

Δίκτυα καταιονισμού, άρδευση στο αγροτεμάχιο 1

Άρδευση στο αγροτεμάχιο:

1.1. αγωγός εφαρμογής

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

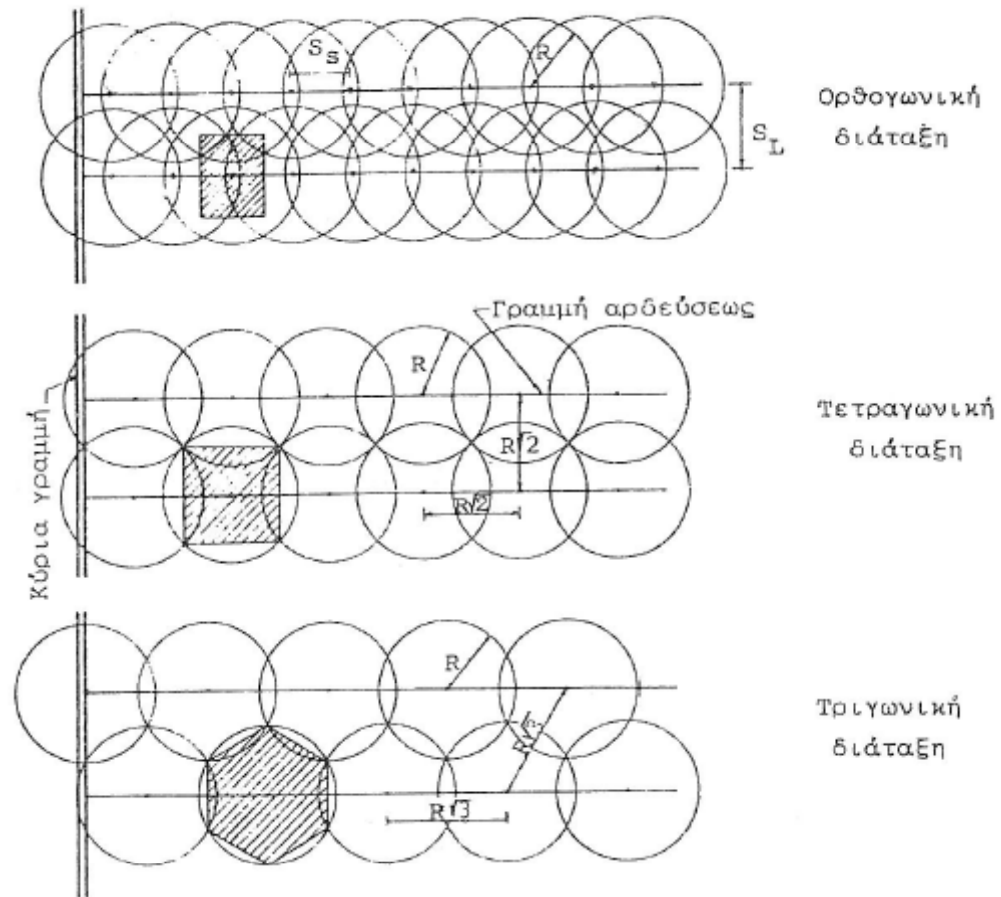
Εκτοξευτήρες

Εκτοξευτήρες

Από τα πολλά είδη εκτοξευτήρων που υπάρχουν στο εμπόριο τον μελετητή των δικτύων καταιονισμού ενδιαφέρουν κυρίως οι περιστρεφόμενοι 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.



Σχ. 7.8 Διατάξεις εκτοξευτήρων

Διάταξη και έλεγχος ομοιομορφίας

Για τον έλεγχο του σχεδιασμού ενός δικτύου από την πλευρά της ομοιομορφίας της κατανομής του αρδευτικού νερού χρησιμοποιείται συνήθως ένας ή περισσότεροι συντελεστές ομοιομορφίας. Κατά τον έλεγχο ο αντίστοιχος συντελεστής ομοιομορφίας, που υπολογίζεται από την τελική κατανομή της αντιπροσωπευτικής εκτάσεως (αρδευόμενη έκταση μεταξύ τεσσάρων εκτοξευτήρων), πρέπει να υπερβαίνει το κατώτατο επιτρεπόμενο όριο.

Σε περίπτωση που δεν υπάρχουν στοιχεία για τον υπολογισμό των συντελεστών ομοιομορφίας ο έλεγχος της καταλληλότητας των παραμέτρων σχεδιασμού (τύπος και χαρακτηριστικά εκτοξευτήρα, διάταξη κτλ) γίνεται με τα ακόλουθα εμπειρικά κριτήρια:

Ορθογωνική διάταξη:

$$S_s \leq R$$

$$S_L \leq 1.5 R$$

όπου R η ακτίνα διαβροχής του εκτοξευτήρα για την κανονική πίεση λειτουργίας που παίρνεται από τους πίνακες των κατασκευαστών

Τετραγωνική διάταξη:

$$S_s = S_L \leq R\sqrt{2}$$

Τριγωνική διάταξη:

$$S_s \leq R\sqrt{3}$$

$$S_L \leq \sim 2R$$

Μέση ένταση εφαρμογής, ορθογωνική διάταξη (1)

$$r = \frac{1000 \cdot q}{S_s \cdot S_L} \frac{\eta_{\text{πν}}}{\eta_{\text{ν}}} \quad (7.1)$$

r είναι η μέση ένταση εφαρμογής του αρδευτικού νερού (mm/hr)

q είναι η παροχή του εκτοξευτήρα (m^3/hr) και

S_s και S_L είναι η ισαποχή εκτοξευτήρων και γραμμών αρδεύσεως αντίστοιχα (m).

Για τον υπολογισμό της παροχής του εκτοξευτήρα όταν είναι γνωστή η επιθυμητή ένταση εφαρμογή η Εξ. 7.1 λύνεται ως προς q . Σ αυτή την περίπτωση η επιθυμητή ένταση εφαρμογής παίρνεται στην περιοχή της τελικής διηθητικότητας του εδάφους (i_f , mm/hr). (Συνήθως $r = i_f$).

Μέση ένταση εφαρμογής

(1) Τυποποίηση εκτοξευτήρων με 2 ακροφύσια

Πιν. 7.5 Τμήμα πίνακα εκτοξευτήρα με δύο ακροφύσια.

Αποστάσεις ακροφυσίου σε m	Πίεση σε atm	Ποροχή σε $\frac{m^3}{hr}$	Διάμετρος βελώνων σε mm	Ένταση εφαρμογής, mm/hr				
				Αποστάσεις σε m				
				6 x 12	12x12	12x15	12x18	18x18
5.5x4.2	1.5	2.02	29	28.3	13.9	11.3	9.3	6.3
	2.0	2.33	30	32.6	16.1	13.0	10.7	7.2
	2.5	2.59	31	36.3	17.9	14.5	11.9	8.0
	3.0	2.83	32	39.6	19.5	15.8	13.0	8.8
	3.5	3.06	33	42.8	21.1	17.1	14.1	9.5
	4.0	3.27	35	45.8	22.6	18.3	15.0	10.1
	4.5	3.47	35	48.6	23.9	19.4	16.0	10.8

Γραμμή άρδευσης ή αγωγός
εφαρμογής: Ενεργειακός υπολογισμός:
Εξ. Darcy-Weisbach. Γενικότητες

Ύψος γραμμικών απωλειών ενέργειας

Γραμμικές απώλειες φορτίου

Η γενικά αποδεκτή εξίσωση υπολογισμού των γραμμικών απωλειών φορτίου σε ένα ευθύγραμμο σωληνωτό αγωγό 1-2 (Σχ. 7.17) είναι η εξίσωση των Darcy - Weisbach που γράφεται

$$h_f = f \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} = f \frac{L}{D} \frac{Q^2}{\left(\frac{\pi D^2}{4}\right)^2 \cdot 2g} \quad (7.19)$$

όπου h_f είναι η διαφορά πιεζομετρικού φορτίου μεταξύ των δύο διατομών 1 και 2 (m)

L είναι το μήκος του αγωγού (m)

D είναι η εσωτερική διάμετρος (m)

v είναι η μέση ταχύτητα (m/sec)

g είναι η επιτάχυνση της βαρύτητας (m/sec²) και

f είναι ένας αδιάστατος συντελεστής τριβών

$$= f \frac{L}{D} \frac{Q^2}{\frac{\pi^2 D^4}{16}}$$

$$= f \frac{L}{D^5} \frac{Q^2 \cdot 16}{2g\pi^2}$$

$$D \uparrow \Rightarrow h_f \downarrow$$

Διάμετρος ταχύτητα και γραμμικές απώλειες, γενικοί κανόνες

- Από την παραπάνω εξίσωση προκύπτει ότι μικρή (οικονομική διάμετρος) οδηγεί σε πολλαπλάσια μεγάλες απώλειες
- Σε εγγειοβελτιωτικά έργα και έργα υδρεύσεις πόλεων θεωρούνται ταχύτητες μεταξύ 0.5-1.5 (περίπου) m/s
- Με βάση την παροχή και τον περιορισμό ταχύτητας επιλογή διάμετρο του εμπορίου

Συντελεστής τριβής f

όπου R_e είναι ο αριθμός Reynolds που είναι αδιάστατος και υπολογίζεται από την σχέση:

$$R_e = \frac{VD}{\nu} \quad (7.21)$$

με ν το κινηματικό ιξώδες του νερού (m^2/sec)

Για τους σωλήνες του εμπορίου όπου η ροή είναι τυρβώδης ($R_e > 2000$) οι Colebrook και White στηριζόμενοι σε πειραματικά δεδομένα του Nikuradse πρότειναν την ακόλουθη εμπειρική εξίσωση γνωστή ως "παγκόσμια εξίσωση για σωλήνες του εμπορίου" :

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left[\frac{k}{3.71D} + \frac{2.51}{R_e \sqrt{f}} \right] \quad (7.22)$$

- Για $Re < 2100$ η ροή είναι στρωτή και ο συντελεστής τριβής μπορεί να προσδιοριστεί από την εξίσωση:

$$f = \frac{64}{Re} \quad (2.14)$$

- Για τιμές μεταξύ $2100 < Re < 4000$ όπου πραγματοποιείται η μετάβαση από τη στρωτή στην τυρβώδη ροή υπάρχει αστάθεια στη ροή.
- Για τιμές $Re > 4000$ μπορεί με ικανοποιητική ακρίβεια να χρησιμοποιηθεί η εξίσωση των Colebrook - White.
- Για τυρβώδη ροή και λείους σωλήνες ($k/D \rightarrow 0$) ο συντελεστής τριβής εξαρτάται μόνο από τον αριθμό Re και συγκεκριμένα η αύξηση του αριθμού Re οδηγεί σε μείωση του συντελεστή τριβής:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{2.51}{Re \sqrt{f}} \right) \quad (\text{λείοι σωλήνες}) \quad (2.15)$$

Η περίπτωση των λείων σωλήνων περιγράφεται από την κάτω καμπύλη που περιβάλλει το διάγραμμα Moody. Παρατηρήστε ότι για μικρές τιμές της τραχύτητας και ένα εύρος τιμών Re οι καμπύλες του συντελεστή τριβής συγκλίνουν στην καμπύλη των λείων σωλήνων. Η χρήση νέων υλικών που χαρακτηρίζονται από μικρή τραχύτητα έδωσε αυξημένο ερευνητικό ενδιαφέρον στην προσέγγιση των λείων σωλήνων (Larock et al., 2000).

