

ΥΔΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ

Σκοποί ενότητας

- Παρουσίαση βασικών αρχών υδραυλικής (υδροστατική και υδροδυναμική)

1

Ορισμός

- • Υδραυλική είναι η επιστήμη που μελετά τη συμπεριφορά του νερού είτε αυτό κινείται (υδροδυναμική) είτε είναι στάσιμο (υδροστατική).
- • Το νερό έχει διαφορετική συμπεριφορά όταν:
 - – είναι στάσιμο
 - – κινείται σε κλειστούς αγωγούς υπό πίεση και
 - – κινείται σε ανοικτούς αγωγούς π.χ. αυλάκια

2

Ροή

- Ροή ονομάζεται η κίνηση του νερού στους αγωγούς
- Η ροή του νερού μπορεί να είναι μόνιμη ή μη, ομοιόμορφη ή μη, στρωτή ή τυρβώδης (στροβιλώδης) και πολλά άλλα.

3

Μόνιμη ή μη-μόνιμη ροή

- Μόνιμη ροή έχουμε όταν σε κάθε σημείο η ταχύτητα διαδοχικών «σωματιδίων» του νερού σε διαδοχικούς χρόνους είναι ίδια. Έστω δηλαδή ένα σημείο στο οποίο τώρα βρίσκεται το «σωματίδιο» A και έχει ταχύτητα U , σε επόμενη στιγμή το «σωματίδιο» B που θα βρεθεί στο ίδιο σημείο θα έχει πάλι ταχύτητα U .

4

Στρωτή και τυρβώδης ροή



- Υπάρχουν δύο βασικές καταστάσεις ροής:
- –στρωτή (γίνεται σε παράλληλες στρώσεις)
- –τυρβώδης ή στροβιλώδης ροή (δημιουργούνται «δίνες» εντός της ροής)
- Για να εκτιμήσουμε σε ποια κατάσταση βρίσκεται η ροή χρησιμοποιούμε τον αριθμό Reynolds

5

Αριθμός Reynolds

Χαρακτηρισμός ροής:

- Στρωτή (laminar) εάν $Re < 2300$
- – Μεταβατική κατάσταση (transient) εάν $2300 < Re < 4000$
- – Τυρβώδης (turbulent) εάν $Re > 4000$

$$R_e = \frac{v \times D}{\nu}$$

Re: αριθμός Reynolds
(αδιάστατος)

- v = ταχύτητα (m/s)
- D = χαρακτηριστικό μήκος (m),
στην περίπτωση κλειστών αγωγών κυκλικής διατομής ταυτίζεται με τη διάμετρο
- ν = κινηματικό ιξώδες ρευστού-
kinematic viscosity- (m²/s)

6

Παροχή και ταχύτητα ροής

Παροχή

- Παροχή καλείται ο όγκος
- νερού που διέρχεται από
- μία κάθετη προς τον άξονα
- ροής επιφάνεια στη
- μονάδα του χρόνου.
- • Βασική σχέση:

$$Q = \frac{V}{t} = A \times v$$

Θυμίζουμε ότι για κυκλικές διατομές:
 $A = \pi r^2$ ή $A = \pi d^2/4$

Ταχύτητα ροής

Q: η παροχή (m³/h, l/min, l/h, GPM...)

- • V: ο όγκος νερού που περνά σε χρόνο t από μία κάθετη στη ροή διατομή
- • A: το εμβαδόν της διατομής
- • v: η μέση ταχύτητα ροής στη διατομή

Αν όγκος $V = A \times S$ περάσει σε χρόνο t από τη διατομή τότε η σχέση $Q = V/t$ γίνεται $Q = A \times S/t$ και επειδή S/t είναι ίσο με την ταχύτητα u έχουμε: $Q = A \times u$

7

Πίεση λόγω βαρύτητας

- πίεση που δημιουργείται από το ίδιο το βάρος του νερού είναι ανάλογη της υψομετρικής διαφοράς των σημείων -μέσα στο νερό- για τα οποία εξετάζεται.

