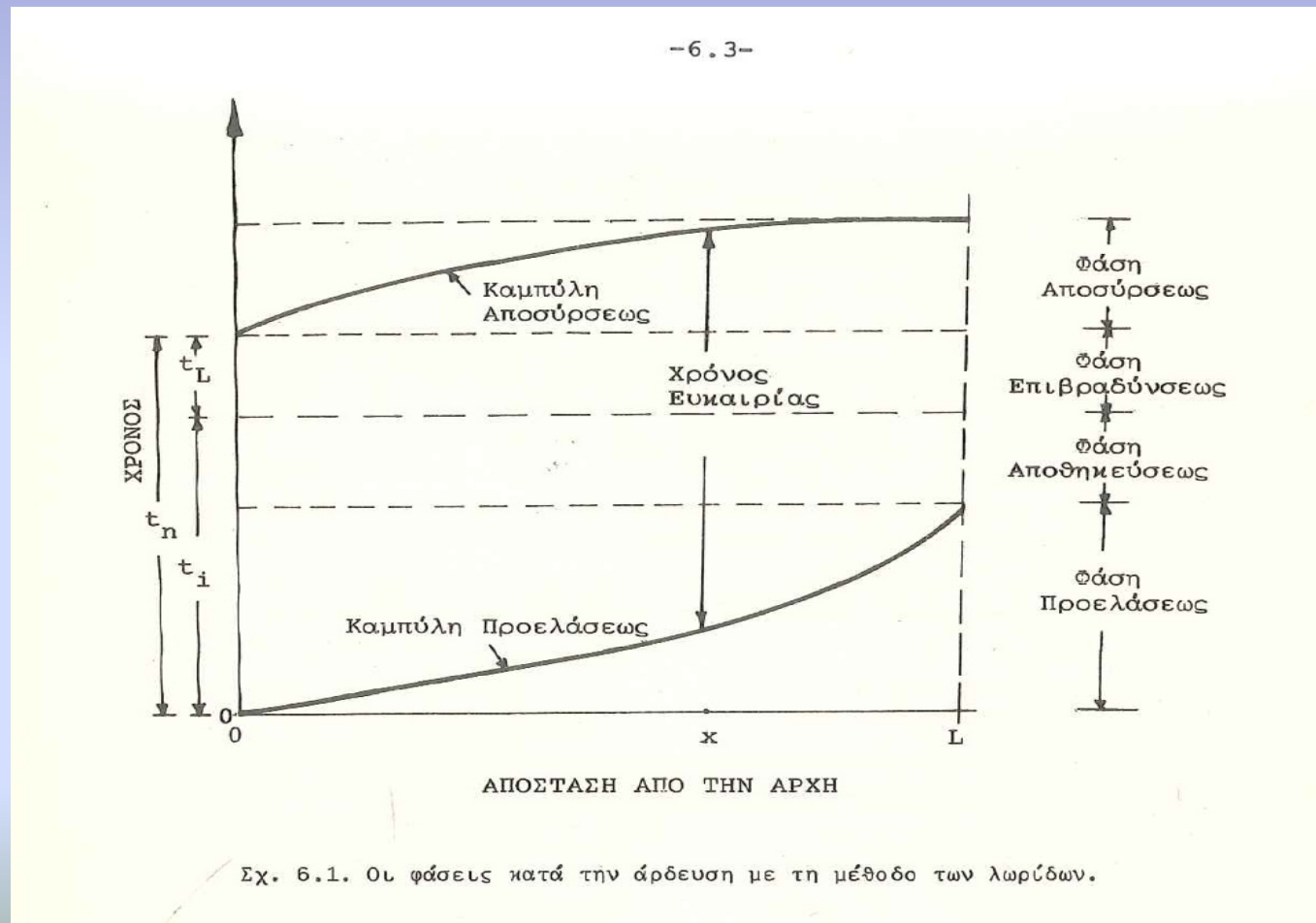
$$T = \frac{x_0 - x_c}{IR_n} = \frac{d_n}{IR_n} \quad (6.129)$$

Πρακτική άρδευσης στο αγροτεμάχιο
και διηθητική ικανότητα εδάφους

Επιφανειακές μέθοδοι άρδευσης, μεθοδολογικές επισημάνσεις

- Στο αγροτεμάχιο, μόνιμα ή μη αναχώματα, λεκάνες κατάκλισης ή λωρίδες αδρομερής υπολογισμός
 - Χρόνος ευκαιρίας: $t = d_n / i$, βλπ. διαφάνεια
- Συλλογικό δίκτυο: Επιφανειακά συλλογικά δίκτυα άρδευσης (ανοικτοί αγωγοί, δεν υπάρχει απαίτηση σε πίεση):
 - ομοιόμορφη ροή (Manning)
 - επιθυμούμε ροή υποκρίσιμη (αρ. Froude)
 - Συχνή υπόθεση συνεχούς ροής (διαστασιολόγηση με βάση την ειδική παροχή)

Διαδικασία (προέλαση, διήθηση, απόσυρση, επιφανειακές μέθοδοι άρδευσης)



Διάρκεια άρδευσης

- Χρόνος ευκαιρίας: χρόνος μεταξύ καμπύλης προσπελάσεως και απόσυρσης. Χρόνος που διατίθεται το νερό για άρδευση («σε αυτό το χρόνο ποτίζεται το ριζόστρωμα»), t_n
- Επιφανειακές αρδεύσεις: Ποτίζω «πιο λίγο». Χρόνος ευκαιρίας-χρόνος επιβράδυνσης = διάρκεια άρδευσης, t_a

$$t_i = t_n - t_L$$

- Χρόνος επιβράδυνσης: χρόνος που μεσολαβεί από τη στιγμή που διακόπτεται η παροχή άρδευσης μέχρι την απόσυρση του νερού από το ανάντη άκρο της λωρίδας («αδρομερώς: Χρόνος μετά τη διακοπή της άρδευσης όπου παραμένει νερό προς διήθηση»), t_L

Άρδευση με τεχνητή βροχή (μάθημα: καταιονισμός) μεθοδολογικές επισημάνσεις

- Στο αγροτεμάχιο, ταχυσύνδετοι σωλήνες, αλλά αναλυτικός υδραυλικός υπολογισμός
 - Χρόνος ποτίσματος = χρόνο ευκαιρίας: $t = d_n / r$, $r =$ σταθερό, ένταση τεχν. Βροχής ($r \leq i_f$) \rightarrow
 - $i = r$ (ο (πραγματικός) ρυθμός διήθησης είναι ίσος με την ένταση τεχνητής βροχής, χρόνος ποτίσματος = χρόνος ευκαιρίας) ($r \leq i_f$)
- Συλλογικό δίκτυο: κλειστοί αγωγοί, αντλιοστάσιο, μόνιμο υπόγειο δίκτυο (υπάρχει απαίτηση σε πίεση):
 - ομοιόμορφη ροή για σταθερή διάμετρο
 - Darcy-Weisbach για εύρεση απωλειών,
 - Εξ. ενέργειας
 - Θέμα: με ελεύθερη ζήτηση (Clement)

Χρόνοι σε μία θέση (εντός αγροτεμαχίου)

Επιφανειακές μέθοδοι

Χρόνος ευκαιρίας, εμπεριέχει το χρόνο ποτίσματος αλλά και το χρόνο επιβράδυνσης εφόσον η ένταση βροχής είναι μεγαλύτερη από την πραγματική διήθηση και το νερό λιμνάζει

Ο ρυθμός διήθησης δεν είναι σταθερός

Ο χρόνος που το νερό διατίθεται για διήθηση γνωστός ως "χρόνος ευκαιρίας" (opportunity time) μπορεί να υπολογισθεί λύνοντας την γενική εξίσωση διήθησης¹ ως προς το χρόνο.

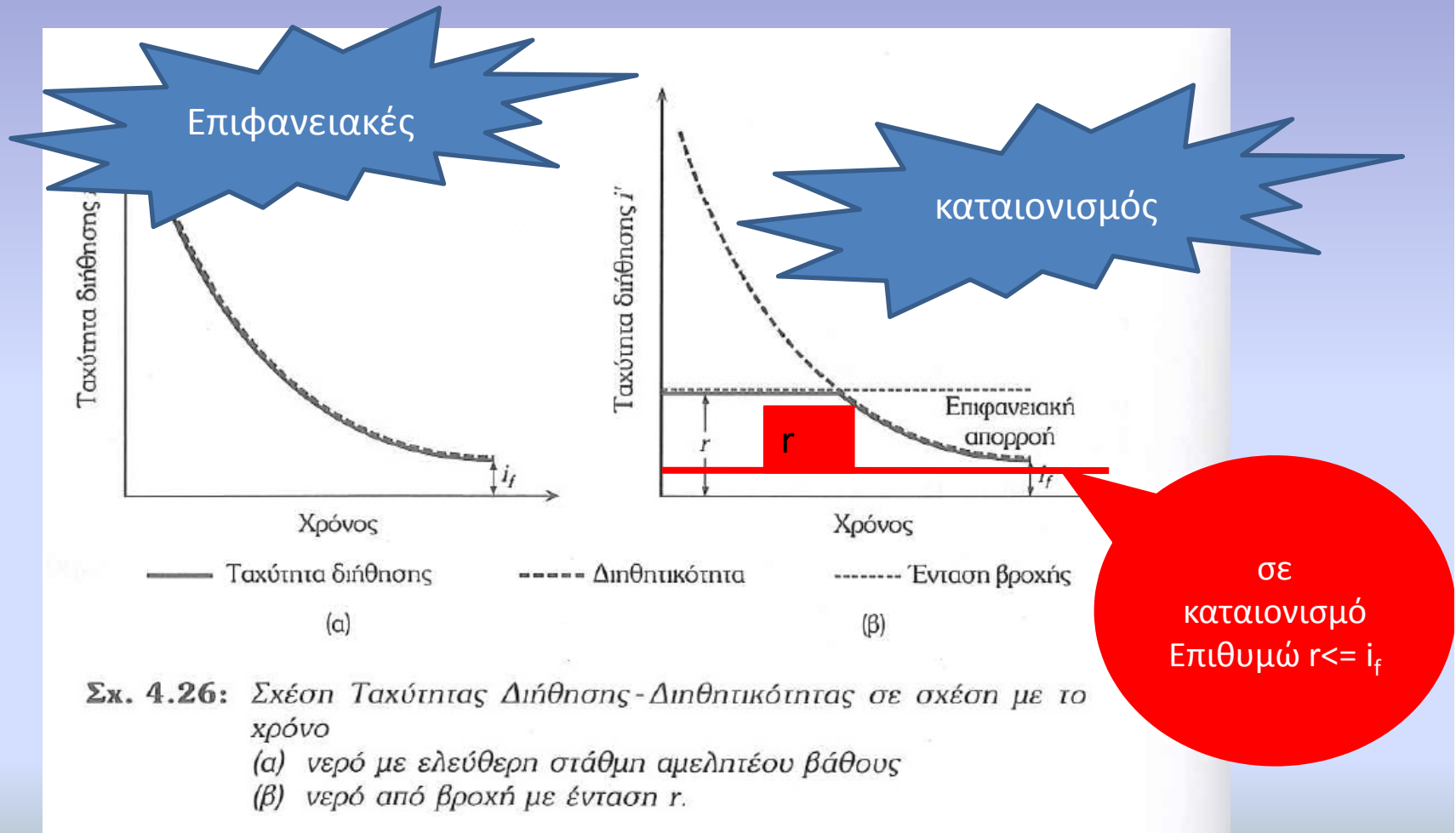
$$t_n = [(d_n - c)/a]^{1/b} \quad (6.1)$$

όπου: t_n = ο χρόνος ευκαιρίας (min), d_n = το καθαρό ύψος εφαρμογής, a και c οι σταθερές της εξισώσεως διηθήσεως της USDA.

Καταιονισμός

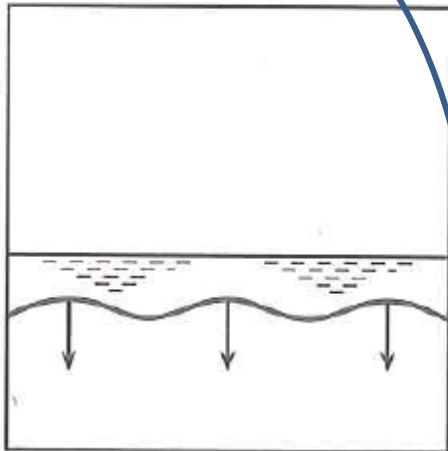
- Χρόνος παραμονής σε μία θέση: $t = d/r$ (για $r \leq i_f$, το νερό δε λιμνάζει), (πραγματική) διήθηση σταθερή = r
- Με άλλα λόγια ο χρόνος ευκαιρίας είναι ίσος με το χρόνο παραμονής των εκτοξευτήρων σε μία θέση

Ταχύτητα διήθησης σε σχέση με τον τρόπο άρδευσης

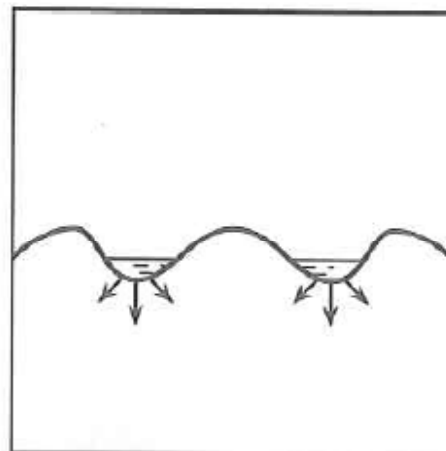


i_f : τελική διηθητικότητα

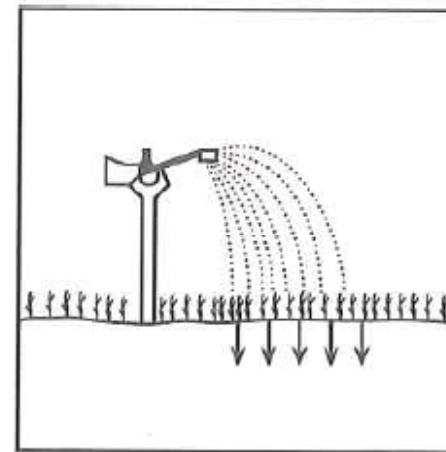
Διαφορετική διήθηση σε επιφανειακές και μη μεθόδους άρδευσης



(α) Μέθοδος κατάκλυσης



(β) Μέθοδος με αυλάκια



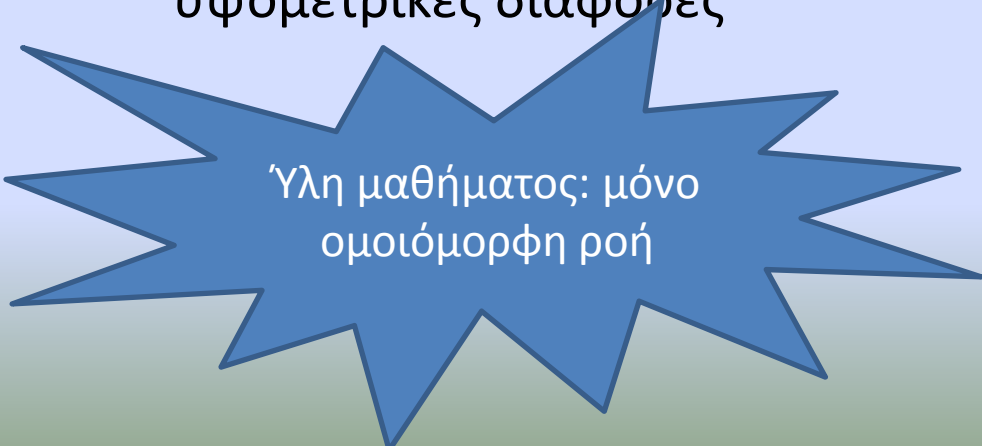
(γ) Μέθοδος καταιονισμού

Σχ. 4.25: Η εφαρμογή του αρδευτικού νερού στις διάφορες μεθόδους άρδευσης.