- Η αύξηση του αριθμού Re οδηγεί σε μείωση του συντελεστή τριβής f ενώ από ένα σημείο και πέρα για αγωγό δεδομένης τραχύτητας, ο συντελεστής τριβής δεν αλλάζει με την περαιτέρω αύξηση του αριθμού Re . Επίσης, όσο αυξάνεται η τραχύτητα αυξάνεται και ο συντελεστής τριβής f . Για μεγάλες τιμές του αριθμού Re και σημαντική τραχύτητα ο συντελεστής τριβής εξαρτάται αποκλειστικά από την τιμή της σχετικής τραχύτητας:

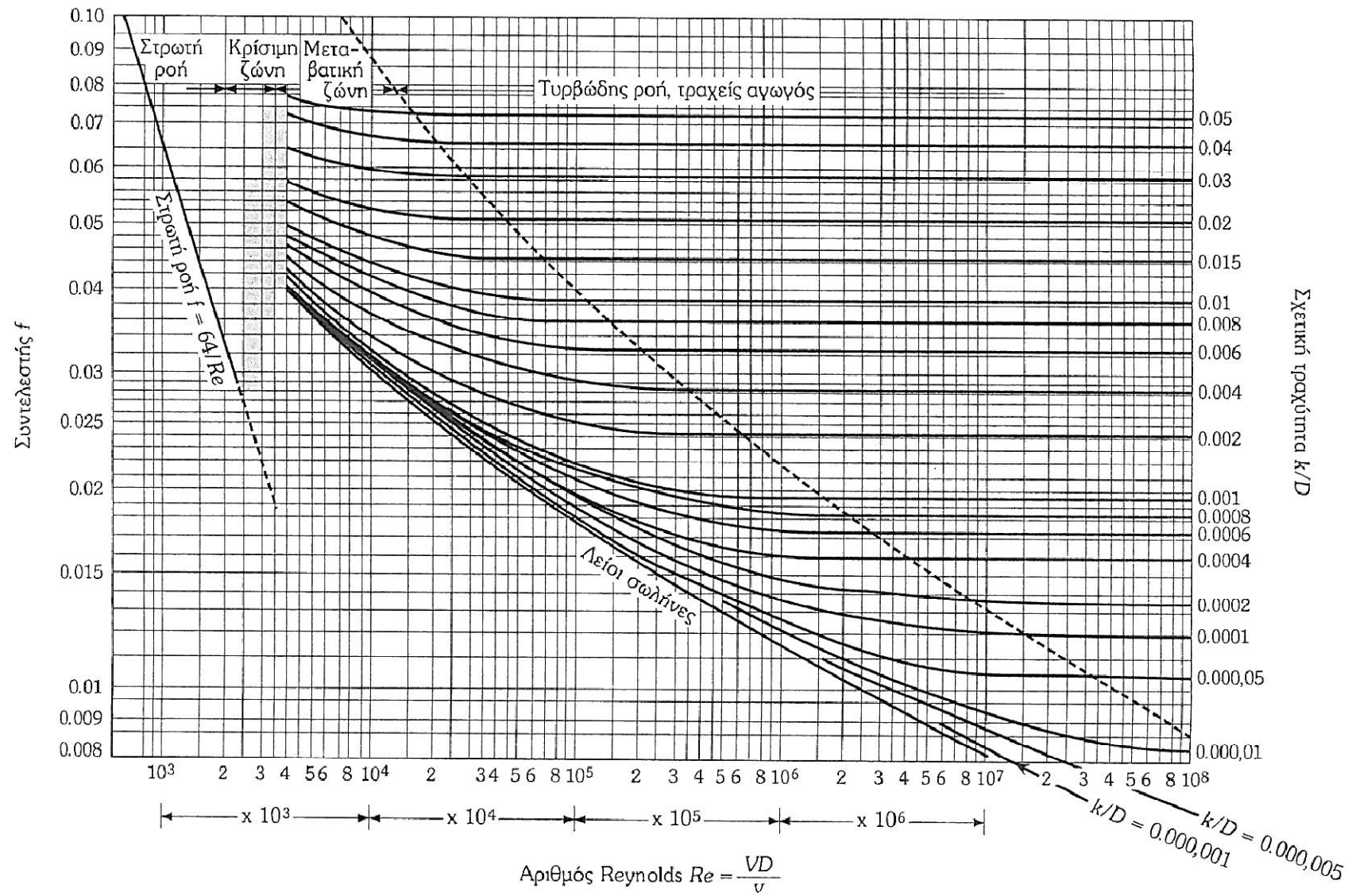
$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{k}{3.7D} \right) \quad (2.16)$$

(πλήρως ανεπτυγμένη τυρβώδης ροή, μεγάλες συγκριτικά τιμές Re και k/D).

- Η εξίσωση των Colebrook-White καλύπτει τις «ακραίες» καταστάσεις των λείων σωλήνων και των τραχέων σωλήνων εφόσον για $(k/D) \rightarrow 0$ ή $Re \rightarrow \infty$ αντίστοιχα οδηγούμαστε στις εξισώσεις των λείων σωλήνων και της πλήρους ανεπτυγμένης τυρβώδους ροής αντίστοιχα όπως παρουσιάζεται στον Πίνακα 2.1.

Πίν. 2.1: Τιμές του συντελεστή τριβής f

Είδος Ροής	Εξίσωση f	Περιοχή ισχύος
Στρωτή	$f = \frac{64}{Re}$	$Re < 2100$
Λείοι σωλήνες	$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{2.51}{Re \sqrt{f}} \right)$	$(k/D) \rightarrow 0, Re > 4000$
Μεταβατική περιοχή	$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{k}{3.7D} + \frac{2.51}{Re \sqrt{f}} \right)$	$Re > 4000$
Πλήρως ανεπτυγμένη τυρβώδη ροή	$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{k}{3.7D} \right)$	$Re > 4000$, σημαντικοί αριθμοί Re και σημαντική τραχύτητα



Σχ. 2.2: Διάγραμμα Moody.

Για να αντιμετωπισθεί το πρόβλημα της εύρεσης του f από μία πεπλεγμένη εξίσωση αναπτύχθηκαν διάφορες ρητές εξισώσεις.

Ευρέως διαδεδομένη είναι η ρητή εξίσωση των Swamee and Jain (1976) για τον προσδιορισμό του συντελεστή τριβής f :

$$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{5.74}{Re^{0.9}} + \frac{k/D}{3.7} \right) \right]^2} \quad (2.17)$$

Η εξίσωση των Swamee and Jain προσεγγίζει την εξίσωση των Colebrook-White με μεγάλη ακρίβεια και χρησιμοποιείται ευρύτατα στο σχεδιασμό αγωγών υπό πίεση. Το σφάλμα στο f είναι της τάξης του $\pm 1\%$ όταν $Re > 10^4$, γεγονός σύννηθες στα περισσότερα πρακτικά προβλήματα κλειστών αγωγών.

Προσοχή: για τυρβώδη ροή (σύννηθες σε πρακτικά προβλήματα και εφαρμογές) – προσεγγιστική σχέση

(Ισοδύναμη) Τραχύτητα αγωγών προσαύξηση για υδραυλικό δίκτυο

- Θεωρητικά: Τραχύτητα υλικού από εργοστάσια (Υδραυλική, σε ένα κόσμο αγγελικά πλασμένο...)
- Σε εφαρμογές: Αυξάνεται η τραχύτητα του υλικού μία και πλέον τάξη μεγέθους για να προβλεφθεί η γήρανση αλλά και οι τοπικές απώλειες (βλπ Τσακίρης και Σπηλιώτης, 2010)

Προσαύξηση τραχύτητας για υδραυλικό δίκτυο (Κουτσογιάννης και Ευστρατιάδης, 2014)

Τιμές της τραχύτητας σχεδιασμού

- Δεδομένου ότι τα δίκτυα διανομής σχεδιάζονται με ορίζοντα 40 ετών, οι τιμές εφαρμογής των συντελεστών τραχύτητας πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τη γήρανση των αγωγών.
- Κατά κανόνα οι τιμές εφαρμογής λαμβάνονται προσαυξημένες (ισοδύναμη τραχύτητα) προκειμένου να συμπεριληφθούν και τοπικές απώλειες (βλ. επόμενη σελίδα).
- Η ελάχιστη αποδεκτή ισοδύναμη τραχύτητα, με την προϋπόθεση νερού που δεν προκαλεί διάβρωση ή επικαθήσεις αλάτων, λαμβάνεται $\varepsilon = 0.1 \text{ mm}$ ($\varepsilon_* = 2$).
- Στη συνήθη περίπτωση πλαστικών αγωγών, με την υπόθεση ότι αναμένονται φαινόμενα διάβρωσης ή επικαθήσεων αλάτων, συστήνεται $\varepsilon = 1.0\text{-}2.0 \text{ mm}$ ($\varepsilon_* = 20\text{-}40$).

