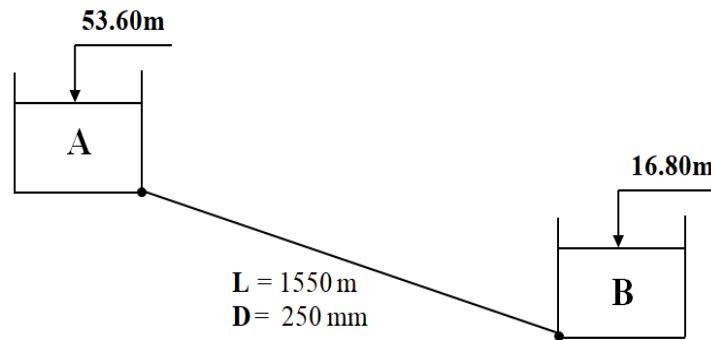


**ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΚΑΙ ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΕΡΓΑ και Τ. ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ**

**Άσκηση 1 (Μονάδες = 1.5)**

Υπολογίστε την παροχή που μεταφέρεται με το λείο σωλήνα του Σχήματος 1 από τη δεξαμενή Α στη δεξαμενή Β. Στη συνέχεια, υπολογίστε τη στάθμη στη δεξαμενή Β, αν αυξηθεί η διάμετρος του αγωγού σε 300 mm, ενώ η παροχή παραμένει ίδια.  
 Σημ. Αγνοείτε τις τοπικές απώλειες



**Σχήμα 1.** Σκαρίφημα υδραγωγείου

**Λύση**

1. Εφαρμόζουμε τη μέθοδο που περιγράφεται στο Κεφάλαιο 4.2.3 του βιβλίου, (σελ. 95).

$$Re \sqrt{f} = \sqrt{\frac{2gh_f}{L} \frac{D^{1.5}}{v}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 9.81 \text{ m/s}^2 \cdot 36.80 \text{ m}}{1550 \text{ m}} \frac{(0.250 \text{ m})^{1.5}}{1.1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}}} = 77558, \text{ όπου } h_f = 53.60 \text{ m} - 16.80 \text{ m} = 36.80 \text{ m}$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2.0 \log \left[ \frac{k_s/D}{3.7} + \frac{2.51}{Re \sqrt{f}} \right] = -2.0 \log \left[ \frac{0}{3.7} + \frac{2.51}{77558} \right] = 8.980$$

$$V = \frac{1}{\sqrt{f}} \sqrt{\frac{2gDh_f}{L}} = 9.032 \sqrt{\frac{2 \cdot 9.81 \text{ m/s}^2 \cdot 0.250 \text{ m} \cdot 36.80 \text{ m}}{1550 \text{ m}}} = 3.064 \text{ m/s και, τέλος,}$$

$$Q = V \cdot \frac{\pi D^2}{4} = 3.064 \text{ m/s} \cdot \frac{\pi (0.250 \text{ m})^2}{4} = \mathbf{0.150 \text{ m}^3/\text{s}}$$

2. Εξίσωση ενέργειας μεταξύ των δύο δεξαμενών

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{4Q}{\pi D^2} = \frac{4 \cdot 0.150 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi (0.300 \text{ m})^2} = 2.12 \text{ m/s } Re = \frac{VD}{v} = \frac{2.12 \text{ m/s} \cdot 0.300 \text{ m}}{1.1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}} = 578745 \text{ και } k_s/D \approx 0$$

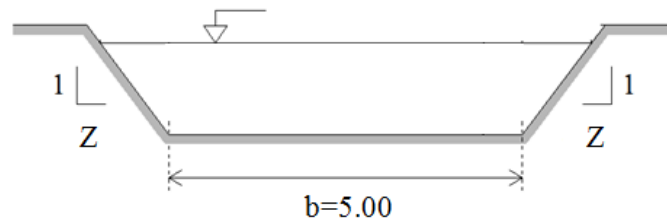
Από το διάγραμμα Moody ή από την εξ. Colebrook-White,  $f=0.0128$ .

$$\frac{V^2}{2g} = 0.23 \text{ m και } h_f = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} = 0.0128 \frac{1550 \text{ m}}{0.300 \text{ m}} 0.23 = 15.20 \text{ m}$$

$$z_B = 53.60 \text{ m} - 15.20 \text{ m} = \mathbf{38.40 \text{ m}}$$

## Άσκηση 2 (Μονάδες = 1.0)

Δίνεται ο αγωγός που φαίνεται στο Σχήμα 2 με κλίση πρανών 1:Z=1:2, ο οποίος έχει τραπεζοειδή διατομή, κλίση ίση με  $J_0=0.004$ , συντελεστή Manning  $n=0.025 \text{ s/m}^{1/3}$  και μεταφέρει παροχή ίση με  $Q=20.30 \text{ m}^3/\text{s}$ .



