

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ 4^ο

Ενότητα: Βασικές υδραυλικές έννοιες

Πίεση –απώλειες πιέσεως

I. Υδροστατική πίεση

Η υδροστατική πίεση, είναι η πίεση που ασκεί το νερό, σε κατάσταση ηρεμίας, στα τοιχώματα του δοχείου που το περιέχει. Η πίεση αυτή είναι **κάθετη προς τα τοιχώματα**. Η υδροστατική πίεση σε κάθε σημείο M μέσα στη μάζα του νερού, είναι ίση με το βάρος της στήλης νερού που έχει βάση τη μονάδα επιφάνειας (π.χ. το 1 cm^2 για το σύστημα C.G.S. *centimetre-gram-second*) και ύψος την απόσταση του σημείου M από την ελεύθερη επιφάνεια του νερού:

$$P = \gamma \cdot h \quad (1)$$

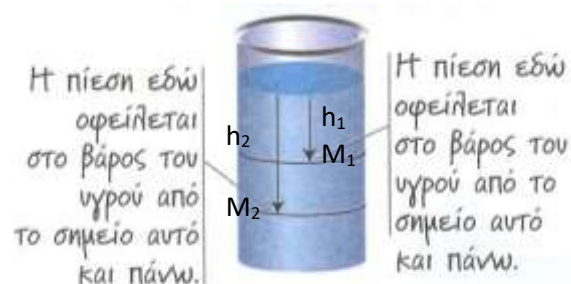
Όπου: P = η πίεση στο σημείο M ,

γ = το ειδικό βάρος του νερού

h = η απόσταση του σημείου M

από την ελεύθερη επιφάνεια του νερού

Στις αρδεύσεις το νερό που διαχειριζόμαστε θεωρούμε το $\gamma = 1 \text{ gr} / \text{cm}^3$ άρα η παραπάνω εξίσωση λαμβάνει την εξής μορφή:



$$P = h \quad (2)$$

Λαμβάνει δηλαδή μονάδες ύψους (m) ...

Πρακτικές μονάδες εκφράσεως της πιέσεως

Η πίεση μπορεί να εκφραστεί σε **Μετρικό σύστημα μονάδων** (*Système International d'Units - S.I.*):

- ✓ Μέτρα στήλης νερού (m)
- ✓ Σε χιλιόγραμμα βάρους ανά τετραγωνικό εκατοστό (kg/cm^2) ή και
- ✓ Τόνους ανά τετραγωνικό μέτρο (t/m^2)

Η πίεση μπορεί να εκφραστεί στο **Αγγλικό σύστημα μονάδων**:

- ✓ pounds per square inch (=psi)

Μετατροπές μονάδων:

✓ 1 m^3 νερού = 1.000 lt και ζυγίζει $1.000 \text{ kg} = 1 \text{ t}$

✓ 1 at (τεχνική ατμόσφαιρα) = $1 \text{ kg}/\text{cm}^2$

✓ 1 atm (φυσική ατμόσφαιρα) = $1,033 \text{ kg}/\text{cm}^2$

✓ $1 \text{ kg}/\text{cm}^2 = 0,98 \text{ bar} = 14,223 \text{ psi}$

- ✓ Αφού η $P = h$, όταν η πίεση δημιουργείται (με φυσικό τρόπο) από το βάρος του νερού αυτό συνδέεται άμεσα με το **ύψος της στήλης νερού**. Έτσι υπάρχει και η εξής έκφραση:

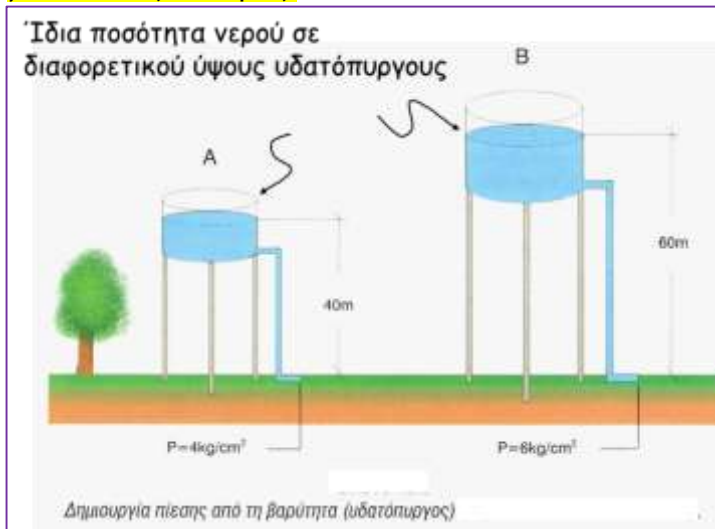
$$10 \text{ m} = 1 \text{ at} = 1 \text{ kg}/\text{cm}^2 = 10 \text{ t}/\text{m}^2$$

II. Στατική πίεση

Υδραυλική είναι η επιστήμη που μελετά τη συμπεριφορά του νερού, είτε αυτό κινείται είτε είναι στάσιμο (σε ηρεμία).