Ενδεικτικός πίνακας εργαστηριακών τιμών ισοδύναμης τραχύτητας τυπικών υλικών (Δεν συστήνεται η χρήση τους σε μελέτες δικτύων)

Υλικό	ε (mm)
Ορείχαλκος, χαλκός	0.0015
Χάλυβας εμπορίου ή σφυρήλατος σίδηρος	0.045
Χυτοσίδηρος με ασφαλική επάλειψη	0.12
Γαλβανισμένος σίδηρος	0.15
Χυτοσίδηρος χωρίς επάλειψη	0.26
Σκυρόδεμα	0.3 – 3.0
Πλαστικό (λείοι σωλήνες εργοστασίου)	< 0.01
Πλαστικό, μετά από χρήση	> 0.10

http://www.itia.ntua.gr/getfile/774/90/documents/2007UHWHydraulics_1.pdf

Πίν. 2.2: Προσδιορισμός των γραμμικών απωλειών για κυκλικούς αγωγούς υπό πίεση

	Εξίσωση γραμμικών απωλειών ενέργειας	Αντίσταση αγωγού (διεθνές σύστημα μονάδων)	Εκθέτης της εξίσωσης
Darcy-Weisbach	$h_f = RQ^n$	$R = \frac{8fL}{g\pi^2 D^5}$ μεταβλητή με την παροχή	$n = 2$
Darcy-Weisbach προσέγγιση λογαριθμικής ευθείας	$h_f = RQ^n$	$R = \frac{8La}{g\pi^2 D^5}$ μη μεταβλητή με την παροχή	$n = 2 - b$ (a, b προκύπτουν από εκτίμηση του εύρους της παροχής)
Hazen-Williams	$h_f = RQ^n$	$R = \frac{10.7L}{C^{1.852} D^{4.87}}$ μη μεταβλητή με την παροχή	$n = 1.852 < 2$
Manning	$h_f = RQ^n$	$R = \frac{10.29 n_{MANNING}^2 L}{D^{5.33}}$ μη μεταβλητή με την παροχή	$n = 2$

Η εξίσωση Darcy-Weisbach πρέπει να προτιμάται από τις άλλες εμπειρικές ή ημιεμπειρικές εξισώσεις προσδιορισμού των απωλειών, γιατί έχει θεωρητική βάση (διατήρηση της ορμής) και ενσωματώνει με το συντελεστή f , πειραματικά δεδομένα και θεωρητικές υποθέσεις που εδράζονται στη θεώρηση του οριακού στρώματος

Οι Darcy - Weisbach κατέληξαν στην παρακάτω σχέση που αποδίδει το γραμμικό ύψος απωλειών h_f , συναρτήση 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:

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

όπου: $f = f(Re, k/D)$ = 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:

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

Γραμμή άρδευσης ή αγωγός
εφαρμογής: Ενεργειακός υπολογισμός:
Εξ. Hazen-Williams. Γενικότητες+
Τυποποίηση

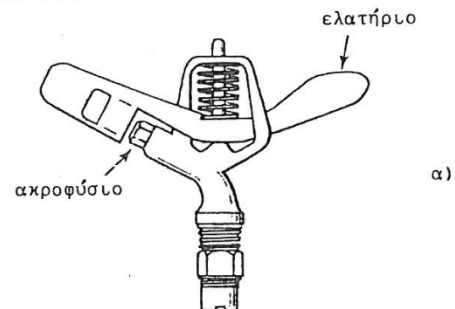
Επιλογή αγωγών για γραμμή άρδευσης, ταχυσύνδετοι

-7.14-

Πιν. 7.4 Τυποποίηση ταχυσύνδετων σωλήνων μήκους 6 m με ενσωματωμένο σύνδεσμο.

Όνομαστική Διάμετρος	από Ταινοχάλυβα	από Αλουμίνιο	από PVC
	Εσωτ. Διάμετρος (mm)	Εσωτ. Διάμετρος (mm)	Εσωτ. Διάμετρος (mm)
70	68.2	66	—
75	—	—	67.8
89 (90)*	87.2	85	81.4
108 (110)*	106.2	103.5	97.4
125	—	—	113.0
133	130.8	128	—

* Για σωλήνες από PVC



Τυποποίηση ταχυσύνδετοι αγ. Αλουμινίου, νεώτερα δεδομένα

334

Πίν. 7.10: Γραμμικές απώλειες (H_f) σε $m/100 m$ αγωγών εφαρμογής από αλουμίνιο, με πάχος τοιχωμάτων $1.27 mm$ που αποτελούνται από σωλήνες μήκους $9 m$ ενωμένους με ταχυσυνδέσμους. Οι υπολογισμοί βασίζονται στη σχέση των Hazen-Williams με $C = 130$

Παροχή αγωγού		Εξωτερική διάμετρος αγωγού			
L/s	m ³ /h	D = 50.8 mm (2 in)	D = 76.2 mm (3 in)	D = 101.6 mm (4 in)	D = 127.0 mm (5 in)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
0.63	2.27	0.40	0.05		
1.26	4.54	1.44	0.18		
1.89	6.81	3.05	0.39		
2.52	9.08	5.20	0.66	0.15	
3.15	11.35	7.85	1.00	0.23	
3.78	13.63	11.01	1.40	0.33	
4.42	15.90	14.65	1.87	0.44	
5.05	18.17	18.76	2.39	0.57	0.19
5.68	20.44	23.33	2.98	0.70	0.23
6.31	22.71	28.36	3.62	0.85	0.28
7.57	27.25		5.07	1.20	0.39
8.83	31.79		6.74	1.59	0.52
10.09	36.34		8.64	2.04	0.67
11.35	40.88		10.74	2.54	0.83
12.62	45.42		13.06	3.08	1.01
13.88	49.96		15.58	3.68	1.21
15.14	54.50		18.30	4.32	1.42
16.40	59.05		21.22	5.01	1.65
17.66	63.59		24.35	5.75	1.89
18.92	68.13			6.54	2.15
20.19	72.67			7.37	2.42
21.45	77.21			8.24	2.71
22.71	81.76			9.16	3.01
23.97	86.30			10.13	3.33
25.23	90.84			11.14	3.66
26.49	95.38			12.19	4.01
27.76	99.92			13.28	4.37
29.02	104.47			14.42	4.75
30.28	109.01			15.61	5.14
31.54	113.55			18.83	5.54

Όμως ελλ
πρακτική, 6m
σωλήνες
Συντελεστής
Προσαύξεσης
1.07

Χρήση της εξίσωσης του Hazen Williams σε ταχυσύνδετους σωλήνες (2)

Στην πράξη, η πιο διαδεδομένη σχέση για τον υπολογισμό των γραμμικών απωλειών, σε αγωγούς που είναι κατασκευασμένοι από διάφορα υλικά, είναι αυτή των Hazen-Williams:

$$H_f = 1.13 \cdot 10^{11} \left(\frac{Q_\ell}{C} \right)^{1.852} D^{-4.87} \quad (7.64)$$

όπου: H_f γραμμικές απώλειες σε m/100 m αγωγού, Q_ℓ παροχή του αγωγού σε m³/h, D εσωτερική διάμετρος του αγωγού σε mm και C σταθερά της οποίας η τιμή εξαρτάται από το υλικό που είναι κατασκευασμένος ο αγωγός. Μερικές τυπικές τιμές του C είναι:

Υλικό αγωγού	C
Πλαστικοί σωλήνες με $D > 76.2$ mm	150
» » » $D \leq 76.2$ mm	140
Σωλήνες αλουμινίου μήκους 9 m με ταχυσυνδέσμους	130
Σωλήνες από ταινιοχάλυβα 6 m με ταχυσυνδέσμους	120
Χαλυβοσωλήνες καινούριοι	130
» ηλικίας 15 ετών	100
Αμιαντοσωλήνες	140

πρέπει να πολλαπλασιαστούν με 1.07. Πρέπει ακόμη να διευκρινιστεί ότι στο εμπόριο οι κάθε φύσεως σωλήνες αναφέρονται με την ονομαστική τους διάμετρο που συνήθως είναι η εξωτερική τους διάμετρο. Για να βρεθεί η εσωτερική διάμετρος απαιτείται η γνώση του πάκους των τοιχωμάτων των σωλήνων που δίνονται από τους κατασκευαστές. Σε περίπτωση που το στοιχείο αυτό δεν είναι διαθέσιμο, μπορεί να χρησιμοποιηθούν οι παρακάτω τυπικές τιμές για σωλήνες αλουμινίου:



Με
ενσωματωμένες
τις
τοπικές
απώλειες

«παγίδα»

Ο προηγούμενος πίνακας περιέχει τις εξωτερικές διαμέτρους. Οι υδραυλικοί υπολογισμοί γίνονται με βάση την εσωτερική διάμετρο, που μπορεί να προσδιοριστεί με τη βοήθεια του παρακάτω πίνακα

<i>Διάμετρος σωλήνα</i>	<i>Πάχος τοιχωμάτων, mm</i>
≅ 127.0 mm	1.27
152.4 mm	1.45
203.2 mm	1.85
254.0 mm	2.50
304.2 mm	2.50

Παγίδα, χρήση προηγούμενου πίνακα σε Ελληνικά δεδομένα

15 ετών. Αν οι αγωγοί του δικτύου είναι από αλουμίνιο, που το μήκος των σωλήνων από τους οποίους αποτελούνται, στην ελληνική αγορά, είναι τυποποιημένο και ίσο με 6 m, συνδέονται δε μεταξύ τους με ταχυσυνδέσμους, οι γραμμικές απώλειες που δίνει η σχέση των Hazen-Williams, πρέπει να πολλαπλασιαστούν με 1.07. Πρέπει ακόμη να διευκρινιστεί ότι

Γιατί? Γιατί εφόσον αντί εννιαμετρους σωλήνες χρησιμοποιώ εξάμετρους, θα υπάρχουν περισσότερες τοπικές απώλειες, σε κάθε σύνδεσμο υπάρχουν και τοπικές απώλειες, επομένως θέτω το συντελεστή 1.07

Γραμμή άρδευσης ή αγωγός
εφαρμογής: Υδραυλική τους (διορθ.
Συντελεστής F, κριτήριο Chriastansen)

