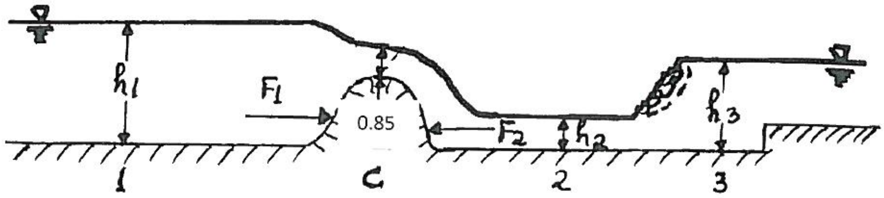
Λυμένα θέματα - ασκήσεις, προσεγγιστικοί υπολογισμοί
Δρ Μ. Σπηλιώτης

Θέμα 1 [2.5/10]

Διώρυγα ορθογωνικής διατομής πλάτους b = 2.5 m συναντά αναβαθμό με ύψος 0.85 m ενώ το πλάτος του είναι τέτοιο ώστε πάνω από τον αναβαθμό να αναπτύσσεται κρίσιμο βάθος. Να προσδιοριστούν τα βάθη h_1 και h_2 καθώς και το βάθος ροής μετά το υδραυλικό άλμα h_3. Επίσης, να προσδιοριστεί η δύναμη που ασκείται από το νερό στον αναβαθμό.
Δίνεται ότι η παροχή είναι Q =3.80 m^3/s



Περίγραμμα λύσης:

1. **Στο C κρίσιμη ροή, ορθογωνική διατομή** $Fr = 1 \rightarrow y_c = \sqrt[3]{\dfrac{q^2}{g}}$
2. **1→C, C→2, αρχή διατήρηση της ενέργειας με θεωρούμενες αμελητέες απώλειες ενέργειας, ακολουθώντας την κίνηση του νερού**
3. **2→3, υδραυλικό άλμα ορθογωνική διατομή** $\dfrac{y_3}{y_2} = \dfrac{1}{2} * \left(-1 + \sqrt{1 + 8 * F_2^2}\right)$,

   $F_2 = \dfrac{V_2}{\sqrt{g \cdot y_2}}$
4. **1→2, αρχή διατήρησης ποσότητας κίνησης (ορμής) για τον αντίστοιχο όγκο ελέγχου, προσδιορισμός ζητούμενης δύναμης**

Λύση 1ου Θέματος.

Ειδική παροχή

$$Q = 3.80\, m^3/s \rightarrow q = \frac{3.80}{2.5}\left(\frac{Q}{b}\right) = 1.52\, m^3/s \cdot m.$$

Κρίσιμο βάθος; ορθογωνική διατομή.

$$y_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} = 0.62 m.$$

Αρχ. Διατήρησης της Ενέργειας μεταξύ (1), (c) και (2)

$$z_1 + y_1 + \frac{V_1^2}{2g} = + z_c + y_c + \frac{V_c^2}{2g} = z_2 + y_2 + \frac{V_2^2}{2g}$$

Θεωρώντας αμελητέες απώλειες ενέργειας (μικρά μήκη) για διευκόλυνση στην κρίσιμη διατομή ισχύει:

$E_c = \frac{3}{2} y_c$, ενώ

$V_1 = \frac{q}{y_1}$ (ή $\frac{Q}{b y_1}$) $V_2 = \frac{q}{y_2}$, επομένως η ΑΔΕ είναι

($z_1 = z_2 = 0$, $z_c = \Delta z$)

ίδια.

$$y_1 + \frac{q^2}{2g y_1^2} = \Delta z + \frac{3}{2} y_c = y_2 + \frac{q^2}{2g y_2^2}$$

άρα (2)

$$y_1 + \frac{1.52^2}{2 g y_1^2} = \overset{0.85}{\Delta z} + \frac{3}{2}\,0.62 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow y_1 + \frac{0.118}{y_1^2} = 1.77 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow y_1^3 + 0.118 = 1.77\, y_2^2 \Rightarrow \boxed{y_1^3 - 1.77\, y_1^2 + 0.118 = 0}$$

με λύση
- → 0.28 κατάντη (2)
- → 1.73 ανάντη (1)
- → $\cancel{-0,2}$ απορρίπτεται.

Προβλήματα:

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g y}} = \frac{q}{\sqrt{g y^3}} =$$

$\xrightarrow{y=0.28}$ $\frac{1.52}{\sqrt{g \cdot 0.28^3}} = 3.26$ υπερκρίσιμη.

→ $\frac{1.52}{\sqrt{g\, 1.73^3}} = 0.21$ υποκρίσιμη.

Από (2) σε (3) υδραυλικό άλμα :

$$\frac{y_3}{y_2} = \frac{1}{2}\left(-1 + \sqrt{1 + 8Fr_2^2}\right) \rightarrow$$

$$\rightarrow y_3 = \frac{0.18}{2}\left(1 + \sqrt{1 + 8 \cdot 3.26^2}\right) =$$

$$\simeq 1.165 m.$$

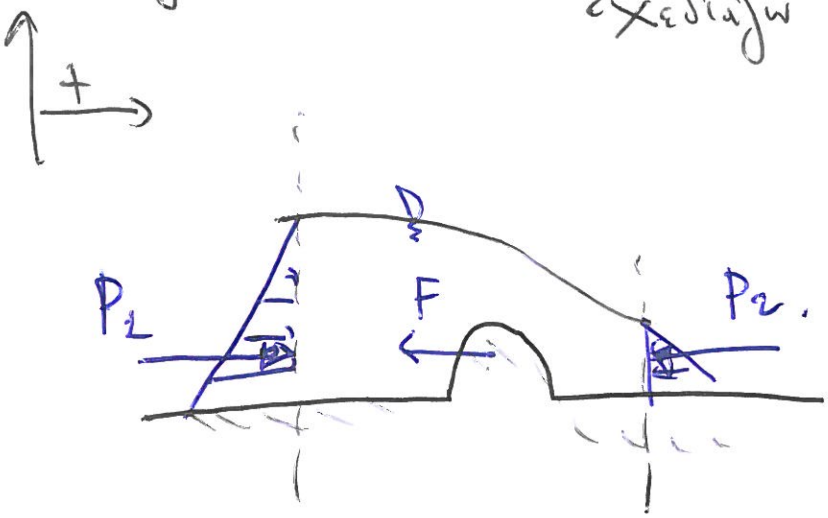
(4)

Δύναμη που ασκείται από το (αναβαθμός) στερεό εμπόδιο στο νερό.

