ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΑΝΟΙΚΤΑ
ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΑ
ΜΑΘΗΜΑΤΑ

# Ατομικά Δίκτυα Αρδεύσεων

**Ενότητα 6** : Βασικές Υδραυλικές και Μαθηματικές Έννοιες

Ευαγγελίδης Χρήστος
Τμήμα Αγρονόμων & Τοπογράφων Μηχανικών



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ
ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ
Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

# Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.

# Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.

Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ
ΕΣΠΑ 2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ
Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΑΝΟΙΚΤΑ
ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΑ
ΜΑΘΗΜΑΤΑ

# Βασικές Υδραυλικές και Μαθηματικές Έννοιες



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ
ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ
Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

# Περιεχόμενα ενότητας

1. Εξίσωση ενέργειας – Bernoulli.
2. Στρωτή – Τυρβώδης ροή.
3. Προσεγγιστικές σχέσεις υπολογισμού του f.
4. Τοπικές απώλειες.
5. Σωλήνες άρδευσης.
6. Υπολογισμός ατομικού δικτύου άρδευσης.

# Σκοποί ενότητας

Η ενότητα εισάγει τον ενδιαφερόμενο σε θέματα που αφορούν:

- Βασικές υδραυλικές και μαθηματικές έννοιες.
- Τρόπος υπολογισμού ατομικού δικτύου άρδευσης.

# Βασικές Υδραυλικές και Μαθηματικές Έννοιες

# Εξίσωση ενέργειας - Bernoulli (1/2)

$$\frac{\mathbf{p}}{\gamma} + \mathbf{z} + \frac{\mathbf{V}^2}{2 \cdot \mathbf{g}} = \mathbf{ct}$$

Προϋποθέσεις:

- ασυμπίεστο ρευστό, ρ σταθερό.
- μόνιμη ροή, u σταθερή στο ίδιο σημείο.
- ρευστό μη συνεκτικό, δηλαδή ροή μη-ιξώδης,

δηλαδή ιξώδη φαινόμενα αμελητέα.

Η σχέση αυτή αναφέρεται κατά μήκος γραμμής ροής.

# Εξίσωση ενέργειας - Bernoulli (2/2)

Εφαρμογές.

Bernoulli για τέλειο ρευστό: $\frac{p}{\gamma}+\frac{V^2}{2g}+z=ct$

Bernoulli για πραγματικό ρευστό: $\frac{p_1}{\gamma}+\frac{V_1^2}{2g}+z_1=\frac{p_2}{\gamma}+\frac{V_2^2}{2g}+z_2+\sum \Delta h$

Bernoulli πρακτική

εφαρμογή: $\frac{p_1}{\gamma}+\frac{V_1^2}{2g}+z_1=\frac{p_2}{\gamma}+\frac{V_2^2}{2g}+z_2+\sum \Delta h-h_M$

# Στρωτή – Τυρβώδης Ροή (1/3)

**Αριθμός Reynolds**

- Λόγος δυνάμεων αδράνειας προς τριβής.
- Αδράνεια ανάλογη μάζας και κινηματικής κατάστασης. Τριβή, ανάλογη ιξώδους.

αδράνεια

$$\mathrm{Re} = \frac{\rho \cdot \mathrm{V}^2}{\mu \cdot \frac{\mathrm{V}}{\mathrm{D}}} = \frac{\rho \cdot \mathrm{V} \cdot \mathrm{D}}{\mu} = \frac{V \cdot D}{\nu}$$

τριβή

# Στρωτή – Τυρβώδης Ροή (2/3)

Τυρβώδης ροή σε σωλήνες με τραχύτητα.

Η τραχύτητα υπάρχει και μετριέται σε mm (απόλυτη) ή σχετική ως προς τη διάμετρο. Είναι μέτρο παρέκλισης πραγματικού τοιχώματος από το ιδεατό.

**Στρωτή ροή = αμελητέα επίδραση.**

Κύριος λόγος για την πτώση πίεσης:

Δυνάμεις πίεσης όταν το ρευστό περιρέει τις προεξοχές και σχηματίζονται νεκροί χώροι στις εσοχές.

# Στρωτή – Τυρβώδης Ροή (3/3)

Απώλειες ενέργειας κατά τη μόνιμη ροή ρευστού σε αγωγούς κυλινδρικής διατομής.