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

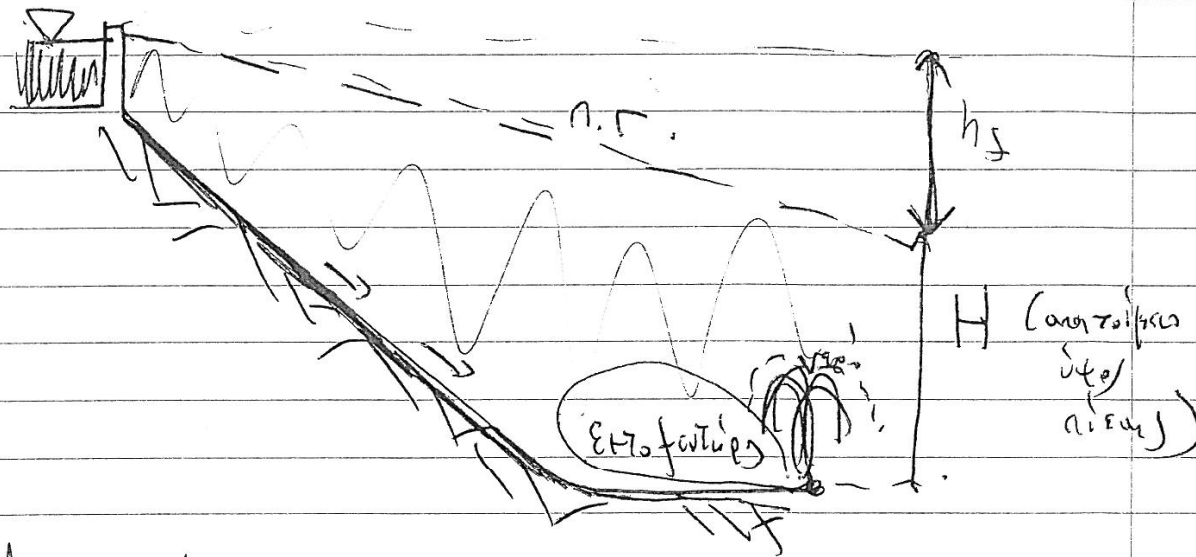
Πίν. 7.11. Οι τιμές του συντελεστή F για απόσταση του πρώτου εκτοξευτήρα ίση με μισή ισαποχή.

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

Αναγκαίο ύψος πίεσης στον εκτοξευτήρα
(ελάχιστο δεδομένο):

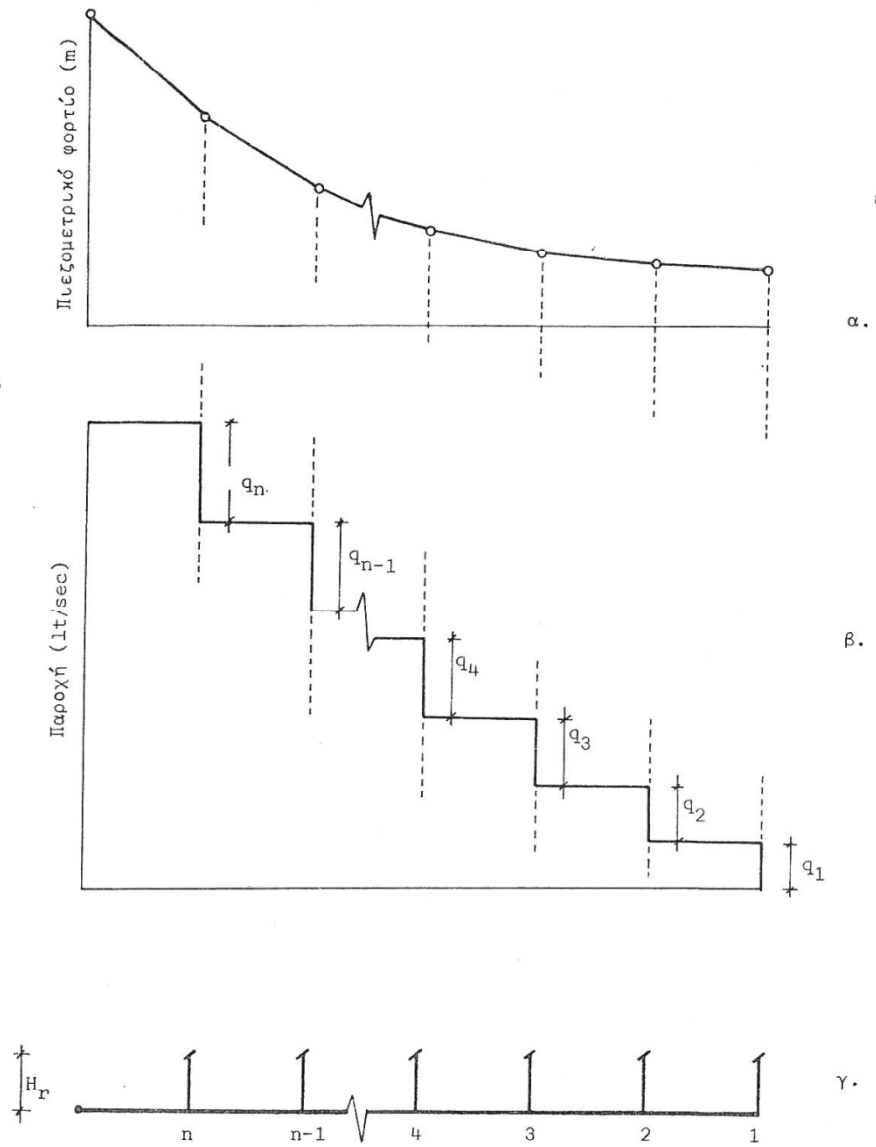
$$h_f \leq 0.2(H \pm \Delta z) \approx 0.2H$$

\uparrow αναλ.
 (σε μέτρα)
 εκτόξευσης



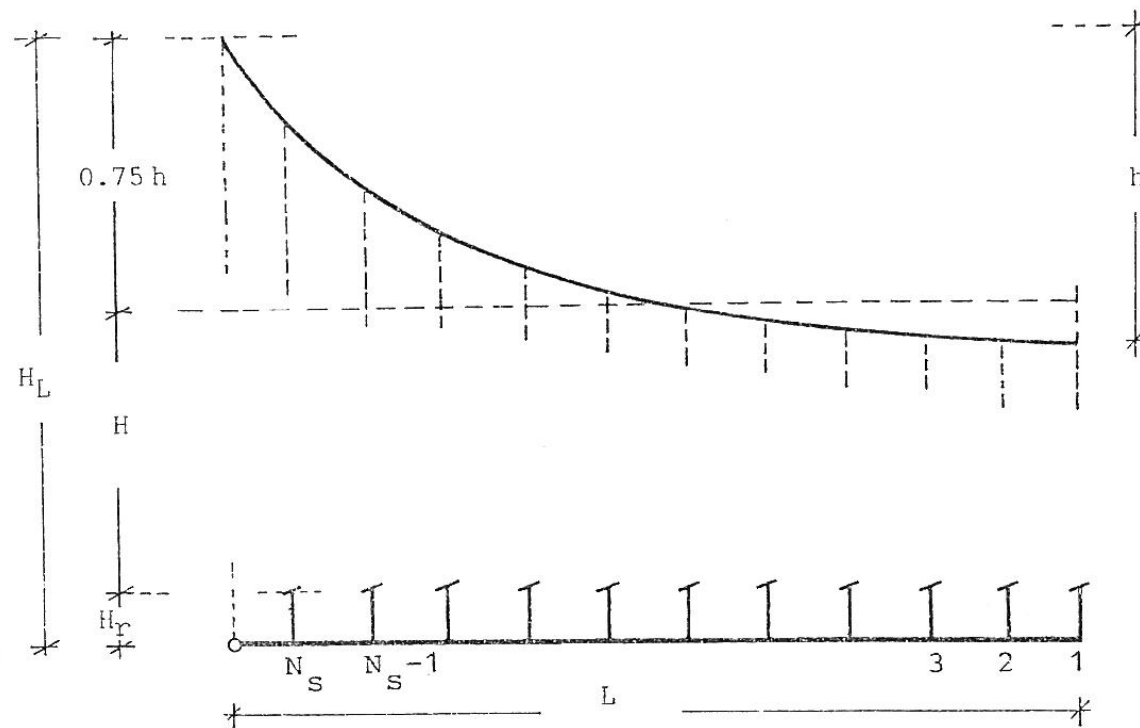
H : αναγκαίο ύψος πίεσης κατά εκτοξευτήρα.
 Σε περίπτωση που οι απώλειες στα σωληνάκια (h_f)
 να είναι μεγαλύτερες από το ύψος πίεσης H , τότε παραδ.
 αντίθετα.

Το νερό δεν θα φθάσει προφανώς στο ύψος H εάν
 επηρεάζει από τον εκτοξευτήρα, λόγω των απωλειών



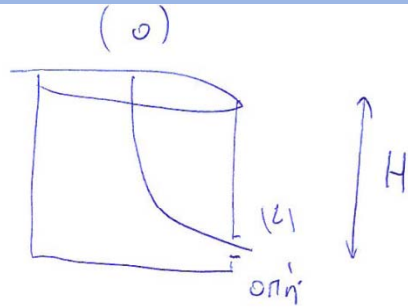
Σχ.7.20 α. Το πιεζομετρικό φορτίο κατά μήκος της γραμμής αρδεύσεως
 β. Η παροχή κατά μήκος της γραμμής αρδεύσεως
 γ. Η γραμμή αρδεύσεως με τους ανοδικούς σωλήνες και τους εκτοξευτήρες

-7.48-



Κατά μήκος κλίση $S=0$: $H_L = H + 0.75h + H_r$

Εκροή νερού από οπή



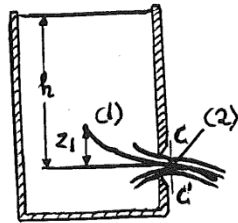
(1)

$$H_{(0)} \approx H_{(2)} \Leftrightarrow H = \frac{v^2}{2g} \rightarrow v = \sqrt{2gH}$$

$$Q = C_a \sqrt{2gH}$$

↑ ↑
συντελεστής οπής επιφανείας

Ροή δια μέσου εσομίων



$$\frac{p_1}{\rho g} + \frac{u_1^2}{2g} + z_1 = \frac{p_{atm}}{\rho g} + \frac{u_2^2}{2g} + 0$$

$$\frac{p_1}{\rho g} + z_1 = \frac{u_2^2}{2g} \Rightarrow h = \frac{u_2^2}{2g} \Rightarrow \boxed{u_2 = \sqrt{2gh}} \quad \text{ιδεατή τιμή}$$

