

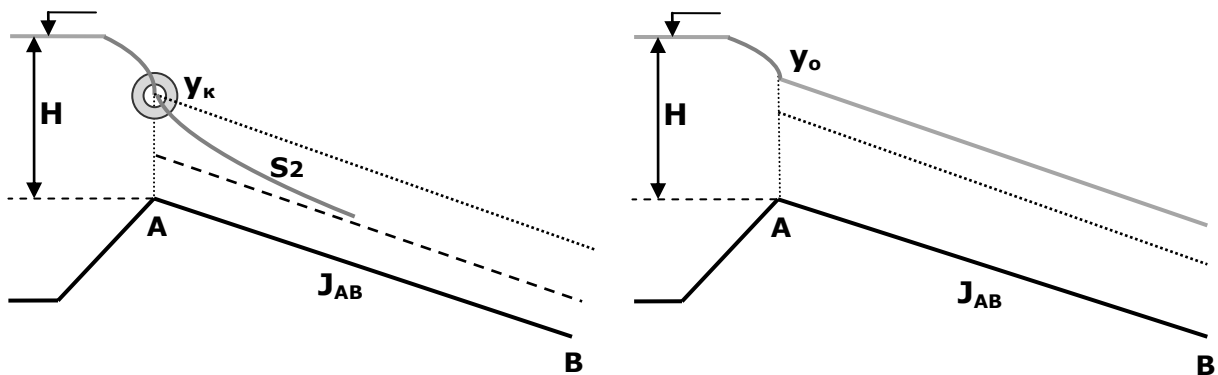
6 ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΑΝΟΜΟΙΟΜΟΡΦΗΣ ΡΟΗΣ

Εξετάζονται οι περιπτώσεις «εισόδου» από δεξαμενή σε διώρυγα, «εξόδου» από διώρυγα σε δεξαμενή και οι σχετικοί περιορισμοί μήκους των αγωγών. Προτείνονται διαδικασίες υπολογισμού σε όλα τα σχετικά προβλήματα, καθώς και αριθμητικά παραδείγματα.

6.1 Διώρυγα υδροδοτούμενη από δεξαμενή

6.1.1 Εισαγωγή

- Δεδομένα του προβλήματος (βλ. σχήμα):
 - Η διώρυγα AB είναι μεγάλου μήκους, ώστε να μην επηρεάζεται η είσοδος από τις κατάντη συνθήκες.
 - Η στάθμη H της ελεύθερης επιφάνειας θεωρείται σταθερή και ήρεμη.



- Η διατομή A είναι **διατομή ελέγχου**! Δύο περιπτώσεις βάθους και τρεις ροές:
 - Το **βάθος** στο **A** είναι **κρίσιμο** και η ροή στην AB **υπερκρίσιμη**.
 - Το **βάθος** στο **A** είναι **κρίσιμο** και η ροή στην AB **κρίσιμη**.
 - Το **βάθος** στο **A** είναι **ομοιόμορφο** και η ροή στην AB **υποκρίσιμη**.

- (91) →
$$H = y_A + \frac{Q^2}{2 \cdot g \cdot E(y_A)^2} + \frac{k \cdot Q^2}{2 \cdot g \cdot E(y_A)^2} \quad (751)$$

- Η διαδικασία υπολογισμού βασίζεται (βλ. 5.4.3) σε:
 - Υπόθεση εύστοχη για το βάθος ροής y_A , - **αναλόγως** της **τιμής** της J_{AB} .
 - Υπολογισμό του κρίσιμου βάθους - **παραλλαγή Πρόβλημα T2**, (συμπεριλαμβάνονται οι απώλειες ενέργειας μέσω του συντελεστή **k**).
 - Υπολογισμό του ομοιόμορφου βάθους - συνδυασμός Προβλημάτων **T6** και **T10** (συμπεριλαμβάνονται οι απώλειες ενέργειας μέσω του **k**).
 - Υπολογισμό της διερχόμενης παροχής - Πρόβλημα **T4**.
 - Επαλήθευση της υπόθεσης - Πρόβλημα **T14**

