Φυσικές Διεργασίες ΙΙ Σωληνώσεις

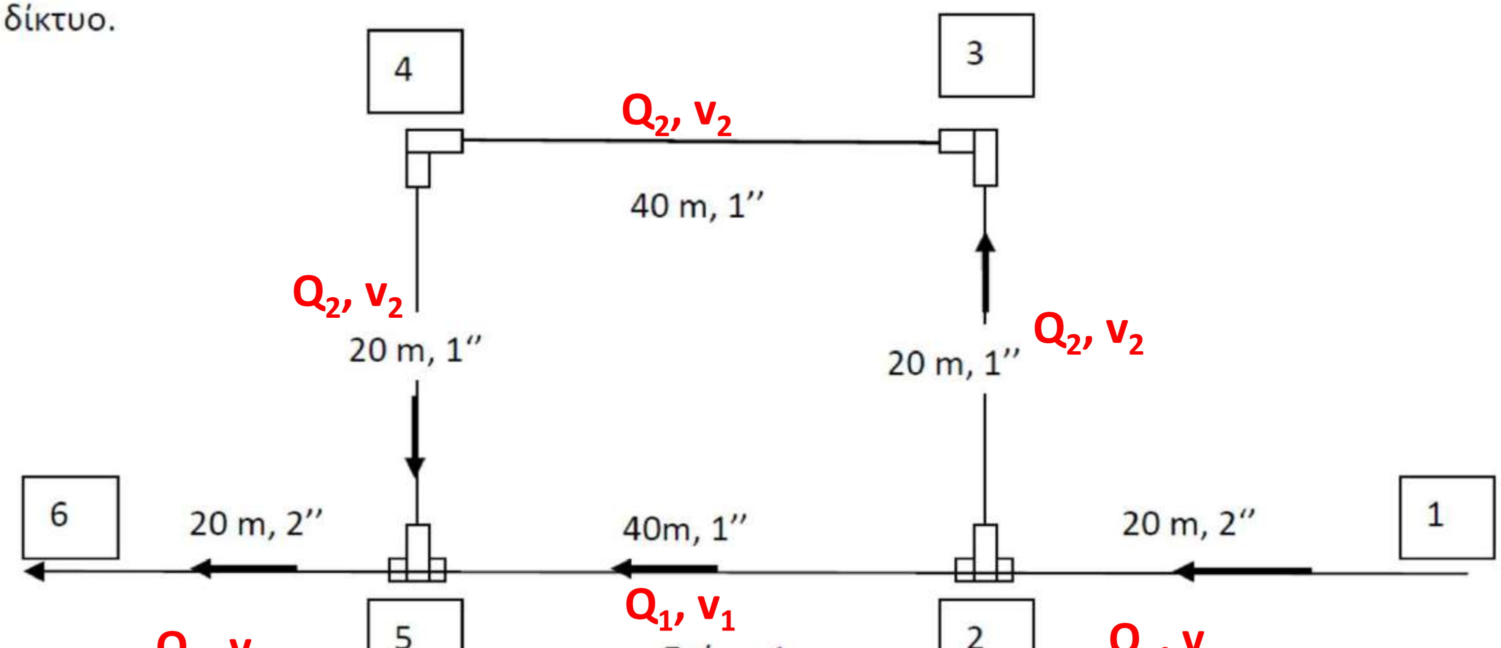
Διαδικτυακό μάθημα

Δίκτυα Σωληνώσεων

ΝΕΑ ΑΣΚΗΣΗ 2

ΘΕΜΑ σε πολλές εξεταστικές

Θεωρήστε την σωλήνωση του Σχήματος 1. Το υλικό του σωλήνα είναι κοινός χάλυβας και ο λόγος τραχύτητας/διαμέτρου μπορεί να θεωρηθεί χονδρικά ίσος $\boxed{(e/D \approx 0.01)}$ για όλο το δίκτυο.



