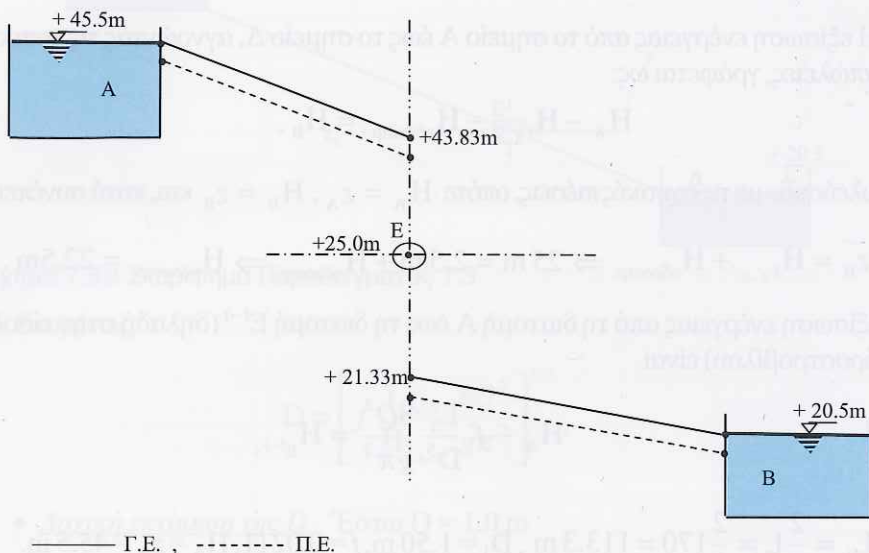


Επομένως, η σχετική πίεση κατάντι (δηλαδή στην έξοδο) του υδροστροβίλου είναι

$$p_{E^{(+)}} = -46.16 \text{ kPa} .$$



Σχήμα 7.51 Σκαρίφημα των Γ.Ε. και Π.Ε. (τοπικές απώλειες αμελητέες).

▣ Παράδειγμα 7.4

Από τη δεξαμενή Α τροφοδοτείται η δεξαμενή Β με παροχή νερού ίση με $Q = 0.22 \text{ m}^3/\text{s}$, μέσω δύο σωλήνων όπως φαίνεται στο Σχήμα 7.52. Εάν μεταξύ των δύο δεξαμενών παρεμβάλλεται υδροστροβίλος με συντελεστή απόδοσης ίσο με 0.65,

- 1) Υπολογίστε το μανομετρικό ύψος και την ισχύ του υδροστροβίλου που είναι εγκατεστημένος σε υψόμετρο $z_{\Gamma} = 15.00 \text{ m}$.
- 2) Σχεδιάστε σε σκαρίφημα τη ΓΕ και την ΠΓ και προσδιορίστε την υποπίεση στον υδροστροβίλο.

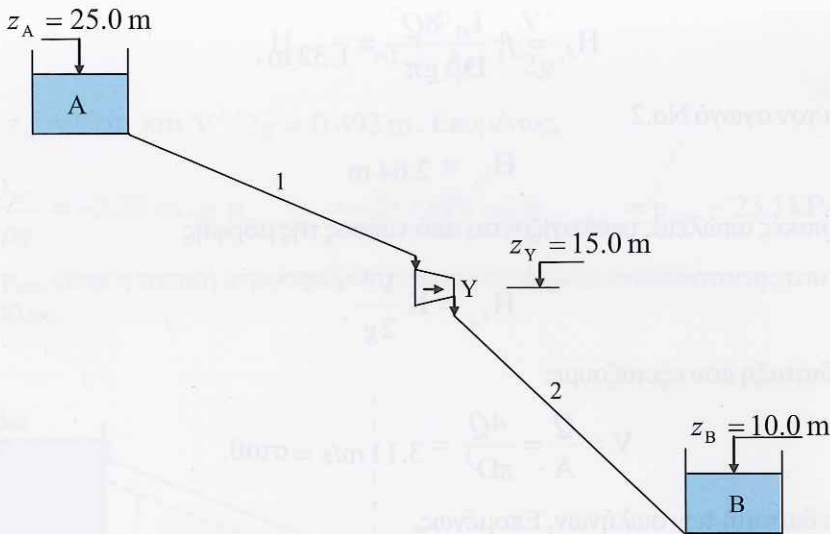
Κατά την επίλυση να ληφθούν υπόψη οι τοπικές απώλειες και να θεωρηθεί ότι ο συντελεστής τοπικών απωλειών του υδροστροβίλου είναι ίσος με 4.0.