6.1.2 Υπολογισμός της διερχόμενης παροχής - Πρόβλημα **T26**

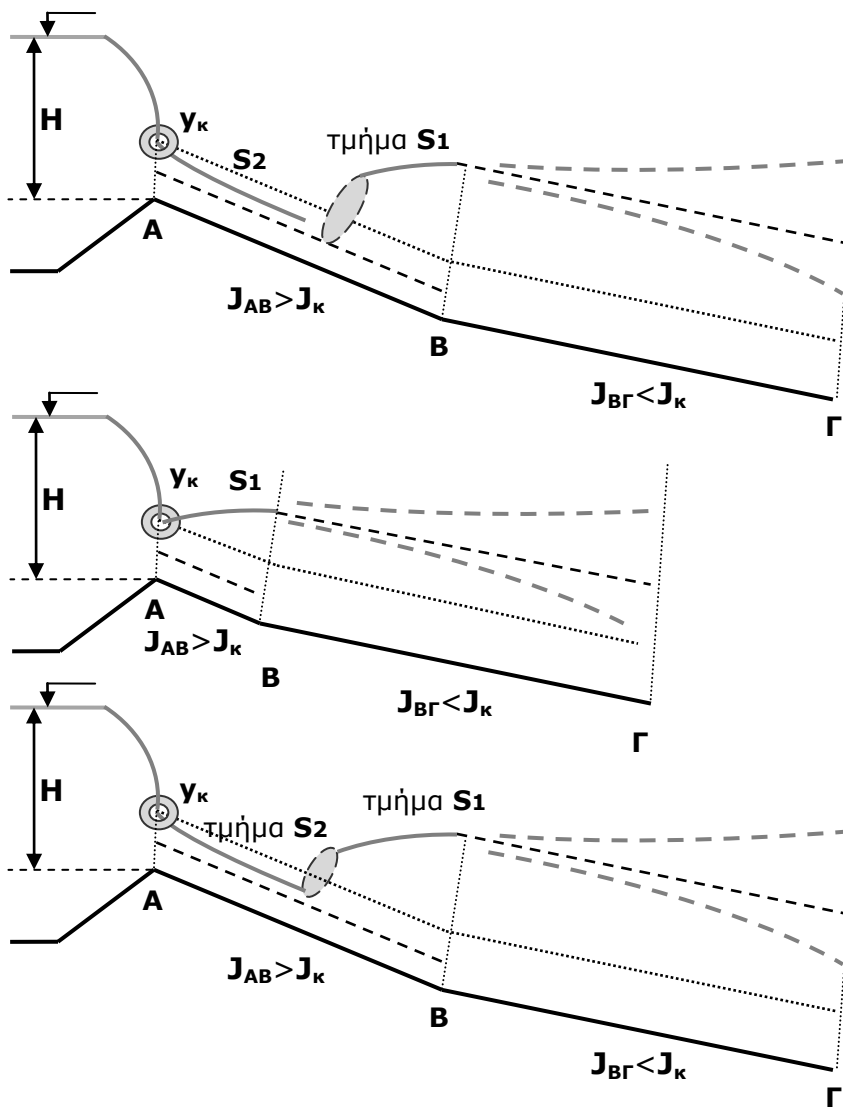
Πρώτος δρόμος υπόθεσης για το y_A - **εάν** η **τιμή** της J_{AB} μας **φαίνεται μεγάλη**:

- Υποθέτουμε ότι $y_A \equiv y_K$
- Υπολογίζουμε το κρίσιμο βάθος, αναλόγως της γεωμετρίας της διατομής:
 - Ορθογωνική με πλάτος b : $y_K = \frac{2}{3+k} \cdot H$ (752)
 - Τριγωνική συμμετρική με κλίση πρανών z : $y_K = \frac{4}{5+k} \cdot H$ (753)
 - Τριγωνική Μη -συμμετρική με κλίσεις πρανών z_1, z_2 : $y_K = \frac{4}{5+k} \cdot H$ (754)
 - Τραπεζοειδής συμμετρική με πλάτος b και κλίση πρανών z :
Το y_K είναι η θετική ρίζα της δευτεροβάθμιας εξίσωσης:
 $y_K^2 - K_1 \cdot y_K - K_2 = 0$ (755), όπου:
 $K_1 = \frac{4 \cdot z \cdot H - (3+k) \cdot b}{(5+k) \cdot z}$ (755α), $K_2 = \frac{2 \cdot b \cdot H}{(5+k) \cdot z}$ (755β),
 $\Delta = K_1^2 + 4 \cdot K_2$ (755γ) και $y_K = \frac{K_1 + \Delta^{1/2}}{2}$ (755δ)
 - Τραπεζοειδής Μη - συμμετρική με πλάτος b και κλίσεις πρανών z_1, z_2 :
Εφαρμόζουμε τις ως άνω σχέσεις, θέτοντας όπου z το μ.ο. $\bar{z} = \frac{z_1 + z_2}{2}$
 - Υπόλοιπες γεωμετρικές και φυσικές διατομές:
Εφαρμόζουμε δημιουργικά το Πρόβλημα **T2**!
- Υπολογίζουμε την παροχή, αναλόγως της γεωμετρίας της διατομής - Πρόβλημα **T4**.
- Υπολογίζουμε την κρίσιμη κλίση, αναλόγως της γεωμετρίας της διατομής - Πρόβλημα **T14**.
 - Εάν είναι: $J_{AB} > J_K \rightarrow$ Η **υπόθεση** είναι **ορθή**!
Η **ροή** στο **AB** είναι **υπερκρίσιμη**.
 - Εάν είναι: $J_{AB} = J_K \rightarrow$ Η **υπόθεση** είναι **ορθή**!
Η **ροή** στο **AB** είναι **κρίσιμη**.
 - Εάν είναι: $J_{AB} < J_K \rightarrow$ Η **υπόθεση** είναι **λανθασμένη**!
Αλλάζουμε υπόθεση!