Ανοικτοί και κλειστοί αγωγοί

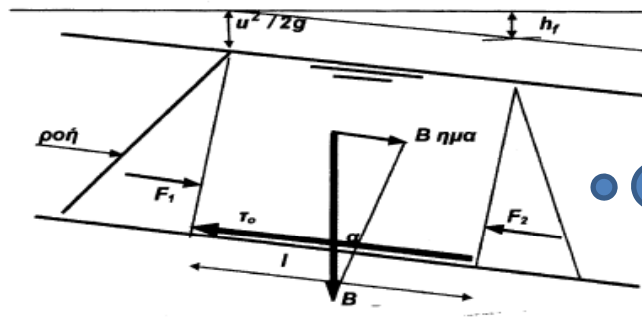
Ανοικτοί και κλειστοί αγωγοί κατά το σχεδιασμό του θέματος

- 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



Ύλη μαθήματος: μόνο ομοιόμορφη ροή

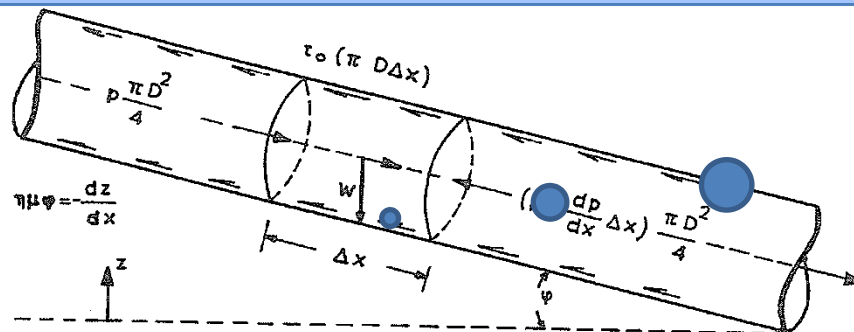
Μόνιμη Ομοιόμορφη ροή, ανοικτοί αγωγοί: Ομοιόμορφη ροή όταν το ύψος ροής παραμένει σταθερό που είναι ταυτόσημο με τη θεώρηση σταθερής ταχύτητας → β' νόμος του Νεύτωνα → άθροισμα δυνάμεων μηδέν, ισορροπία μεταξύ της οριζόντιας συνιστώσας του βάρους με τη δύναμη αντίσταση στη ροή λόγω τριβής



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 πίεσεως και βάρους με τη δύναμη αντίσταση λόγω τριβής (για οριζόντιο αγωγό ισορροπία μεταξύ δυνάμεων τριβής και πίεσεως)



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

Κλίση γρ. ενέργειας

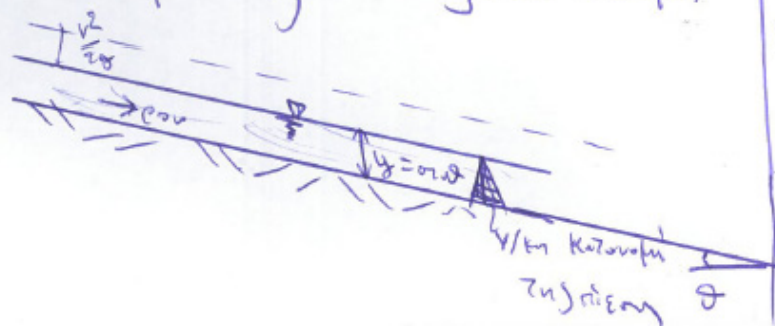
Ανοκλιτοί αγωγοί, ομοιόμορφη ροή:

$$S_{ff} = \frac{h_f}{L} = S_0 = \frac{\Delta z}{L}$$

$$V = \sigma \omega$$

Εξ Manning: $Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} S_0^{1/2}$

Βέλος που σαφώς υδροστατική κατανομή της πίεσης. στη διατομή



Κλινοί αγωγοί

$V = \sigma \omega$ για ομοιόμορφη ροή

$$\frac{h_f}{L} = \alpha \frac{8 f}{g n^2 D^5} Q^2 \neq S_0$$

Πίεση: από Α Δ Ε, δεν παραμένει σταθερή.

Περίπου σταθερή πίεση σε μία θέση, η πίεση κυματίζει από την Α Δ Ε.

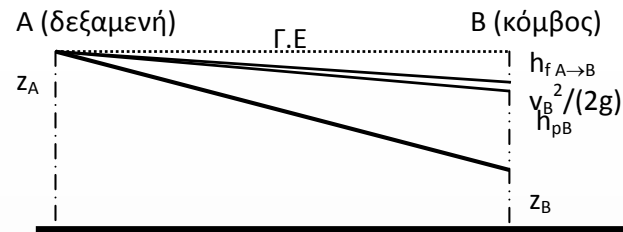


ΠΙΕΣΗ

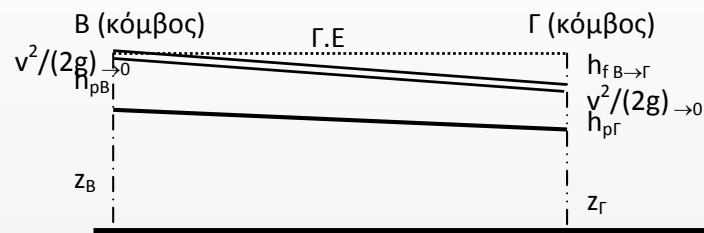
Η πίεση σε κλειστούς αγωγούς
μειώνεται από ανάντη σε κατόντη?
(παγίδα)

Απάντηση

- Λάθος. Δεν υπάρχει γενική απάντηση.
- Η πίεση σε κλειστούς αγωγούς, καθορίζεται από τη **διατήρηση της ενέργειας**, όπου αφαιρώντας τις απώλειες ενέργειας προκύπτει πάντα μειωμένη η γραμμή ενέργειας (πλην αντλίας)
- Θεωρώντας για κλειστούς αγωγούς αμελητέο το ύψος κινητικής ενέργειας, αφαιρώντας το υψόμετρο εδάφους, προκύπτει το ύψος πίεσης.
- **Κλειδί για το σχεδιασμό κλειστώ αγωγών: έλεγχος επάρκειας πιέσεων.**



Σχήμα ? (α): Προσδιορισμός της πίεσης στον κόμβο B αμέσως μετά την



Σχήμα ? (β): Προσδιορισμός της πίεσης στον κόμβο Γ αμέσως μετά τον κόμβο

Για το σχήμα ?α εφαρμόζοντας την εξίσωση Bernoulli μεταξύ των σημείων A (δεξαμενή) και του αμέσως επόμενου κόμβου B ισχύει:

$$\left. \begin{aligned} H_A &= H_B + h_{f A \rightarrow B} \\ H_B &= h_{pB} + z_B + \frac{v_B^2}{2g} \\ H_A &= z_A \end{aligned} \right\}$$

Θεωρώντας αμελητέο το ύψος κινητικής ενέργειας για κλειστούς αγωγούς στα συνήθη υδραυλικά έργα καταλήγω:

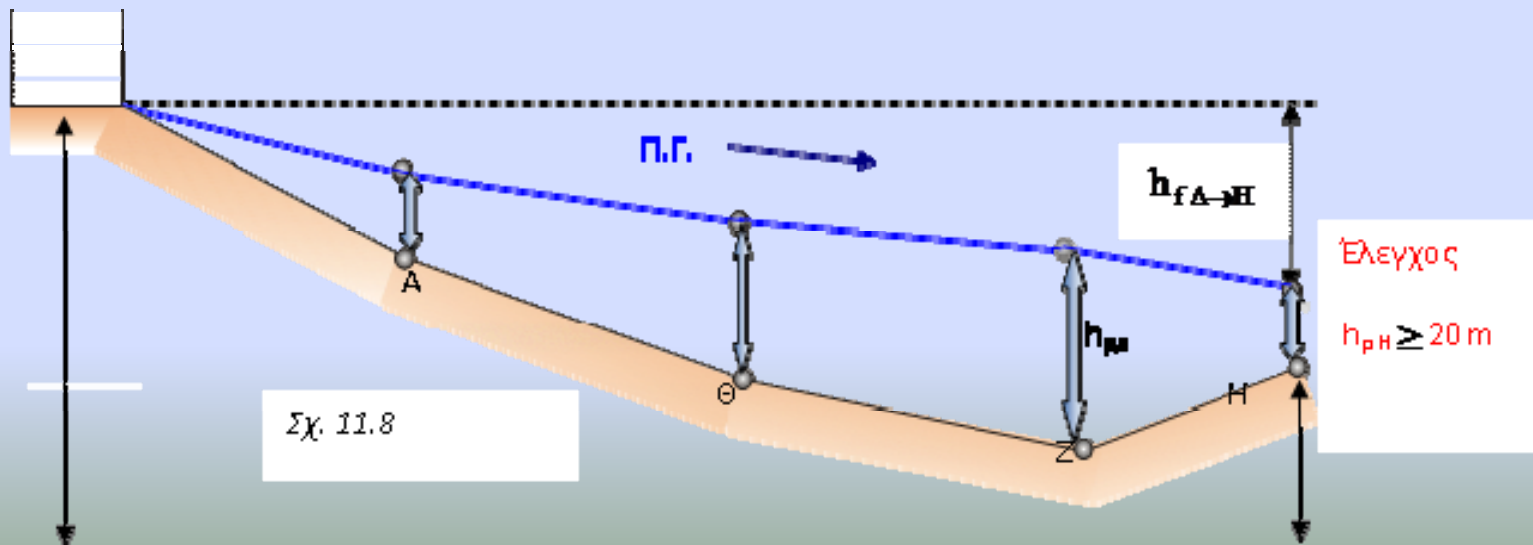
$$\left\{ \begin{aligned} H_B &= H_A - h_{f A \rightarrow B} \\ h_{pB} &= H_B - z_B \end{aligned} \right\}$$

Η πρώτη από τις παραπάνω εξισώσεις προσδιορίζει την πιεζομετρική γραμμή και η δεύτερη εξίσωση το ύψος πίεσεως σε έναν κόμβο.

Περίπτωση που η πίεση αυξάνεται κατάντη

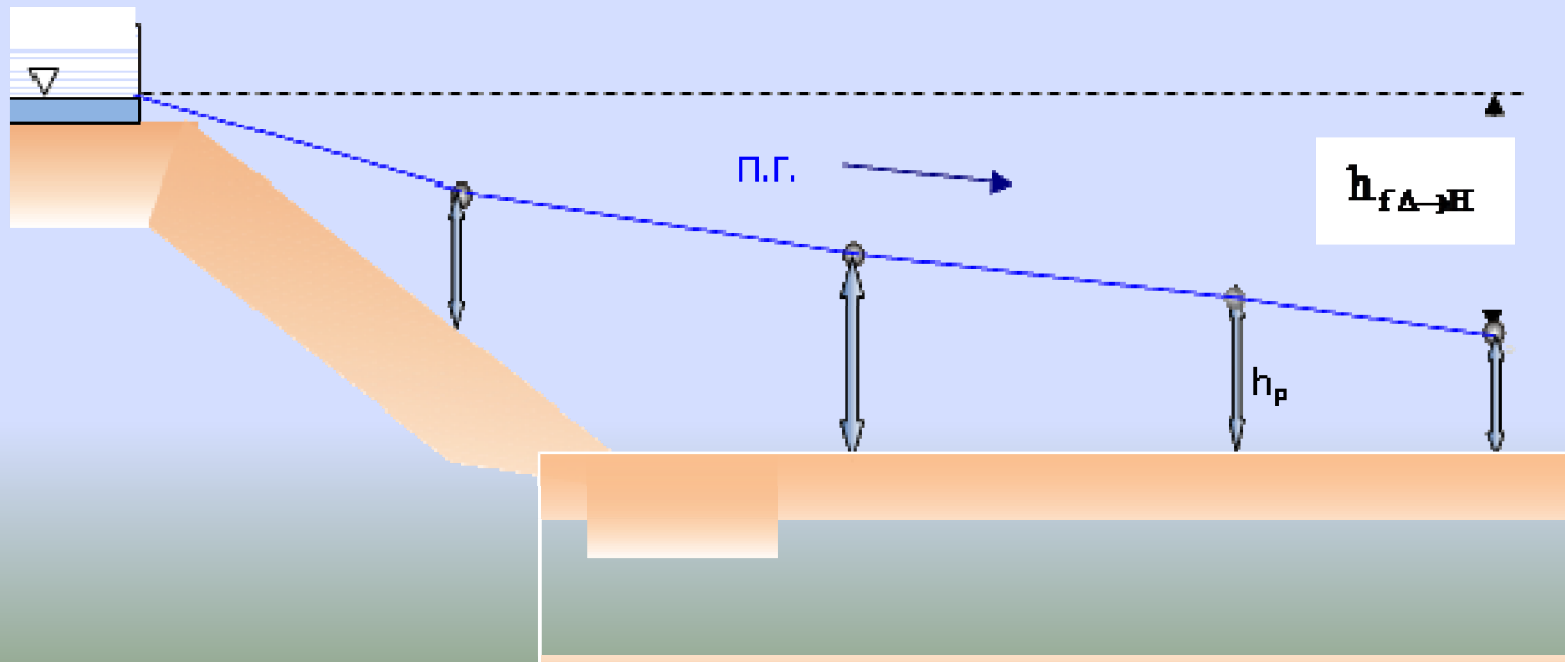
- Η γ.ε είναι πτωτική
- Ωστόσο, σε **χαμηλά σημεία** μπορεί η πίεση να αυξάνεται (έλεγχος μέγιστης πίεσης)

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



Σε επίπεδο πυθμένα..

- Η γ.ε είναι πτωτική (αυξάνει μόνο με αντλία)
- Για επίπεδο άξονα αγωγού ($z = \text{σταθ}$) το ύψος πίεσης είναι πτωτικό



Στους ανοικτούς αγωγούς καθοριστικό στοιχείο στο σχεδιασμό είναι οι κλίσεις του πυθμένα, ενώ στους κλειστούς αγωγούς η πίεση που καθορίζεται από την ΑΔΕ (άρα υψομετρία και απώλειες ενέργειας)

Σχεδιασμός κλειστών αγωγών

- Επιλογή διαμέτρου του εμπορίου ώστε να ικανοποιείται ο περιορισμός ταχυτήτων
- Έλεγχος πιέσεων:
 - Προσδιορισμός μανομετρικού αν χρειαστεί αντλία, φορά αριθμητικών υπολογισμών από κατάντη σε ανάντη (Υπόθεση για την πίεση λειτουργίας (ελάχιστη απαιτούμενη) στο δυσμενέστερο υδροστόμιο)
 - Επαρκή στάθμη νερού σε ανάντη δεξαμενή: φορά αριθμητικών υπολογισμών από ανάντη σε κατάντη: Από το αρχικό υψόμετρο αφαιρώ τις απώλειες ενέργειας και κατόπιν το ύψος θέσης

Περιορισμός ταχυτήτων

• PVC εμβαπτός 10 atm.

"Κυρονική" βελτισποίηση. Τοπολίζω.

Σταμάρου αίντε!

→ ταχύτητα.

$$0.5 \leq \bar{V} \leq 1.5 \text{ m/s} - 2 \text{ m/s}$$

για $\bar{V} \approx 1 \text{ m/s}$

$$Q = \frac{\pi D_{\text{σω}}^3}{4} \bar{V} \rightarrow \bar{V} = \frac{4Q}{\pi D_{\text{σω}}^2} \rightarrow \text{εμβαπτός}$$

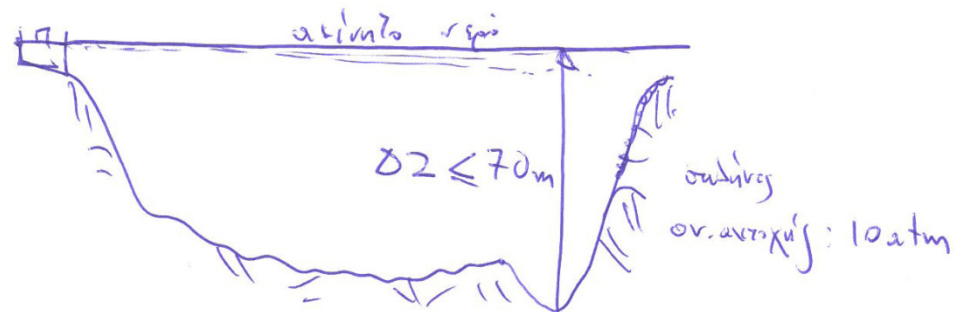
Σωλήνες 10 atm

Άρα ελάχιστο 2 περιορισμούς:

1) Ταχύτητα $0.5 \leq V \leq 1.5-2 \text{ m/s}$

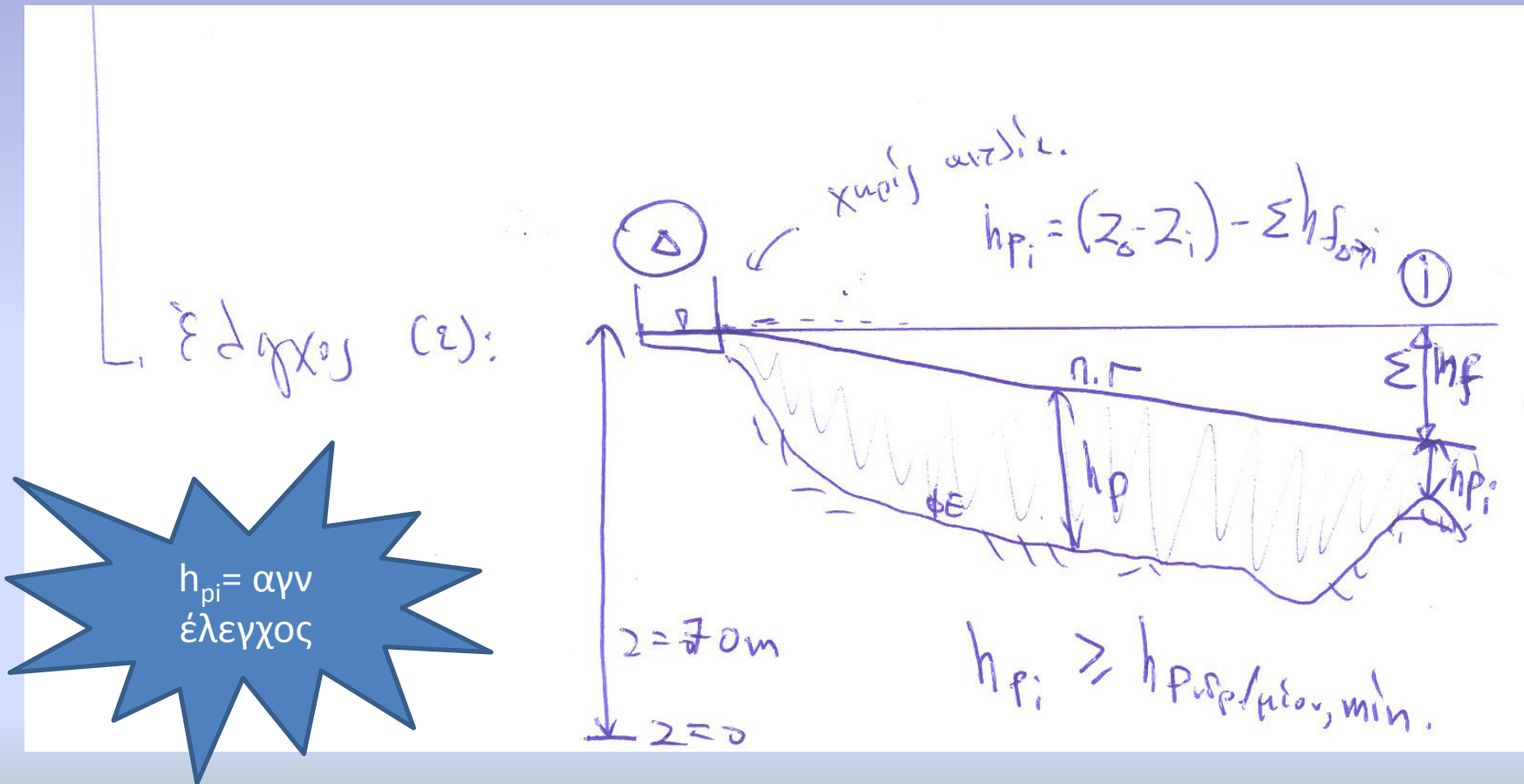
2) ύψος πίεσης στα υδροφόρια.