Το νερό που κινείται μέσα στους σωλήνες (κλειστοί αγωγοί υπό πίεση) έχει διαφορετικά χαρακτηριστικά από αυτό που κινείται σε ανοικτά αυλάκια ή παραμένει ακίνητο. Στην

υδροδυναμική, πίεση ή φορτίο πίεσης: είναι η δύναμη η οποία ωθεί το νερό να κινείται μέσα στους σωλήνες,



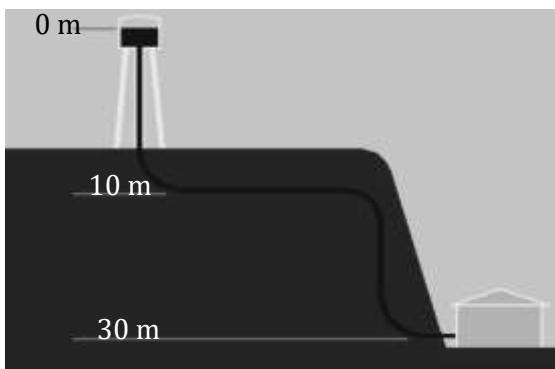
Η πίεση μπορεί να δημιουργηθεί με τη **βαρύτητα** και με τη χρήση **αντλίας**. Ο υδατόπυργος είναι ένα παράδειγμα για τον τρόπο λειτουργίας της πίεσης. Προκαλείται από το βάρος του νερού και επηρεάζεται από το ύψος. (Βλ. διπλανή εικόνα).

Η στατική πίεση του νερού μέσα σε σωλήνα

Υπολογίζεται όταν το νερό παραμένει ακίνητο. Η **στατική πίεση** σημαίνει καμία ροή, καμία τριβή και συνεπώς καμιά απώλεια πίεσης!

Ένα “μοναδικό” γνώρισμα του νερού:

Καθώς το νερό είναι ουσιαστικά ασυμπίεστο υγρό, παρουσιάζει το μοναδικό γνώρισμα να **μεταφέρει την πίεση** που δέχεται όταν βρίσκεται σε κλειστό χώρο (π.χ. δοχείο, δεξαμενή, κλειστό αγωγό κ.λπ.). Παράδειγμα η παρακάτω εικόνα, όπου η πίεση στην κορυφή του υδατόπυργου είναι 0 m (το ύψος του νερού πάνω από το επίπεδο του νερού) ή 0 kg/cm². Αυτό συμβαίνει γιατί δεν υπάρχει νερό από πάνω του για να του δημιουργήσει πίεση. Το επίπεδο του εδάφους είναι στα 10m κάτω από την επιφάνεια του νερού της δεξαμενής. Έτσι η πίεση στο ύψος



του εδάφους θα είναι **10m** ή **1kg /cm²**. Το νερό εισέρχεται στο σπίτι ακόμη 20 m πιο κάτω, δηλαδή στα 30m (όπως αποτυπώνεται στην διπλανή εικόνα) κάτω από την επιφάνεια του νερού στη δεξαμενή. Έτσι, **η στατική πίεση** στο σπίτι θα είναι ύψους 30 m ή 3 kg/cm² ή 3 at. Πώς γίνεται κάτι τέτοιο αφού ο σωλήνας σε μήκος μπορεί να ξεπερνά και τα **60m**;

Η απάντηση είναι ότι το μήκος που διατρέχει το νερό δεν μας απασχολεί όταν το νερό είναι στατικό εντός των σωλήνων. Καθώς το νερό είναι ασυμπίεστο υγρό, μεταφέρει την πίεση

οριζόντια κατά μήκος της κατεύθυνσης του σωλήνα, για μεγάλες αποστάσεις χωρίς να δέχεται απώλειες πίεσης. **Η όποια αύξηση παρουσιάζεται αφορά στην αυξομείωση του ύψους στο οποίο βρίσκεται το νερό λόγω του βάρους του.**

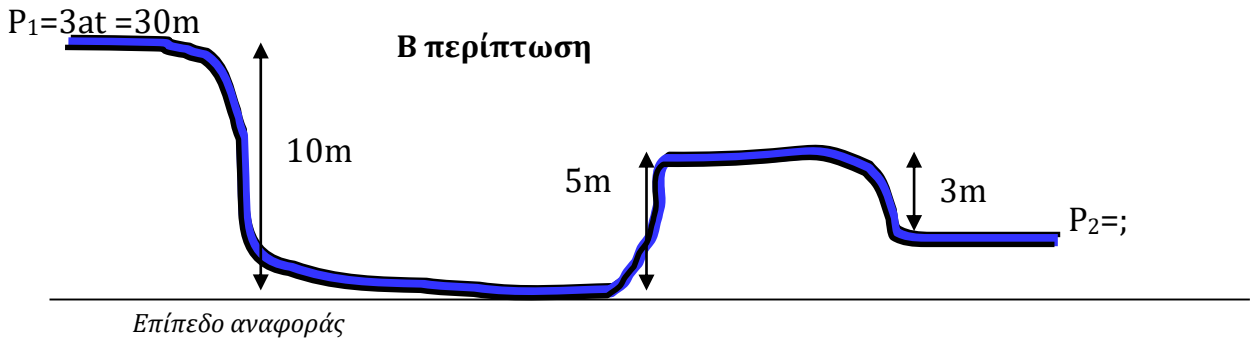
Παραδείγματα στατικής πίεσης:

$$P_1 = 3at$$

A περίπτωση

$$P_2 = 3at$$

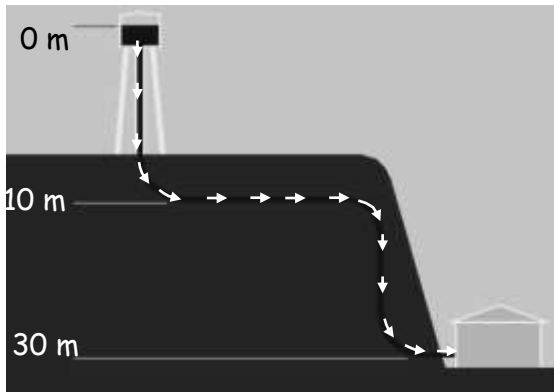
Στην περίπτωση A, το νερό που βρίσκεται ακίνητο εντός του αγωγού βρίσκεται **σε οριζόντια θέση** και συνεπώς ό,τι πίεση ασκείται P_1 στο ένα του άκρο, θα ασκείται και στο άλλο του άκρο ($P_2 = 3 At$).



Στην Β περίπτωση, όπου κι εδώ το νερό παραμένει ακίνητο και απλά ακολουθεί την αυξομείωση του σωλήνα (λόγω αναγλύφου), στην αρχική πίεση του νερού **προστίθεται** η πίεση λόγω του βάρους του και **αφαιρείται** η πίεση όπου ανυψώνεται. Έτσι, η πίεση στο άκρο P_2 θα ισούται με την αρχική, προσθέτοντας την υψομετρική διαφορά, δηλ.: $10\text{ m} - 5\text{ m} + 3\text{ m} = 8\text{ m}$ και συνεπώς η πίεση στην $P_2 = 38\text{ m}$ ή $3,8\text{ at}$.

III. Δυναμική πίεση

Είναι η δύναμη που ασκείται από το νερό σε ένα σημείο όταν αυτό (το νερό) κινείται και καταλαμβάνει ολόκληρη διατομή ενός σωλήνα.



Στο προηγούμενο παράδειγμα, (βλ. διπλανή εικόνα) εάν μετρούσαμε την πίεση με το νερό να “τρέχει”, θα μετρούσαμε τη **δυναμική πίεση (ή πίεση λειτουργίας)**, όπου σε μια τέτοια **δυναμική** κατάσταση (ροής εντός του σωλήνα) **το νερό θα έχανε την αρχική του πίεση λόγω των τριβών με τα μέρη του σωλήνα και των υδραυλικών εξαρτημάτων (συνδεσμολογίας κ.α.)**, και έτσι θα λαμβάναμε μια ακόμα **χαμηλότερη** ένδειξη πίεσης στο επίπεδο

του σπιτιού (τιμή $< 3\text{ at}$).

Κατά τον υπολογισμό της **δυναμικής πίεσης** του νερού πρέπει να συμπεριλαμβάνονται οι **απώλειες που προέρχονται από τη ροή του νερού μέσα στο σωλήνα (=γραμμικές)** καθώς και οι απώλειες που προέρχονται από τη ροή του νερού μέσα από τα **διάφορα υδραυλικά εξαρτήματα του δικτύου (=τοπικές)** (βάνες, υδραυλικές συνδέσεις κ.λ.π.).

$$P_{\text{απωλειών}} = P_{\text{γραμμικές}} + P_{\text{τοπικές}}$$

Είναι λογικό η δυναμική πίεση να είναι **πάντα μικρότερη** της στατικής και μάλιστα η **διαφορά των δύο θα ισοδυναμεί με τις απώλειες πίεσης**.

Στις περισσότερες περιπτώσεις λοιπόν, κατά τον **σχεδιασμό** των αρδευτικών δικτύων, **μετρούμε την στατική πίεση** και στη συνέχεια χρησιμοποιούμε **διάφορες μεθόδους υπολογισμού** των απωλειών πίεσης (γραμμικών & τοπικών). Στη συνέχεια οι απώλειες αφαιρούνται από τη μετρούμενη στατική πίεση για να υπολογιστεί η δυναμική πίεση.

Με ένα απλό “άνοιγμα” της βρύσης θα μπορούσαμε να μετρήσουμε τη δυναμική πίεση?

Η δυναμική πίεση είναι μια δύσκολα μετρούμενη ποσότητα. Θα πρέπει να έχουμε ρυθμίσει τη **ροή του νερού**, και να τη **διατηρήσουμε** σε γνωστή τιμή, για τουλάχιστο 1 με 2 λεπτά, ενώ η πίεση θα σταθεροποιηθεί.