Πραγματική τιμή της ταχύτητας:

$$\boxed{u_2 = C_v \sqrt{2gh}}$$

C_v = συντελεστής ταχύτητας (λόγος πραγματικής προς την ιδεατή ταχύτητα)

$$Q = u_2 A_2$$

$$A_2 = C_c A_{εσομ.} \quad C_c: \text{συντελεστής σύγκλισης}$$

$$Q = C_v \sqrt{2gh} C_c A_{εσομ.}$$

$$C_d = C_v C_c \Rightarrow \boxed{Q = C_d \sqrt{2gh} A_{εσομ.}}$$

C_d : συντελεστής παροχής

$$Q = C_d Q_{ιδεατό}$$

Πίεση στο (1): $\rho g (h - z_1)$,
 Η πίεση αιτία της κίνησης
 από (1) σε (2),
 Όμοια σε εκτοξευτήρες
 ενώ $z_1 - z_2 \approx 0$

Ερομένης ~~η~~ επίσηο η πίεση αλλάζει στον σωλήνα.
 ρέουσας, αλλάζει (πραγματικότητα) η παροχή του εκτοξευτήρα;

Πειρώση ότι η παροχή οχον ισχύει και για τον εκτοξευτήρα
 ω, Η όβως, το περιφερειακό φορτίο ($\Gamma, \epsilon \cong \Pi, \Gamma = \frac{p}{\rho y} + z$)

$$z_1 + \frac{p}{\rho y} = z_2 + \frac{v^2}{2g} \rightarrow Q_v = C \sqrt{z_2 g H} \quad \text{"} \frac{p}{\rho y}$$

εκτοξευτήρας $\rightarrow \frac{Q_{v1}}{Q_{v2}} = \left(\frac{H_1}{H_2} \right)^{1/2} \Rightarrow$ για διακρίμανση της πίεσης, Η κατά 20% (ση γ. άρδευσης)

\uparrow τριτοτάξιο εκτοξευτήρας \rightarrow διακρίμανση παροχής κατά 10%

Γραμμή άρδευσης: Μεταβλητή παροχή

Επειδή οι εκτοξευτήρες μιας γραμμής άρδευσης 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 $C = 0.97 \pm 0.99$

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.

Κριτήριο Christiansen

Βασικός έλεγχος κατά το σχεδιασμό (προφανώς μόνο στη γραμμή άρδευσης)

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

Προδοτική αλώθειών ενέργειας
στη γρ. άρδευσης

(2)

⇒ Η παροχή δεν είναι σταθερή.

⇒ Υπολογίζω τη απώλεια με βάση τα συνολικά
παροχή επί ένα φειωτικό συντελεστή, F .

Χρησιμοποιώντας την σχέση απόδειξης σε τμήματα μετρώμε
των εστιασμένων:

Έκτιμώ ως το "πίδι"

$$h_1 = \frac{8fS_s}{gn^2D^5} q^2$$

$$h_2 = \frac{8fS_s}{gn^2D^5} (2q)^2$$

⋮

$$h_N = \frac{8fS_s}{gn^2D^5} (Nsq)^2$$

(Poncey-Weiskach)

$$\begin{aligned} \sum h_f &= \frac{8fS_s}{gn^2D^5} (q^2 + (2q)^2 + \dots + (Nsq)^2) = \\ &= \frac{8fS_s}{gn^2D^5} q^2 (1 + 2^2 + \dots + N_s^2) \end{aligned}$$

$$\Rightarrow \varepsilon h_f = \frac{8f (N_s \cdot S_s)}{g n^2 D S} \quad \textcircled{-3-} \quad (N_s q)^2 \left(\frac{1 + q^2 + \dots + N_s^2}{N_s^3} \right)$$

$Q_{01} = N_s q$
 $L_{01} = N_s^2 S_s$

om pp. ápsur
 g.e. lagsun
 um N_s .

$$\Rightarrow \varepsilon h_f = \frac{8f L_{01}}{g n^2 D S} \quad Q_{01}^2 \cdot F$$

á. lagsun

$$F = \frac{1 + q^2 + \dots + N_s^2}{N_s^3}$$

Εύρεση του παραπάνω συντελεστή, (διεφ. συντελεστή)
Christiansen, με αίτηση προσχηματικά.

Γενίκευση: { για Darcy Weisbach $m=9$
 $k_f = \frac{8fL}{gD^5} Q^2$
Hazen-Williams : $m=1.85$.

{ ανίκανο του πρώτου σταθμού είναι
{ με μία (όπου στην ανάλυση) ή μίση
ισαχία }

Διορθωτικός συντελεστής F για προσδιορισμό απωλειών

Δηλαδή οι γραμμικές απώλειες φορτίου κατά μήκος της γραμμής αρδεύσεως μπορούν να υπολογισθούν ως εξής (Christiansen, 1942):

- α) Θεωρείται ότι η παροχή στην αρχή της γραμμής αρδεύσεως διέρχεται από όλη τη γραμμή. Υπολογίζονται οι απώλειες φορτίου με μία εξίσωση απωλειών κατά προτίμηση την εξίσωση των Darcy - Weisbach.
- β) Το μέγεθος των απωλειών πολλαπλασιάζεται επό ένα διορθωτικό συντελεστή F που εξαρτάται από το συνολικό αριθμό εκτοξευτήρων στη γραμμή αρδεύσεως και από τα χαρακτηριστικά της εξισώσεως απωλειών.

Η τιμή του διορθωτικού συντελεστή F της Εξ.7.30 υπολογίζεται προσεγγιστικά (Christiansen, 1942) :

$$F = \frac{1}{m+1} + \frac{1}{2N_s} + \frac{\sqrt{m-1}}{6 N_s^2} \quad (7.31)$$

Πιν. 7.10 Οι τιμές του διορθωτικού συντελεστή F για τιμές του εκθέτη $m = 1.85$ και $m = 2.00$ αν ο πρώτος εκτοξευτήρας στη γραμμή απέχει μία ισαποχή από την αρχή.

Αριθ. Εκτοξευτ.	$m=1.85$	$m=2.00$
1	1.0	1.0
2	0.630	0.625
3	0.535	0.518
4	0.486	0.469
5	0.457	0.440
6	0.435	0.421
7	0.425	0.408
8	0.415	0.398
9	0.409	0.391
10	0.402	0.385
11	0.397	0.380
12	0.394	0.376
13	0.391	0.373
14	0.387	0.370
15	0.384	0.367
16	0.382	0.365
17	0.380	0.363
18	0.379	0.361
19	0.377	0.360
20	0.376	0.359
22	0.374	0.357
24	0.372	0.355
26	0.370	0.353
28	0.369	0.351
30	0.368	0.350
35	0.365	0.347
40	0.364	0.345
50	0.361	0.343
100	0.356	0.338
∞	0.351	0.333

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 ισοποχή.

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

Αντί πινάκων, υπολογισμός γραμμικών απωλειών, **Darcy-Weisbach**

Για κάθε κλάδο προσδιορίζεται η ταχύτητα ροής (με βάση την αρχικά θεωρηθείσα παροχή και την τοποθετούμενη διάμετρο του εμπορίου (στους Υδραυλικούς υπολογισμούς τίθεται η εσωτερική διάμετρος):

$$V = \frac{4Q}{\pi D^2}$$

για τους επόμενους υπολογισμούς:

D: εσωτερική διάμετρος (m)

Q (m³/s)

k (m)

Ακολουθώς προσδιορίζεται ο αριθμός Re:

$$Re = \frac{V \cdot D}{\nu} = \frac{V \cdot D}{10^{-6}} \text{ όπου } \nu \text{ η κινηματική συνεκτικότητα (1} \cdot 10^{-6}\text{)}$$

Προτιμάται ο προσδιορισμός του συντελεστή τριβής f με την εξίσωση των Swamee και Jain και του ύψους γραμμικών απωλειών από την εξίσωση των Darcy-Weisbach:

$$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{5.74}{Re^{0.9}} + \frac{k_s/D}{3.7} \right) \right]^2}$$

$$h_f = RQ^2, R = \frac{8fL}{g\pi^2 D^5}$$

Προσαύξηση 10%
για τοπικές απώλειες
→ ×1.1

Τοπικές απώλειες ενέργειας

Τοπικές απώλειες

Οι τοπικές απώλειες οφείλονται σε τοπικές ανωμαλίες που επηρεάζουν τις συνθήκες ροής και προκαλούνται από διάφορες αιτίες (π.χ. αλλαγή κατευθύνσεως, μεταβολή διατομής, εμπόδιο στη ροή - δικλείδες κ.τ.λ.). Οι τοπικές απώλειες h_m εκφράζονται συνήθως με τη γενική σχέση

$$h_m = K \frac{v^2}{2g} \quad (7.23)$$

όπου K είναι συντελεστής τοπικών απωλειών και εξαρτάται από την τοπική ανωμαλία που προκαλείται. Τιμές του K βρίσκονται στα βιβλία Υδραυλικής.