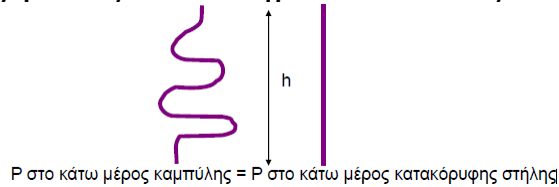
$$P = h \times \gamma = h \times \rho \times g$$

- όπου:
- P: η πίεση σε συγκεκριμένο σημείο
- γ: το ειδικό βάρος του νερού
- h: η απόσταση του σημείου που εξετάζεται από κάποιο σημείο αναφοράς π.χ. την ελεύθερη επιφάνεια του νερού (ονομάζεται και φορτίο ή ύψος πίεσης)
- ρ: η πυκνότητα του νερού και
- g: η επιτάχυνση της βαρύτητας

8

πληροφορίες εφαρμογής

- μας ενδιαφέρει η κατακόρυφη απόσταση (ύψος) μεταξύ των σημείων που εξετάζονται.



- Δεν λαμβάνουμε υπόψη την πίεση της ατμόσφαιρας (άρα αναφερόμαστε σε σχετική πίεση)

9

Μονάδες πίεσης

- Η πίεση είναι δύναμη προς επιφάνεια
- Τυπικές μονάδες:
- –at (τεχνητή ατμόσφαιρα ή απλά ατμόσφαιρα)
- –m στήλης νερού
- –kg cm⁻² [SI]
- –bar
- –PSI (pound per square inch) [UK]

$$1\text{at} = 1\text{kgcm}^{-2} = 10\text{m νερού} = 0,98\text{bar} = 14,223\text{PSI}$$

10

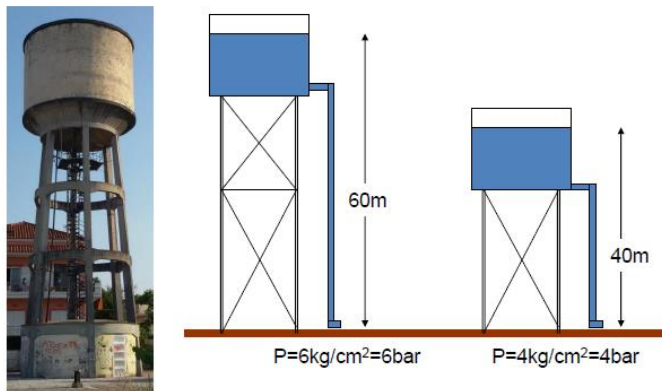
Μέτρηση της πίεσης

- Πιεσόμετρα (μανόμετρα) γλυκερίνης ή αέρος
- Βαθμονομημένα συνήθως σε kg/cm^2 , bar και PSI



11

Κλασικό παράδειγμα -Υδατόπυργος



12

Κλασσικό παράδειγμα – Πάνω -κάτω



13

Υδραυλικό πλήγμα

- Πρόκειται για μεγάλες υπερπίεσεις και υποπίεσεις και οφείλεται σε απότομες μεταβολές της ταχύτητας νερού που κινείται στο αρδευτικό δίκτυο



water ή surge hummer

14

Βασικές αρχές υδροδυναμικής

- Η ροή του νερού είναι πολύπλοκη και δεν υπόκειται πάντα σε ακριβή μαθηματική ανάλυση. Τρεις σημαντικές αρχές διέπουν την ροή των ρευστών:
- 1. Η αρχή της διατήρησης της μάζας από την οποία προκύπτει η εξίσωση της συνέχειας.
- 2. Η αρχή της ενέργειας από την οποία προκύπτει μία σειρά εξισώσεων ροής και
- 3. Η αρχή της διατήρησης της ορμής, στην οποία θεμελιώνονται οι εξισώσεις υπολογισμού των δυνάμεων που ασκούνται από το κινούμενο νερό.

15

Εξίσωση της συνέχειας

- Η εξίσωση συνέχειας προκύπτει από την αρχή διατήρησης της μάζας και μας λέει ότι για μόνιμη ροή, η μάζα του νερού που περνάει από όλες τις διατομές ενός ρεύματος στη μονάδα του χρόνου είναι η ίδια.

$$\rho_1 V_1 A_1 = \rho_2 V_2 A_2$$

- Εκφράζεται με τη σχέση (για ασυμπίεστα ρευστά, $\rho_1 = \rho_2$):

$$\text{Παροχή στη διατομή 1} = \text{Παροχή στη διατομή 2} = \text{σταθερή}$$

16