IV. Ροή - παροχή

A. Ροή, αρ. Reynolds

Για λόγους χώρου, προς το παρόν ασχολούμαστε με την ροή μέσα σε κλειστούς αγωγούς υπό πίεση.

Ροή είναι η κίνηση του νερού μέσα σε ένα σωλήνα. Ταχύτητα ροής είναι το πόσο γρήγορα περνά το νερό από ένα ορισμένο σημείο των σωλήνων, και εκφράζεται σε m/sec. Η ταχύτητα ροής είναι ανάλογη της παροχής:

$$U = Q / S$$

Όπου: U = ταχύτητα ροής (m/ sec)

Q = η παροχή (m^3/sec)

S = η διατομή (m^2)

Για κλειστούς αγωγούς κυκλικής διατομής, το S είναι:

$$S = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

Με D την **εσωτερική διάμετρο του αγωγού**

Όταν το νερό καταλαμβάνει ολόκληρη τη διατομή του κλειστού αγωγού, τότε λέμε ότι έχουμε ροή υπό πίεση. Αντίθετα, αν το νερό που ρέει μέσα στον κλειστό αγωγό δεν καταλαμβάνει ολόκληρη τη διατομή του αγωγού και κατά συνέπεια παρουσιάζει ελεύθερη επιφάνεια σε επαφή με τον ατμοσφαιρικό αέρα, τότε έχουμε ελεύθερη ροή και ο αγωγός ονομάζεται αγωγός ελεύθερης ροής.

Στρωτή και τυρβώδης ροή

Η ροή μέσα στους κλειστούς αγωγούς μπορεί να είναι παράλληλη, οπότε η ροή γίνεται κατά παράλληλες στρώσεις (στρωτή ροή) χωρίς ανάμιξη των υγρών σωματιδίων, στροβιλώδης, οπότε η ροή γίνεται **ακανόνιστα** και υπάρχει **έντονη ανάμιξη** των υγρών σωματιδίων κατά την κίνησή τους.

Ο αριθμός Reynolds

Αυξάνοντας συνεχώς την ταχύτητα ροής, με την αύξηση φυσικά της παροχής, η αρχικά έγχρωμη ευθεία γραμμή γινόταν κυματοειδής (μεταβατική ζώνη) και για ακόμη μεγαλύτερη ταχύτητα κατέληγε σε πλήρη διάσπαση σε τρόπο, ώστε ολόκληρη η ροή μέσα στο σωλήνα να γίνεται έγχρωμη (στροβιλώδης ροή)

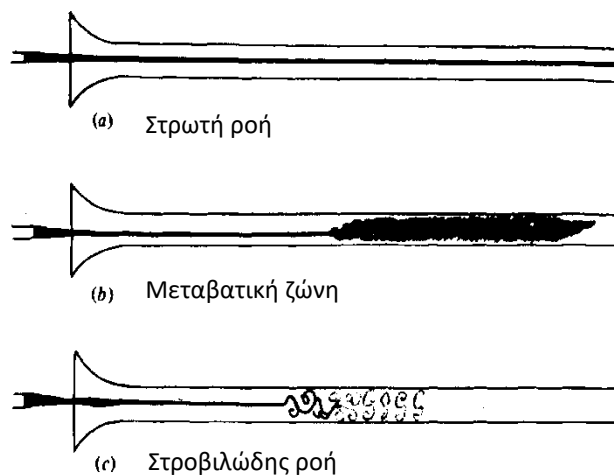


Fig. 9.2. Reynolds's drawings of the flow in his dye experiment.

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

Δηλαδή: Ταχύτητα (U) επί τη διάμετρο (D) του σωλήνα προς το συντελεστή του κινηματικού ιξώδους (ν)

$Re < 2000 \rightarrow$ στρωτή ροή.

$Re 2000 - 2300 \rightarrow$ η μεταβατική ροή η οποία είναι ασταθής ροή.

$R > 2300 \rightarrow$ στροβιλώδης ροή.

Επιθυμούμε να έχουμε τιμές Re κάτω από 2000, δηλαδή στρωτή ροή.

Σε μελετητικό επίπεδο, η μέγιστη ταχύτητα πρέπει να λαμβάνεται μεταξύ 1,5 και 2,1 m/sec

B. Παροχή

Παροχή είναι ο όγκος του νερού που διέρχεται από μια κάθετη προς τον άξονα ροής επιφάνεια (διατομή σωλήνα) στη μονάδα του χρόνου. Εκφράζεται σε λίτρα ανά δευτερόλεπτο (lt /sec) ή m^3 / h

Η παροχή συναρτήσει της ταχύτητας ροής:

$$Q = U_m \times S$$

Το U_m = η μέση ταχύτητα ροής και η οποία είναι:

$$U_m = \frac{1}{2} U_{max} \text{ στρωτή ροή}$$
$$U_m = 0,8 U_{max} \text{ στροβιλώδη ροή}$$