Έμμεσα από Προσαύξηση γραμμικών κατά 10% για τοπικές απώλειες $\rightarrow \times 1.1$

Προτεινόμενη τάξη απωλειών οικονομικοί και τεχνικοί λόγοι όχι άβατος κανόνας

Όταν το φορτίο στην είσοδο του αγωγού μεταφοράς είναι θετικό, οι επιτρεπόμενες απώλειες δεν πρέπει να υπερβαίνουν το φορτίο αυτό όταν ο αγωγός εφαρμογής βρίσκεται στο τέρμα του αγωγού μεταφοράς. Αν δεν υπάρχει ο περιορισμός αυτός, οι μέγιστες επιτρεπόμενες απώλειες καθορίζονται με κριτήρια κυρίως οικονομικά και, όπως αναφέρθηκε, κυμαίνονται από 3 μέχρι 10 m/100 m όταν ο αγωγός δεν έχει κλίση, δηλαδή:

$$H_{\max} = 3 \div 10 \text{ m}/100 \text{ m} \quad (7.77)$$

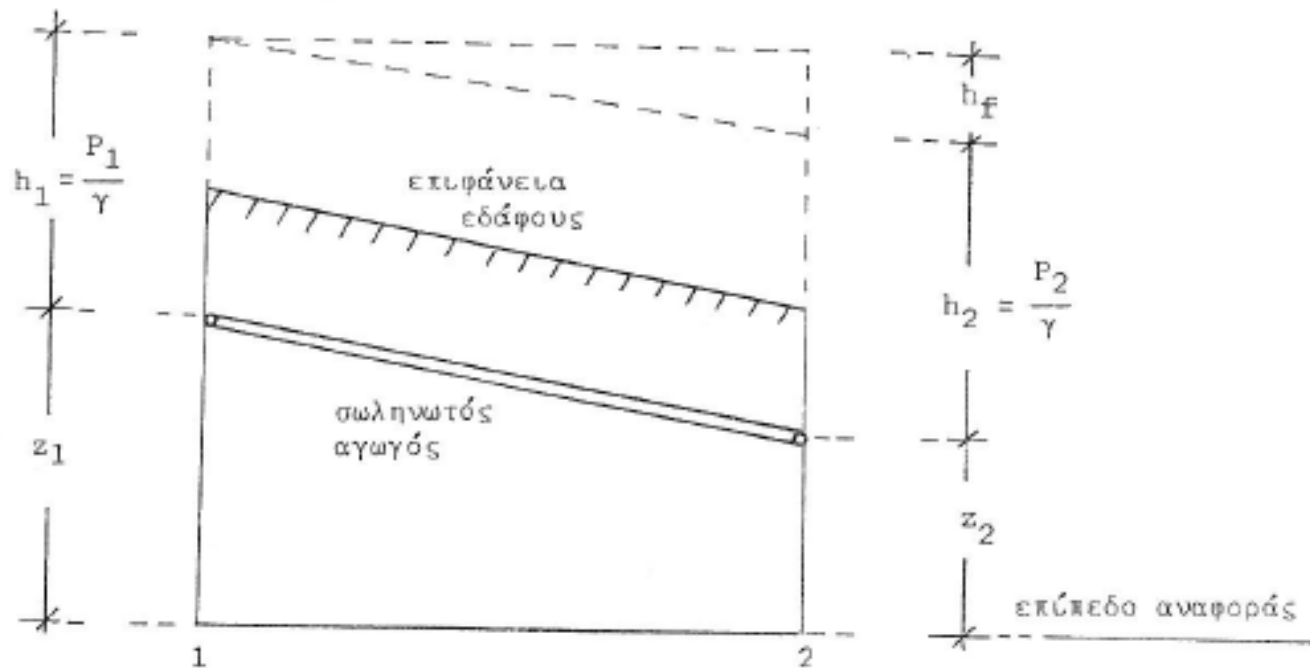
Σε κεκλιμένα εδάφη, αν η διεύθυνση του αγωγού είναι αντίθετη προς την κλίση του εδάφους, από τις παραπάνω απώλειες αφαιρείται η υψομετρική διαφορά μεταξύ των άκρων του αγωγού (ΔZ), αναγμένη σε μήκος 100 m αγωγού, οπότε:

$$H_{\max} = (3 \div 10) - \frac{100 \Delta Z}{L} \text{ m}/100 \text{ m} \quad (7.78)$$



Αν η διεύθυνση του αγωγού είναι προς την κλίση του εδάφους, τότε:

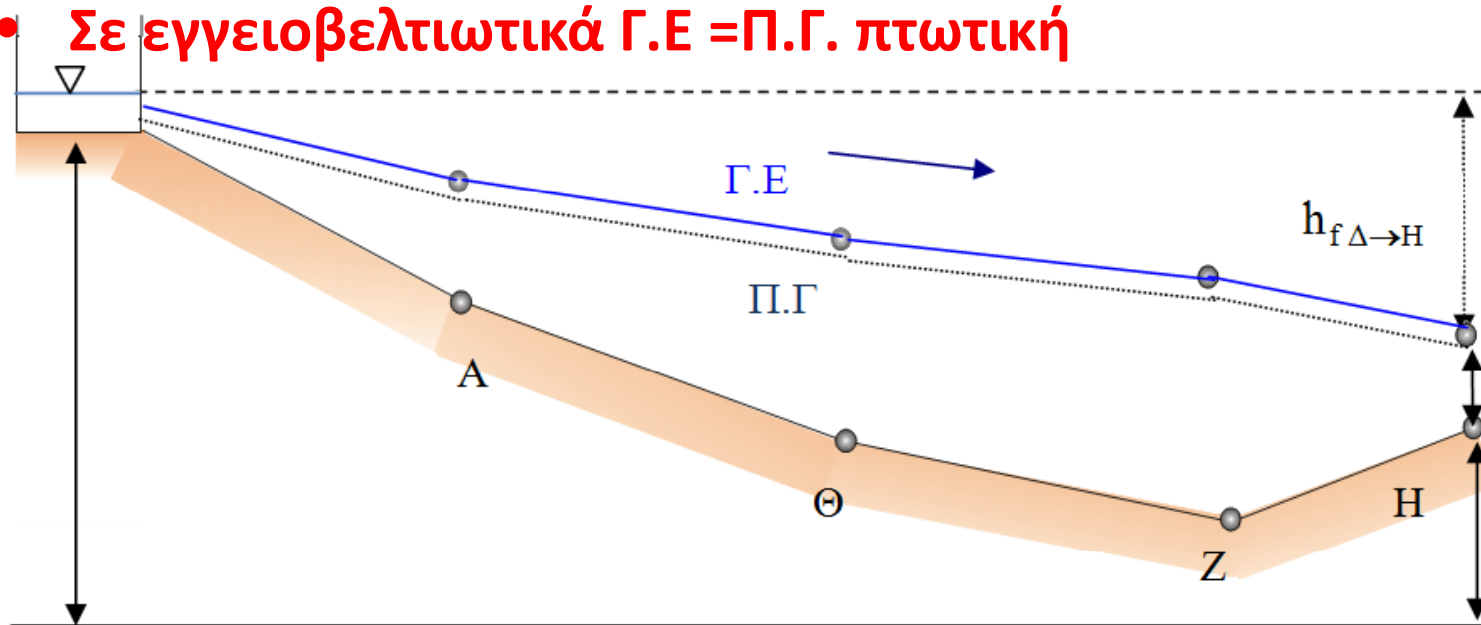
Πιεζομετρική Γραμμή \approx Γ.Ε



Σχ. 7.17 Απώλειες φορτίου σε ευθύγραμμο σωληνωτό αγωγό υπό πίεση

Γραμμή ενέργειας σε ένα αγωγό (χωρίς αντλία)

- Γραμμή ενεργείας: ο γεωμετρικός τόπος του ύψους θέσης, του ύψους πίεσης και του ύψους 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**



Σχ. Ενεργειακή διαδρομή από την υψομετρική θέση της δεξαμενής, στο H

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 σαν 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

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

Εφαρμογές υδραυλικής

- Μοντέλα καθοδηγούμενα από την παροχή (και όχι από την πίεση), έστω....
 - Θεωρείται παροχή με βάση τις ανάγκες
- Ύψος πίεσης. Ξεκινώ από τα κατάντη προς τα ανάντη και προσδιορίζω το απαραίτητο μανομετρικό ή το απαιτούμενο υψόμετρο επιφανείας της ανάντη δεξαμενής.
 - Έστω στο κατάντη (δυσμενέστερο) άκρο ύψος πίεσης ίσο με το απαιτούμενο...

Επιλογή διαμέτρου γραμμής άρδευσης

Παράδειγμα

Να επιλεγεί η διάμετρος ταχυσύνδετου αγωγού γραμμής αρδεύσεως με τα ακόλουθα δεδομένα και με τη βοήθεια του κριτηρίου Christiansen.

- Δεδομένα:
- Παροχή εκτοξευτήρα, $q = 1 \text{ lt/sec}$
 - Κανονική πίεση λειτουργίας εκτοξευτήρα, $H = 25 \text{ m}$
 - Ισαποχή εκτοξευτήρων, $S_s = 12 \text{ m}$
 - Τυποποίηση ταχυσύνδετων σωλήνων από ταινιοχάλυβα
 $\Phi 70$ (Deσ.=68.2 mm), $\Phi 89$ (Deσ.=87.2 mm) και $\Phi 108$ (Deσ.=106.2 mm)
 - Απόσταση του πρώτου εκτοξευτήρα από την αρχή της γραμμής είναι ίση με την ισαποχή.
 - Μήκος γραμμής αρδεύσεως 156 m
 - Απόλυτο ύψος τραχύτητας των σωλήνων $k=0.03\text{mm}$

Αδων: Θεωρώ ότι στη φρ. άρβευση η αεροχών είναι σταθερή (δεν είναι δανv αρ./τε):

$$Q = N_s q = 13.2 \text{ l/s}$$

Στοιμήνω για φ89 (Dif=87.2)

$$F = 0.373 \text{ (πίνακας)}$$

$$Q = \frac{nD^2 \sqrt{F}}{4}$$

Θέλω ανώτατες:

$$\varepsilon_{hf} = 1.2 \cdot \lambda \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} = 1.2 \cdot \frac{87.2 L}{g n^2 D^5} Q^2 \cdot F$$

Ανo πίνακας ή αναδύτη 2.1 m/s

$$v = \frac{4 \cdot 0.013}{n \cdot 0.0872^2} \left(\frac{4Q}{nD^2} = v \right)$$

$$Re = \frac{vD}{\nu} = \frac{2.1 \cdot 0.0872}{10^{-6}}$$

πικυητιδ 1.15.1

$$f \approx \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{5.74}{Re^{0.9}} + \frac{k}{D \cdot 3.7} \right) \right]^2} = 0.018$$

υποβληθούν, $Re > 4000$

$$\text{Τέλιμη } \sum h_f = \cancel{1.1} \cdot 1.1 \times 0.377 \cdot \frac{8 \cdot 0.018 \cdot 156}{9.81^2 \cdot 0.08725} \cdot 0.013$$

$$\approx 3.2 \leq 0.2H = 5m \quad \text{2.5m}$$

Ελεγχος $\sum h_f \leq 0.2H$ (λογικά)
 Ok.