α' τρόπος: Α.Δ. Ποσότητας Κίνησης $(1) \to (c)$, $(c) \to (2)$ } Συνιστ/νη δύναμη

β' τρόπος: Α.Δ. Ποσότητας Κίνησης (Ορμή) στον όγκο ελέγχου $(1) \to (2)$,

Θέτω σύστημα αξόνων. (1) Σχεδιάζω τις δυνάμεις (F αυθαίρετα)



$$\Sigma F_x = \rho Q \left(V_{\varepsilon\kappa\rho o\acute{\eta}\varsigma} - V_{\varepsilon\iota\sigma\rho o\acute{\eta}\varsigma} \right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2}\rho g y_1^2 b - \frac{1}{2}\rho g y_2^2 b - F = \rho Q \left(V_2 - V_1 \right)$$

(5)

Ondre

$$F = \rho\left(\frac{1}{2} g y_1^2 b - \frac{1}{a} g y_2^2 b - Q(v_2 - v_1)\right) \rightarrow$$

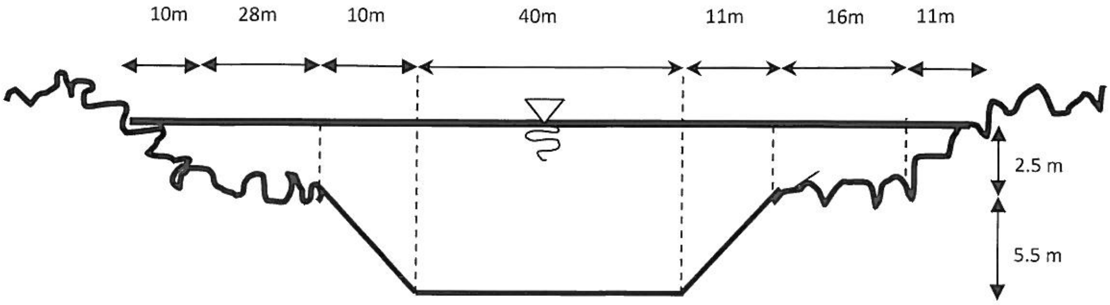
$$\rightarrow F = 1000\left(\frac{1}{2} 9.81 \cdot 1.73^2 \cdot 2.5 - \frac{1}{2} 9.81 \cdot 0.28^2 \cdot 2,5 - 3.80(5.43 - 0.87)\right) \Rightarrow$$

$$\left(\begin{array}{l} v_2 = q/y_2 = 5.43 \, m/s \\ v_1 = q/y_1 = 0.87 \, m/s \end{array} \right)$$

$$\Rightarrow \boxed{F \doteq 18449,21 \, N}$$

Θέμα 2 [2.50/10]

Να γίνει εκτίμηση της παροχής ομοιόμορφης ροής ενός αγωγού σύνθετης τραπεζοειδούς διατομής όταν ο συντελεστής κατά Manning είναι $n=0.04\ s/m^{1/3}$ για την κύρια κοίτη και $n=0.09\ s/m^{1/3}$ για την κοίτη πλημμυρών. Δίνεται κλίση πυθμένα $S_0 = 0.00048$ (οι διαστάσεις του σχήματος σε μέτρα). Πρόκειται για μία αδιαφιλονίκητη εκτίμηση για την παροχή?

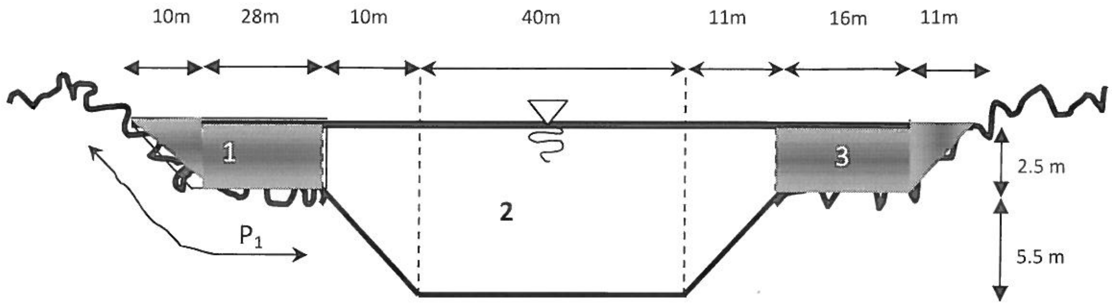


Περίγραμμα λύσης-σχόλια:

Δεν υπάρχει μία και αδιαφιλονίκητη λύση, επιλέγω το χωρισμό σε επιφάνειες με κοινό n

(προσοχή, *παγίδα* κλίση με βάση το σχήμα)

εφαρμογή του τύπου του Manning σε κάθε τμήμα, προσοχή, σε αυτή την προσέγγιση, προσμετρούνται τμήματα στη βρεχόμενη περίμετρο τα τμήματα εκείνα επαφής στερεού-υγρού.

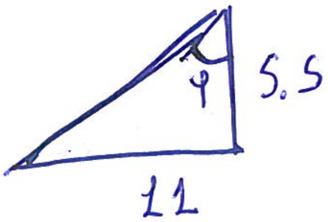


$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

Άσκηση 2 : (6)

(προσοχή στα γεωμετρικά στοιχεία, κριτική)

$$\text{κλίση} \overset{\pi.\chi}{=} \frac{11}{5.5}$$



Πεδιάδα

(όλες οι τεκμηριωμένες λύσεις είναι αποδεκτές) με επ.