3) Υψομετρικές αποσώσεις κάρβων και ελ. επιφάνειες
διεφερονή. Για 10 atm ονομαστική αντοχή



Χωρίς αντλία: φορά αριθμητικών υπολογισμών από ανάντη σε κατόντη: έλεγχος αν επαρκεί το ύψος πίεσης στο δυσμενέστερο σημείο

Χωρίς αντλία: **φορά αριθμητικών υπολογισμών από ανάντη σε κατόντη**: Από το αρχικό υψόμετρο αφαιρώ τις απώλειες ενέργειας και κατόπιν το ύψος θέσης



με αντλία: φορά αριθμητικών
υπολογισμών από κατάντη σε ανάντη
(υπόθεση για το ύψος πίεσης στο
δυσμενέστερο αγροτεμάχιο)

αντλία, φορά
 αριθμητικών
 υπολογισμών από
 κατάντη σε ανάντη
 (Υπόθεση για την πίεση
 λειτουργίας (ελάχιστη
 απαιτούμενη) στο
 δυσμενέστερο
 υδροστόμιο)

$H_{Mi} = \alpha_{\text{γν}}$

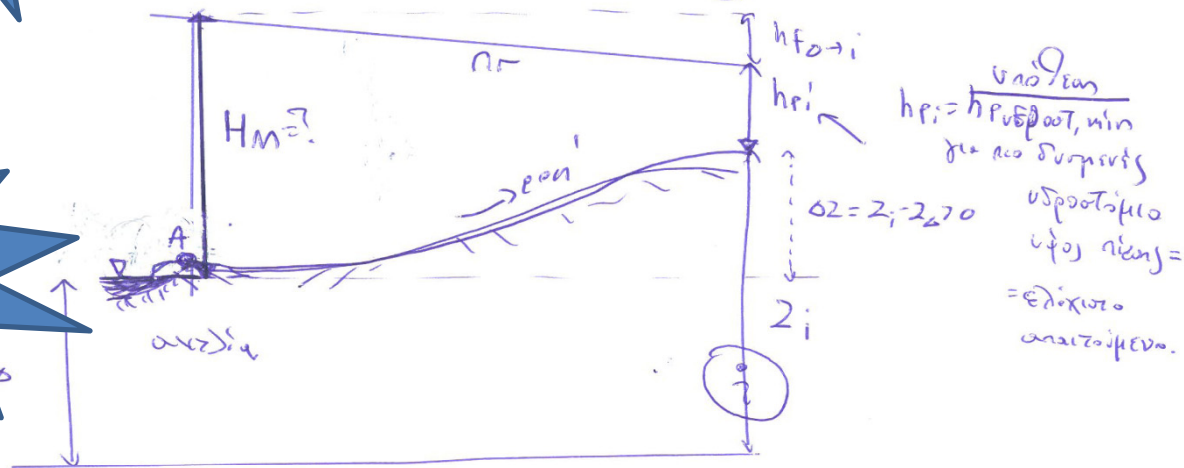
Διαφορά πιε ανώδης (σύγκριση)
 π.χ. 90μ

Βαδίζω αντίστροφα. Για το δυσμενέστερο
 υδροστόμιο, υποθέτω $h_{r_i} = h_{r_{\text{min}}}$ (ύψος πίεσης)

$Z_{\Delta} + H_M = (Z_i + h_{r_i}) + \Sigma h_{f_{\Delta \rightarrow i}} \Rightarrow$
 " H:

$\Rightarrow H_M = (Z_i - Z_{\Delta}) + h_{r_i} + \Sigma h_{f_{\Delta \rightarrow i}}$

↑ απαιτούμενο ύψος ανώδης.



(Σε όλη τις γραμμές θεωρώ $\frac{V^2}{2g}$ σε καθ. αριθμό) (αρκεί να μην είναι)

Ανοικτοί αγωγοί

Ανοικτοί αγωγοί

- Για πυθμένα επίπεδο, υδροστατική κατανομή
- Η δύναμη λόγω πίεσης σε μία επίπεδη νοητή επιφάνεια (διατομή) θα είναι ίση με (μέτρο) τη πίεση στο κέντρο βάρους επί την επιφάνεια της διατομής: $F_p = \rho g y_c A$
- Η δύναμη λόγω πίεσης ασκείται χαμηλότερα από το κέντρο βάρους στο κέντρο πίεσης.
- Ωστόσο, σε ομοιόμορφη ροή η δύναμη λόγω πίεσης δεν παίζει κανένα ρόλο στην ανάλυση των δυνάμεων, εφόσον αλληλοεξουδετερώνεται από τη δύναμη λόγω πίεσης στην άλλη διατομή
- Η πίεση λοιπόν έχει γενικά υδροστατική κατανομή και μάλιστα σε ομοιόμορφη ροή δεν είναι αίτιο κίνησης, αλλά αίτιο κίνησης είναι η οριζόντια συνιστώσα του βάρους

Κρίσιμο βάθος

Κρίσιμο βάθος

- Μόνο σε ανοικτούς αγωγούς
- Επιθυμώ ροή υποκρίσιμη. Τότε το βάθος ροής είναι μεγαλύτερο από το κρίσιμο
- Κρίσιμο βάθος (κατώφλι μεταξύ υποκρίσιμης και υπερκρίσιμης ροής), $Fr = 1$, ελάχιστη ειδική ενέργεια
- Το κρίσιμο βάθος ($Fr=1$) εξαρτάται από την παροχή και το είδος της διατομής
- Σε ανομοιόμορφη ροή (μη σταθερό βάθος ροής) συντελεί στον προσδιορισμό της στάθμης της ελεύθερης επιφανείας

Υδραυλικός υπολογισμός
διωρύγων
α. παροχή σχεδιασμού

Ειδική παροχή 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

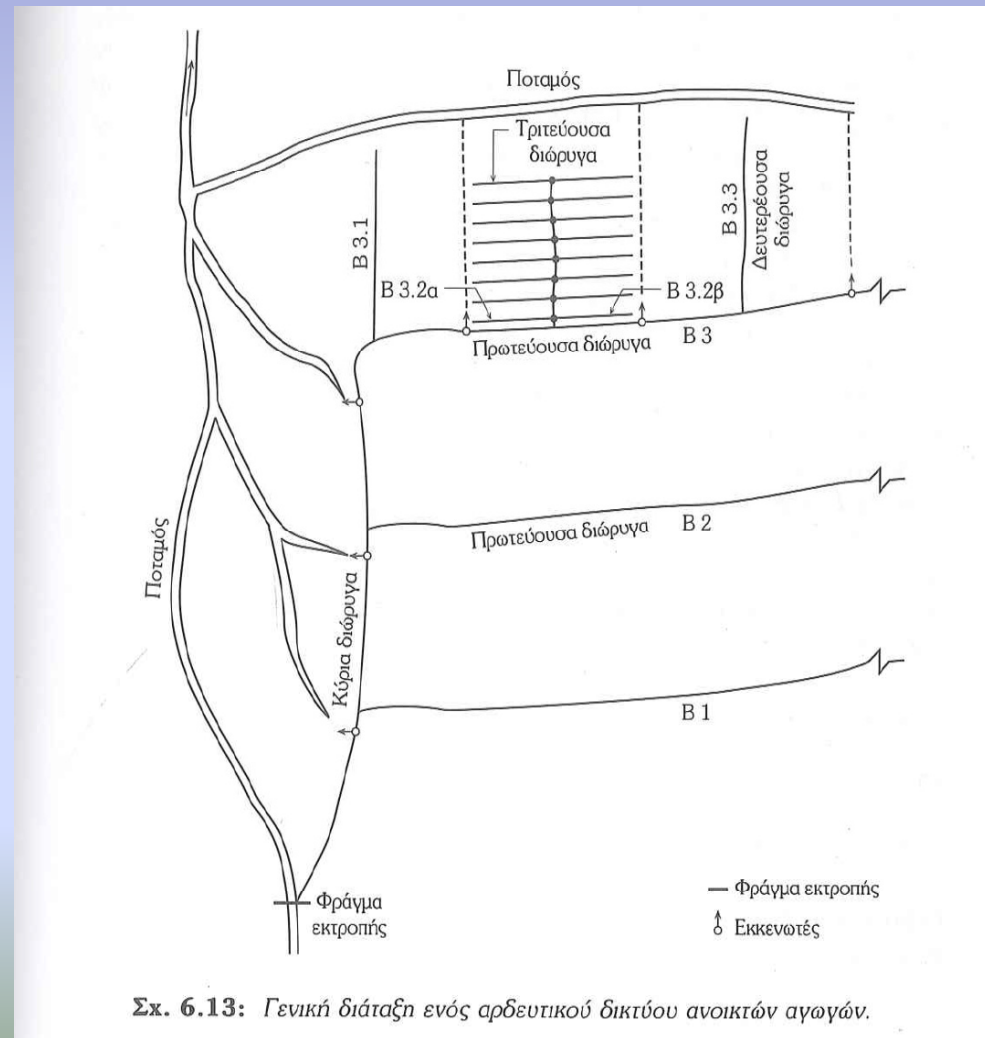
E_a : συντελεστής απόδοσης κατά την εφαρμογή

t_d : αριθμός ωρών λειτουργίας του δικτύου ανά 24ωρο.

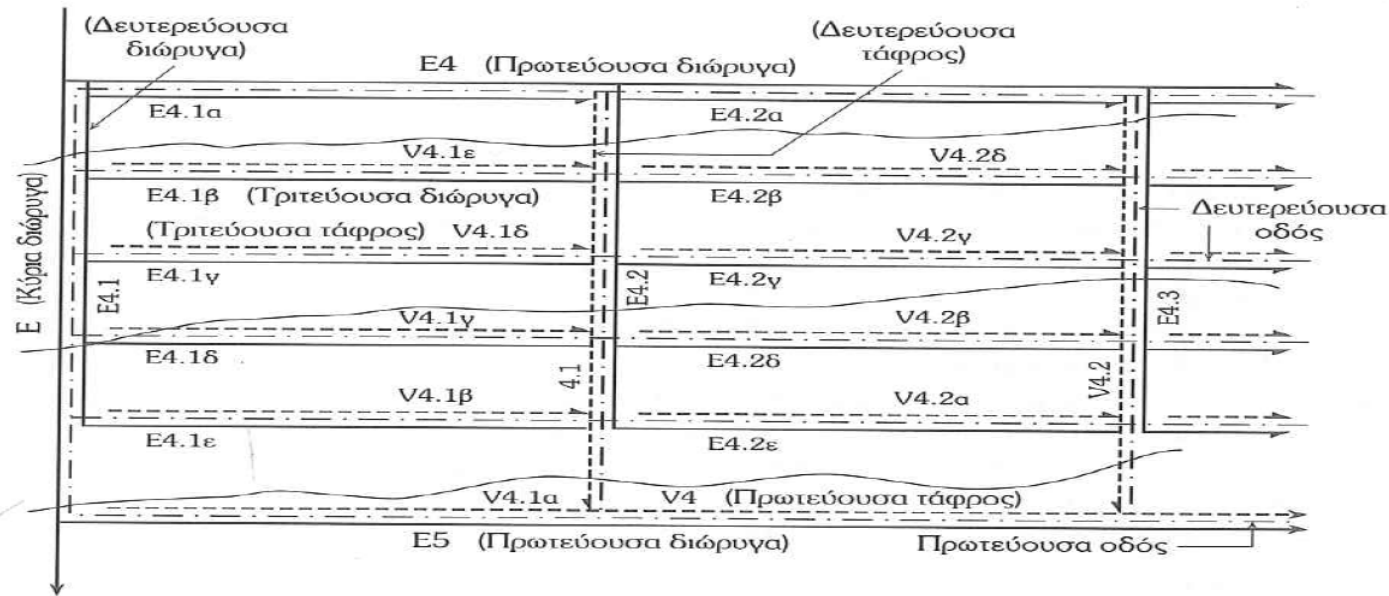
Αν δεν αναφέρεται ο αριθμός ωρών λειτουργίας συνήθως παίρνεται ίσος με 24 hr. Στο παρελθόν για την ασφαλή κάλυψη των αναγκών η ειδική παροχή στο αγροτεμάχιο επολλλαπλασιάζετο με ένα συντελεστή προσαύξησης c , που για τις Ελληνικές συνθήκες ήταν από 1.10 έως 1.20.

Πρωτεύουσα, δευτερεύουσα, τριτεύουσα (μετά το αγροτεμάχιο)

Θέμα: Υπόθεση συνεχής λειτουργία

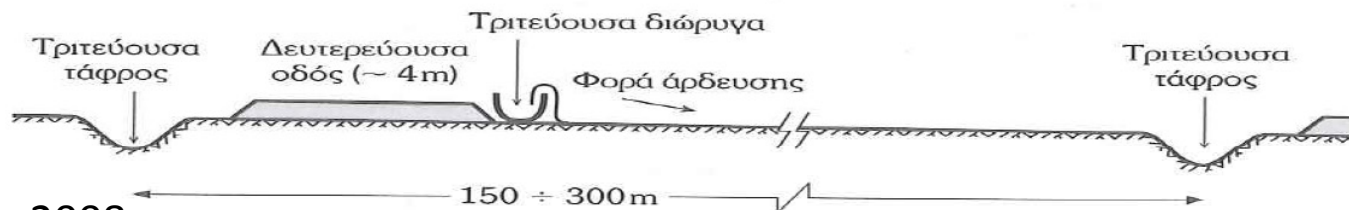


Ένα τυπικό επιφανειακό δίκτυο άρδευσης φαίνεται στο Σχήμα 8.6. Στο σχήμα αυτό εκτός από το δίκτυο διωρύγων φαίνεται και το δίκτυο των τάφρων και το οδικό δίκτυο.



Σχ. 8.6: Τυπική διάταξη αρδευτικού και στραγγιστικού δικτύου.

Το δίκτυο των διωρύγων σε μια ικανοποιητική χάραξη καταλαμβάνει από 5% έως 15% της αρδευόμενης έκτασης. Οι διώρυγες είναι συνήθως τραπεζοειδούς διατομής επενδυμένες με σκυρόδεμα. Οι τριτεύουσες είναι συνήθως προκατασκευασμένοι αγωγοί ελλειψοειδούς ή ορθογωνικής διατομής.



Σχ. 8.7: Τυπική διάταξη τριτεύοντος δικτύου (τομή).

Υδραυλικός υπολογισμός

- Προσδιορισμός παροχής
 - Υδραυλική κεφαλή
 - Έστω συνεχή λειτουργία δικτύου
- Οριακές συνθήκες, επιλογή κλίσης ομοιόμορφο βάθος, συνήθως αρχίζω από την κατάληξη της τριτεύουσας στη δευτερεύουσα, (θέμα, λύση με νομογραφήματα)
- Δευτερεύουσες, τραπεζοειδείς διατομές, τριτεύουσες, τυποποιημένα καναλέτα

Έλεγχος αρδευτικής κεφαλής, τριτεύουσα

Παράδειγμα από θέμα

Έλεγχος αρδευτικής κεφαλής:

Ο έλεγχος της αρδευτικής κεφαλής γίνεται με την παρακάτω εξίσωση:

$$Q = \frac{K_T}{E_d} \cdot \bar{q} \cdot A$$

όπου Q είναι η παροχή της τριτεύουσας διώρυγας, K_T είναι ο συντελεστής τριτεύουσας διώρυγας (λαμβάνεται ίσος με 1,30), E_d ο συντελεστής απόδοσης (λαμβάνεται ίσος με 0,90), \bar{q} η ειδική παροχή άρδευσης και A είναι η αρδευόμενη έκταση από την τριτεύουσα διώρυγα. Με αντικατάσταση έχουμε:

$$Q = \frac{1,30}{0,90} \cdot 0,11 \cdot 212 = 33,68 \text{ lt / sec}$$

συνεπώς η αρδευτική κεφαλή των 60lt/sec επαρκεί για την άρδευση της περιοχής.