⊙ για $\phi 70$ ($D_{εσ} = 68.2 \text{ mm}$)
 (υποβληθούν $\cancel{1.1}$ γίνεται με βάση των σωμάτων)
 Διαμέτρο.
 Δεν ιχθεί (αυξάνεται)

⊙ για $\phi 108$, αυτι-ομοιομετρία
 Τονίζεται στη ρε. άρδευσης $\phi 89$
 ($D_{εσ} = 87.2 \text{ mm}$)

ΠΑΡΟΧΗ (m ³ /s)	Δεσ (m)	v (m/s)	L	Re	k/D	f	R	hf (m)	SHf (m)	F (Μono για γραμμή εγαρμογής)	πραγματικές απώλειες(m)
0,013000	0,0682	3,56	156,00	241855,30	0,0004	0,0183	159787,970	27,004	29,705	0,373	11,07980966

ταινιοχαλυβ
ας

4

ΠΑΡΟΧΗ (m ³ /s)	Δεσ (m)	v (m/s)	L	Re	k/D	f	R	hf (m)	SHf (m)	F (Μono για γραμμή εγαρμογής)	πραγματικές απώλειες(m)
0,013000	0,0872	2,18	156,00	189157,47	0,0003	0,0182	46451,340	7,850	8,635	0,373	3,22096844

ταινιοχαλυβ
ας

4

ΠΑΡΟΧΗ (m ³ /s)	Δεσ (m)	v (m/s)	L	Re	k/D	f	R	hf (m)	SHf (m)	F (Μono για γραμμή εγαρμογής)	πραγματικές απώλειες(m)
0,013000	0,1032	1,55	156,00	150830,73	0,0003	0,0182	30062,654	3,391	3,730	0,373	1,391158461

ταινιοχαλυβ
ας

4

Παράδειγμα

Γραμμή άρδευσης (ή αγωγός εφαρμογής), άρδευση στο αγροτεμάχιο: Απαιτούμενο ύψος πίεσης στην αρχή της

Στην αρχή της γραμμής άρδευσης...

Για να εξασφαλισθεί η πίεση κανονικής λειτουργίας σε όλους τους εκτοξευτήρες της γραμμής αρδύσεως θα πρέπει ο τελευταίος εκτοξευτήρας να λειτουργεί με πίεση H ενώ το πιεζομετρικό φορτίο στην αρχή της γραμμής να είναι $H+h$, όπου h είναι οι απώλειες φορτίου στη γραμμή. Για την καλύτερη διακύμανση των τιμών πίεσεως κατά μήκος της γραμμής αρδύσεως και για οικονομικότερο σχεδιασμό το πιεζομετρικό φορτίο στην αρχή της γραμμής υπολογίζεται με την Εξίσωση που ακολουθεί:

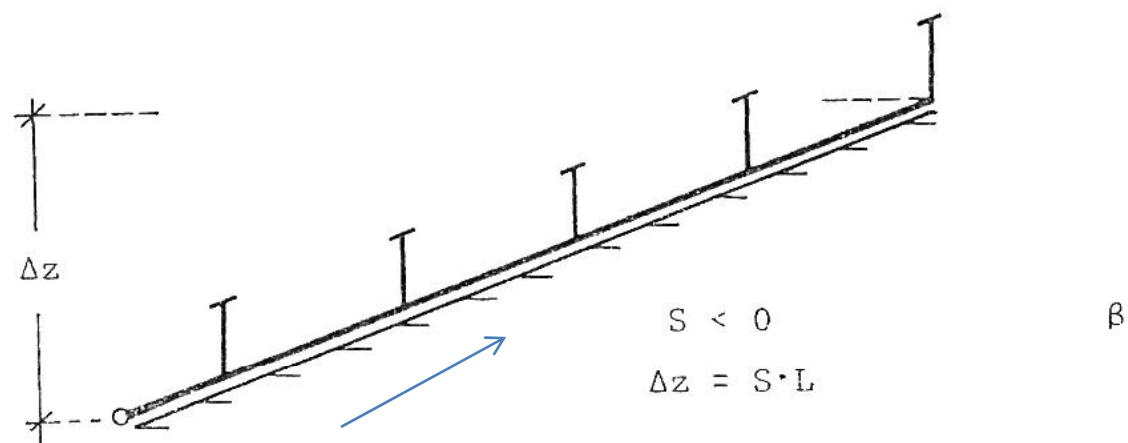
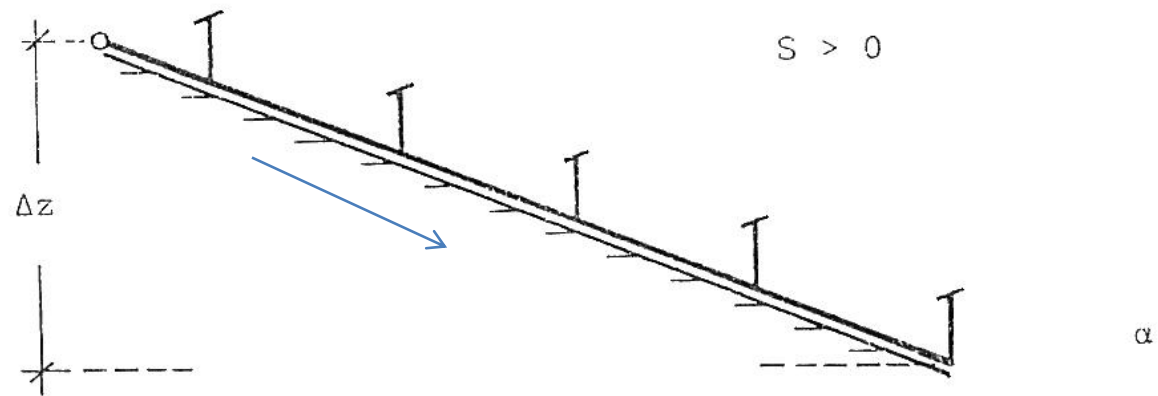
$$H_L = H + 0.75h + H_T \quad (7.33)$$

Εφόσον βέβαια η κατά μήκος κλίση της γραμμής αρδύσεως είναι μηδενική. Στη γενική περίπτωση το πιεζομετρικό φορτίο που απαιτείται στην αρχή της γραμμής αρδύσεως υπολογίζεται ως εξής :

$$H_L = H + 0.75 (h \mp \Delta z) + H_T \quad (7.34)$$

όπου - για θετική κλίση
και + για αρνητική κλίση

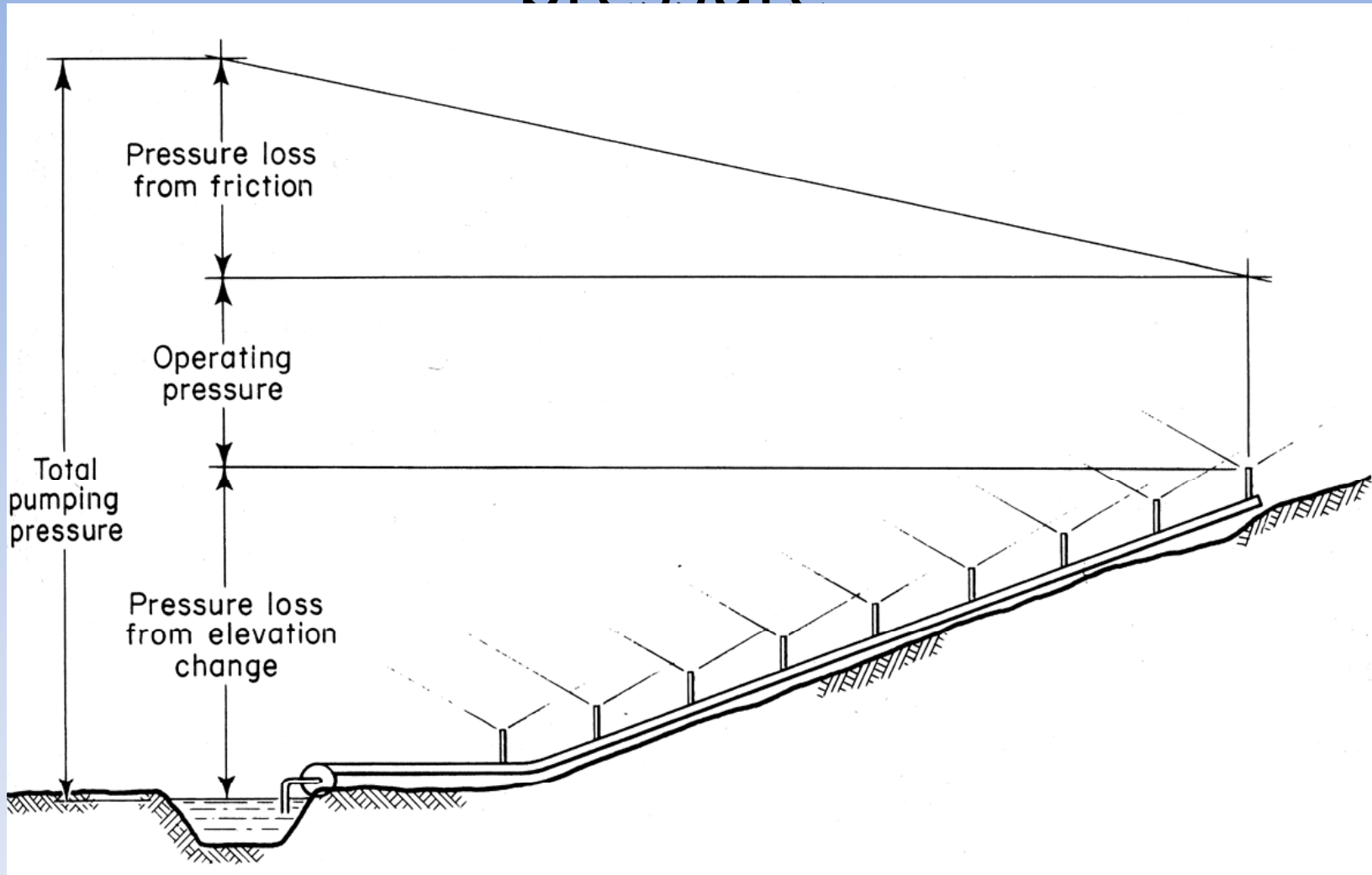
ή σε άλλα εγχειρίδια $0.5 \Delta z$



- Γενική περίπτωση: $H_{L_1} = H + 0.75 (h \bar{f} \Delta z) + H_{L_2}$
- α) κατά μήκος της κλίσεως $-(S > 0)$
- β) αντίθετα με την κλίση $+(S < 0)$