**Σχήμα 2.** Σκαρίφημα της διατομής του αγωγού χωρίς επένδυση

Εξετάστε αν η ροή είναι υπερκρίσιμη ή υποκρίσιμη.

### Λύση

Υπολογισμός του ομοιόμορφου βάρους ροής (Κεφ. 7.3-1. Υπολογίζουμε  $y_0=1.20 \text{ m}$ ).

Παράμετρος	Μονάδες	Δοκιμή 1	Δοκιμή 2	Δοκιμή 3
$y_0$	m	0.50	1.50	1.20
A	$\text{m}^2$	3.00	12.00	8.88
$\Pi$	m	7.24	11.71	10.37
R	m	0.41	1.02	0.86
$n Q J_0^{1/2}$	$\text{m}^{8/3}$	8.02	8.02	8.02
$AR^{2/3}$	$\text{m}^{8/3}$	1.67	12.20	8.01
Σφάλμα		79.2%	-52.0%	0.2%

Υπολογισμός του αριθμού Froude

Παράμετρος	Μονάδες	
y	m	1.20
A	$\text{m}^2$	8.88
T	m	9.80
D	m	0.91
V	m/s	2.29
F	-	0.77

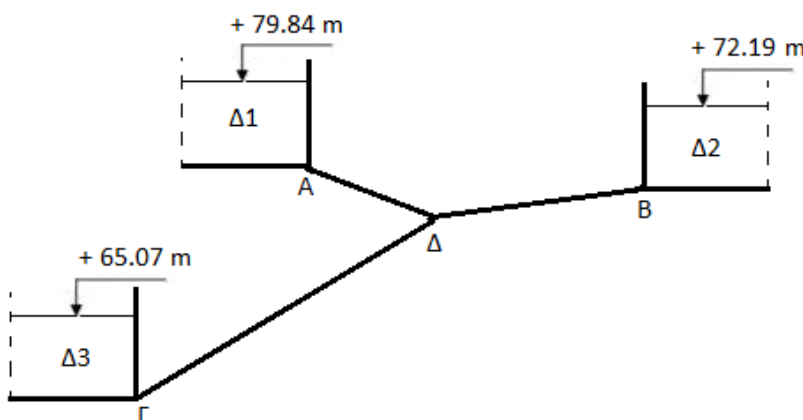
$F= 0.77 < 1.0$ . Υποκρίσιμη ροή.

**Τ. ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ**

**Άσκηση 1 (Μονάδες = 4.0)**

Αμελώντας τις τοπικές απώλειες ενέργειας στο σύστημα των τριών δεξαμενών Δ<sub>1</sub>, Δ<sub>2</sub> και Δ<sub>3</sub> του Σχήματος 1:

- υπολογίστε τις παροχές ( $\rho=1000 \text{ Kg/m}^3$  και  $\nu=1.1 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ )  $Q_1$ ,  $Q_2$  και  $Q_3$  των αγωγών ΑΔ ( $L=1300 \text{ m}$ ,  $D=0.400 \text{ m}$  και  $k_s=0.7 \text{ mm}$ ), ΒΔ ( $L=2000 \text{ m}$ ,  $D=1.000 \text{ m}$  και  $k_s=1.0 \text{ mm}$ ), και ΔΓ ( $L=3000 \text{ m}$ ,  $D=1.000 \text{ m}$  και  $k_s=0.9 \text{ mm}$ ), αντίστοιχα, και το ενεργειακό υψόμετρο του Δ, και
- χαράξτε τις γραμμές ενέργειας των τριών αγωγών.



**Σχήμα 1.** Σκαρίφημα υδραγωγείου

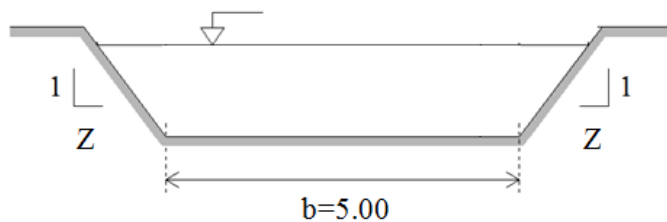
**Λύση**

Εφαρμόζουμε τη μέθοδο που περιγράφεται στο Κεφάλαιο 4.4.4 του βιβλίου, σελ. 122). Προκύπτει  $H_{\Delta}=70.0 \text{ m}$

Αγωγός	(ΑΔ)	(ΒΔ)	(ΔΓ)	Μονάδες
D	0.400	1.000	1.000	m
L	1300	2000	3000	m
Q	0.200	0.800	1.000	m <sup>3</sup> /s
A	0.126	0.785	0.785	m <sup>2</sup>
V	1.592	1.019	1.273	m/s
Re	578745	925992	1157490	-
k <sub>s</sub>	0.7	1.0	0.9	mm
k <sub>s</sub> /D	0.00175	0.00100	0.00090	-
f	0.0230	0.0200	0.0194	-
f <sub>new</sub>	0.0230	0.0200	0.0194	-
ΔH <sub>AB</sub>	9.84	2.19	4.93	m

## Άσκηση 2 (Μονάδες = 3.0)

Δίνεται ο αγωγός που φαίνεται στο Σχήμα 2 σε γαιώδες - χαλαρά αμμόδες έδαφος με κλίση εδάφους ίση με 0.004, ο οποίος έχει τραπεζοειδή διατομή, συντελεστή Manning  $n=0.025 \text{ s/m}^{1/3}$  και μεταφέρει παροχή ίση με  $Q=20.30 \text{ m}^3/\text{s}$ .