Χωρισμός σε Τμήματα

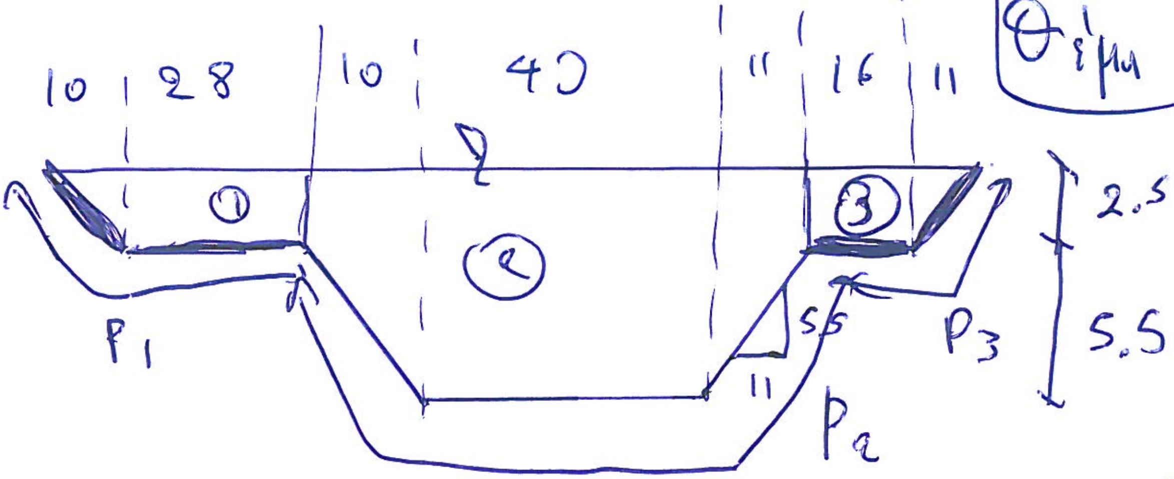
(1) Δεν υπάρχει ένας και αδιαμφισβήτητος τρόπος χωρισμού των επιφανειών.

Εναλλακτικά, μπορεί να θεωρηθεί ένας ισοδύναμος συντελεστής Manning (αχ. θεωρώντας ίσες ταχύτητες σε

(2) κάθε τμήμα της ροής), ωστόσο αυτή η μέθοδος οδηγεί σε υποδιαστασιολόγηση της παροχής.

Προφανώς σε κάθε χωρίο πρέπει να υπάρχει κοινός συντελεστής Manning.

Θέμα 2



2

$$A_1 = \frac{28+(10+28)}{2} \, 2.5 = 82.5 \, m^3$$

$$P_1 = 28 + \sqrt{10^2 + 2.5^2} = 38.31 \, m$$

$$Q_1 = \frac{1}{n_1} A_1 R_1^{2/3} \cdot S_o^{1/2} = \frac{1}{0.09} \, 82.5 \left(\frac{82.5}{38.31}\right)^{2/3} \cdot S_{o-1}^{1/2}$$

$$\rightarrow Q_1 \cong 1528{,}7 \, S_o^{1/2}$$

$$A_3 = \frac{16+(16+11)}{2} \, 2.5 = 53.75 \, m^2$$

$$P_3 = 16 + \sqrt{11^2 + 2.5^2} = 27.28 \, m$$

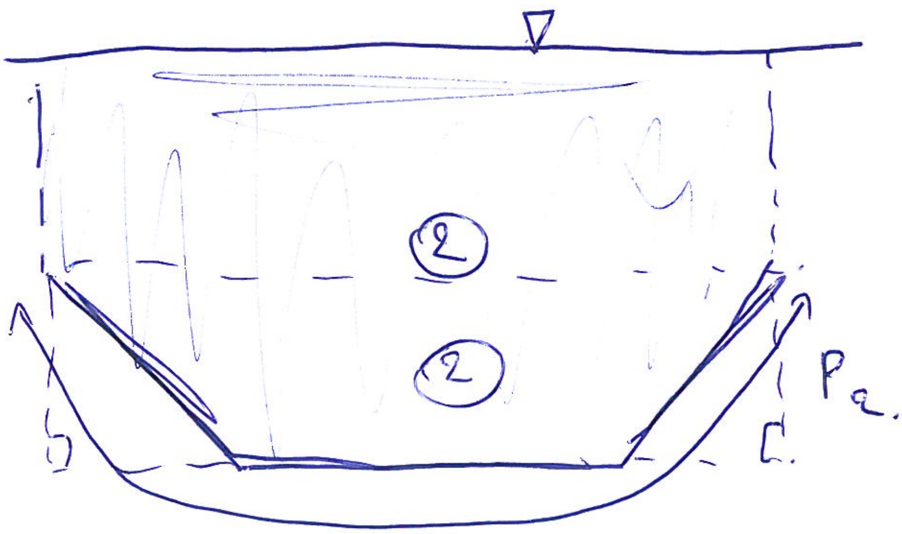
$$R_3 = \frac{A_3}{P_3} \; (m)$$

$$Q_3 = \frac{1}{n_3} A_3 R_3^{2/3} S_o^{1/2} = \frac{1}{0.09} = 53.75 \left(\frac{53.75}{27.28}\right)^{2/3} \cdot S_o^{1/2}$$

$$= 938{,}12 \, S_o^{1/2}$$

$$A_2 = 2.5(10+40+11) + \frac{40+(40+10+11)}{2}\,5.5 =$$

$$= 430.25\,m^2$$



$$P_2 = 40 + \sqrt{10^2+5.5^2} + \sqrt{5.5^2+11^2} = 63.711$$

$$Q_2 = \frac{1}{n} A_2 R_2^{2/3} S_0^{1/2} =$$

$$= \frac{1}{0.04}\, 430.25 \left(\frac{430.25}{63.711}\right)^{2/3} S_0^{1/2} =$$