Σχήμα 1

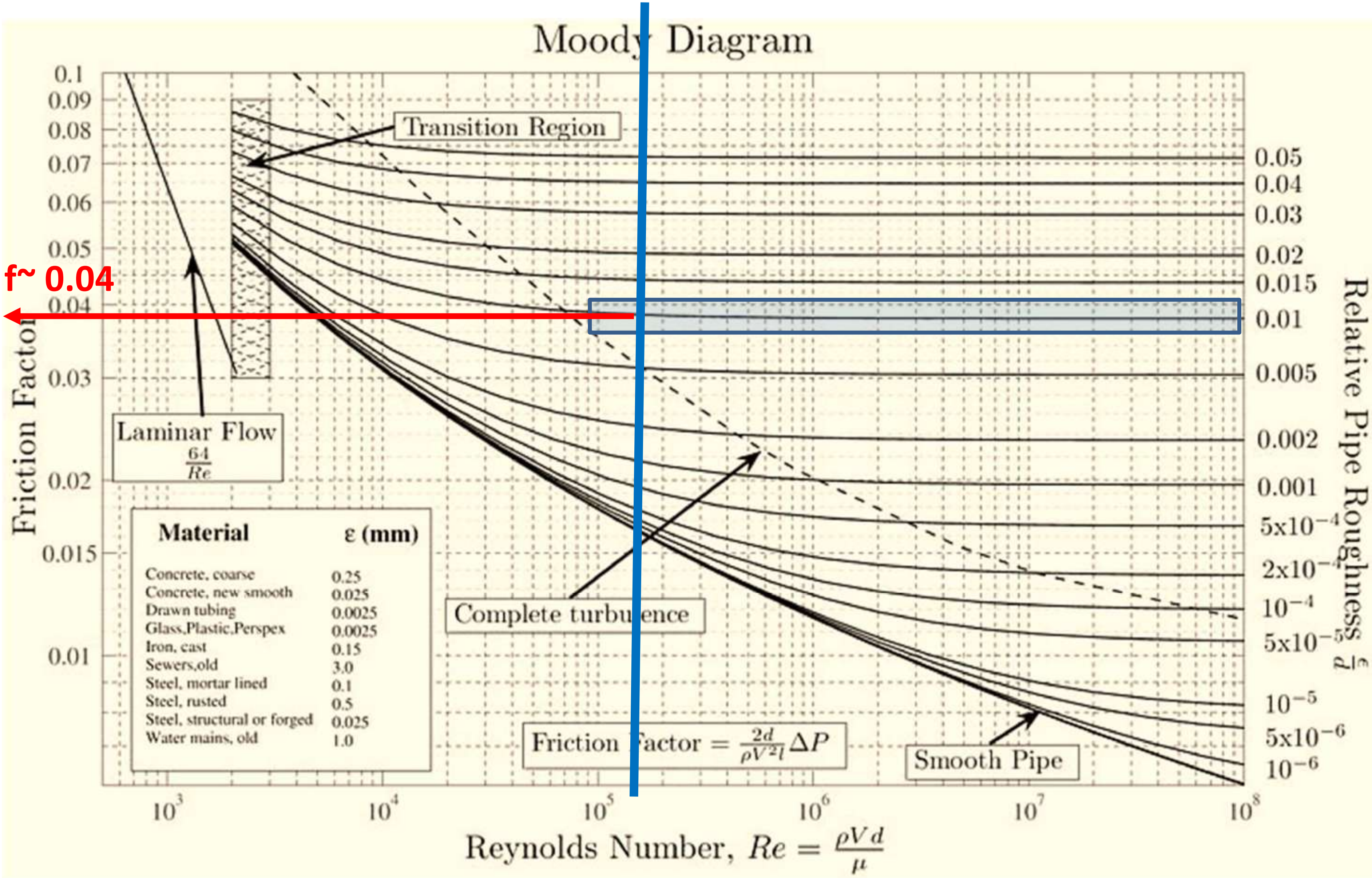
Πόση υδροστατική κεφαλή ($h_{ολ}$, [=], m^2/s^2] και πόση ισχύ χρειαζόμαστε για να κινήσουμε νερό θερμοκρασίας 25° μέσω της σωληνώσεως με παροχή, $Q = 20m^3/hr$; Δώστε σε πίνακα τις ταχύτητες και τις παροχές σε όλους τους κλάδους