Δίνονται:

$L_1 = 50\text{m}$, $D_1 = 300\text{mm}$, $\varepsilon_1 = 0.1\text{mm}$, $L_2 = 100\text{m}$, $D_2 = 300\text{mm}$, $\varepsilon_2 = 0.1\text{mm}$,
 $\nu = 1.15 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$.

Λύση

- 1) Εφαρμόζοντας την εξίσωση ενέργειας για ολόκληρο το σύστημα (δύο δεξαμενές, δύο σωλήνες, υδροστροβίλος) λαμβάνουμε



Σχήμα 7.52 Σκαρίφημα του Παραδείγματος 7.4.

$$H_A - H_{\ell_1} - H_{\text{υδροστρ.}} - H_{\ell_2} - H_{\ell_m} = H_B \quad (7.46)$$

α) Εργαζόμενοι με τη σχετική πίεση (μανομετρική πίεση, p_{gage}) συμπεραίνουμε ότι για τις δεξαμενές σταθερής στάθμης A και B (όπου $V_A^2/2g$, $V_B^2/2g$ είναι αμελητέες ποσότητες) έχουμε

$$H_A = z_A = 25 \text{ m}, \quad H_B = z_B = 10 \text{ m}.$$

β) Οι γραμμικές απώλειες σε κάθε σωλήνα υπολογίζονται από τη σχέση Darcy-Weisbach:

$$H_{\ell} = f \frac{L V^2}{D 2g} = f \frac{L 8Q^2}{D^5 g \pi^2},$$

όπου ο συντελεστής απωλειών f είναι συνάρτηση του αριθμού Reynolds και της σχετικής τραχύτητας του σωλήνα.

Στην περίπτωση του προβλήματος και για τους δύο αγωγούς ισχύει:

$$Re = \frac{VD}{\nu} = \frac{4Q}{\pi D \nu} = \frac{4(0.22) \text{ m}^3/\text{s}}{(3.14)(0.30 \text{ m})(1.15 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s})} = 8.12 \times 10^5,$$

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{0.1 \text{ mm}}{300 \text{ mm}} = 0.00033$$

και, επομένως, $f_1 = f_2 = 0.016$. Άρα, για τον αγωγό No.1

$$H_{\ell_1} = f_1 \frac{L_1}{D_1^5} \frac{8Q^2}{g\pi^2} = 1.32 \text{ m},$$

ενώ για τον αγωγό Νο.2

$$H_{\ell_2} = 2.64 \text{ m}$$

γ) Οι τοπικές απώλειες υπολογίζονται από τύπους της μορφής

$$H_{\ell_m} = K \frac{V^2}{2g}.$$

Στη διάταξη που εξετάζουμε:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{4Q}{\pi D^2} = 3.11 \text{ m/s} = \text{σταθ.}$$

σε κάθε διατομή των σωλήνων. Επομένως,

$$\begin{aligned} H_{\ell_m} &= \sum_i K_i \frac{V_i^2}{2g} = \left(K_{\text{εξοδ.}} + K_{\text{υδροστρ.}} + K_{\text{εισοδ.}} \right) \frac{V^2}{2g} = \\ &= (0.5 + 4.0 + 1.0) \frac{(3.11)^2}{2(9.81)} = 5.5 \times 0.493 \text{ m} = 2.71 \text{ m}. \end{aligned}$$

Επομένως, αντικαθιστώντας στην εξίσωση ενέργειας (7.46), βρίσκουμε ότι

$$H_{\text{υδροστρ.}} = (z_A - z_B) - H_{\ell_1} - H_{\ell_2} - H_{\ell_m} = 15 \text{ m} - 1.32 \text{ m} - 2.64 \text{ m} - 2.71 \text{ m} = 8.33 \text{ m}$$

Κατά συνέπεια, η ισχύς του υδροστροβίλου είναι

$$\begin{aligned} P_{\text{υδροστρ., πραγμ.}} &= \eta \gamma Q H_{\text{υδροστρ.}} \\ &= 0.65(9.81 \times 998) \frac{\text{N}}{\text{m}^3} \left(0.22 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right) 8.33 \text{ m} = 11.6 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{s}} = 11.6 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} = 11.66 \text{ kW}. \end{aligned}$$