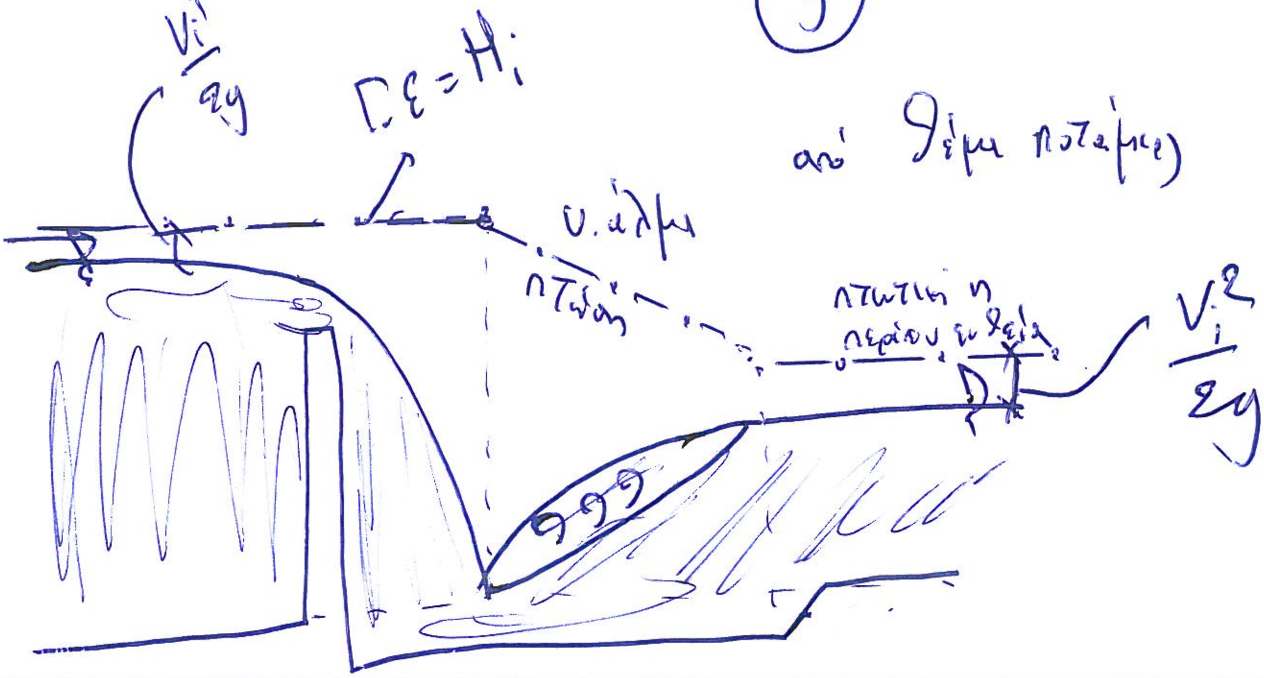
$$= 38.415,8\, S_0^{1/2}$$

Προσθήκη

$$Q_{ολ} = Q_1 + Q_2 + Q_3 = (1528,7 + 938,62 + 3849,51)\, S_0^{1/2} =$$

$$= 852,77\, m^3/s$$

από θέμα ποτάμιου



υ. άλμα, πτώση ενέργειας λόγω τυρβώδους.

Γ.Ε, πάντα πτωτική.

περίπου ευθεία, για μικρές απώλειες ενέργειας

Ανοικτοί αγωγοί, υδροστατική (για) κατανομή της πίεσης:

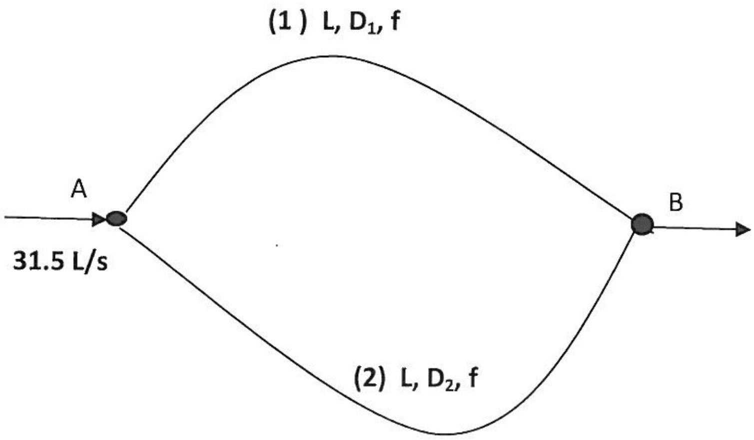
$$H = z + y + \frac{v^2}{2g}$$, η H πάνω από τη στάθμη της ελεύθερης επιφάνειας κατά $\frac{v^2}{2g}$

(Θέμα 3)

Θέμα 4 [1/10]

Έστω δύο αγωγοί (1) και (2) που είναι συνδεδεμένοι παράλληλα όπως στο επόμενο σχήμα με αρχή το Α και πέρας το Β.

1. Να διατυπωθεί και να αποδειχτεί η σχέση που ισχύει για τις απώλειες ενέργειας μεταξύ του αγωγού (1) και του αγωγού (2) στη γενική περίπτωση.
2. Αν η συνολική παροχή είναι 31.5 L/s, τα μήκη είναι ίσα στους αγωγούς (1) και (2) και αν θεωρηθεί για μία πρώτη προσέγγιση συντελεστής τριβής f1 = f2 = f = 0.021 να προσδιοριστεί η κατανομή των παροχών, δηλαδή η παροχή στους αγωγούς (1) και (2) αν D1 = 1.85·D2 Να αγνοηθούν οι τοπικές απώλειες ενέργειας.



Περίγραμμα λύσης

1. **Παράλληλη σύνδεση αγωγών**

$h_{f,1} = h_{f,2} \Leftrightarrow$

$\dfrac{8f_1L_1}{g\pi D_1^5}Q_1^2 = \dfrac{8f_2L_2}{g\pi D_2^5}Q_1^2$ (θεώρηση μόνο γραμμικών απωλειών ενέργειας)

2. **ΑΔΜ:**

$Q_1 + Q_1 = 0.0315\left(m^3/s\right)$

10

Θέμα 4ο:

(1) (11 βλ. σημειώσεις.)