**Σχήμα 2.** Σκαρίφημα της διατομής του αγωγού χωρίς επένδυση

1. Εξετάστε αν η ροή είναι υπερκρίσιμη ή υποκρίσιμη.
2. Υπάρχει κίνδυνος διάβρωσης; Αν ναι, σχεδιάστε τον αγωγό με επένδυση τσιμεντοκονίας διατηρώντας το ίδιο πλάτος.
3. Υπάρχει κίνδυνος διάβρωσης ή καθίζησης φερτών στον επενδεδυμένο αγωγό

### Λύση

1. Υπολογισμός του ομοιόμορφου βάθους ροής (Κεφ. 7.3-1. Υπολογίζουμε  $y_o=1.20 \text{ m}$ ).

Παράμετρος	Μονάδες	Δοκιμή 1	Δοκιμή 2	Δοκιμή 3
$y_o$	m	0.50	1.50	1.20
A	$\text{m}^2$	3.00	12.00	8.88
Π	m	7.24	11.71	10.37
R	m	0.41	1.02	0.86
$n Q J_o^{1/2}$	$\text{m}^{8/3}$	8.02	8.02	8.02
$AR^{2/3}$	$\text{m}^{8/3}$	1.67	12.20	8.01
Σφάλμα		79.2%	-52.0%	0.2%

Υπολογισμός του αριθμού Froude

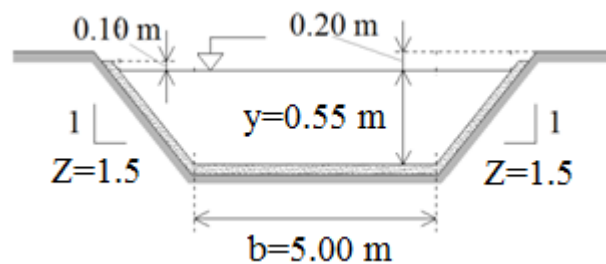
Παράμετρος	Μονάδες	
y	m	1.20
A	$\text{m}^2$	8.88
T	m	9.80
D	m	0.91
V	m/s	2.29
F	-	0.77

$F = 0.77 < 1.0$ . Υποκρίσιμη ροή.

2. Η ταχύτητα ροής είναι ίση με  $V=2.29 \text{ m/s} > 1.2 \text{ m/s}$ , οπότε υπάρχει κίνδυνος διάβρωσης της διατομής και πρέπει να επενδύσουμε τον αγωγό.

Σύμφωνα με τον Πίνακα 7.2-1, ο συντελεστής Manning για αγωγό επενδεδυμένο με τσιμεντοκονία είναι ίσος με  $n=0.013 \text{ s/m}^{1/3}$ . Εφαρμόζουμε τη μέθοδο που παρουσιάστηκε στο Κεφ.7.3-1 και υπολογίζουμε με δοκιμές το νέο βάθος ροής ίσο με 0.84 m.

Παράμετρος	Μονάδες	Δοκιμή 1	Δοκιμή 2	Δοκιμή 3
$y_o$	m	0.50	1.00	0.84
A	m <sup>2</sup>	3.00	7.00	5.61
Π	m	7.24	9.47	8.76
R	m	0.41	0.74	0.64
$n Q J_o^{1/2}$	m <sup>8/3</sup>	4.17	4.17	4.17
$AR^{2/3}$	m <sup>8/3</sup>	1.67	5.72	4.17
Σφάλμα		60.0%	-37.1%	0.0%
V	m/s			3.62



**Σχήμα 2.** Σκαρίφημα επενδεδυμένου αγωγού (θέλει διόρθωση το σχήμα)

Σημειώνεται ότι για λόγους ασφάλειας «αφήνουμε» πάνω από την υπολογιζόμενη επιφάνεια νερού ένα ελεύθερο ύψος ίσο με 0.20 m. Στον επενδεδυμένο αγωγό εφαρμόζουμε ένα πρόσθετο ύψος επένδυσης ίσο με 0.10 m.

3. Η νέα ταχύτητα ροής είναι ίση με  $V=3.62 \text{ m/s} < 4.5 \text{ m/s}$ , οπότε δεν υπάρχει κίνδυνος διάβρωσης της διατομής. Επιπλέον, δεν υπάρχει κίνδυνος καθίζησης των φερτών υλικών αφού  $V=3.2 \text{ m/s} > 0.60 \text{ m/s}$ .