$Q_o = Q_{12} = Q_{56} = 20\ m^3/h = 5.556\ 10^{-3}\ m^3/s$, $<v_o> = 2.742\ m/s$, $\boxed{Re = (\rho V D)/\mu = 1.4\ 10^5}$

$D_{12} = D_{56} = 2\ in = 0.0508\ m$, $D_{23} = D_{34} = D_{45} = 1\ in = 0.0254\ m$

Θεωρείστε ο συντελεστής τριβής είναι ίδιος παντού, f=0.04, ΑΓΝΟΕΙΣΤΕ ΤΙΣ ΕΛΛΑΣΟΝΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ

Διάγραμμα Moody $f_D(\mathrm{Re}, k/D)$



Είναι προφανές ότι

$Q_o = Q_1 + Q_2$ εξ. [1]

Γράφουμε το ισοζύγιο Ενέργειας για το κάθε κομμάτι του δικτύου

$$\frac{p_1}{\rho} + \frac{1}{2} < v_{12} >^2 + g z_1 = \frac{p_2}{\rho} + \frac{1}{2} < v_{12} >^2 + g z_2 + h_{o\lambda,12}. \qquad [2]$$

Το δικτύωμα είναι παράλληλο με το έδαφος οπότε $z_1 = z_2$ και επίσης ότι οι ταχύτητες είναι ίδιες, αφού δεν αλλάζει η διαδρομή κατά την πορεία του νερού από το σημείο 1→ 2. Επίσης αγνοούμε τις ελάσσονες απώλειες Οπότε η εξίσωση [2] απλουστεύεται αρκετά και γίνεται

Διαδρομή 1→ 2 $$\frac{p_1}{\rho} - \frac{p_2}{\rho} = h_{o\lambda,12} = h_{\mu,12}. \qquad [3]$$

Ομοίως και για τις άλλες διαδρομές θα έχουμε

Διαδρομή 2→ 3 $$\frac{p_2}{\rho} - \frac{p_3}{\rho} = h_{o\lambda,23} = h_{\mu,23}. \qquad [4]$$

Διαδρομή 3→ 4 $$\frac{p_3}{\rho} - \frac{p_4}{\rho} = h_{o\lambda,34} = h_{\mu,34}. \qquad [5]$$

Διαδρομή 4→ 5 $$\frac{p_4}{\rho} - \frac{p_5}{\rho} = h_{o\lambda,45} = h_{\mu,45}. \qquad [6]$$

Διαδρομή 5→ 6 $$\frac{p_5}{\rho} - \frac{p_6}{\rho} = h_{o\lambda,56} = h_{\mu,56}. \qquad [7]$$

Διαδρομή 2→ 5 $$\frac{p_2}{\rho} - \frac{p_5}{\rho} = h_{o\lambda,25} = h_{\mu,25}. \qquad [8]$$

Είναι προφανές ότι

$Q_o = Q_1 + Q_2$ εξ. [1]

Γράφουμε το ισοζύγιο Ενέργειας για το κάθε κομμάτι του δικτύου

$$\frac{p_1}{\rho} + \frac{1}{2}\cancel{<v_{12}>^2} + \cancel{gz_1} = \frac{p_2}{\rho} + \frac{1}{2}\cancel{<v_{12}>^2} + \cancel{gz_2} + h_{o\lambda,12}. \quad [2]$$

Το δικτύωμα είναι παράλληλο με το έδαφος οπότε $z_1 = z_2$ και επίσης ότι οι ταχύτητες είναι ίδιες, αφού δεν αλλάζει η διαδρομή κατά την πορεία του νερού από το σημείο 1→ 2. Επίσης αγνοούμε τις ελάσσονες απώλειες Οπότε η εξίσωση [2] απλουστεύεται αρκετά και γίνεται

Διαδρομή 1→ 2 $\quad \frac{p_1}{\rho} - \cancel{\frac{p_2}{\rho}} = h_{o\lambda,12} = h_{\mu,12}.$ [3]

Ομοίως και για τις άλλες διαδρομές θα έχουμε

Διαδρομή 2→ 3 $\quad \cancel{\frac{p_2}{\rho}} - \cancel{\frac{p_3}{\rho}} = h_{o\lambda,23} = h_{\mu,23}.$ [4]