<στα σημεία (1) και (2) η λύση δεν είναι ατμοσφαιρική, δεν έχω διαφορές>

(2.) Σύνδεση αγωγών Παράλληλα:

(κοινή αρχή και πέρας).

$$\Sigma h_{f_1} = \Sigma h_{f_2} \Rightarrow$$

$\Rightarrow$ (θεωρώντας μόνο γραμμικές απώλειες ενέργειας)

$$\frac{\cancel{8} f_1 L_1}{\cancel{g \pi^2} D_1^5} Q_1^2 = \frac{\cancel{8} f_2 \cancel{L_2}}{\cancel{g \pi^2} D_2^5} Q_2^2 \quad -1$$

(11)

$$\Rightarrow \frac{Q_1}{Q_2} = \sqrt{\frac{D_1^5}{D_2^5}} \rightarrow \frac{Q_1}{Q_2} = \sqrt{\left(\frac{1.85 \cancel{D_2}}{\cancel{D_2}}\right)^5}$$

$$\rightarrow \frac{Q_1}{Q_2} = 1,85^{5/2} = 4.65.$$

Λογικό το νερό είναι "έξυπνο" $D_1 > D_2 \rightarrow R_1 < R_2 = \frac{8 f_2 L_2}{g \pi D_2^5} \rightarrow$ το νερό επιλέγει το δρόμο με τη μικρότερη αντίσταση "R"

(Η τιμή του f δεν χρειάζεται)

—— . ——

$$Q_1 + Q_2 = 0.032\ m^3/s$$

$$\rightarrow Q_2 \cdot 4.65 + Q_2 = 0.0315$$

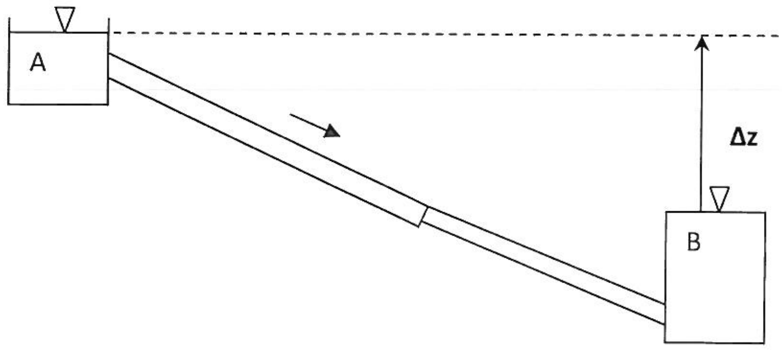
$$\rightarrow Q_2 = \frac{0.0315}{5.65} = 0.005575\ m^3/s = 5,58\ l/s$$

$$Q_1 = 0.0315 - Q_2 = 0.02592 = 25,92\ l/s$$

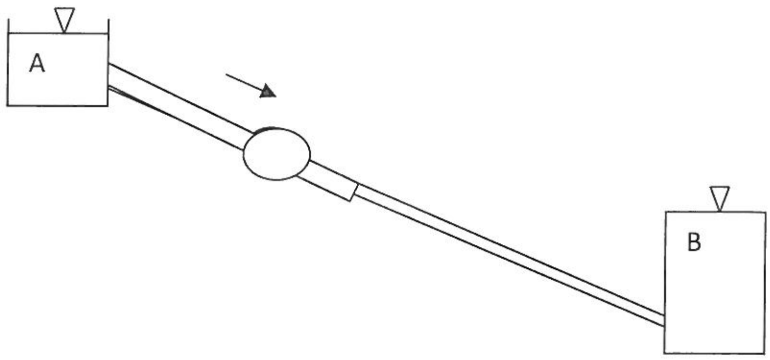
Θέμα 5 [4.00/10]

Αγωγός μήκους L_1 = 4100 m, χαλυβοσωλήνα (εσωτερικής) διαμέτρου D_1 = 250mm και τραχύτητας k_1 = 1 mm συνδεδεμένος σε σειρά με παλιό χαλυβοσωλήνα D_2 = 200mm, τραχύτητας k_2 = 2 mm και μήκους L_2 = 1200 m, μεταφέρει νερό μεταξύ δύο δεξαμενών με μέση υψομετρική διαφορά στις στάθμες της ελεύθερης επιφάνειας Δz = 48.5 m. Επιπλέον, να ληφθούν υπόψη από τις τοπικές απώλειες οι απώλειες εισόδου (δεξαμενή σε αγωγό, ανάντη). Ζητείται:

1. Η παροχή μεταξύ των δύο δεξαμενών (1.5)
2. Εάν σε όλο το μήκος υπήρξε μία διάμετρος με D = 200mm θα υπήρξε μεγαλύτερη ή μικρότερη παροχή? (0.25)
3. Να προσδιοριστεί η απαιτούμενη ισχύς αντλίας στην ίδια διάταξη για αύξηση της παροχής κατά 15% (να θεωρηθεί απόδοση αντλίας n = 70%) (0.75)
4. Και στις δύο περιπτώσεις να γίνει αδρομερώς με ένα σκαρίφημα η Γ.Ε. (0.50)

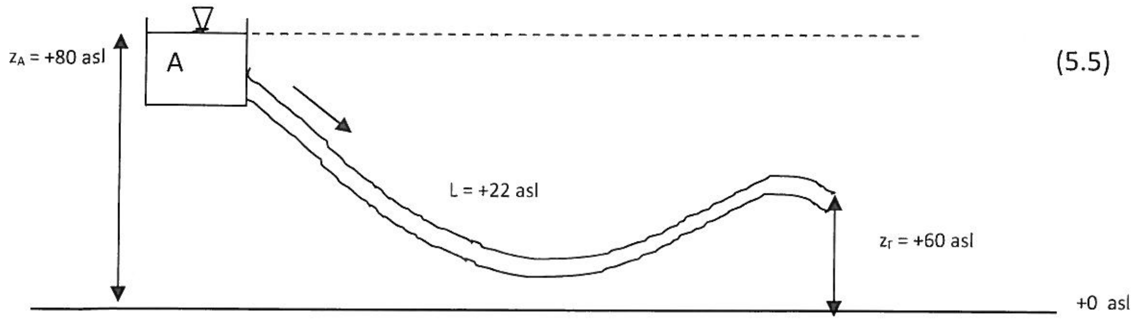


(5.1)



(5.3)

5. Στο περισσότερο ρεαλιστικό σχήμα 3, που αναπαριστά ένα τμήμα του δικτύου για την περίπτωση 5.1 (να θωρηθεί η ίδια παροχή με το πρόβλημα 5.1) να προσδιοριστεί η πίεση αν το σημείο απέχει L = 1500m από τη δεξαμενή Α ? Η στάθμη της ελεύθερης επιφάνειας της δεξαμενής είναι + 80 asl, ενώ στο εξεταζόμενο σημείο ο άξονας του αγωγού είναι + 60 asl. (1.00)



(5.5)

Περίγραμμα λύσης-σχόλια:

1. **Η παροχή μεταξύ των δύο δεξαμενών**

- **Σύνδεση σε σειρά, Q1=Q2**
- **Αρχή διατήρησης της ενέργειας από (Α) σε (Β)**

2. **Εάν σε όλο το μήκος υπήρξε μία διάμετρος με D = 200mm θα υπήρξε μεγαλύτερη ή μικρότερη παροχή?**

   ΒΛΠ. απαντήσεις, εξίσωση γραμμικών απωλειών, συναρτήση της παροχής

$$h_f = \frac{8f \cdot L}{g\pi D^5} Q^2$$

3. **Να προσδιοριστεί η απαιτούμενη ισχύς αντλίας στην ίδια διάταξη για αύξηση της παροχής κατά 15% (να θεωρηθεί απόδοση αντλίας n = 70%) (0.75)**

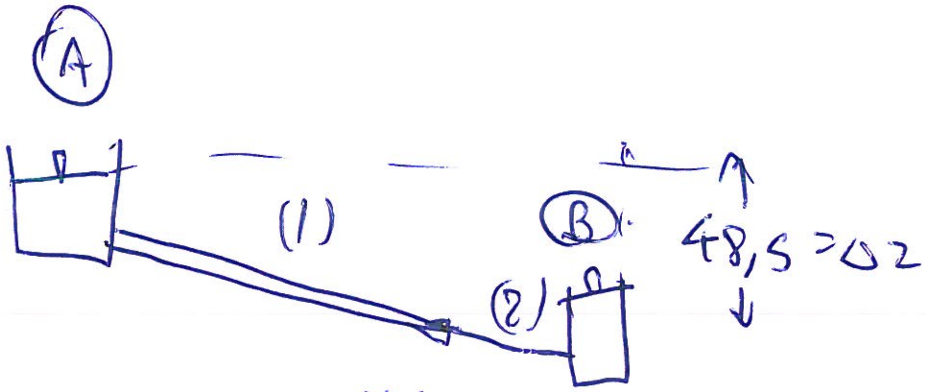
- **Σύνδεση σε σειρά, Q1'=Q2'=1.15Q**
- **Αρχή διατήρησης της ενέργειας από (Α) σε (Β) αλλά στο αριστερό σκέλος υπάρχει το ύψος αντλίας H_M**

4. **Και στις δύο περιπτώσεις να γίνει αδρομερώς με ένα σκαρίφημα η Γ.Ε. (0.50)**

   παντα πτωτικη, αρχίζει και τελειώνει στην ελεύθερη επιφάνεια, απότομη πτώση σε τοπικές απώλειες (μορφή σκαλοπάτι), απότομη άνοδος στην αντλία.

5. **Προσδιορισμός του ύψους (σχετικής, patm=0) πίεσης στο Γ:**
   ΑΔΕ, Α→Γ, άγνωστος, το ύψος πίεσης στο Γ: $p_Γ/ρg$

Άσκηση 5η: (12)

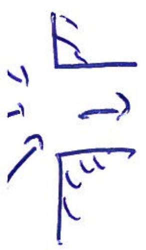


ΑΔΜ: $Q_1 = Q_2$ (σύνδεση αγωγών σε σειρά)

ΑΔΕ (λαμβάνω υπόψη τις τοπικές απώλειες,
διατριτικές αφήνω των τραχύτητα)

$$z_1 + \cancel{\frac{p_{atm}}{\rho g}} + \cancel{\frac{v_A^2}{2g}} = z_2 + \cancel{\frac{p_{atm}}{\rho g}} + \frac{v_2^2}{2g} + \Sigma h_f \to \boxed{\Sigma h_f = \Delta z}$$

$$0.5\frac{v_1^2}{2g} + \frac{8 f_1 L_1}{g \pi^2 D_1^5} Q_1^2 + K \frac{v_2^2}{2g} + \frac{8 f_2 L_2}{g \pi^2 D_2^5} + \frac{v_2^2}{2g} = \Delta z = 48.5$$



$K = 0.5$

στένωση
~~όχι~~
διεύρυνση (σελ. 32 Χρυσικόπουλος)

$$\frac{D_2}{D_1} = 0.8 \to K = 0.7\left(1 - \frac{D_2}{D_1}\right) = 0.14$$

(13)

$$V_1 = \frac{4Q_1}{\pi D_1^2}, \quad \frac{4Q_2}{\pi D_2^2} = V_2 .$$

Προσοχή $f_1 = f\left(\frac{V_1 D_1}{\nu}, \frac{k_1}{D_1}\right)$, $f_2 = f\left(\frac{V_2 D_2}{\nu}, \frac{k_2}{D_2}\right)$

Επομένως, κάνω δοκιμές για διάφορες παροχές:

- Έστω $Q = 40\ l/s = 0.040\ m^3/s$

(οι υδραυλικοί υπολογισμοί στο διεθνές σύστημα μονάδων)

πχ Αγωγός 1.

$$V_1 = \frac{4Q}{\pi D_1^2} = \frac{4 \cdot 0.04}{\pi\, 0.25^2} = 0{,}81\ m/s$$

προσεγγιστική σχέση για τυρβώδη ροή

$$\left.\begin{aligned} Re_1 &= \frac{V_1 D_1}{\nu} = \frac{0.81 \cdot 0{,}25}{10^{-6}} \\ k_1/D_1 &= \frac{1\ mm}{250\ mm} \end{aligned}\right\} \rightarrow f_1 \approx \frac{0.25}{\left[\log\left(\frac{5.74}{Re_1^{0.9}} + \frac{k_1/D_1}{3.7}\right)\right]^2} = 0.029$$

ή διάγρ. Moody

(14)

Οπότε

$$h_{f_1} = \frac{8 \cdot 0.029 \cdot 4100}{g\pi^2 \cdot 0.25^5} \cdot 0.040^2 =$$

$$= 10{,}23 m.$$

Όμοια:

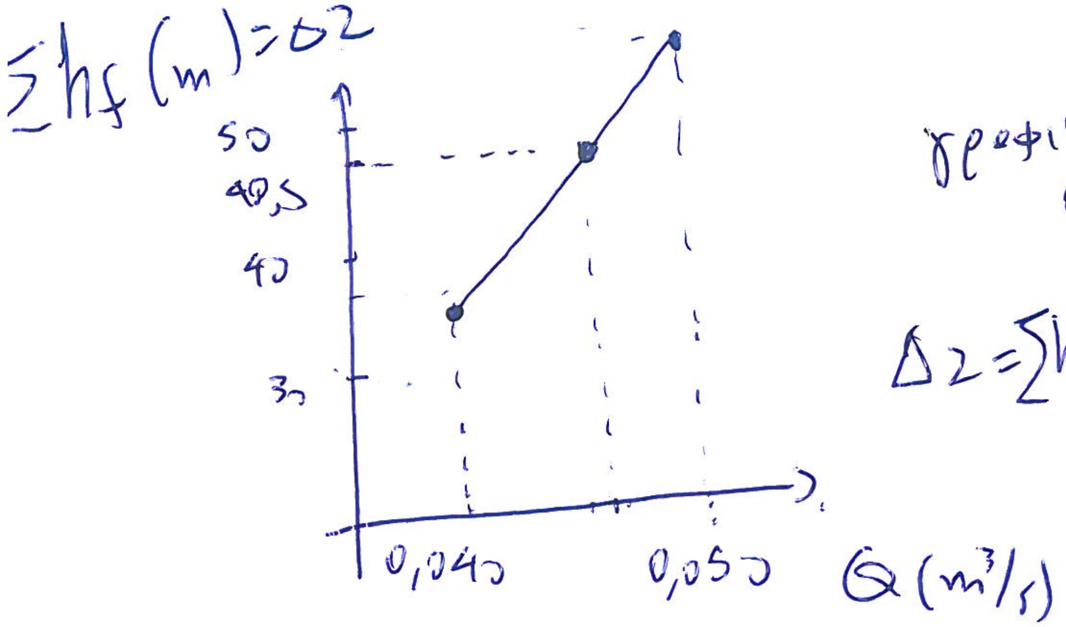
$$V_2 = 1{,}27 \, m/s \xrightarrow{k/D = 2/200} f_2 = 0.038 \rightarrow h_{f_2} = 19.014.$$

$$= 35 < \Delta Z$$

- Οπότε αυξάνω την παροχή, προκειμένου να αυξηθούν οι απώλειες ενέργειας:

Έστω $Q = 0{,}050 m^3/s \Rightarrow \Sigma h_f = 55.702.$

- Έχω δύο σημεία που περικλ. την λύση. Επειδή οι απώλειες είναι μη γραμμική συνάρτηση της παροχής δοκιμάζω, άλλη μία τιμή, $Q = 0{,}046 \rightarrow \Sigma h_f = 46{,}6.$



γραφική επίλυση.

$\Delta z = \sum h_f = 48{,}5\ m$

$\rightarrow Q = 0{,}04693\ m^3/s$

(επίσης, με Excel, solver).

5.2 - Αν σε όλο το μήκος υπήρχε μόνο $D = 0{,}200m$, τότε θα είχαμε αυξημένες απώλειες ενέργειας και άρα μικρότερη παροχή

$$D \downarrow \Rightarrow \frac{8fL}{g\pi^2 D^5} \uparrow \Rightarrow h_f \uparrow .$$

5.3

16

Αύξηση της παροχής κατά 15%.

$Q' = 1,15\,Q = 0,05397\,m^3/s$

Τότε, αφ. $Q\uparrow \Rightarrow h_f \uparrow \Rightarrow$

$\Rightarrow \Sigma h_{f_{ολ}} = 64\,m$ (οι επιμέρους αφαιρέσεις οι ίδιες, $Q_1' = Q_2' = 1,15Q$)

ΑΔΕ

$$z_A + H_M = z_B + \Sigma h_{f_{A\to B}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow H_M = (z_B - z_A) + \Sigma h_{f_{A\to B}}$$

$$H_M = -48.5 + 64 = 15,51\,m = $$
$$= 15,52\,m$$

Ισχύς [W]

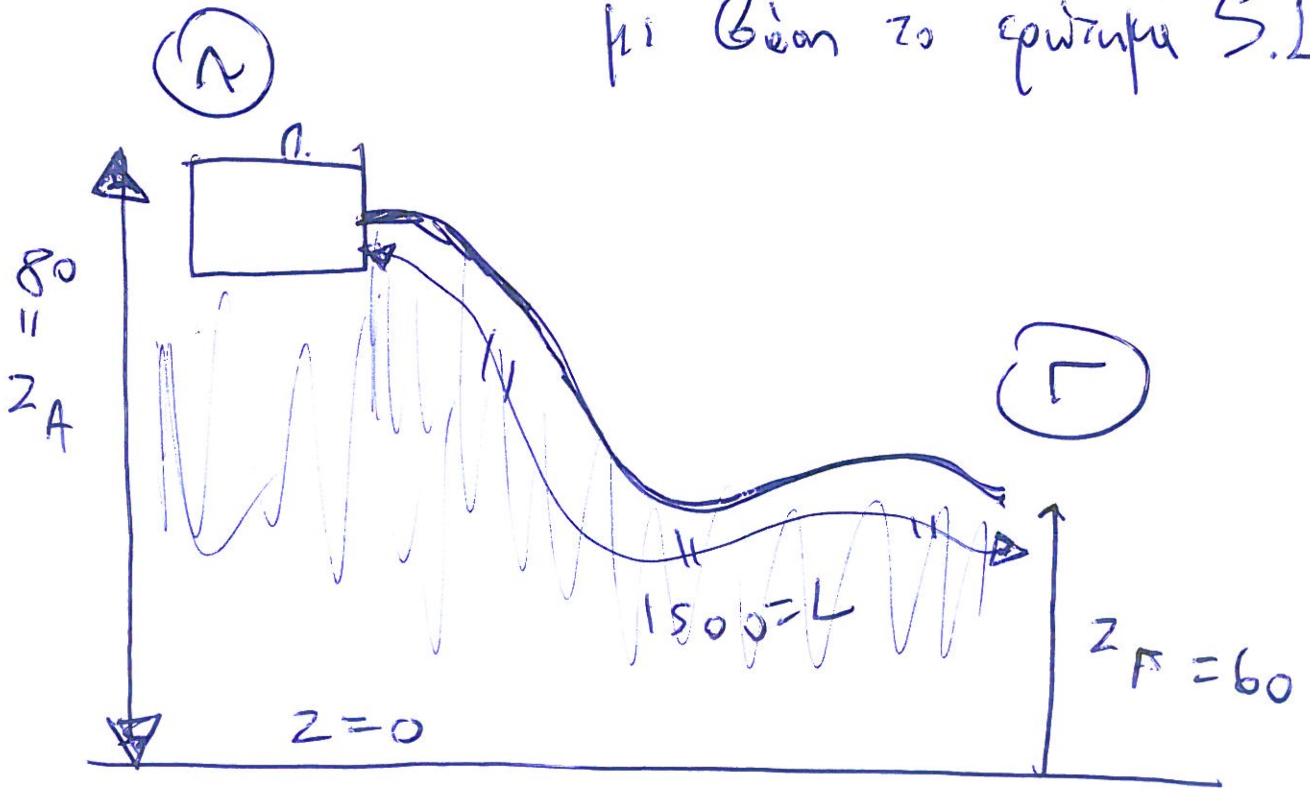
$$P = \frac{\rho g Q H_M}{\eta} = \frac{1000 \cdot 9,81 \cdot 0,05397 \cdot 15.52}{0.7}\,W = \ldots$$