Παροχή σχεδιασμού δευτερευουσών διωρύγων

Παροχή σχεδιασμού δευτερεύουσας διώρυγας

Ο υπολογισμός της παροχής στα τμήματα της δευτερεύουσας διώρυγας γίνεται από τον παρακάτω τύπο:

$$Q_i = \frac{K_s}{E_x} \cdot q \cdot \sum_{i=1}^n A_i$$

όπου Q_i είναι η παροχή στο αντίστοιχο τμήμα της δευτερεύουσας διώρυγας, K_s ο συντελεστής της δευτερεύουσας διώρυγας (λαμβάνεται ίσος με 1,20), E_x ο συντελεστής απόδοσης του δικτύου δευτερεύουσας-τριτεύουσας (λαμβάνεται ίσος με 0,855) και q η ειδική παροχή

Δημιουργία πίνακα και έλεγχος από κατάντη στα ανάντη, απλοποίηση όπου χρειαστεί, η παροχή πρέπει να είναι ανάλογη της αρδευτικής κεφαλής

$$Q = \frac{k}{E_s} \cdot \bar{q}_c \cdot A \quad (8.3)$$

όπου \bar{q}_c είναι η μέση ειδική συνεχής παροχή στο αγροτεμάχιο και

k είναι ένας συντελεστής που παίρνει τις ακόλουθες τιμές ανάλογα με το τμήμα του αρδευτικού δικτύου που αναφέρεται η παροχή:

Τριτεύουσες $k_T = 1.20 - 1.40$

Δευτερεύουσες $k_S = 1.10 - 1.20$

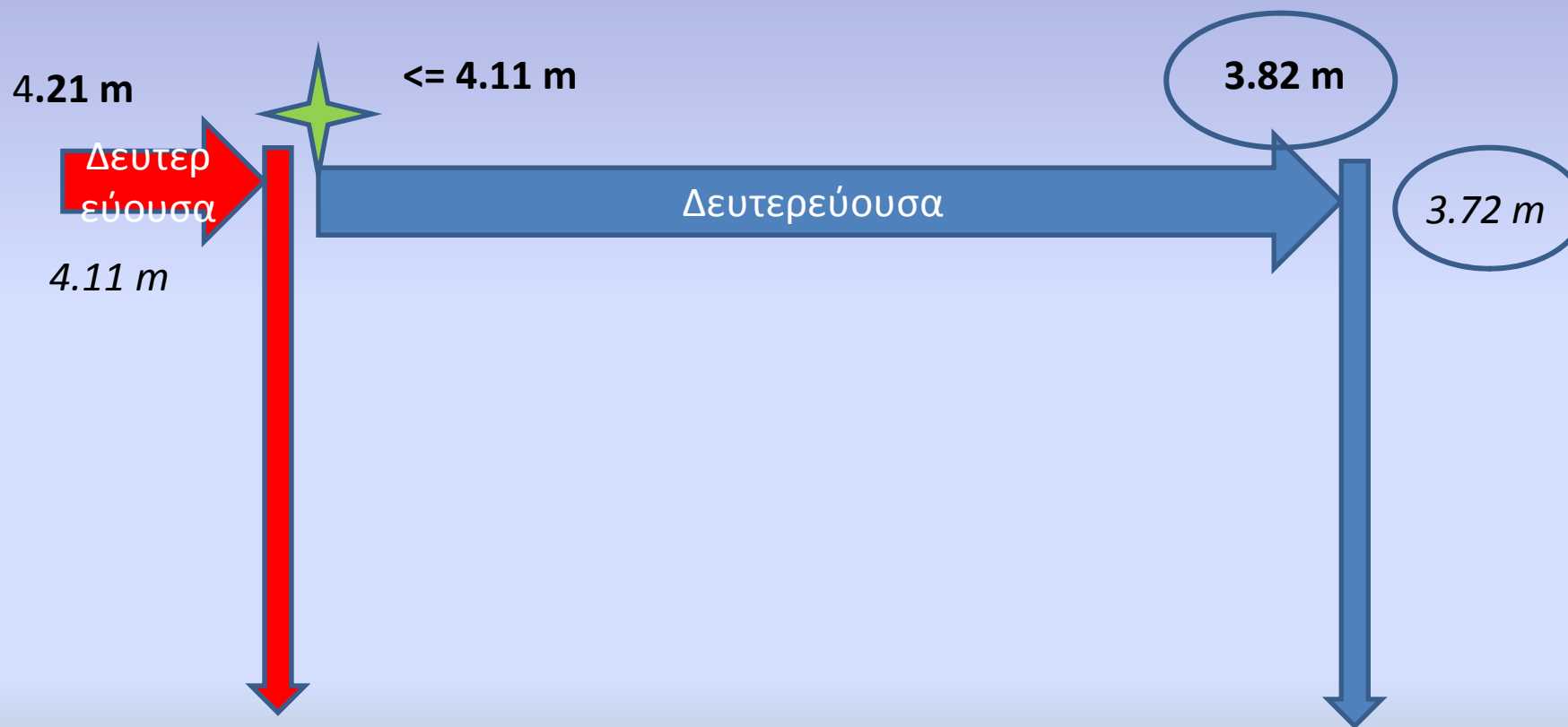
Πρωτεύουσες $k_M = 1.05 - 1.10$

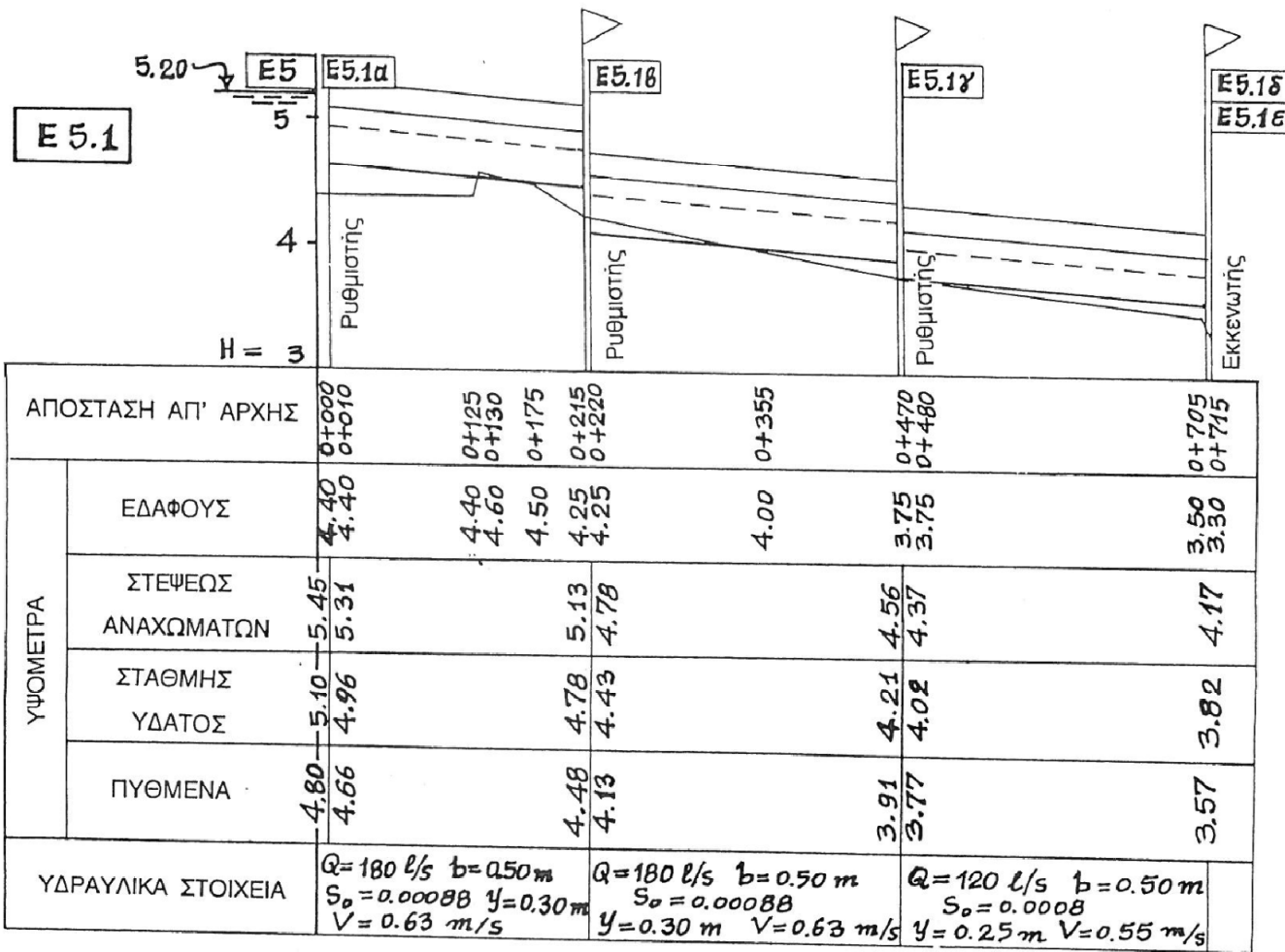
Οι τιμές αναφέρονται σε επενδεδυμένες διώρυγες για Μεσογειακό κλίμα.*

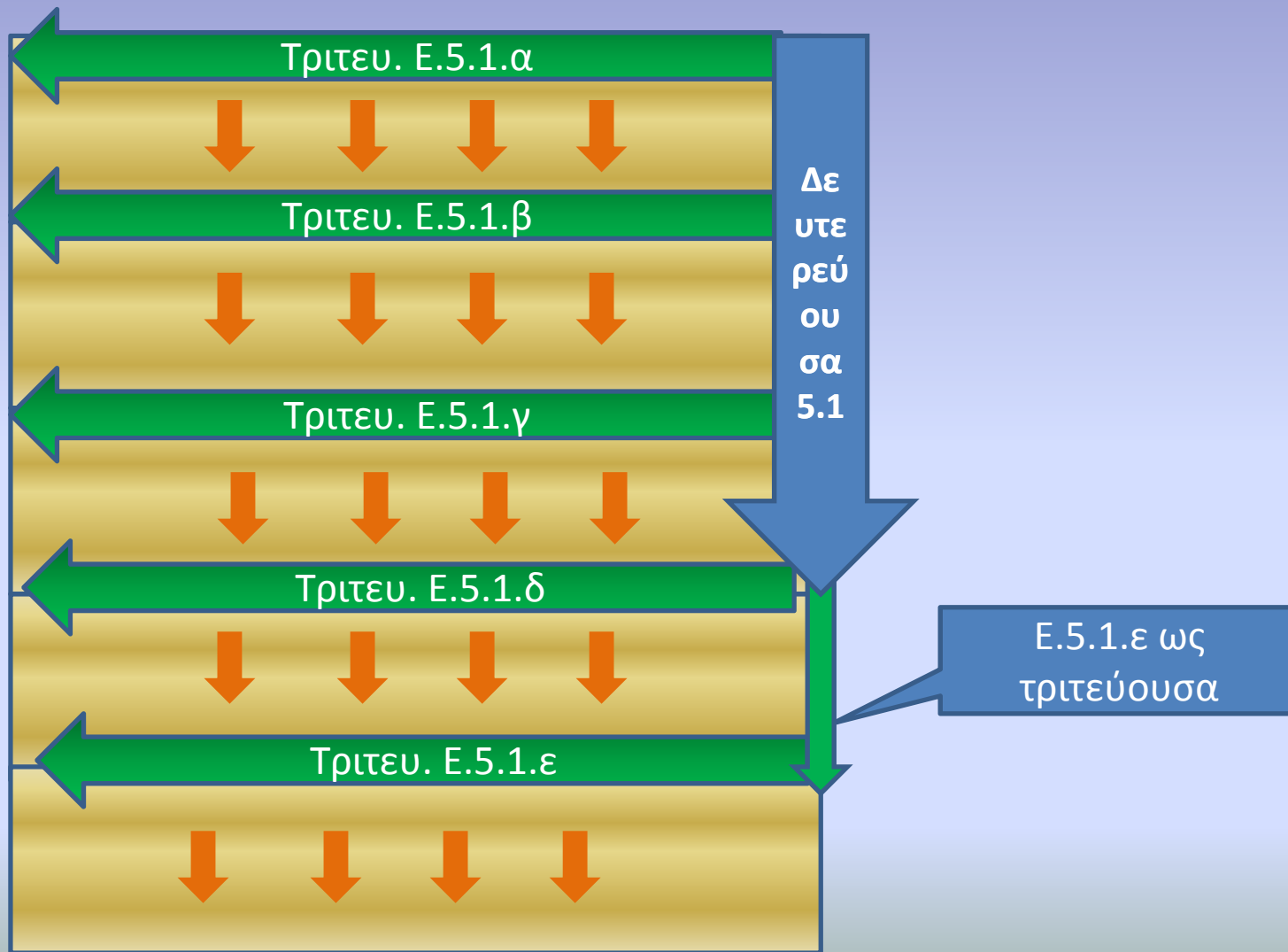
Είναι προφανές ότι ο συντελεστής k εξαρτάται από το βαθμό ελευθερίας που επιδιώκεται, όπως επίσης και από το βαθμό επικινδυνότητας που επιλέγεται στο σχεδιασμό του τμήματος αυτού του δικτύου. Συνεπώς με κατάλληλη επιλογή του συντελεστή k η μέθοδος συνεχούς ροής ισοδυναμεί με αντίστοιχη εκ περιτροπής.

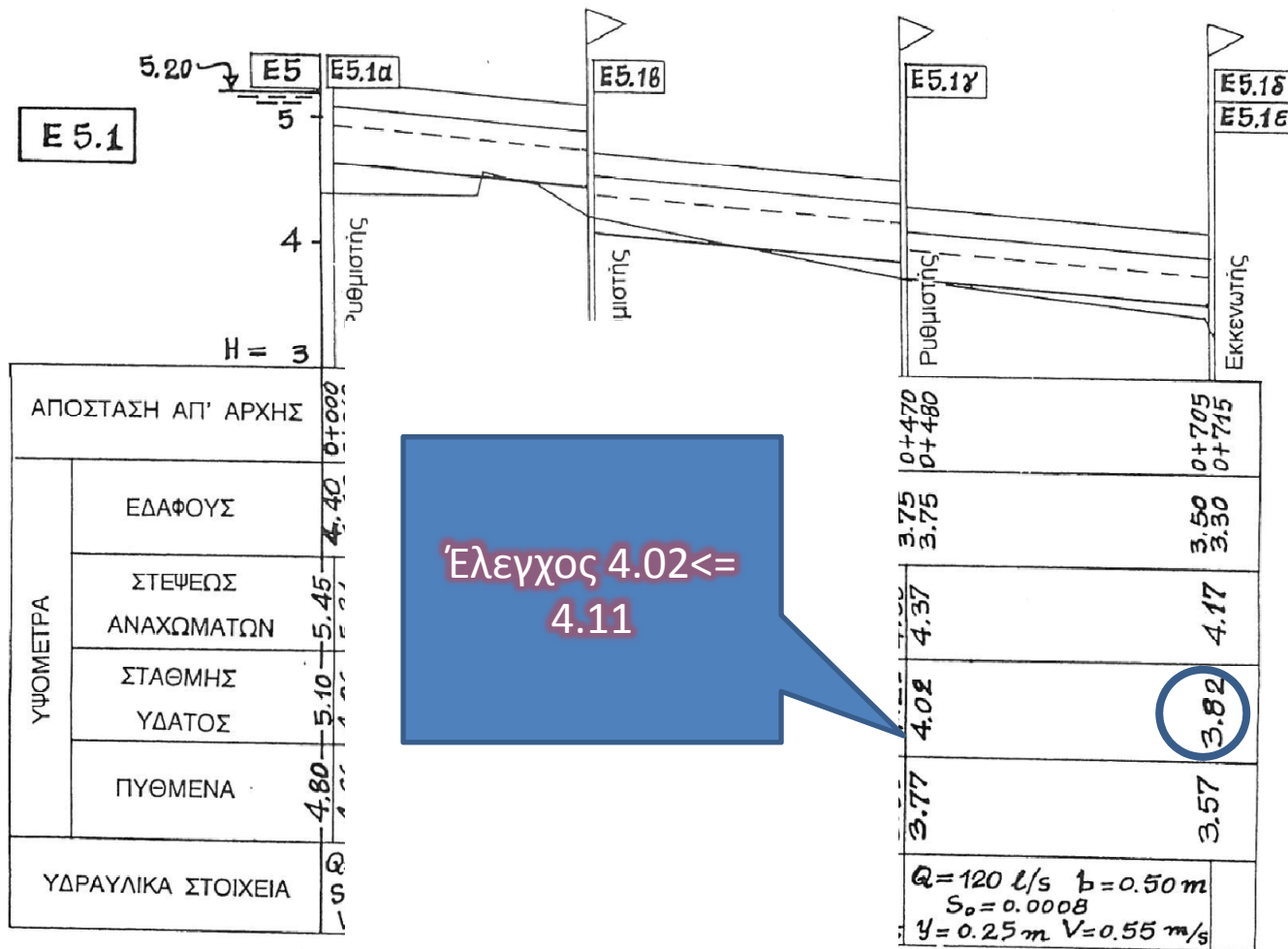
Παράδειγμα επιφανειακών συλλογικών δικτύων άρδευσης