Διαδρομή 3→ 4 $\quad \cancel{\frac{p_3}{\rho}} - \cancel{\frac{p_4}{\rho}} = h_{o\lambda,34} = h_{\mu,34}.$ [5]

Διαδρομή 4→ 5 $\quad \cancel{\frac{p_4}{\rho}} - \cancel{\frac{p_5}{\rho}} = h_{o\lambda,45} = h_{\mu,45}.$ [6]

Διαδρομή 5→ 6 $\quad \cancel{\frac{p_5}{\rho}} - \frac{p_6}{\rho} = h_{o\lambda,56} = h_{\mu,56}.$ [7]

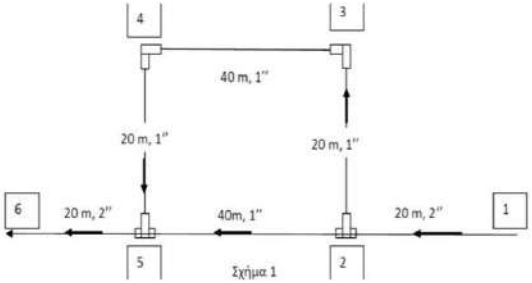
Διαδρομή 2→ 5 $\quad \frac{p_2}{\rho} - \frac{p_5}{\rho} = h_{o\lambda,25} = h_{\mu,25}.$ [8]

= hολ

Αν αθροίσουμε τις εξισώσεις 4 έως 8 θα υπολογίσουμε το άθροισμα όλων των επιμέρους τοπικών απωλειών και θα βρούμε το ολικό $h_{ολ}$

$$h_{o\lambda} = h_{\mu,12} + h_{\mu,23} + h_{\mu,34} + h_{\mu,45} + h_{\mu,56} + h_{\mu,25} = \frac{1}{\rho}[(p_1 - p_6) + (p_2 - p_5)], \qquad [9]$$

Οι τοπικές μείζονες απώλειες



$$h_{\mu,12} = f_{12}\,\frac{l_{12}}{D_{12}}\,\frac{<v_{12}>^2}{2} = \boldsymbol{f_{12}\,\frac{l_{12}}{D_{12}}\,\frac{<v_o>^2}{2}}$$

$$h_{\mu,23} = f_{23}\,\frac{l_{23}}{D_{23}}\,\frac{<v_{23}>^2}{2} = \boldsymbol{f_{12}\,\frac{l_{23}}{D_{23}}\,\frac{<v_2>^2}{2}}$$

$$h_{\mu,34} = f_{34}\,\frac{l_{34}}{D_{34}}\,\frac{<v_{34}>^2}{2} = f_{12}\,\frac{l_{34}}{D_{23}}\,\frac{<v_2>^2}{2} = \boldsymbol{f_{12}\,\frac{2*l_{23}}{D_{23}}\,\frac{<v_2>^2}{2}} \text{ αφού } l_{34} = 2 * l_{34} \; και \; v_{34} = v_2, \; [12]$$

$$h_{\mu,45} = f_{45}\,\frac{l_{45}}{D_{45}}\,\frac{<v_{45}>^2}{2} = f_{12}\,\frac{l_{23}}{D_{23}}\,\frac{<v_2>^2}{2}, \text{ αφού } l_{45} = l_{23} \; και \; v_{34} = v_{23} = v_2 \text{ , } [13] \text{ (ίδια εξ. με [11])}$$

$$h_{\mu,56} = f_{56}\,\frac{l_{56}}{D_{56}}\,\frac{<v_{12}>^2}{2} = f_{12}\,\frac{l_{12}}{D_{12}}\,\frac{<v_o>^2}{2} \qquad [14] \quad \text{(ίδια με [10])}$$

$$h_{\mu,25} = f_{25}\,\frac{l_{25}}{D_{25}}\,\frac{<v_{12}>^2}{2} = f_{12}\,\frac{2*l_{12}}{D_{12}/2}\,\frac{<v_1>^2}{2} = \boldsymbol{4*f_{12}\,\frac{l_{12}}{D_{12}}}\,\frac{<v_1>^2}{2} \qquad [15]$$