S.5

17

Πίεση = Από ΑΘΕ, λύνεται κλειστό δίκτυο.

με βάση το ερώτημα S.L



$$z_A + \frac{P_{atm}}{\rho g} + \cancel{\frac{V_A^2}{2g}}^{\,0} = z_Γ + \frac{P_Γ}{\rho g} + \frac{V_Γ^2}{2g} + \Sigma h_{f_{A\to Γ}}$$

$V_Γ = V_1$

$P_{atm} = 0$, γιατί προσδιορίζω τη σχετική πίεση.

$$80 + 0 + 0 = 60 + \frac{P_Γ}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + 0.5\frac{V_1^2}{2g} + 8 f_1 \frac{L_1}{g\pi^2 D_1^5} Q_1^2$$

1P

$$\Rightarrow \frac{P_\Gamma}{\rho g} = 80 - 60 - \frac{V_1^2}{2g} - 0.5\frac{V_1^2}{2g} - \frac{8 f_1 L_1'}{g \pi^2 D_1^5} Q_1^2.$$

$$V_1 = \frac{4Q}{\pi D^2} = 0.95 m/s \; (Q = 46,93 \; l/s)$$

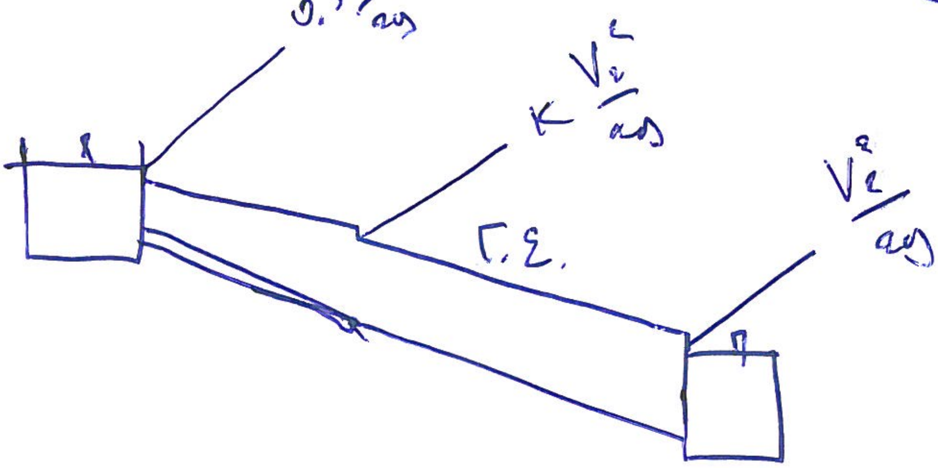
$$\downarrow \; Re = \ldots \rightarrow \underset{K/D}{} \; f = 0.02911 \rightarrow \frac{8 f_1 L_1'}{g \pi^2 D_1^5} Q_1^2 = \qquad L_1' = 1500$$

$$= 8,114.$$

$$\frac{P_\Gamma}{\rho g} = 20 - 8.114 - 1,5 \times \frac{0,95^2}{2g} \rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{\frac{P_\Gamma}{\rho g} = \underset{\text{ύψος πίεση (σε m)}}{(h_{P_\Gamma})} = 11.78 m}$$

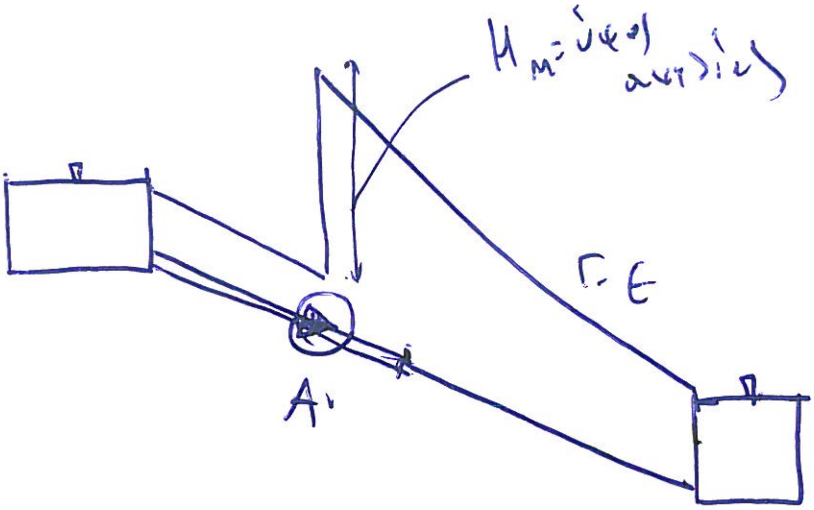
(σχετική πίεση γιατί θεώρησα $P_{atm} = 0$)



(στην π/ξη οι τοπικές απώλειες είναι μικρότερες σχέση με τις θεωρητικές)

(ούτε στην πράξη μετρούν οι όροι ταχύτητας μηχανικής [illegible] [illegible])

$$Π.Γ = Γ.Ε - \frac{V^2}{2g}$$



Στην πράξη δεν υπάρχουν οι αγωγοί με αυτές τις "ιδανικές ευθείες", ενώ η θεωρούμενη τραχύτητα περιλαμβάνει τις τοπικές απώλειες