Δευτερεύουσα κατάντη

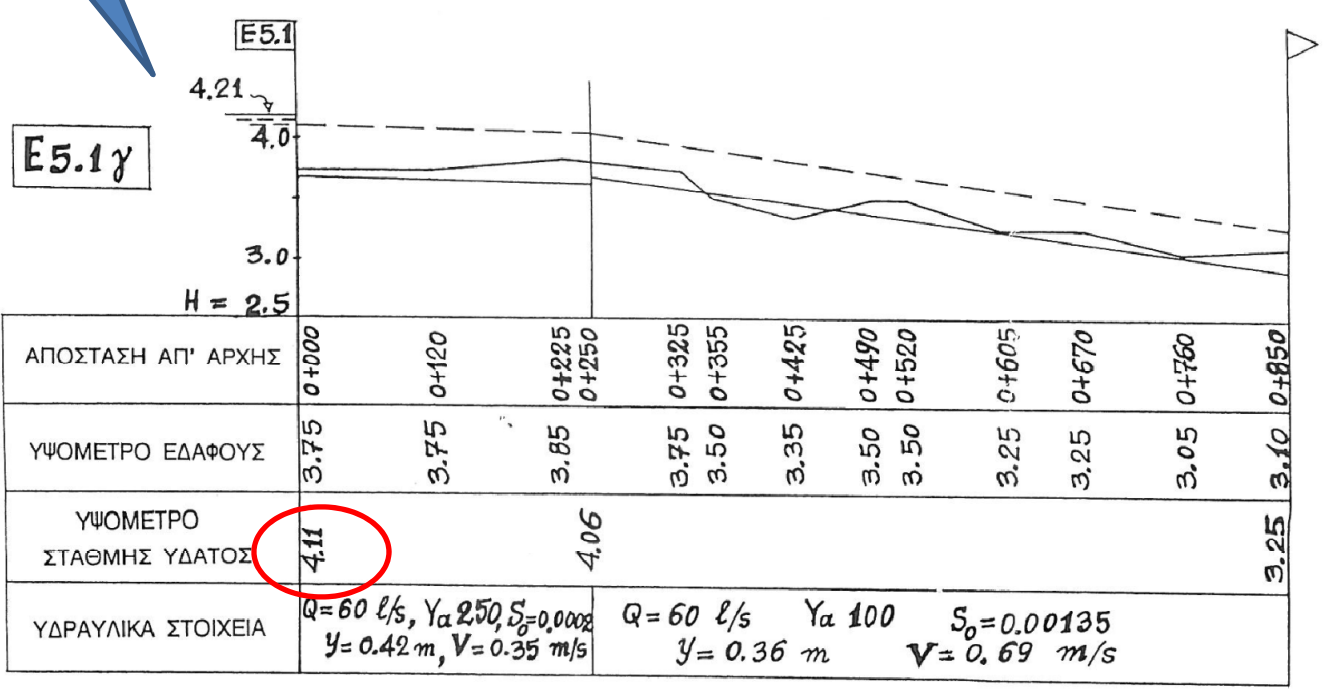




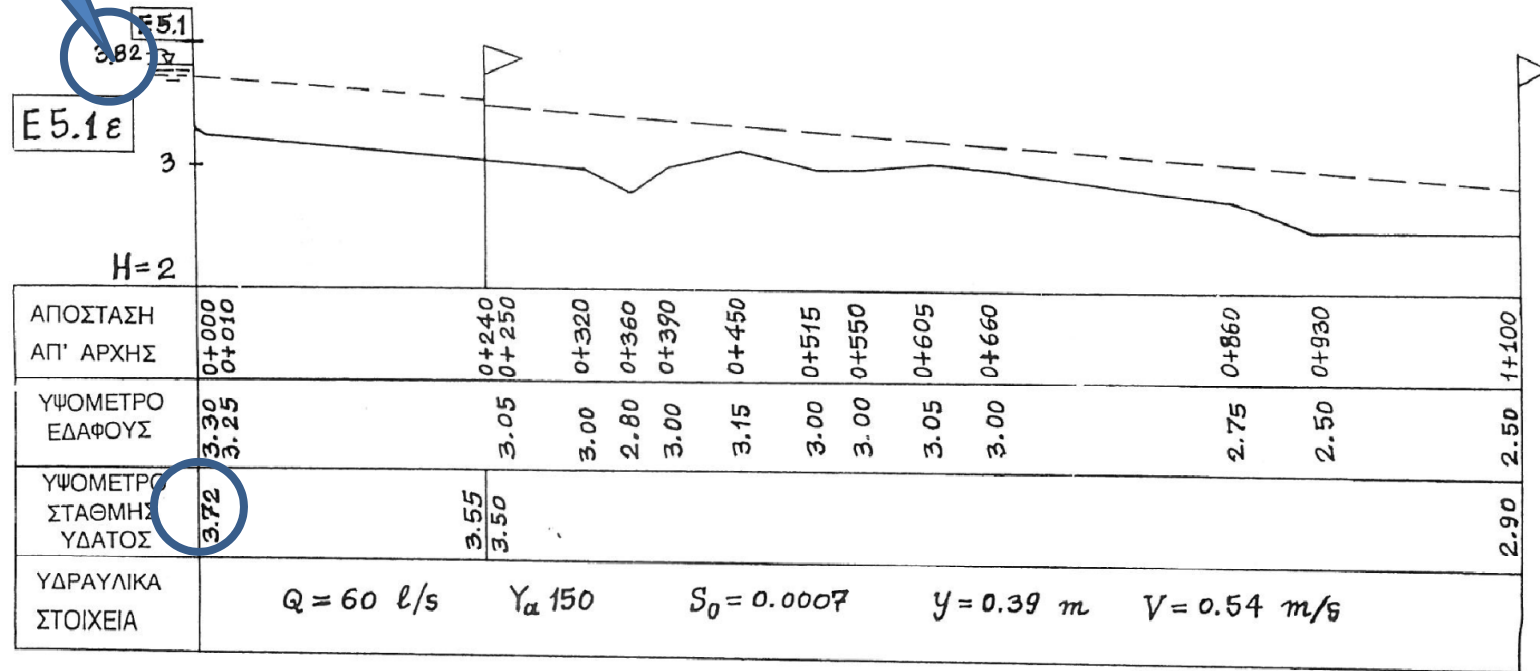




+0.10m



+0.10m



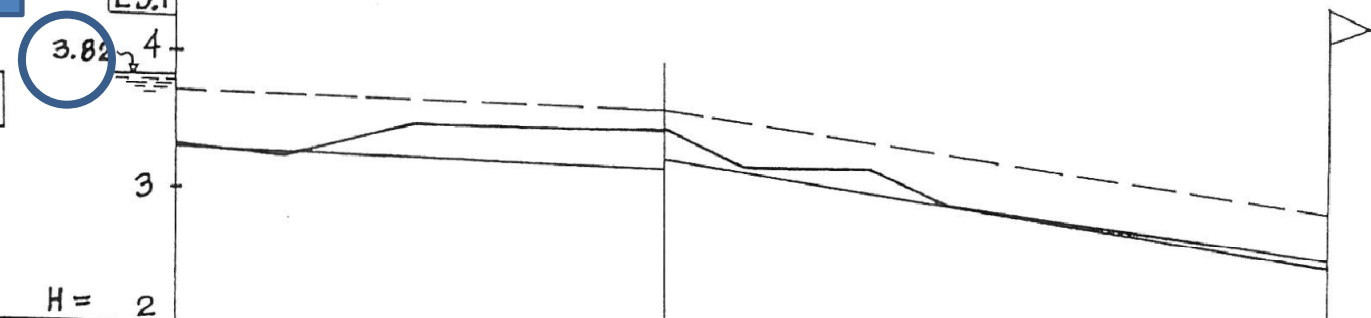
+0.10m

E5.1 δ

E5.1
3.82

H = 2

ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠ'ΑΡΧΗΣ	0+000	0+075	0+170	0+360	0+415	0+510	0+570	0+745	0+850
ΥΨΟΜΕΤΡΟ ΕΔΑΦΟΥΣ	3.30	3.25	3.50	3.50	3.25	3.25	3.00	2.75	2.60
ΥΨΟΜΕΤΡΟ ΣΤΑΘΜΗΣ ΥΔΑΤΟΣ	3.72			3.65					2.99
ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	$Q = 60 \text{ l/s}$ $Y_a 250$ $S_0 = 0.0002$ $y = 0.42 \text{ m}$ $V = 0.35 \frac{\text{m}}{\text{s}}$				$Q = 60 \text{ l/s}$ $Y_a 100$ $S_0 = 0.001347$ $y = 0.36 \text{ m}$ $V = 0.69 \text{ m/s}$				

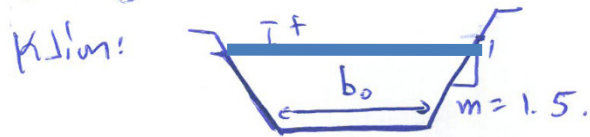


Υδραυλική επίλυση τραπεζοειδούς διατομής

Διαγρ. Επίλυση

1) Καν/τα (σχήμα)

2) $T_p/S_{επ}$ Διατομές: (δεν/σε, ηρωτεύουσες)



3) Επίλυση = άσπαστο σκυρόδεμα και ελεύθερο περιθώριο.

4) Αν $\bar{f}_n = \frac{n Q}{b_0^{8/3} S_0^{1/2}}$ $\xrightarrow{\text{ρεύματα}}$ $y_n = \text{βάθος λειτουργικό}$
 (Manning) $\xrightarrow{\text{ομοιόμορφο}}$ επίω

5) Αν $\bar{f}_c = \frac{Q}{\sqrt{g} b_0^{5/2}} \xrightarrow{\text{ρεύματα}}$ y_c βάθος κρίσιμο.

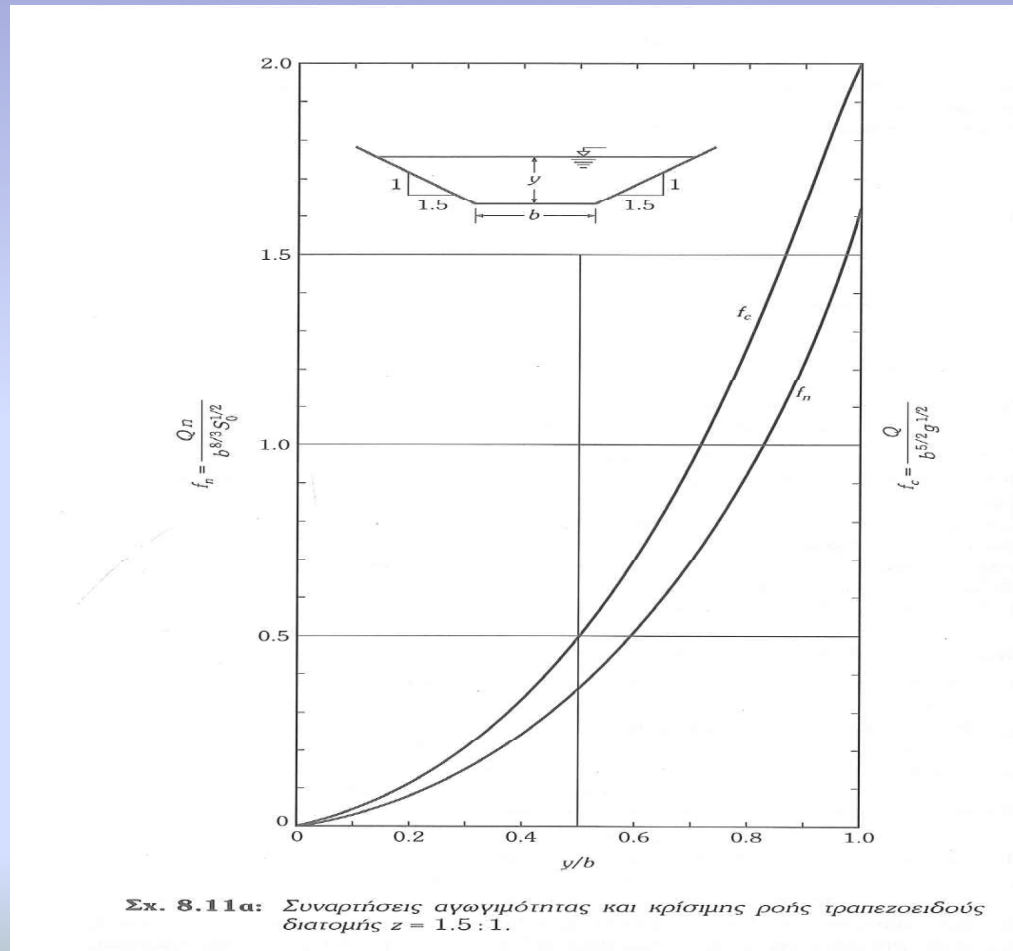
Ελέγχος $y_n > y_c$ ώστε ροή υποκρίσιμη.

6) Ελέγχος ασφαλείας (ανάδραση και μόνιμες)

$n' = -0.003 + n \rightarrow \bar{f}_n' \rightarrow y_n' \text{ έλεγχος } > y_c.$

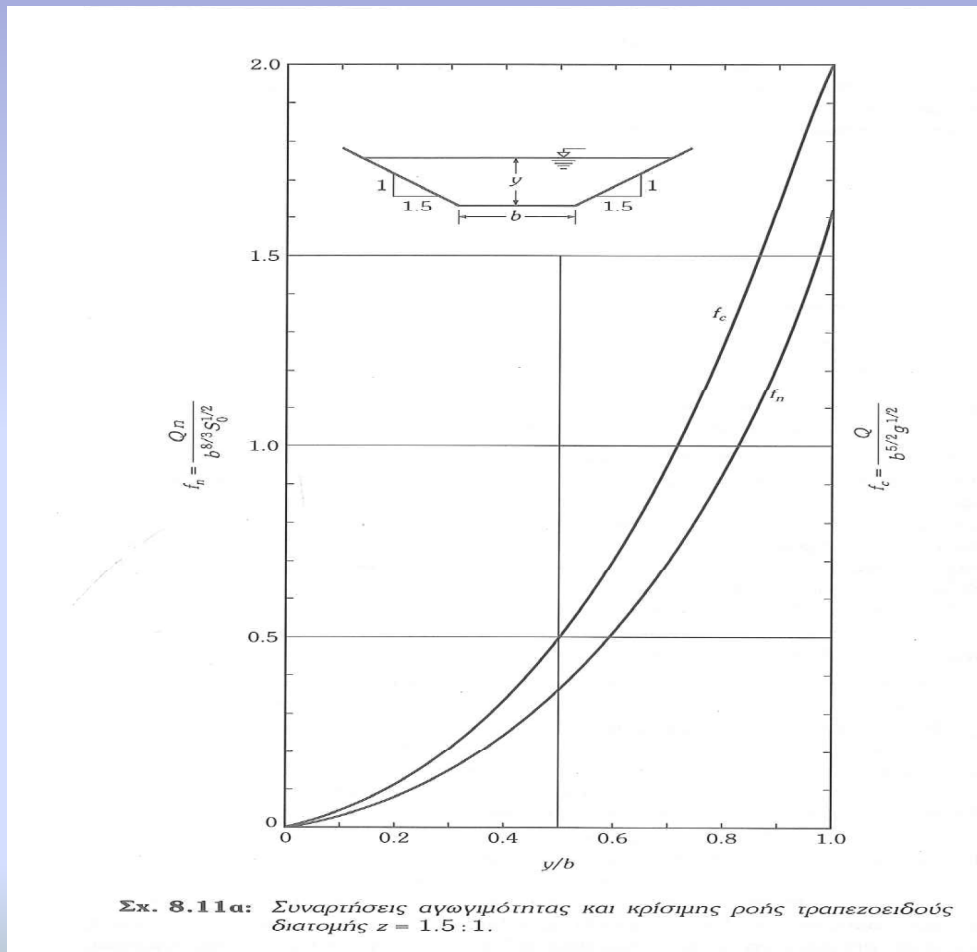
$T_p/S_{επ}$ Διατομές

Βήμα 3.1: Κλίση και παροχή γνωστή υδραυλική επίλυση από πίνακες



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

Βήμα 3.2 : Έλεγχος ροή υποκρίσιμη



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

Ξανά («εικονικός» έλεγχος κρίσιμης ροής υπέρ της ασφάλειας)

- U.S. Bureau of Reclamation: Πρέπει $y_c < y'_n$, όπου y'_n το βάθος ομοιόμορφης ροής που προκύπτει για συντελεστή Μανπίνγκ $n' = n - 0.003$ (για μεγαλύτερη ασφάλεια)

$$n' = 0.014 - 0.003 = 0.011$$

$$\bar{f}_n(\bar{y}'_n) = \frac{n' Q}{b^{5/3} S_0^{1/2}} = 0.1345$$

Από τον Πίνακα Π3.1 $\Rightarrow \bar{y}'_n = 0.279$

$$y'_n = \bar{y}'_n \times b = 0.279 \times 5.5 = 1.535 \text{ m}$$

$y_c < y'_n \Rightarrow$ υποκρίσιμη ροή

Υπόθεση
υπερ της
ασφάλειας
(εικονικό)

Περιθώριο: Προσδιορισμός στάθμης στέψης αναχωμάτων

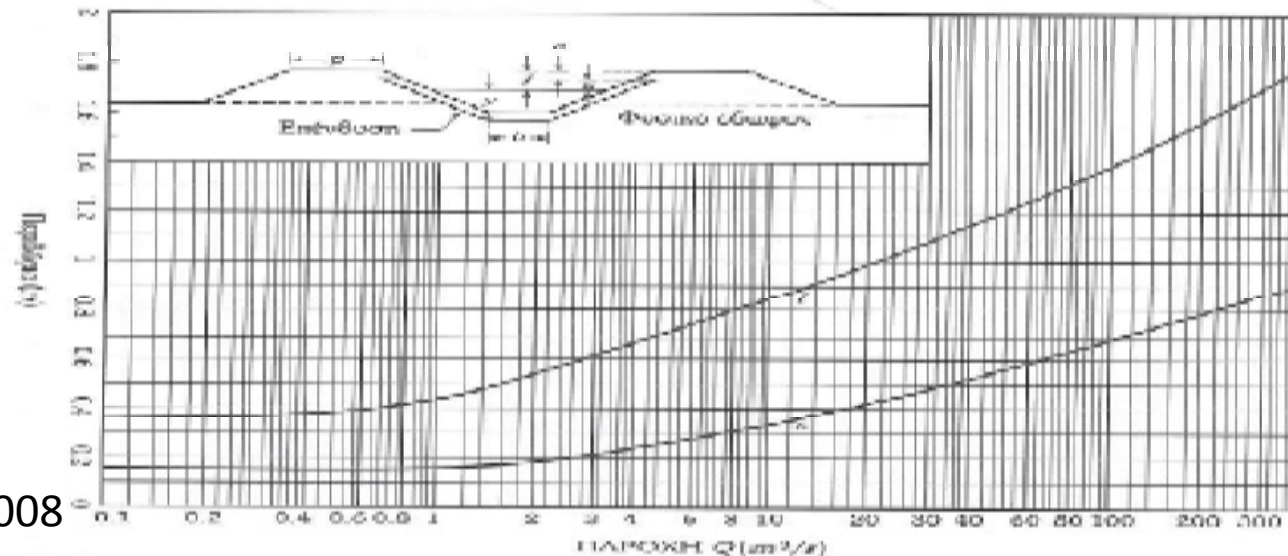
που εξυπηρετεί η διώρυγα. Η ταχύτητα ροής στις διώρυγες μεταφοράς πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 0.30 m/s για την αποφυγή αποθέσεων.