Πριν την ολική άθροιση ας κάνουμε τα μερικά αθροίσματα των όρων που έχουν ίδιες ταχύτητες

$$h_{\mu,12} + h_{\mu,56} = 2\, f_{12}\, \frac{l_{12}}{D_{12}}\, \frac{<v_o>^2}{2} = f_{12}\, \frac{l_{12}}{D_{12}}\, \frac{<v_o>^2}{} \quad [16]$$

$$h_{\mu,23} + h_{\mu,34} + h_{\mu,45} = 4\, f_{12}\, \frac{l_{23}}{D_{23}}\, \frac{<v_2>^2}{2} = 4\, f_{12}\, \frac{l_{12}}{D_{12}/2}\, \frac{<v_2>^2}{2} = 8\, f_{12}\, \frac{l_{12}}{D_{12}}\, \frac{<v_2>^2}{2} = 4\, f_{12}\, \frac{l_{12}}{D_{12}}\, \frac{<v_2>^2}{}$$

αφού $l_{23} = l_{12}$ και $D_{23} = D_{12}/2$ [17]

$$h_{\mu,25} = 4 * f_{12}\, \frac{l_{12}}{D_{12}}\, \frac{<v_1>^2}{2} = 2 * f_{12}\, \frac{l_{12}}{D_{12}}\, \frac{<v_1>^2}{} \quad [18]$$

Έτσι το ολικό άθροισμα, $h_{ολ}$ είναι

$$h_{o\lambda} = f_{12}\, \frac{l_{12}}{D_{12}} [< v_o >^2 + 4 \; < v_2 >^2 + 2 < v_1 >^2], \text{ (άγν. } v_1 \text{ και } v_2 \; και \; h_{o\lambda}), \; [19]$$

Από την εξίσωση [1] μπορούμε να έχουμε ακόμη μια σχέση μεταξύ των ταχυτήτων

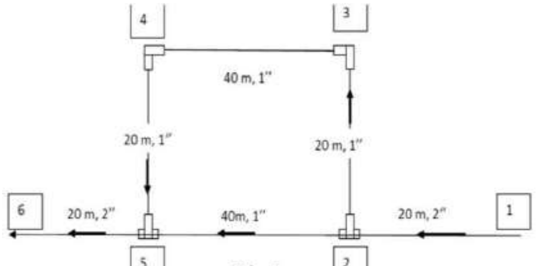
$Q_o = Q_1 + Q_2 \rightarrow A_o<v_o> = A_1<v_1> + A_2<v_2>$

$$\cancel{\pi}\, \frac{\cancel{D_o^2}}{\cancel{4}} < v_o > = \pi\, \frac{D_1^2}{4} < v_1 > + \pi\, \frac{D_2^2}{4} < v_2 > = \cancel{\pi}\, \frac{(\frac{\cancel{D_o}}{2})^2}{\cancel{4}} < v_1 > + \cancel{\pi}\, \frac{(\frac{\cancel{D_o}}{2})^2}{\cancel{4}} < v_2 >$$

$$< v_o > = \frac{1}{4} [< v_1 > + < v_2 >] \quad [20]$$

Χρειαζόμαστε άλλη μια εξίσωση πέραν των [19] και [20] για τον υπολογισμό των $\boldsymbol{v_1}$ και $\boldsymbol{v_2}$ ***και του*** $\boldsymbol{h_{o\lambda}}$.
Οι πιέσεις στα σημεία (2) και (5) είναι οι ΙΔΙΕΣ και μπορούν να υπολογιστούν ανεξάρτητα της διαδρομής που θα ακολουθήσει το νερό, δηλαδή οι απώλειες στην διαδρομή 2-3-4-5 είναι ίσες με τις απώλειες στην διαδρομή 2-5

$$p_2 - p_5 = \rho\left(h_{\mu,23} + h_{\mu,34} + h_{\mu,45}\right) = \rho\left[\mathbf{8}\,\boldsymbol{f}_{\mathbf{12}}\,\frac{\boldsymbol{l}_{\mathbf{12}}}{\boldsymbol{D}_{\mathbf{12}}}\,\frac{\boldsymbol{<v_2>^2}}{\mathbf{2}}\right] \qquad [21]$$