Ο συντελεστής τριβής f για ροή σε κυλινδρικό αγωγό δίνεται από την εξίσωση Darcy-Weisbach:

$$\Delta h_f = f\,\frac{L}{D}\frac{V_\mu^2}{2g}$$

Όπου,

- L = μήκος κυλινδρικού αγωγού.
- D = Διάμετρος κυλινδρικού αγωγού.
- f = συντελεστής τριβής.

# Προσεγγιστικές σχέσεις υπολογισμού του f (1/2)

- Swamee and Jain (1976).

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log_{10}\left[\frac{k}{3,7 \cdot D} + \frac{5,74}{R_e^{0,9}}\right]$$

- Γ. Τερζίδη - Χ. Μπαμπατζιμόπουλου (1992).

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2\log\left\{\frac{K}{3,7D} - \frac{5,046}{\mathrm{Re}}\log\left[\frac{K}{3,7D} - \frac{5,042}{\mathrm{Re}}\log\left[\frac{K}{3,7D} - \frac{5,015}{\mathrm{Re}}\log\left(\frac{K}{3,7D} + \frac{4,706}{\mathrm{Re}^{0,88}}\right)\right]\right]\right\}$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -1,879 \cdot \log\left[0,602 \cdot \frac{K^{1,009} \cdot \Delta h^{0,2018}}{Q^{0,4036} \cdot L^{0,2018}} + \frac{2,287 \cdot v \cdot L^{0,2}}{Q^{0,6} \cdot \Delta h^{0,2}}\right]$$

# Προσεγγιστικές σχέσεις υπολογισμού του f (2/2)

- Τζιμόπουλος (2005).

$$\frac{1}{\sqrt{\mathrm{f}}} = -2\log\left\{\frac{\mathrm{K}}{3{,}7\mathrm{D}} + \frac{6}{\mathrm{Re}^{0{,}90458}}\right\}$$

- Παπαευαγγέλου (2010).

$$f = \frac{0{,}2479 - 0{,}0000947\cdot\left(7 - \log \mathrm{Re}\right)^{4}}{\left[\log\left(\frac{e}{3{,}615\cdot D} + \frac{7{,}366}{\mathrm{Re}^{0{,}9142}}\right)\right]^{2}}$$

# Τοπικές Απώλειες (1/2)

Οι τοπικές απώλειες δίνονται από $\Delta h = K \cdot \frac{V^2}{2g}$

Όπου V η μέση ταχύτητα στο σημείο.

Κ συντελεστής με διαφορετική τιμή σε κάθε περίπτωση.

- Υπενθυμίζεται ο τύπος των Darcy-Weisbach για τις γραμμικές απώλειες, για την ομοιότητα:

$$\Delta h = f \cdot \frac{l}{D} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

# Τοπικές Απώλειες (2/2)

- Υπολογισμός απωλειών φορτίου.

$$D \rightarrow V = \frac{4Q}{\pi D^2} \rightarrow Re = \frac{V \cdot D}{\nu} \rightarrow \frac{1}{\sqrt{f}} = -2\log_{10}\left[\frac{k}{3,7 \cdot D} + \frac{5,74}{Re^{0,90458}}\right] \rightarrow$$

$$h_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

- Εφόσον δεν γνωρίζουμε τη διάμετρο, για να επιλέξουμε μία μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την εξίσωση του Bresse.

$$D = 15,5 \cdot \sqrt{Q} \qquad \text{όπου}\ D\,(mm),\ Q\,\left(m^3/h\right)$$

# Σωλήνες άρδευσης (1/2)

Η επιλογή του κατάλληλο υλικού για την κατασκευή αγωγών μεταφοράς ρευστών εξαρτάται από:

- Τις διαβρωτικές ιδιότητες του μεταφερόμενου ρευστού.
- Τη θερμοκρασία και κυρίως, την πίεση μεταφοράς του ρευστού.
- Το κόστος.
- Την ύπαρξη περιοριστικών κανονισμών για τη συγκεκριμένη χρήση.