Το περιθώριο ή ελεύθερο ύψος είναι η απόσταση μεταξύ της ελεύθερης επιφάνειας του νερού και της στέψης των αναχωμάτων. Το περιθώριο f υπολογίζεται πρόχειρα με την ακόλουθη εμπειρική εξίσωση που προτείνει το USBR:

$$f = C \cdot y \quad (8.39)$$

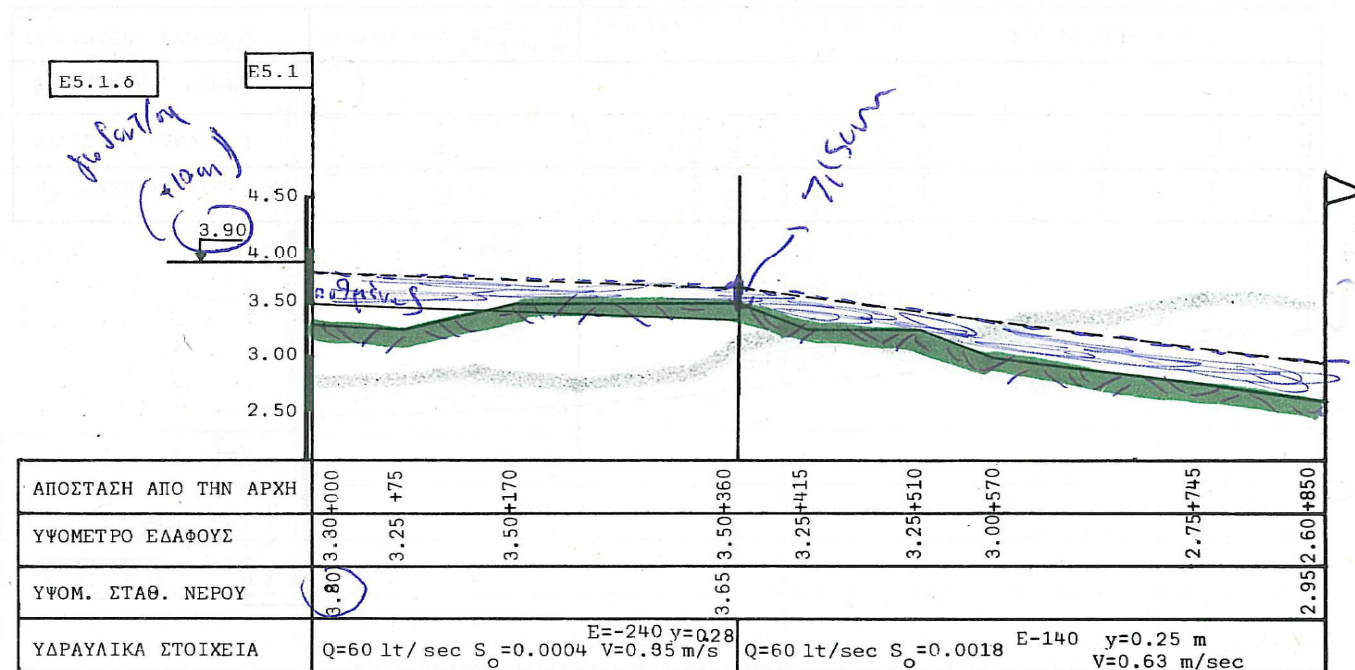
όπου y = βάθος ροής (m)

C = συντελεστής που κυμαίνεται από 0.46 ως 0.76 για παροχές 0.56 m³/s ως 85 m³/s.



Τριτεύουσα: Στάθμη νερού +0.15 από το φυσικό έδαφος, τουλάχιστον

Σχ.8.17 Μηκτομή της τριτεύουσας διώρυγας E5.16



Δίκτυα καταιονισμού, άρδευση στο αγροτεμάχιο

Επιμέλεια: Δρ Μ. Σπηλιώτης
Κείμενα –σχήματα Τσακίρης 2008
Και κατά τις παραδόσεις του
Κ.Κ.Μπέλλου

Άρδευση με καταιονισμό

Εδώ πρέπει να τονισθεί ότι ο όρος "άρδευση με καταιονισμό" αναφέρεται συνήθως στη μέθοδο εφαρμογής του αρδευτικού νερού. Όμως, όπως είναι ευνόητο, η μέθοδος εφαρμογής συνδέεται άμεσα με τό δίκτυο μεταφοράς και διανομής. Έτσι στη μέθοδο εφαρμογής με καταιονισμό η μεταφορά και η διανομή του νερού γίνεται με δίκτυο κλειστών σωληνωτών αγωγών υπό πίεση χωρίς βέβαια να αποκλείονται οι περιπτώσεις που η μεταφορά να γίνεται με δίκτυο ανοικτών αγωγών και το δίκτυο εφαρμογής να χρησιμοποιεί αντλητικό συγκρότημα για τη λειτουργία των εκτοξευτήρων.

Όπως γίνεται φανερό η μέθοδος καταιονισμού διαφέρει από τη μέθοδο επιφανειακής αρδεύσεως κατά το ότι απαιτεί κάποιο υδραυλικό φορτίο για την λειτουργία των εκτοξευτήρων και την εφαρμογή του αρδευτικού νερού.

Πλεονεκτήματα

Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου με καταιονισμό σε σχέση με τη μέθοδο επιφανειακής αρδεύσεως μπορούν να συμπυκνωθούν στα παρακάτω :

- Ποιοτικά καλύτερη εφαρμογή του αρδευτικού νερού (μεγαλύτερος βαθμός ομοιομορφίας διανομής).
- Καλύτερος έλεγχος εφαρμογής του νερού (δυνατότητα εφαρμογής του ύψους που απαιτείται, δυνατότητα εφαρμογής μικρών δόσεων).
- Δυνατότητα αρδεύσεως εδαφών και περιοχών μη κατάλληλων για επιφανειακή άρδευση (εδάφη μεγάλης διηθητικότητας, γεωργικές εκτάσεις με μεγάλη κλίση). Για την άρδευση με καταιονισμό δεν είναι απαραίτητη η συστηματοποίηση των εδαφών.
- Δυνατότητα αξιοποίησεως μικρών παροχών νερού.
- Δυνατότητα χρήσης του δικτύου για άλλους σκοπούς (π.χ. αντι-παγετική προστασία).

Και μικρότερες απώλειες
Λιγότερη εξάρτηση από την τοπογραφία

Καταιονισμός

Καταιονισμός Επιβάλλεται:

- Σε ανάγλυφο ανώμαλο ή με έντονες κλίσεις
- Όταν δεν επιτρέπεται ισοπέδωση (μικρό πάχος εδάφους)
- Όταν η διαθέσιμη παροχή είναι μικρή
- Έδαφος πολύ διαπερατό ή αδιαπέρατο
- Λειψυδρία

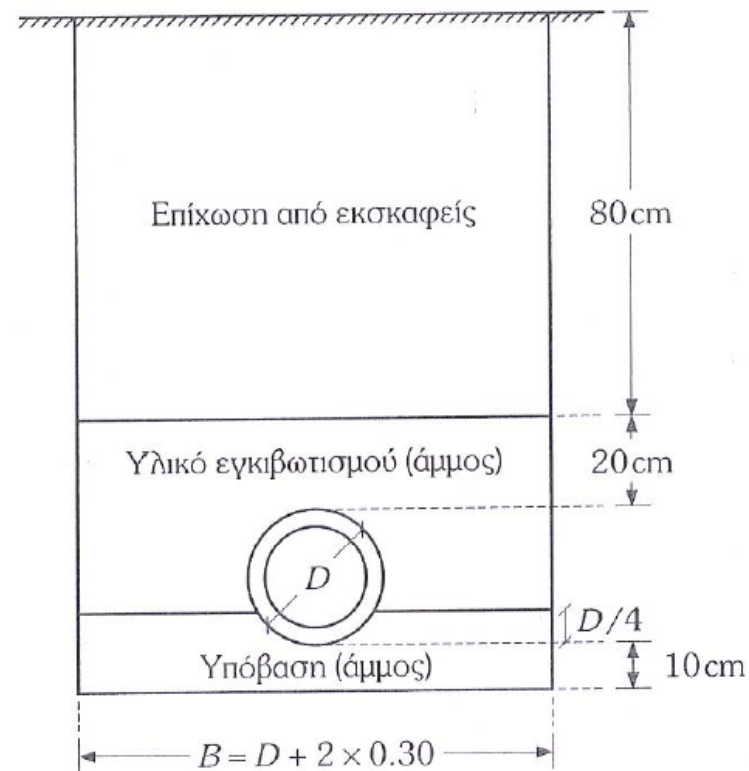
Δεν επιτρέπεται:

- Όταν η ταχύτητα ανέμου $> 4-5 \text{ m/s}$
- Για αέρα ξηρό με ηλιακή ακτινοβολία (εξάτμιση)
- Όταν το νερό άρδευσης περιέχει με άλατα (εμφράξεις – εγκαύματα)
- Όταν το νερό άρδευσης περιέχει φερτές ύλες

Μέρη Δικτύου

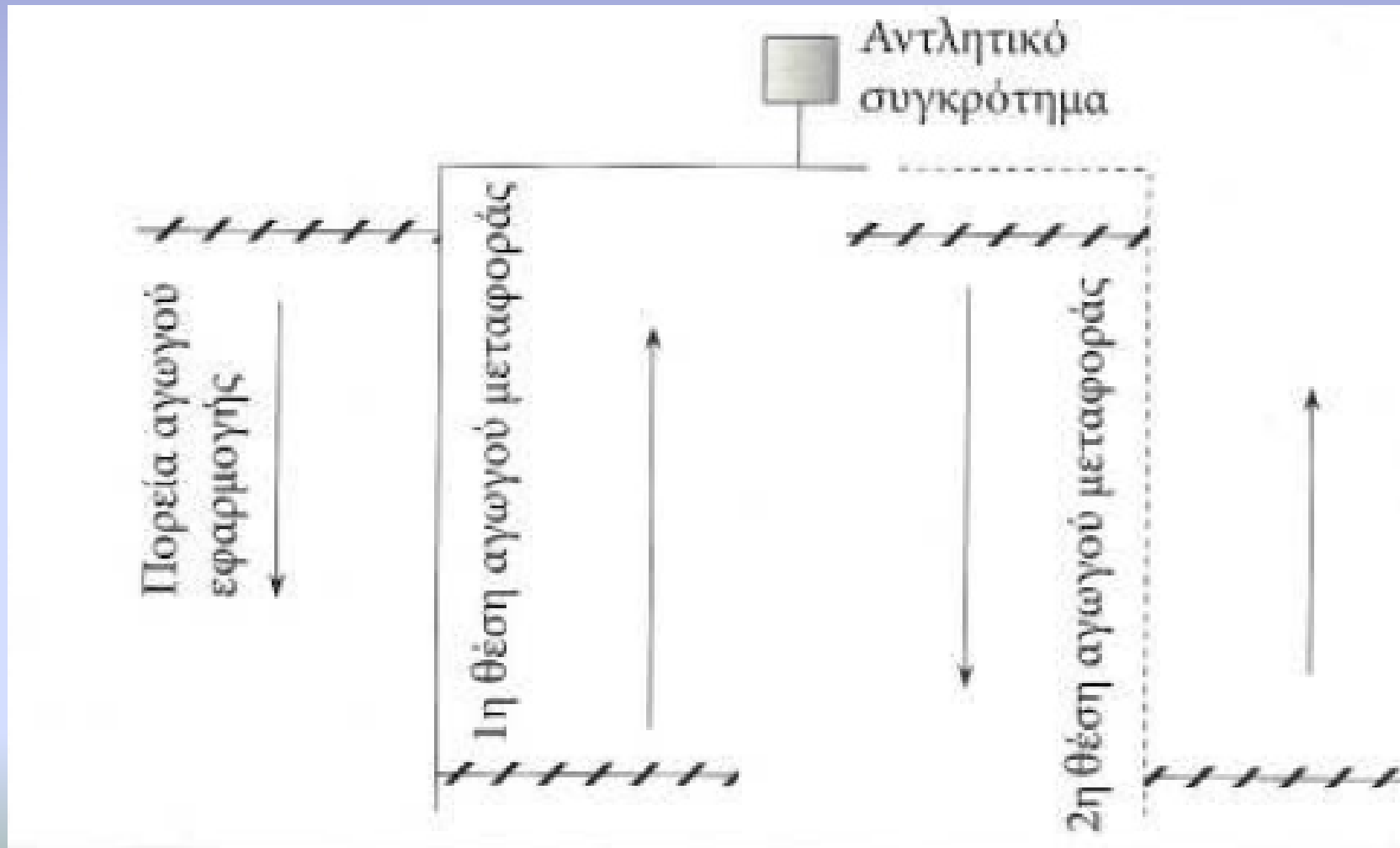
- Υδροληψία
- Κύρια γραμμή
- Γραμμή εφαρμογής

Συλλογικό δίκτυο μέχρι υδροστόμια (μόνιμο ακτινωτό δίκτυο κλειστών αγωγών υπό πίεση με εκσκαφή)



Σχ. 8.55: Τυπική διατομή ορύγματος εκσκαφής.