Σχήμα 1

$$p_2 - p_5 = \rho\,(h_{\mu,25}) = \rho\left[\mathbf{4}*\boldsymbol{f}_{\mathbf{12}}\,\frac{\boldsymbol{l}_{\mathbf{12}}}{\boldsymbol{D}_{\mathbf{12}}}\,\frac{\boldsymbol{<v_1>^2}}{2}\right]$$

Από τις [21] και [22] λαμβάνουμε

$$\mathbf{2} < \boldsymbol{v_2} >^2 = < \boldsymbol{v_1} >^2 \text{ ή } \quad < \boldsymbol{v_1} > = \sqrt{2} < \boldsymbol{v_2} > \qquad [23]$$

Από τις [20] και [23] παίρνουμε $< \boldsymbol{v_o} > = \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{4}}\,[< \boldsymbol{v_1} > + < \boldsymbol{v_2} >]$

$$< \boldsymbol{v_o} > = \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{4}}\,[\sqrt{2} \;< \boldsymbol{v_2} > + < \boldsymbol{v_2} >] \;\rightarrow\; 4 < \boldsymbol{v_o} > = (1+\sqrt{2}) < \boldsymbol{v_2} >$$

Έτσι $< \boldsymbol{v_2} > = < \boldsymbol{v_o} > \left[\frac{\mathbf{4}}{\mathbf{1}+\sqrt{\mathbf{2}}}\right] = 2.742 * 1.6568 = 4.543$ m/s, και $Q_2 = 2.301\ 10^{-3}$ m^3/s)

Από την Εξ. [23] $< \boldsymbol{v_1} > = \sqrt{2} < \boldsymbol{v_2} > = 6.425$ m/s και $Q_1 = 3.254\ 10^{-3}$ m^3/s)

Από την εξίσωση [19] μπορούμε τώρα να υπολογίσουμε το hολ

$$h_{o\lambda} = \boldsymbol{f_{12}} \frac{\boldsymbol{l_{12}}}{\boldsymbol{D_{12}}} [< \boldsymbol{v_o} >^{\boldsymbol{2}} + 4 < \boldsymbol{v_2} >^{\boldsymbol{2}} + 2 < \boldsymbol{v_1} >^{\boldsymbol{2}}]$$

$$h_{o\lambda} = \mathbf{0.04} * \frac{\mathbf{20}}{\mathbf{0.0508}} [(2.742^2 + 4. * 4.543^2 + 2 * 6.425^2) = 2718,44 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