- Προσοχή: Έχουμε δεχθεί ως προϋπόθεση ότι: <Η διώρυγα AB είναι μεγάλου μήκους, ώστε να μην επηρεάζεται η είσοδος από τις κατάντη συνθήκες> (βλ. 6.1.1). Σε σύνθετα προβλήματα η παραδοχή αυτή πρέπει να ελέγχεται!

Χαρακτηριστική περίπτωση είναι τον αγωγό AB να ακολουθεί αγωγός ΒΓ με υποκρίσιμη κλίση, οπότε εμφανίζεται υδραυλικό άλμα στη γειτονία του σημείου Β.

- Το **άλμα** εμφανίζεται **ανάντη** του Β



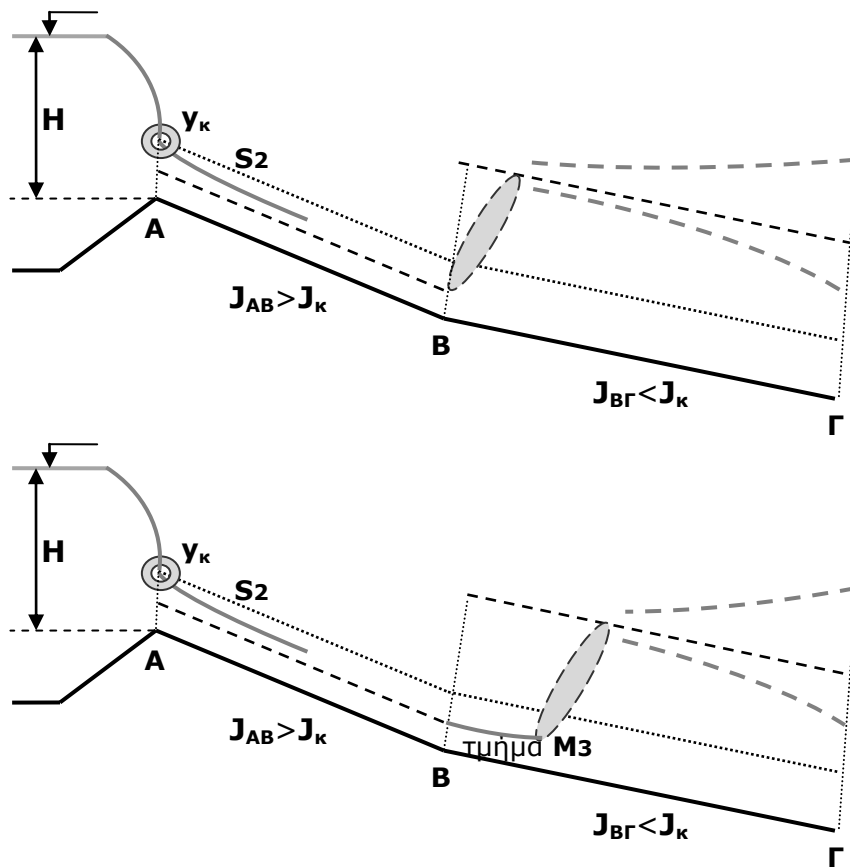
Το **ελάχιστο** μήκος του AB ώστε να εμφανίζεται **ροή με ομοιόμορφο βάθος** (σε αυτό) είναι το άθροισμα των μηκών της πλήρους **S1**, του τμήματος **S2** και του **άλματος**.