Κινητά και μη μέρη

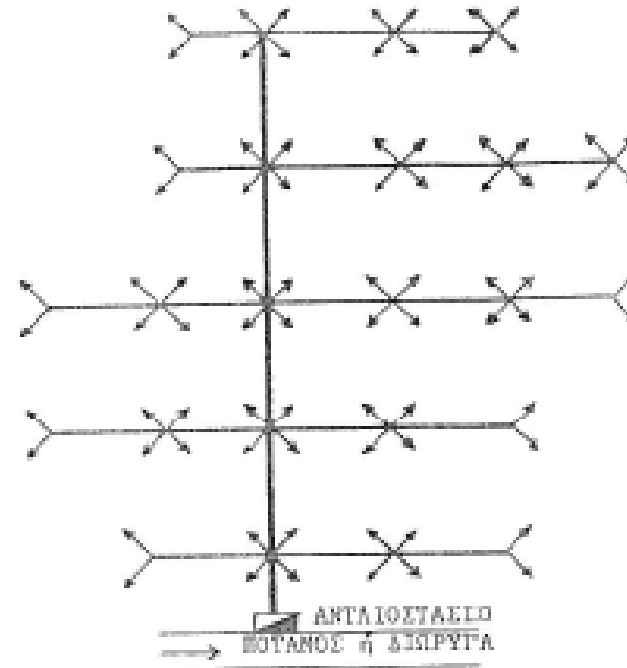


Ατομικά και συλλογικά δίκτυα

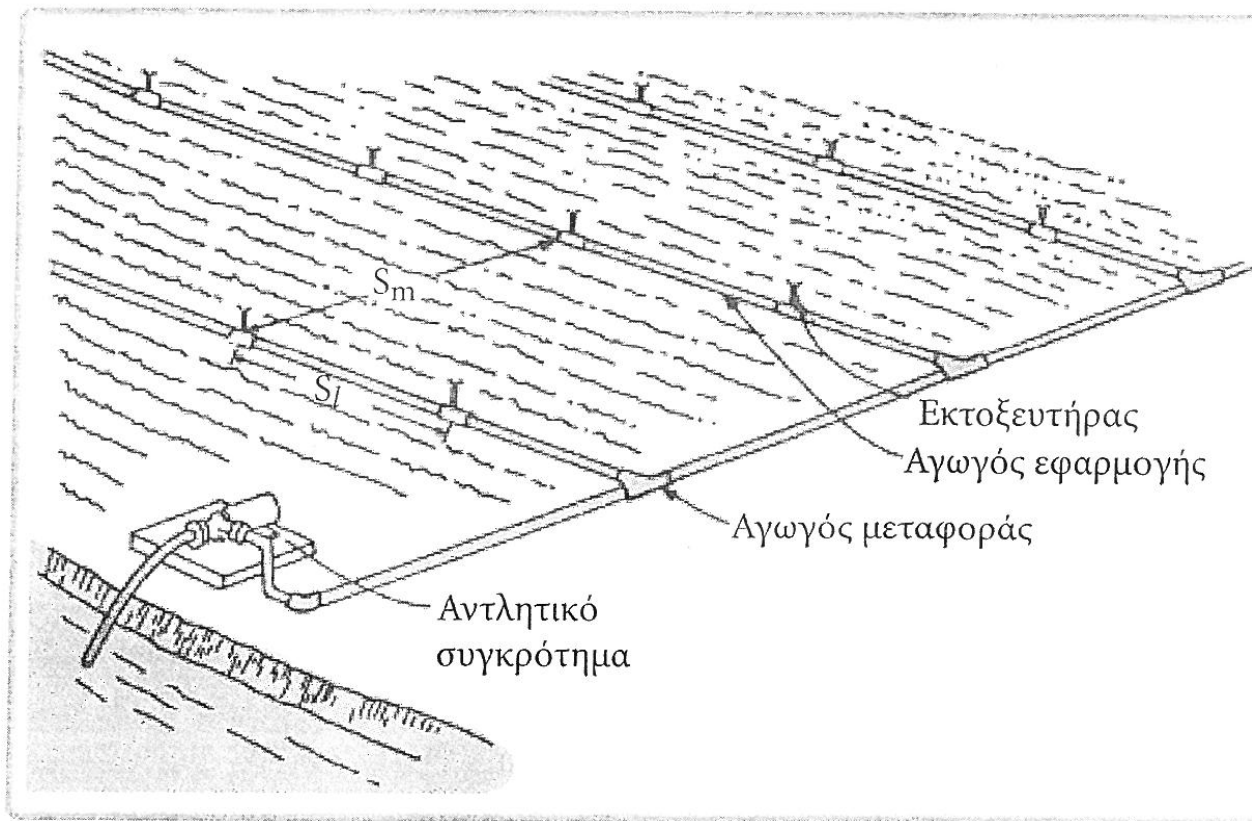
-7.5-



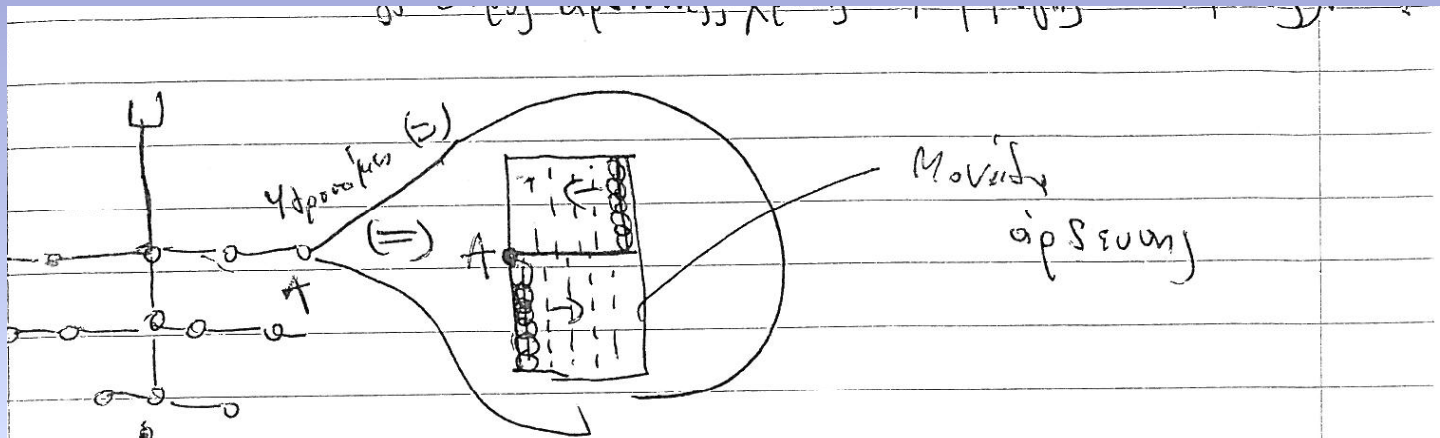
Εχ. 7.1
Τυπικό ατομικό δίκτυο αρδύσεως
με καταλυισμό



Εχ. 7.2
Τυπικό συλλογικό δίκτυο αρδύσεως
με καταλυισμό



Σχήμα 10.2. Τυλικό σύστημα καταιονισμού.



Συλλογή Σίτου

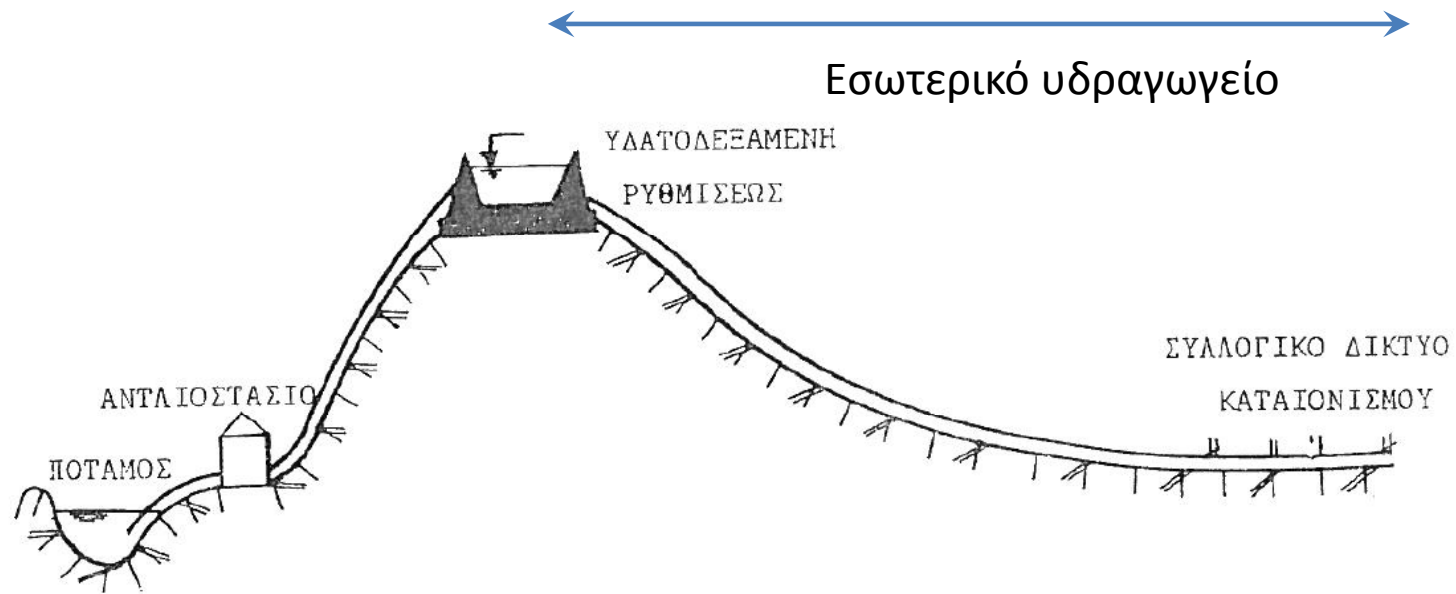
- κόμβοι Υδραυλικά: Αρροφίτες, φάρμα, ανά τη μονάδα άρδευσης
- Άλλοι κόμβοι (εγκαταστάση επίγειας, ραδικών κλπ) από ηρ > 0.



Υδροστόμιο

Τα συλλογικά δίκτυα αρδύσεως με καταιονισμό στην απλούστερη μορφή τους μοιάζουν κατά βάση με τα ατομικά δίκτυα με τη διαφορά ότι το δίκτυο μεταφοράς και διανομής είναι συνήθως ένα ακτινωτό δίκτυο με υδροστόμια για την εξυπηρέτηση των αγροτεμαχίων. Από κάθε υδροστόμιο ενός συλλογικού δικτύου ξεκινά ένα ατομικό δίκτυο.

Εξωτερικό και Εσωτερικό Υδραγωγείο



Σχ. 7.3 Συλλογικό δίκτυο καταίονισμού με υδατοδεξαμενή ρυθμίσεως

Μόνιμα και κινητά μέρη

Τα δίκτυα αρδεύσεως με καταιονισμό διακρίνονται σε μόνιμα, αν όλα τα τμήματα του δικτύου είναι μόνιμα, σε ημιμόνιμα, αν μόνο οι γραμμές αρδεύσεως μετακινούνται κατά την άρδευση, και φορητά (συνήθως μικρά ατομικά δίκτυα) όταν όλα τα τμήματα του δικτύου είναι φορητά.

Τα συλλογικά δίκτυα είναι συνήθως ημιμόνιμα δίκτυα. Έχουν δηλαδή το υπόγειο - μόνιμο δίκτυο μεταφοράς και διανομής ενώ το τμήμα του δικτύου από το υδροστόμιο μέχρι το αγροτεμάχιο, είναι επιφανειακό, μετακινούμενο ανάλογα με τις ανάγκες. Μόνιμα δίκτυα υπάρχουν συνήθως σε αποδοτικές και ευαίσθητες καλλιέργειες και όπου η μεταφορά των σωληνώσεων κατά την άρδευση είναι προβληματική. Στα μόνιμα δίκτυα το κόστος των εργατικών είναι πολύ μικρό ενώ αντίθετα το αρχικός κόστος εγκαταστάσεως είναι πολύ μεγάλο.

Εκτοξευτήρες

Από τα πολλά είδη εκτοξευτήρων που υπάρχουν στο εμπόριο τον μελετητή των δικτύων καταιονισμού ενδιαφέρουν κυρίως οι περιστροφόμενοι εκτοξευτήρες που διακρίνονται ανάλογα με την πίεση λειτουργίας (Σχ. 7.7) σε:

- α) εκτοξευτήρες χαμηλής πιέσεως (1-3 Atm, Ακτίνα διαβροχής 6 - 15 m)
- β) εκτοξευτήρες μέσης πιέσεως (3-5 Atm, Ακτίνα διαβροχής 15 - 35 m)
- γ) εκτοξευτήρες υψηλής πιέσεως (5-8 Atm, Ακτίνα διαβροχής 35 - 70 m)

Συνήθως στα συλλογικά δίκτυα καταιονισμού προτείνονται από τους μελετητές γραμμές αρδεύσεως με εκτοξευτήρες χαμηλής ή μέσης πιέσεως (sprinklers). Οι εκτοξευτήρες μεγάλης πιέσεως (guns) δεν χρησιμοποιούνται συνήθως στα συλλογικά δίκτυα κυρίως λόγω του μεγάλου πιεζομετρικού φορτίου που απαιτείται για τη λειτουργία τους και της ανομοιόμορφης διανομής του νερού στην επιφάνεια του εδάφους. Οι εκτοξευτήρες μεγάλης πιέσεως χρησιμοποιούνται μόνο σε ατομικά δίκτυα ή όταν η μετατόπιση των γραμμών αρδεύσεως είναι δύσκολη.

Υδραυλικοί υπολογισμοί

Υδραυλικοί Υπολογισμοί

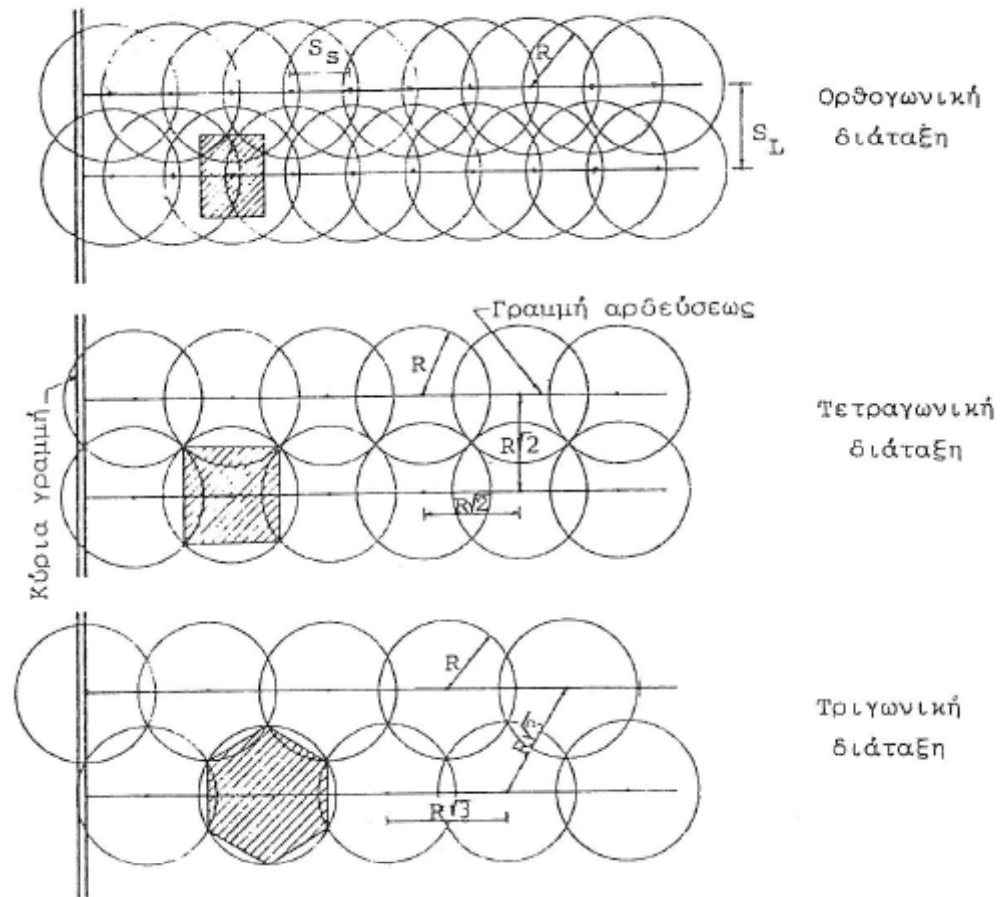
- **Αγροτεμάχιο: Γραμμή άρδευσης:**
 - Επιλογή εκτοξευτήρα για την πίεση λειτουργίας και για $r \leq r_f$
 - Επιλογή διαμέτρου **ταχυσύνδετου σωλήνα** εμπορίου και έλεγχος απωλειών ενέργειας με βάση το κριτήριο Christiansen
 - Εύρεση διάρκειας ποτίσματος στο αγροτεμάχιο για μία γραμμή άρδευσης και έλεγχος αν είναι αυτός ο χρόνος μικρότερος ή ίσος με το εύρος άρδευσης
 - Εύρεση ύψους πίεσης ανάντη της γραμμής άρδευσης (L)

Συντελεστής F (μόνο στη γραμμή άρδευσης (αγωγός με εκτοξευτήρες))

Αν χρησιμοποιηθεί η Εξ. των Darcy - Weisbach οι νέες τιμές του συντελεστή F δίνονται στον Πιν.7.11

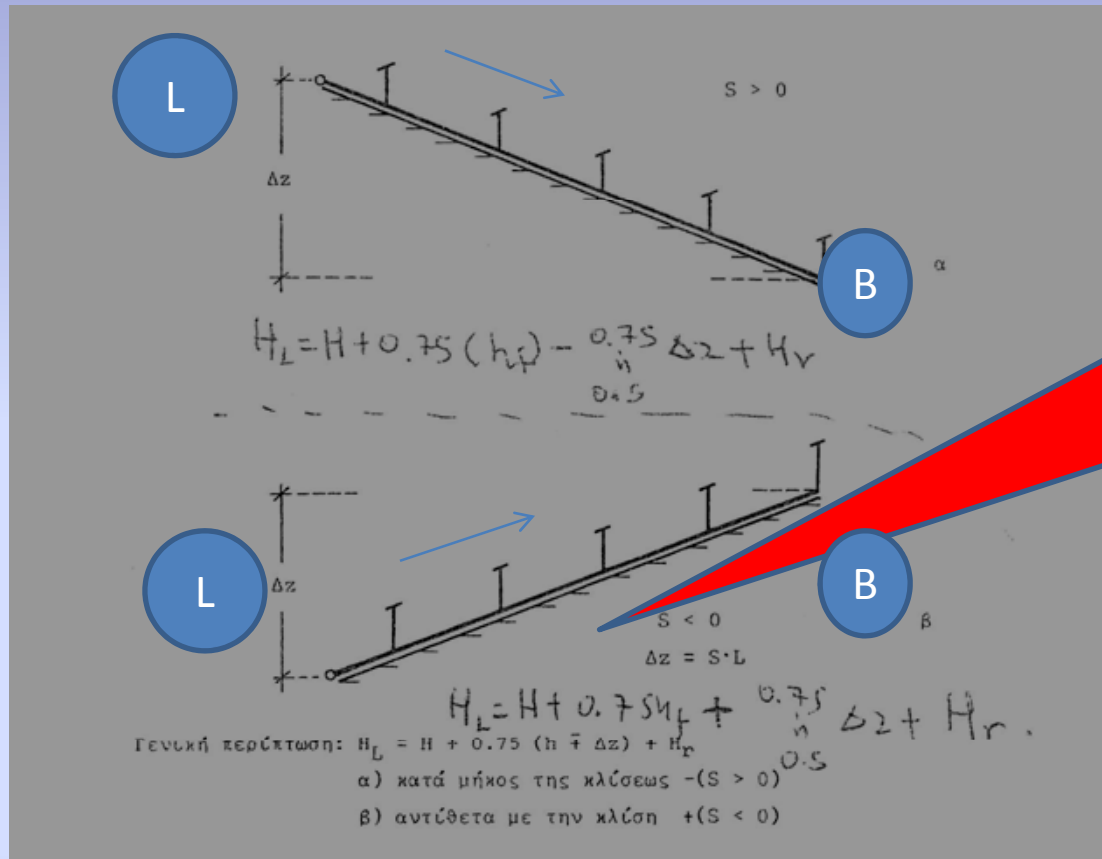
Πίν. 7.11. Οι τιμές του συντελεστή F για απόσταση του πρώτου εκτοξευτήρα ίση με μισή ισαποχή.