Για ταχύτητα ροής 1,5 m/sec, η εσωτερική διάμετρος ενός κυκλικού αγωγού (mm) υπολογίζεται με τον εξής εμπειρικό τύπο:

$$D = 15,35 \cdot \sqrt{Q}$$

Η μέση ταχύτητα ροής του νερού διαμέσου σωλήνα μπορεί να προσδιοριστεί χρησιμοποιώντας τον παρακάτω απλοποιημένο τύπο:

$$U = \frac{353,68 \cdot Q}{D^2}$$

Όπου:

U = ταχύτητα ροής (m/sec)

Q = παροχή (m^3/h)

D = Η μέση τιμή εσωτερικής διαμέτρου σωλήνα (mm)

Ο ανωτέρω τύπος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό της παροχής, εφόσον είναι γνωστή η ταχύτητα ροής.

Η παροχή μετρείται με ειδικά όργανα που λέγονται παροχόμετρα.

Για τη μέτρηση του ζεύγους πίεσης - παροχής συνδέουμε σε σειρά ένα μανόμετρο, μια βάννα και ένα παροχόμετρο.

V. Μέθοδοι υπολογισμού απωλειών πίεσης

Οι απώλειες ενέργειας λόγω των τριβών είναι ουσιαστικά απώλειες πίεσης καθώς το νερό κινείται. Αυτές που οφείλονται κατά κύριο λόγο στις τριβές του νερού με τα τοιχώματα των σωλήνων, όσο και μεταξύ των κινούμενων μορίων του υγρού είναι οι γραμμικές απώλειες και αυτές που οφείλονται σε τοπικά αίτια (εξαρτήματα συνδεσμολογίας, στενώσεις / διευρύνσεις σωλήνων κ.λ.π.) είναι οι τοπικές απώλειες.

Υπάρχουν 3 (τρεις) διαφορετικοί τρόποι υπολογισμού απωλειών πίεσης, οι οποίοι περιλαμβάνουν τη χρήση πινάκων, νομογραφημάτων και εξισώσεων.

A. Υπολογισμός με χρήση πινάκων

Εκπαιδευτικό παράδειγμα

Έστω ότι έχουμε ένα δίκτυο άρδευσης από **σιδηροσωλήνες 2^{1/2}"** παροχής 20m³/h. Το συνολικό μήκος του δικτύου είναι μήκους 300 m. Το δίκτυο άρδευσης περιλαμβάνει επίσης 2 ανοικτές καμπύλες, 5 κλειστές καμπύλες και 2 συρταρωτές βάνες. Να υπολογιστούν οι απώλειες κατά τη ροή του νερού μέσα από το δίκτυο.

Για την επίλυση του προβλήματος είναι στη διάθεσή μας οι πίνακες 1 και 2.

Παροχή σε M ³ ανά ώρα	Ποσοστό απωλειών από τριβές σε 100 μ. καινούργιο σιδηροσωλήνα							
	2"	2 1/2"	3"	4"	5"	6"	8"	10"
10	5,3	1,8	0,7	0,2				
15	10,3	3,6	1,6	0,4	0,1			
20	18,2	6,1	2,7	0,7	0,2			
25	28,1	9,4	3,9	0,9	0,3	0,1		
30	33,1	13,2	5,4	1,4	0,5	0,2		

Πίνακας 1.: Απόσπασμα από πίνακα απωλειών σε m ανά 100 m αγωγών διαφόρων διατομών (οριζόντιος άξονας) ανάλογα με την παροχή (κατακόρυφος άξονας).

Είδος εξαρτήματος	Πρόσθετο μήκος σε μέτρα για κάθε διάμετρο σωλήνα							
	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	5"	6"	8"
Καμπύλη κλειστή	3	4,2	4,2	5	5,1	6	6,2	8
Καμπύλη ανοικτή	3	2	2	3	3	3,1	4	4
Βάννα συρταρωτή	3	3	3,2	4	4,1	4,2	5	6
Βάννα σφαιρική	1,5	1,5	1,6	2	2	—	—	—
Βαλβίδα αναρρόφησης ή ανεπίστροφη	3	3,8	5	5,2	6	7	8	10,5

Πίνακας 2.: Απόσπασμα από πίνακα απωλειών όπου τα χρησιμοποιούμενα εξαρτήματα (λίστα εξαρτημάτων στον κατακόρυφο άξονα) «προσθέτουν» μήκος στο σωλήνα υπό εξέταση ανάλογα με τη διατομή (οριζόντιος άξονας)

Επίλυση:

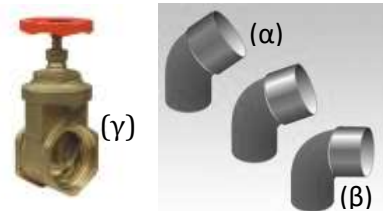
Από τον **πίνακα 2**, και αφού η χρησιμοποιούμενη διατομή του αγωγού (συνεπώς και των εξαρτημάτων) είναι 2^{1/2}" υπολογίζουμε το πρόσθετο μήκος του αγωγού του δικτύου άρδευσης.