Η ολική ισχύς δίνεται από την σχέση

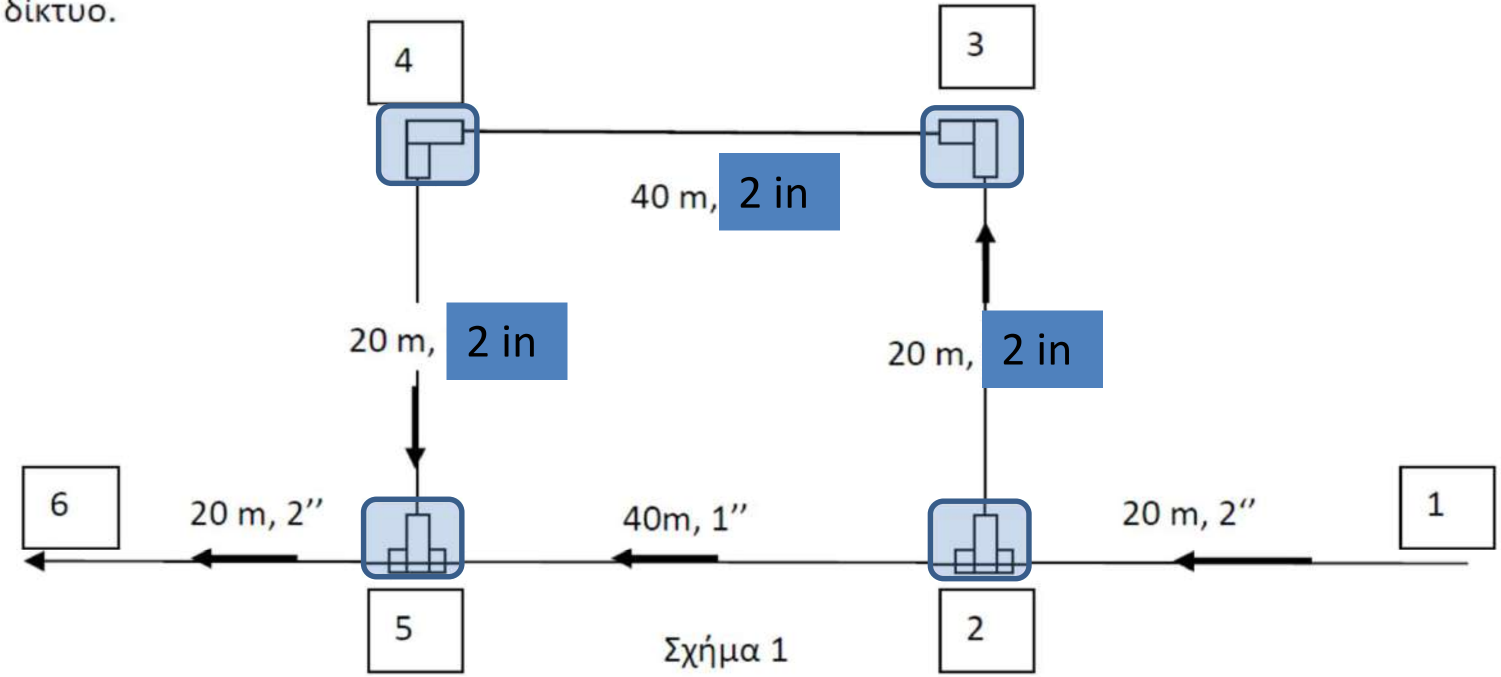
$$\dot{w} = \rho\, Q_{o\lambda}\, h_{0\lambda} = 1000 \frac{kg}{m^3} * 5.556\ 10^{-3} \frac{m^3}{s} 2718,44 \frac{m^2}{s^2} = 15103 \left(kg \frac{m}{s^2} * m * \frac{1}{s} = \frac{\text{J}}{s}\right)$$

$=15103\ Watt$

$\dot{w} = 15.1\ kW = 20.25\ hP$

Επανάληψη: Ίδια δεδομένα αλλά όλες οι διάμετροι των σωλήνων ίσοι με 2''.
ΌΜΩΣ να λάβετε υπόψη και την παρουσία των ΤΑΥ (ευθύγραμμα) και των αγκώνων
Υπολογίστε το $h_{ολ}$, και τις πιέσεις σε όλα τα σημεία.
Στον επίλογο, να συνοψίστε τις κυριότερες αλλαγές στα αποτελέσματα σας σε σχέση με την προηγούμενη άσκηση

Θεωρήστε την σωλήνωση του Σχήματος 1. Το υλικό του σωλήνα είναι κοινός χάλυβας και ο λόγος τραχύτητας/διαμέτρου μπορεί να θεωρηθεί χονδρικά ίσος $(e/D \approx 0.01)$ για όλο το δίκτυο.



Σχήμα 1

Πόση υδροστατική κεφαλή ($h_{ολ}$, [=], m^2/s^2] και πόση ισχύ χρειαζόμαστε για να κινήσουμε νερό θερμοκρασίας 25° μέσω της σωληνώσεως με παροχή, $Q = 20m^3/hr$; Δώστε σε πίνακα τις ταχύτητες και τις παροχές σε όλους τους κλάδους

Ασκήσεις Κεφαλαίου 11, Βιβλίο ΑΧΠ, 11.1 μέχρι 11.6 (σελ. 344-346)
Παράδοση μέχρι 10/4/2020 στο mail μου
takisp@chemeng.upatras.gr

Scan χειρόγραφες σημειώσεις
1^{η} Σελίδα

Φυσικές Διεργασίες ΙΙ

Λύσεις 1^{ης} Σειράς Ασκήσεων, Παράδοση: 10/4/2020

Διδάσκων: Χρ. Παρασκευά

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ

ΑΜ, ΕΤΟΣ, Υπογραφή

Άσκηση 11.1 ….