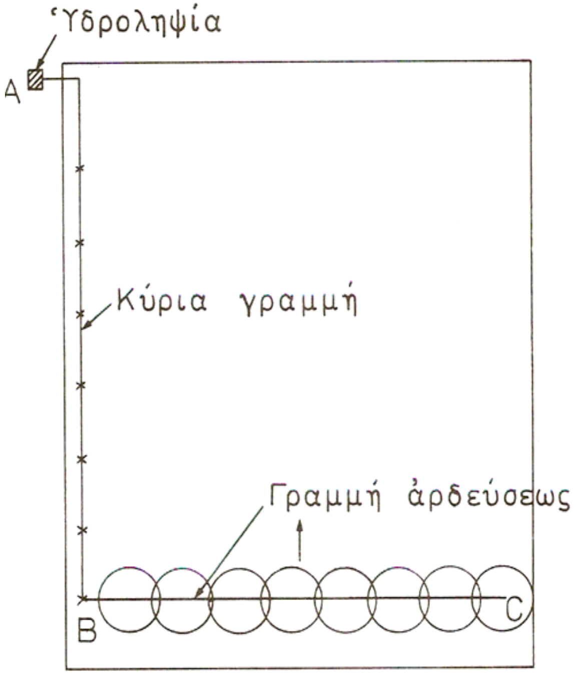
# Σωλήνες άρδευσης (2/2)

Υλικά κατασκευής σωληνών.

- Πλαστικοί σωλήνες PVC.
- Πλαστικοί σωλήνες πολυαιθυλενίου υψηλής πυκνότητας.
- Χαλυβδοσωλήνες.
- Αμιαντοτσιμεντοσωλήνες.

# Υπολογισμός ατομικού δικτύου άρδευσης (1/5)

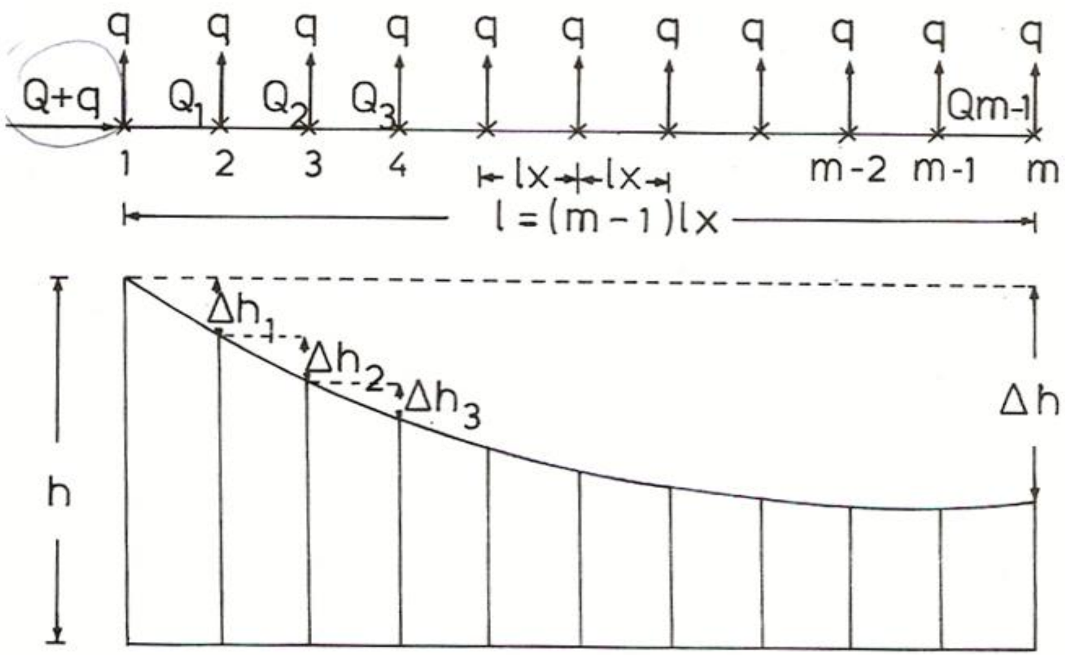
Παρουσίαση ατομικού δικτύου άρδευσης.




Εικόνα 2

# Υπολογισμός ατομικού δικτύου άρδευσης (2/5)

Σχεδιασμός του προβλήματος.