2 ανοικτές καμπύλες (α) δηλαδή 2·2 = 4 m (ο αριθμός εκεί που διασταυρώνεται η διατομή του εξαρτήματος με το είδος του εξαρτήματος επί το πλήθος των χρησιμοποιούμενων εξαρτημάτων)

5 κλειστές καμπύλες (β) δηλαδή 4,2·5 = 21 m

2 συρταρωτές βάνες (γ) δηλαδή 2·3,2 = 6,4 m

Σύνολο πρόσθετου πρόσθετου μήκους σωλήνα 2^{1/2}" = 31 m.



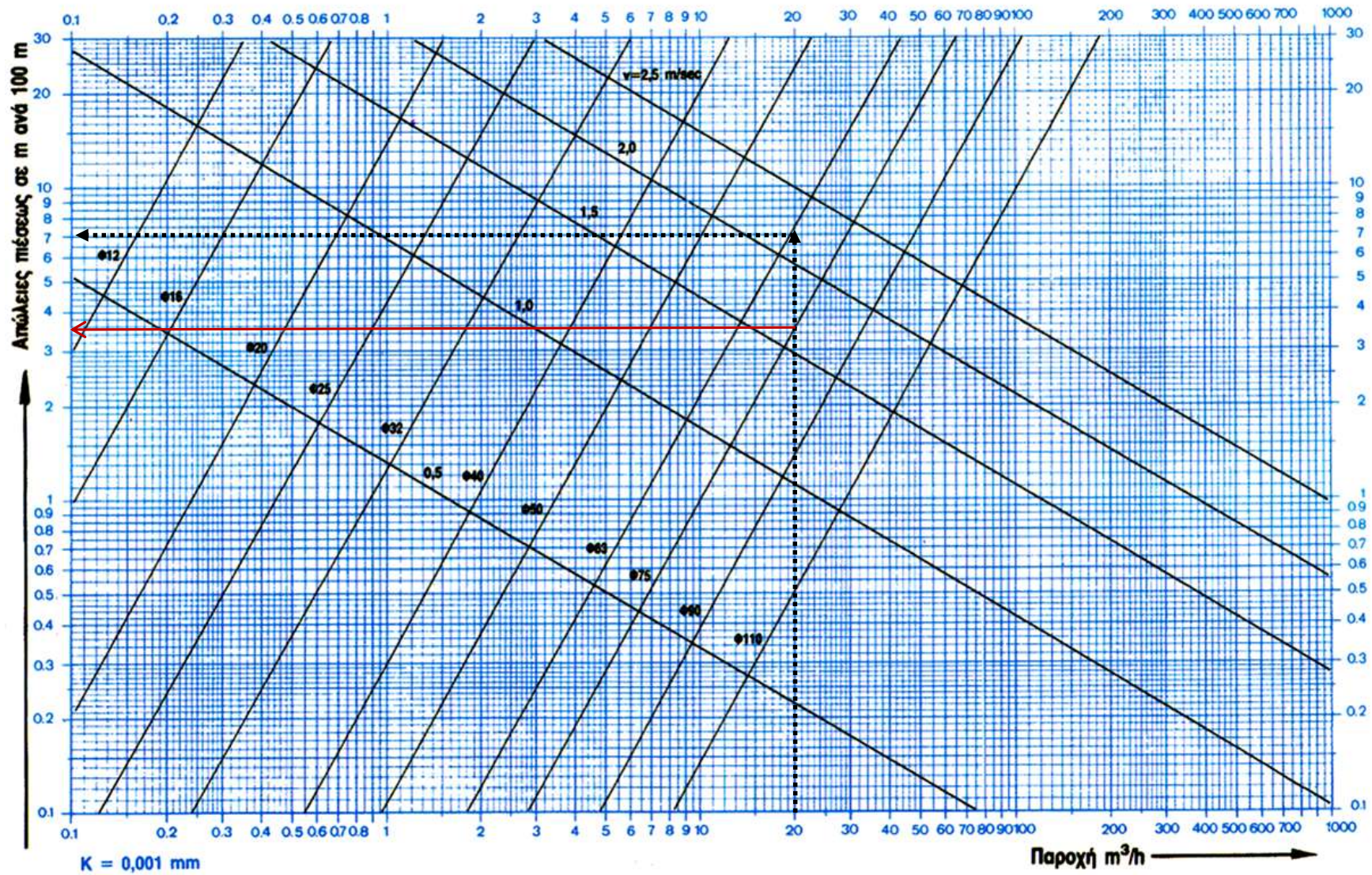
Συνεπώς παρατηρώντας τον πίνακα 1 βλέπουμε πως

για παροχή 20 m³/h και διατομή 2^{1/2}" έχουμε απώλειες **6,1 m ανά 100 m** αγωγού.