2) Εφαρμόζοντας την εξίσωση ενέργειας έχουμε

$$H_A - \left(K_{\text{εξοδ.}} + K_{\text{υδροστρ.}} \right) \frac{V^2}{2g} - H_{\ell_1} - H_{\text{υδροστρ.}} = H_{N^+}.$$

Επομένως,

$$H_{N^+} = 25 \text{ m} - (2.22 + 1.32 + 8.33) \text{ m} = 13.13 \text{ m}.$$

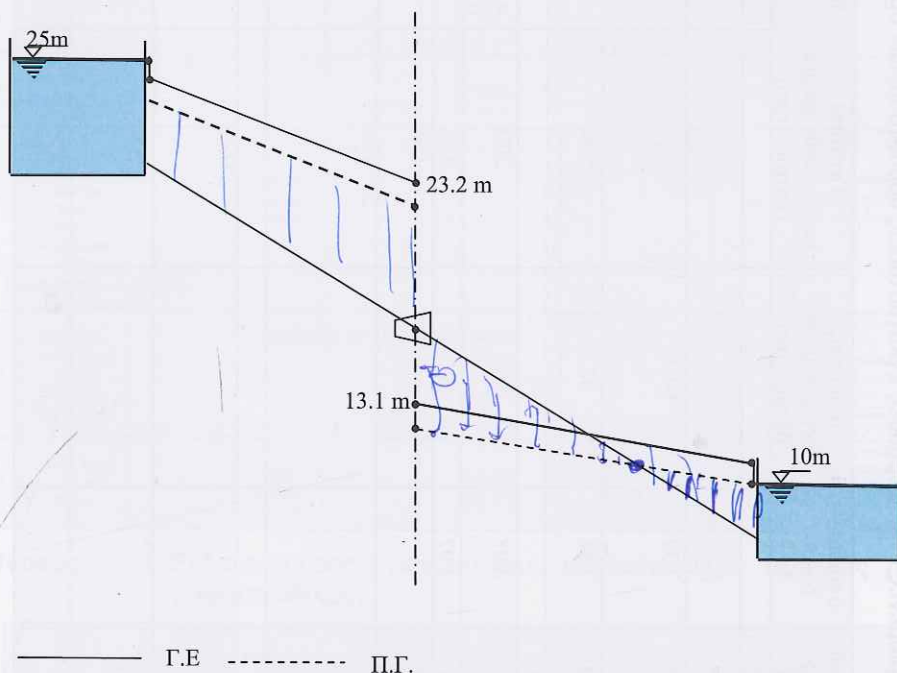
Για το ολικό ύψος ενέργειας στη διατομή εξόδου του υδροστροβίλου ισχύει

$$H_{N^+} = z_{N^+} + \frac{p_{N^+}}{\rho g} + \frac{V^2}{2g},$$

όπου $z_N = 15 \text{ m}$ και $V^2/2g = 0.493 \text{ m}$. Επομένως,

$$\frac{p_{N^+}}{\rho g} = -2.36 \text{ m} \Rightarrow p_{N^+, \text{σχετ.}} = -23.1 \text{ kPa} \Rightarrow p_{N^+, \text{απολ.}} = p_{\text{atm}} - 23.1 \text{ kPa},$$

όπου p_{atm} είναι η τοπική ατμοσφαιρική πίεση στο σημείο εγκατάστασης του υδροστροβίλου.



Σχήμα 7.53 Σκαρίφημα Γ.Ε. και Π.Γ. (συμπεριλαμβάνονται οι τοπικές απώλειες).

7.7 ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΥΣΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΩΝ

Στους Πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζονται ορισμένες ενδιαφέρουσες εγκαταστάσεις υδροστροβίλων. Συγκεκριμένα, στον Πίνακα 7.8 δίνονται επιλεγμένα τεχνικά χαρακτηριστικά υδροστροβίλων δράσης, στον Πίνακα 7.9 υδροστροβίλων τύπου Francis και στον Πίνακα 7.10 υδροστροβίλων αξονικής ροής (ελικοστροβίλων). Τέλος, στον Πίνακα 7.11 παρουσιάζεται μια συνοπτική σύγκριση των πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων των κυριότερων τύπων υδροστροβίλων που βρίσκονται σε χρήση.