Εικόνα 3

# Υπολογισμός ατομικού δικτύου άρδευσης (3/5)

- Εάν στην γραμμή άρδευσης υπάρχουν m επιμέρους παροχές q, υπολογίζουμε αρχικά μία παροχή Q λίγο μικρότερη από την συνολική: $Q+q=m\cdot q$

$$l=(m-1)\cdot l_x$$

- Οι παροχές που διατρέχουν τα ενδιάμεσα τμήματα είναι:

$$Q_1=mq-q=q(m-1)$$
$$Q_2=mq-2q=q(m-2)$$
$$Q_3=mq-3q=q(m-3)$$
$$\text{.........}\ \text{.........}\ \text{.........}\ \text{.........}$$
$$Q_{m-1}=mq-(m-1)q=q$$

# Υπολογισμός ατομικού δικτύου άρδευσης (4/5)

- Στον τύπο των Darcy-Weisbach:

$$\Delta h = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} \xrightarrow{V=\frac{4Q}{\pi D^2}} \Delta h = \frac{8f}{\pi^2 g D^5} \cdot l \cdot Q^2 \xrightarrow{C=\frac{8f}{\pi^2 g D^5}} \Delta h = C \cdot l_x \cdot Q^2$$

- Όπου το $l=l_x$ σε κάθε τμήμα του αγωγού και το Q μεταβάλλεται σε κάθε τμήμα.
- Επομένως οι ολικές γραμμικές απώλειες κατά μήκος της γραμμής άρδευσης.

$$\Delta h = \Delta h_1 + \Delta h_2 + \Delta h_3 + \ldots + \Delta h_{m-1} = C \cdot l_x \cdot Q_1^2 + C \cdot l_x \cdot Q_2^2 + C \cdot l_x \cdot Q_3^2 + \ldots + C \cdot l_x \cdot Q_{m-1}^2 =$$

$$C \cdot l_x \cdot q^2 \left(1^2 + 2^2 + 3^2 + \ldots + (m-1)^2\right) = C \cdot l_x \cdot q^2 \cdot \sum_{n=1}^{m-1} n^2 =$$

$$C \cdot l \cdot \left((m-1) q\right)^2 \cdot \sum_{n=1}^{m-1} \frac{n^2}{(m-1)^3}$$

Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

# Υπολογισμός ατομικού δικτύου άρδευσης (5/5)

- Επομένως καταλήξαμε στη σχέση:

$$\Delta h = C \cdot l \cdot Q^2 \cdot \sum_{n=1}^{m-1} \frac{n^2}{(m-1)^3}$$

- Θεωρούμε μία ιδεατή παροχή Q η οποία δίνει τις ίδιες απώλειες φορτίου με τις παραπάνω χωρίς να υπάρχουν εκτοξευτήρες στη γραμμή άρδευσης: $\Delta h = C \cdot l \cdot Q'^2$

$$\left.\begin{aligned} \Delta h &= C \cdot l \cdot Q^2 \cdot \sum_{n=1}^{m-1} \frac{n^2}{(m-1)^3} \\ \Delta h &= C \cdot l \cdot Q'^2 \end{aligned}\right\} \rightarrow Q' = Q\sqrt{\sum_{n=1}^{m-1} \frac{n^2}{(m-1)^3}} = F \cdot Q$$

# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνες 1, 2, 3: < Από το βιβλίο του καθηγητή Τζιμόπουλου Χρήστου, Εξατμισοδιαπνοή-Διηθητικότητα-Ατομικά Δίκτυα, Τόμος Ι, Θεσσαλονίκη 1982, Φωτοστοιχειοθεσία – Εκτύπωση: Π.ΖΗΤΗ & Σία >

# Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Χρήστος Ευαγγελίδης. «Ατομικά Δίκτυα Αρδεύσεων. Βασικές Υδραυλικές και Μαθηματικές Έννοιες». Έκδοση: 1.0. Θεσσαλονίκη 2014. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: http://eclass.auth.gr/courses/OCRS196/

# Σημείωμα Αδειοδότησης

# Τέλος ενότητας

Επεξεργασία: Δαλάκης Νικόλαος
Θεσσαλονίκη, Εαρινό Εξάμηνο 2013-2014

Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ
ΕΣΠΑ 2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ
Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

# Σημειώματα

# Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.