Συνεπώς αφού έχουμε συνολικό μήκος 300 m (+το πρόσθετο μήκος των εξαρτημάτων = 31 m) δηλαδή 331 m, οι απώλειες θα είναι (331 · 6,1) / 100 = **20,191 m ή 2,19 at**.

ΝΟΜΟΓΡΑΦΗΜΑ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΠΙΕΣΕΩΣ ΣΩΛΗΝΩΝ ΡΕ 6 ΑΤΜ

6 ΑΤΜ



B. Υπολογισμός απωλειών με τη χρήση νομογραφήματος - Εκπαιδευτικό παράδειγμα

Στο νομογράφημα της προηγούμενης σελίδας, υπολογίζονται οι γραμμικές απώλειες (κατακόρυφος άξονας) σωλήνα πολυαιθυλενίου Ø63, για παροχή 20 m³/h (οριζόντιος άξονας). Από το νομογράφημα προκύπτει πως οι απώλειες είναι 7 m / 100 m αγωγού. Εάν ο αγωγός έχει τελικό μήκος 331 m, όπως στο προηγούμενο παράδειγμα, που βέβαια χρησιμοποιήθηκε σιδηροσωλήνας, συνεπώς το επιπλέον μήκος θα πρέπει να υπολογιστεί με άλλους πίνακες κατάλληλους για **πλαστικά εξαρτήματα**, αλλά ελλείπει τέτοιου πίνακα έγινε η παραδοχή πως επιβάλλουν το ίδιο πρόσθετο μήκος.

Οι απώλειες υπολογίζονται στα $(331 \cdot 7) / 100 = 23,17 \text{ m}$ ή **2,3 at**.

Παρατηρείται πως για τη δεδομένη διατομή που χρησιμοποιήθηκε για το πρόβλημα έχει απώλειες οι οποίες «πέφτουν» στην περιοχή πάνω από το 1,5 m/sec (ταχύτητα ροής του νερού) θα προκαλούσε προβλήματα στην ομαλή ροή του νερού άρδευσης;

Η απάντηση είναι ναι, θα προκαλούσε, καθώς με τη χρησιμοποιούμενη διατομή, η κατακόρυφη από την τιμή της παροχής (20m³/h) «πέφτει» στην περιοχή ταχύτητας άνω των 2m/sec και συνεπώς στο δίκτυο θα επικρατεί τυρβώδης ροή, που θα οδηγήσει σε ταλαιπωρία και μείωση της διάρκειας ζωής του δικτύου. Για να το ξεπεράσω αυτό, πρέπει να επιλέξω την επόμενη μεγαλύτερη διατομή (από το νομογράφημα είναι ο σωλήνας Ø75) όπου στο σημείο όπου τέμνεται από την κατακόρυφο της παροχής και του σωλήνα Ø75, η ταχύτητα είναι λίγο μεγαλύτερη από το όριο του 1,5 m/sec. Εάν φέρω την παράλληλη με τον οριζόντιο άξονα, θα έχω απώλειες 3,5 m / 100m αγωγού Ø 75 ή $(331 \cdot 3,5) / 100 = 11,85 \text{ m}$ ή **1,185 at**.

Γ. Υπολογισμός απωλειών με τη χρήση εξισώσεων

Ο απλοποιημένος συνδυασμός των εξισώσεων Blasius και Darcy-Weisbach, προσδιορίζει τις **γραμμικές απώλειες**:

$$H_f = \Sigma \cdot \frac{1,063 \cdot 10^4 \cdot L \cdot Q^{1,75}}{D^{4,75}}$$

Όπου:

H_f = Οι γραμμικές απώλειες πίεσης (m)

Σ = 7,779 για 20°C

L = Το μήκος του αγωγού (m)

Q = Η παροχή (m³/h)

D = Η εσωτερική διάμετρος του αγωγού (mm)

Ο ανωτέρω τύπος ισχύει για θερμοκρασία 20°C.

Επιδέχεται διόρθωσης σύμφωνα με τον διπλανό πίνακα, εφόσον υπάρχουν αποκλίσεις από τη θερμοκρασία. Αυτό γίνεται: Α) Με αντικατάσταση του Σ (3^η στήλη) ή Β) Με πολλαπλασιασμό του αποτελέσματος με το συντελεστή διόρθωσης (2^η στήλη).

ΑΠΟΚΛΙΣΗ (°C)	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΙΟΡΘΩΣΗΣ	Σ
-20	1,155	8,984
-15	1,109	8,629
-10	1,068	8,309
-5	1,032	8,030
0	1,000	7,779
+5	0,971	7,556
+10	0,945	7,352
+20	0,900	7,001
+30	0,862	6,703

Όταν πρέπει να υπολογίσουμε τις τοπικές απώλειες, (απώλειες που προκαλούνται από τοπικά αίτια, δηλ. διευρύνσεις ή στενώσεις του αγωγού, αλλαγή κατεύθυνσης της ροής, κ.λ.π., εφαρμόζουμε τις παρακάτω εξισώσεις:

$$H_f = K \cdot \frac{U^2}{2g}$$

Όπου:

H_f = οι τοπικές απώλειες (m)

K = είναι ένας συντελεστής, ο οποίος και λαμβάνει διάφορες τιμές ανάλογα με το αίτιο που προκαλεί την απώλεια, σύμφωνα με τον διπλανό πίνακα.