Αριθμός Εκτοξευτήρων	F	Αριθμός Εκτοξευτήρων	F
1	1.0	16	0.345
2	0.500	17	0.344
3	0.422	18	0.343
4	0.393	19	0.343
5	0.378	20	0.342
6	0.369	22	0.341
7	0.363	24	0.341
8	0.358	26	0.340
9	0.355	28	0.340
10	0.353	30	0.339
11	0.351	35	0.338
12	0.349	40	0.338
13	0.348	50	0.337
14	0.347	100	0.337
15	0.346	100	0.335



Σχ. 7.8 Διατάξεις εκτοξευτήρων

Σε γραμμή άρδευσης, τελική σχέση



Όπου $H = h_{pB}$

Δε θέλω μεγάλη διακύμανση πιέσεων στον αγωγό εφαρμογής

H_r ύψος ανοδικού σωλήνα (απόφαση μηχανικού)

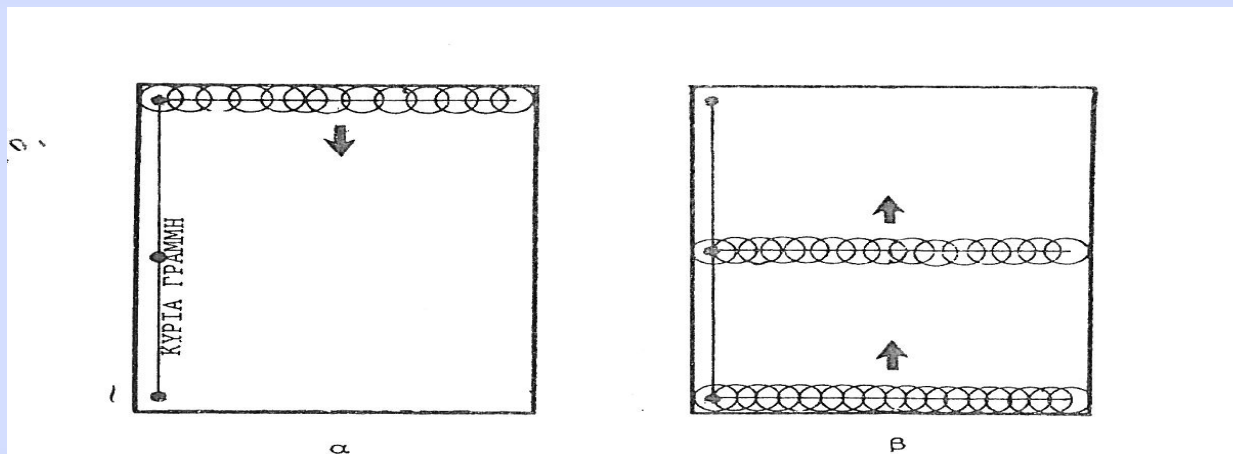
Οι πραγματικές απώλειες στον αγωγό εφαρμογής με F (όπως στο κρ Christiansen)

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

$$= h_{p,B} = \frac{p_B}{\rho g}$$

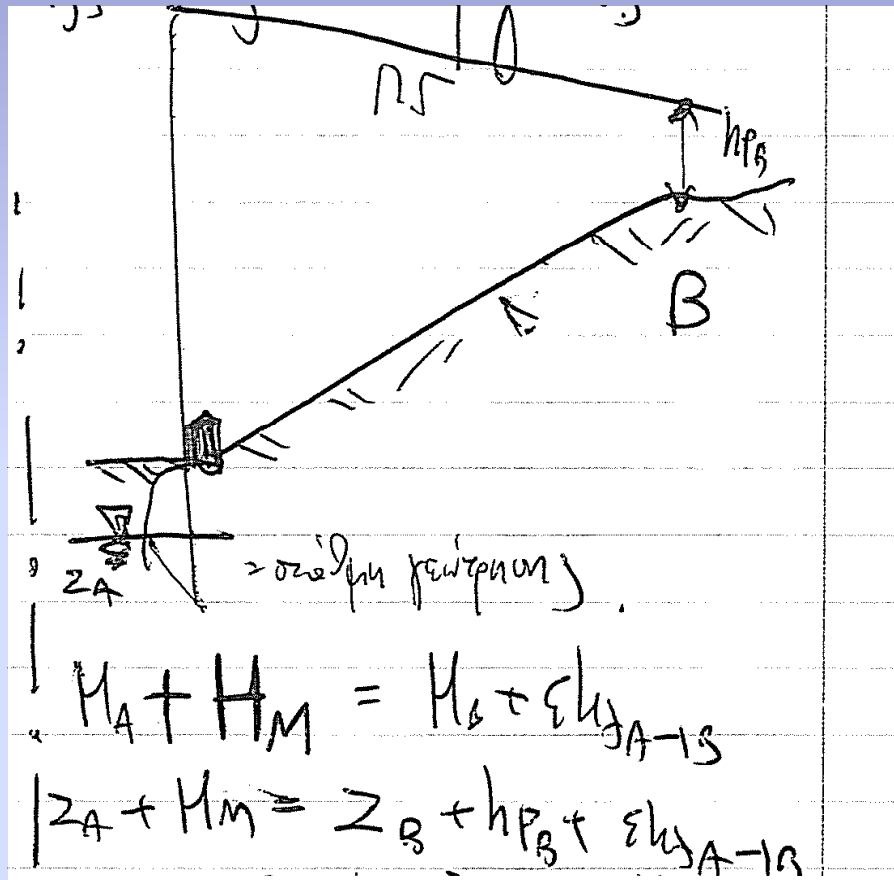
Αγροτεμάχιο - κύρια γραμμή άρδευσης

- Διακρίνω περιπτώσεις/μεταβλητή παροχή
- Από L (σημείο εφαρμογής γραμμής άρδευσης) έως την αρχή του αγροτεμαχίου και αρχή της κύριας γραμμής άρδευσης προσδιορίζω το δυσμενέστερο σενάριο για τις απώλειες ενέργειας.



Σχ. 7.22 Σχεδιασμός και οργάνωση εργοταξίου αρδεύσεως
α. Οριακή θέση διατάξεως με μία γραμμή
β. Οριακή θέση διατάξεως με δύο γραμμές
(• πιθανή θέση υδροληψίας)

Δίκτυο: Αντλία – δεξαμενή: ΑΔΕ



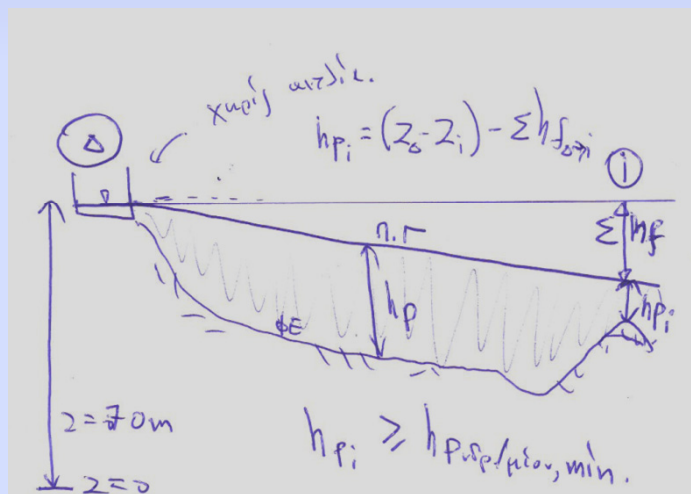
$$H_M = (z_B - z_A) + \frac{p_B}{\rho g} + \sum h_{f,A \rightarrow B}$$

Ως B επιλέχθηκε στο θέμα η αρχή της γραμμής άρδευσης (L) για το δυσμενέστερο δρομολόγιο.

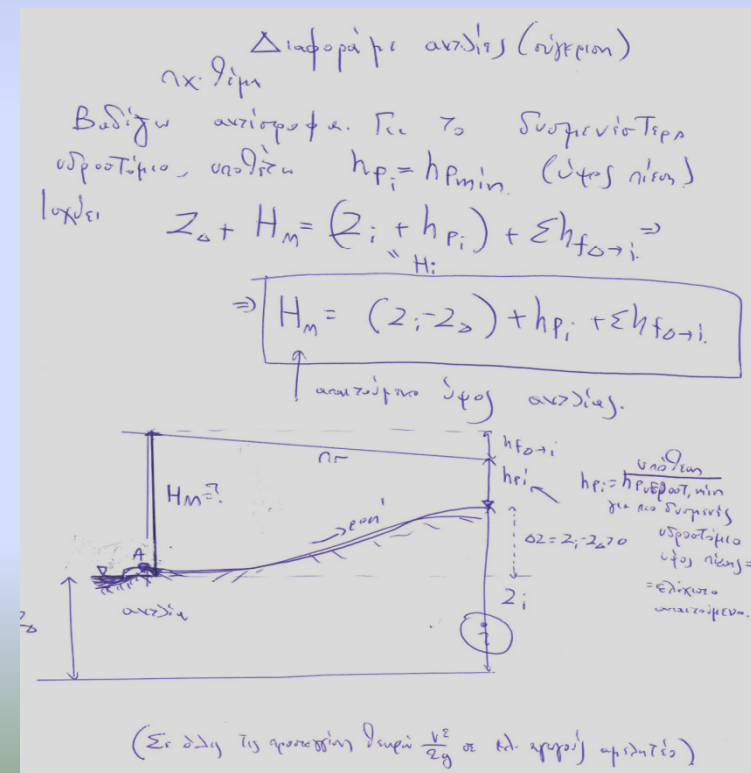
Επομένως το απαιτούμενο ύψος πίεσης H_M είναι ίσο με την υψομετρική διαφορά που θα ανέλθει το ρευστό συν τις απώλειες ενέργειας συν το απαιτούμενο ύψος πίεσης

Σχόλιο: σε δίκτυα χαμηλής πίεσης θα μπορούσε να ήταν ανάντη μόνο μία δεξαμενή

- **Χωρίς αντλία:** φορά αριθμητικών υπολογισμών από ανάντη σε κατάντη: έλεγχος αν επαρκεί το ύψος πίεσης στο δυσμενέστερο σημείο



- **με αντλία:** φορά αριθμητικών υπολογισμών από κατάντη σε ανάντη (υπόθεση για το ύψος πίεσης στο δυσμενέστερο αγροτεμάχιο)



CLEMENT, για ελεύθερη ζήτηση
παραπάνω από 10 υδροστόμια

2 ακραίες προσεγγίσεις

- Όλα τα υδροστόμια λειτουργούν ταυτόχρονα (λάθος για περισσότερα από 10 υδροστόμια)
 - Η εξίσωση της συνέχειας δεν ισχύει!!! (στην πραγματικότητα δεν έχουμε μόνιμη ροή, δε συμπίπτουν όλοι οι καλλιεργητές μαζί)
- Προσέγγιση μέσου όρου (ποτέ, σε θέματα. παροχής), για λόγο μεγαλύτερες παροχές του μέσου όρου το δίκτυο θα έχει προβλήματα
- **Πιθανοτική προσέγγιση, επιλογή κατάλληλου ρίσκου**

Παροχή Σχεδιασμού (2)

~~1~~

$$N = R \cdot p + z_N \sqrt{R \cdot p \cdot q} \geq (1-p) = \begin{matrix} \text{συνολ. πιθανότητα της } P, \\ \text{όχι ειδική παροχή} \end{matrix} \quad (5.12)$$

και με την υπόθεση ότι η παροχή όλων των υδροστομίων είναι σταθερή και ίση με Q_0 η παροχή σχεδιασμού Q υπολογίζεται

~~2~~

$$Q = R \cdot p \cdot Q_0 + z_N Q_0 \sqrt{R \cdot p \cdot q} \geq (1-p) = \begin{matrix} \text{συνολ. πιθανότητα της } P \\ \text{όχι} \\ \text{ειδική παροχή} \end{matrix} \quad (5.13)$$

Η εξίσωση 5.12 (ή 5.13) είναι γνωστή ως ο πρώτος τύπος του Clement (1955).

$$\mu = R \cdot p$$

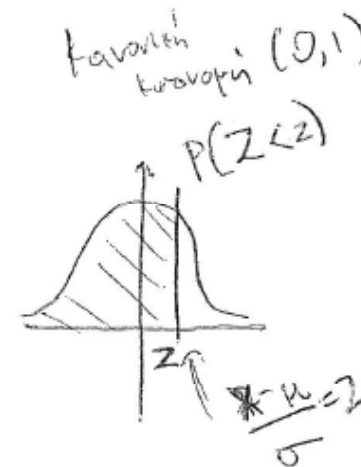
και

$$\sigma = \sqrt{R \cdot p \cdot q}$$

Εφαρμογή για παραπάνω από δέκα τουλάχιστον υδροστόμια, δεν βάζω ποτέ $N < 10$

Πιν.5.2: Οι τιμές του συντελεστή ποιότητας λειτουργίας Z_N για τις αντίστοιχες τιμές ποιότητας λειτουργίας (αθραιωτικής πιθανότητας κανονικής κατανομής) $P(z)$ σε %.

$P(z)$ [%]	z	$P(z)$ [%]	z	$P(z)$ [%]	z
61	0.279	81	0.878	99.1	2.366
62	0.305	82	0.915	99.2	2.409
63	0.332	83	0.954	99.3	2.457
64	0.358	84	0.994	99.4	2.512
65	0.385	85	1.036	99.5	2.576
66	0.385	85	1.036	99.5	2.576
67	0.440	87	1.126	99.7	2.748
68	0.468	88	1.175	99.8	2.878
69	0.496	89	1.227	99.9	3.090
70	0.524	90	1.282		
71	0.553	91	1.341	99.91	3.121
72	0.583	92	1.405	99.92	3.156
73	0.613	93	1.476	99.93	3.195
74	0.643	94	1.555	99.94	3.239
75	0.674	95	1.645	99.95	3.291
76	0.706	96	1.751	99.96	3.353
77	0.739	97	1.881	99.97	3.432
78	0.772	98	2.054	99.98	3.540
79	0.806	99	2.326	99.99	3.719



Άσκηση

R=12 υδροστόμια

π.χ. Αολ = 670 στρέμματα

ειδική παροχή q=0.1 lt/sec στρέμμα

Q₀=25.47 m³/h παροχή υδροστομίου (για γραμμή άρδευσης)

ποιότητα λειτουργίας 95%

Λύση:

Πιθανότητα λειτουργίας υδροστομίου, p:

$$p = \frac{Aq}{RQ_0} = \frac{670(\text{στρέμματα}) \cdot 0.1(\text{lt/sec στρέμμα})}{12 \cdot 25.47 \frac{10^3}{3600}(\text{lt/sec})} = 0.79$$

Ποιότητα λειτουργίας 95% → z_N = 1.645

Αριθμός υδροστομίων για ποιότητα λειτουργίας 95%:

$$N = Rp + z_N \sqrt{R \cdot p \cdot (1 - p)} = 11.79$$

Παροχή σχεδιασμού

$$Q = N \cdot Q_0 = 11.79 \cdot Q_0$$

Προϋποθέσεις εφαρμογής 1ος τύπος του Clement

- Δίκτυα με ελεύθερη ζήτηση
- Για πάνω από 10 υδροστόμια
- Το μαθηματικό μοντέλο του πρώτου τύπου του Clement είναι ικανοποιητικό, αν οι ατομικές ζητήσεις είναι ανεξάρτητες και ο αριθμός των υδροστομίων μεγάλος.
- Κάθε υδροστόμιο έχει την ίδια απαίτηση παροχής.
- Διαφορετικά: 2ος Τύπος Clement