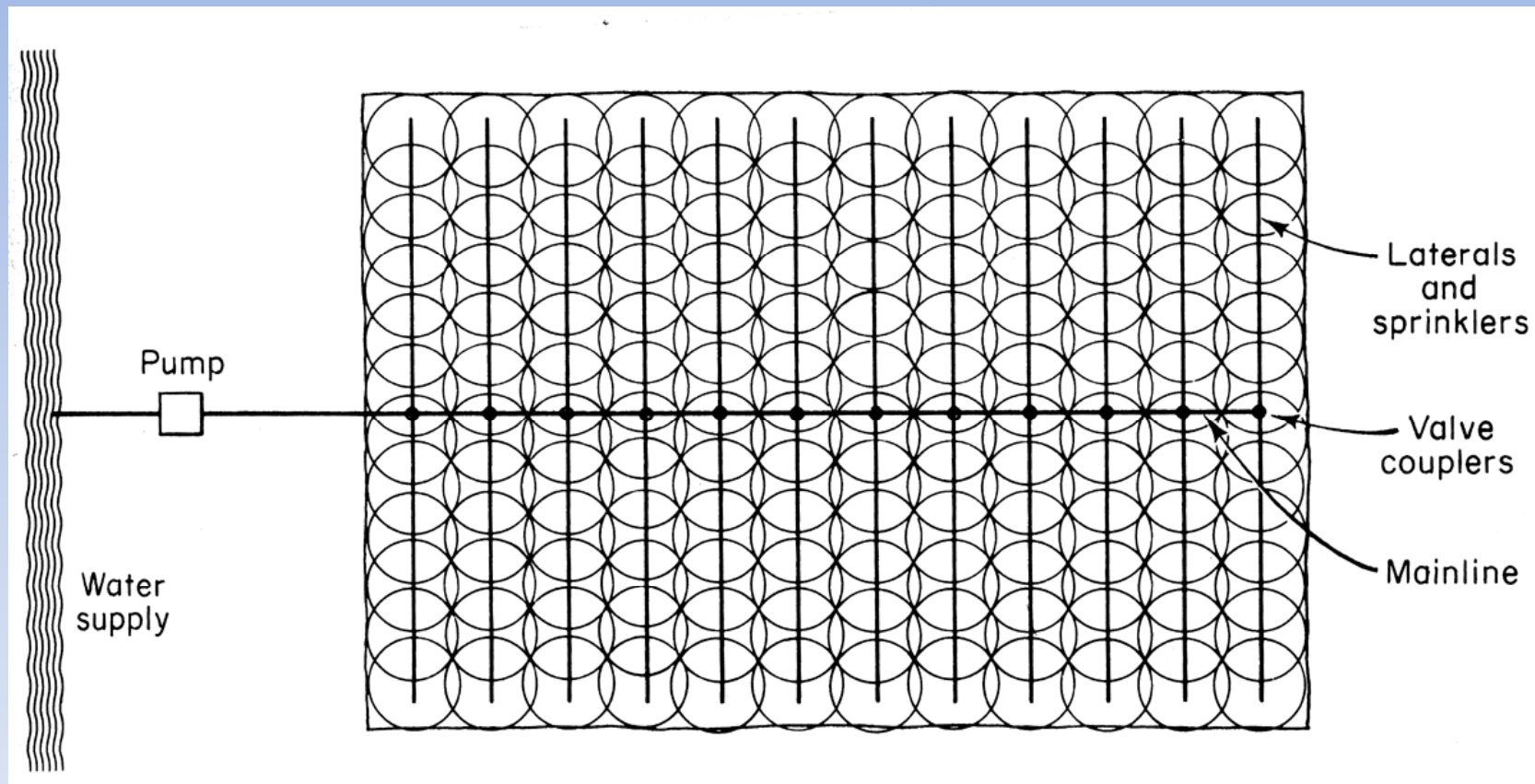
B3.2.3 Irrigation techniques

Sprinkler irrigation: Variation in pressure



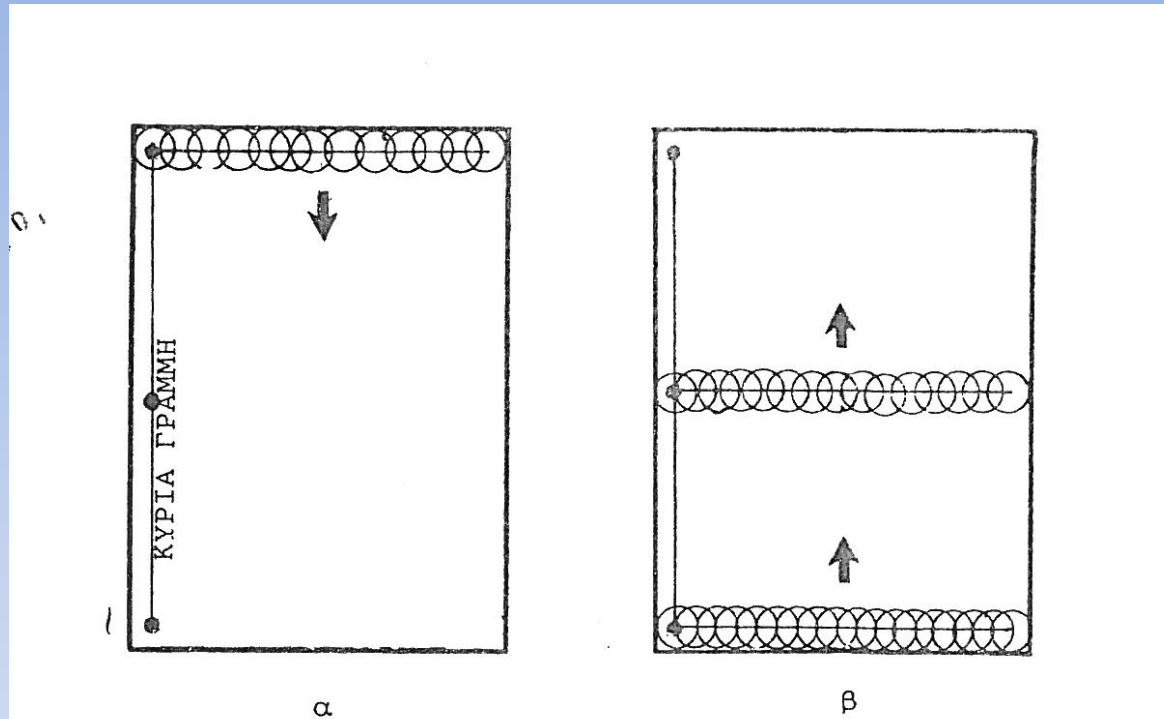
B3.2.3 Irrigation techniques

Sprinkler irrigation: Solid set system



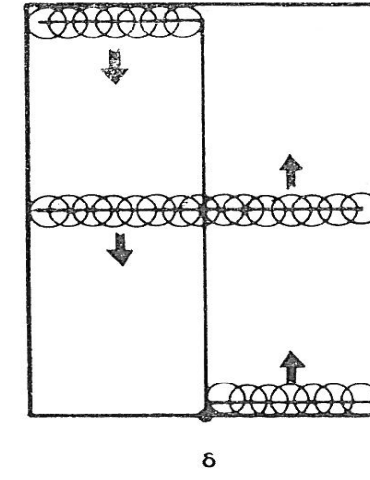
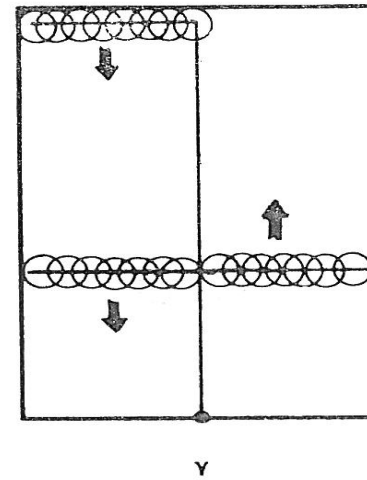
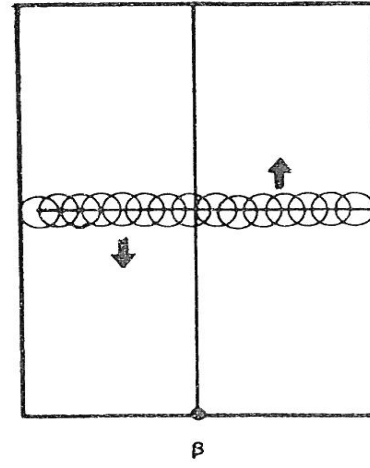
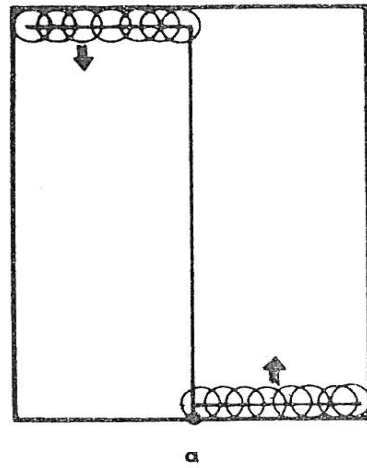
Οργάνωση εργοταξίου κατά την
άρδευση στο αγροτεμάχιο, έλεγχος
εύρους ποτίσματος και χρόνου
ποτίσματος: **Με βάση τον αγωγό
εφαρμογής**

Γραμμές άρδευσης στο αγροτεμάχιο



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)



Σχ.7.23 Σχεδιασμός και όργάνωση έργουταξίου

- α, β. Όριανές θέσεις διατάξεως με δύο γραμμές
- γ. Διάταξη με τρεις γραμμές
- δ. Διάταξη με τέσσερις γραμμές