U = είναι η ταχύτητα ροής του νερού εντός του αγωγού

g = είναι η επιτάχυνση της βαρύτητας (10 m/sec^2 ή για μεγαλύτερη ακρίβεια υπολογισμών, λαμβάνει τιμές $9,81 \text{ m/sec}^2$)

Θυμηθείτε, πως οι τοπικές απώλειες είναι συνήθως μικρότερες των γραμμικών απωλειών

Αίτιο απωλειών	K
Έξοδος από Δεξαμενή	
Προεκτεινόμενη στο εσωτερικό	0,78
Σε ορθή γωνία	0,50
Ελαφρά καμπυλωτή	0,23
Κωνική	0,04
Αλλαγή Κατεύθυνσης	
Απότομη αλλαγή 90°	1,50
Απότομη αλλαγή 60°	1,20
Απότομη αλλαγή 30°	0,90
Ομαλή αλλαγή 90°	0,25
Ομαλή αλλαγή 60°	0,20

Εκπαιδευτικό παράδειγμα

Έστω δίκτυο με αγωγό $\Phi 63 \times 5,8$: εξωτερική διάμετρος \times πάχος τοιχώματος, μήκους 175 m. Το δίκτυο φέρει 3 γωνίες απότομης αλλαγής κατεύθυνσης 30° , και 2 γωνίες ομαλής κατεύθυνσης 90° . Να υπολογιστούν οι συνολικές απώλειες σε m και σε at. Η μέση ταχύτητα ροής του νερού είναι $U = 1,5 \text{ m/sec}$ και η παροχή είναι $Q = 20 \text{ m}^3/\text{h}$. Δίνεται η θερμοκρασία λειτουργίας του δικτύου 25°C .

A. Υπολογίζουμε τις γραμμικές απώλειες:

$$H_f = \Sigma \cdot \frac{1,063 \cdot 10^4 \cdot L \cdot Q^{1,75}}{D^{4,75}}$$

Υπολογίζουμε το Σ : Από τον πίνακα βρίσκουμε πως για ($+5^\circ\text{C}$ πάνω από τους 20 για τους οποίους ισχύει η ανωτέρω εξίσωση) ότι το $\Sigma = 7,556$

Το μήκος του αγωγού δίνεται και είναι $L = 175 \text{ m}$

Η παροχή δίνεται και είναι $Q = 20 \text{ m}^3/\text{h}$

Η εσωτερική διάμετρος υπολογίζεται $D = 63 - 5,8 = 57,2 \text{ mm}$

Αντικαθιστώντας, $H_f = 11,94 \text{ m}$ ή 1,2 at (στρογγυλοποίησα...)

B. Υπολογίζουμε τις τοπικές απώλειες:

Για το κάθε υδραυλικό εξάρτημα, προσδιορίζεται χρησιμοποιώντας την εξίσωση:

$$H_f = K \cdot \frac{U^2}{2g}$$

Η γωνία απότομης αλλαγής κατεύθυνσης 30° , το $K = 0,9$

Η ταχύτητα δίνεται $U = 1,5 \text{ m/sec}$

Η επιτάχυνση της βαρύτητας $g = 10 \text{ m/sec}$

Έτσι, η τοπική απώλεια από την χρήση της γωνίας απότομης αλλαγής κατεύθυνσης 30° είναι: $H_f = 0,101$ επειδή χρησιμοποιούμε 3 τέτοιες γωνίες, έχουμε: $3 \times H_f$ δηλαδή:

$H_{f(\text{γωνίας απότομης αλλαγής κατεύθυνσης } 30^\circ)} = 0,303$

Ομοίως, για τη γωνία ομαλής αλλαγής κατεύθυνσης 90° το $K = 0,25$

Έτσι, αφού τα υπόλοιπα δεδομένα είναι τα ίδια, αντικαθιστώντας υπολογίζεται το $H_f = 0,028$, κι επειδή χρησιμοποιούνται 2 τέτοιες γωνίες, το $H_{f(\text{γωνία ομαλής αλλαγής κατεύθυνσης } 90^\circ)} = 0,056 \text{ m}$

Συνεπώς, οι συνολικές απώλειες για το ανωτέρω δίκτυο υπολογίζονται αθροίζοντας τις γραμμικές με τις τοπικές, δηλαδή:

H_f συνολικές = H_f γραμμικές + $H_{f(\text{γωνιών απότομης αλλαγής κατεύθυνσης } 30^\circ)}$ + $H_{f(\text{γωνιών ομαλής αλλαγής κατεύθυνσης } 90^\circ)} = 11,94 + 0,303 + 0,056 = 12,299 \text{ m}$ ή $12,3 \text{ m}$ ή $1,23 \text{ at}$.