Η ακριβής θέση του άλματος προσδιορίζεται εύκολα.

Το **ελάχιστο** μήκος του AB ώστε να **μην επηρεάζεται η είσοδος** είναι το μήκος της πλήρους **S1**. **Δεν** εμφανίζεται **S2**, **ούτε** υδραυλικό **άλμα**.

Εάν το μήκος του AB έχει τιμή **μεταξύ** των δύο ως άνω ελαχίστων, τότε εμφανίζεται τμήμα **S2** και τμήμα **S1** και η ακριβής θέση του άλματος προσδιορίζεται με διαδοχικές προσεγγίσεις.

- Το άλμα εμφανίζεται **ακριβώς** στο **B**, ή **κατάντη του B**



Το **ελάχιστο** μήκος του AB ώστε να υλοποιείται η **περίπτωση** αυτή, **ταυτίζεται** με το **ελάχιστο** μήκος του AB ώστε να εμφανίζεται **ροή με ομοιόμορφο βάθος** (σε αυτό). Η ακριβής θέση του άλματος προσδιορίζεται εύκολα.

Δεύτερος δρόμος υπόθεσης για το y_A - εάν η τιμή της J_{AB} μας φαίνεται μικρή:

- Υποθέτουμε ότι $y_A \equiv y_{oAB}$
- Υπολογίζουμε το ομοιόμορφο βάθος, αναλόγως της γεωμετρίας της διατομής:

- $y_o = H - A \cdot R(y_o)^{4/3}$ (756), όπου: $A = \frac{(1+k) \cdot J_{AB}}{2 \cdot g \cdot n^2}$ (756a)

- Επιλέγουμε την 1^η τιμή εκκίνησης:

Ανεξαρτήτως γεωμετρίας (συνυπολογισμού ή όχι απωλειών):

$$y_{o1} = \frac{H}{1 + 0,4 \cdot A} \quad (756\beta)$$

- Υπολογίζουμε τη 2^η τιμή: $y_{o2} = H - A \cdot R(y_{o1})^{4/3}$ (756γ)

- Ελέγχουμε: $\frac{|y_{o2} - y_{o1}|}{y_{o1}} \leq 1\%$ (756δ)

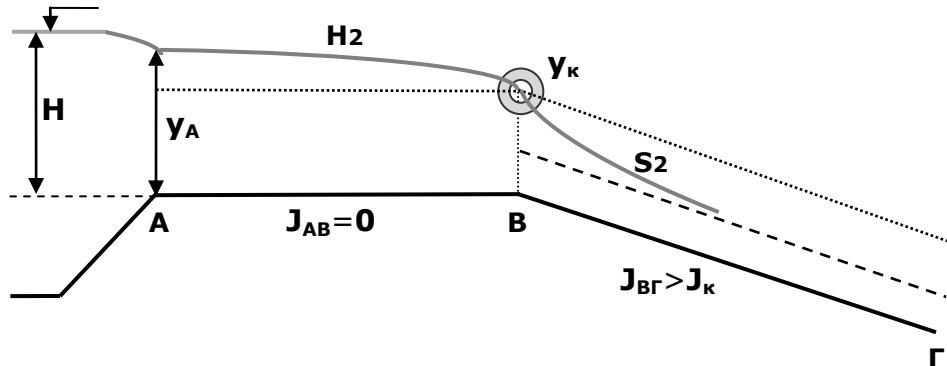
- Συνεχίζουμε με χρήση της (756γ), έως ότου ικανοποιηθεί η (756δ).

- $y_{o3} = H - A \cdot R(y_{o2})^{4/3}$ και $\frac{|y_{o3} - y_{o2}|}{y_{o2}} \leq 1\%$

- Υπολογίζουμε την παροχή, αναλόγως της γεωμετρίας της διατομής
– Πρόβλημα **Τ11**.
- Υπολογίζουμε το κρίσιμο βάθος, αναλόγως της γεωμετρίας της διατομής
– Πρόβλημα **Τ1**.
 - Εάν είναι: $y_k < y_o \rightarrow$ Η **υπόθεση** είναι **ορθή!**
Η **ροή** στο **AB** είναι **υποκρίσιμη**.
 - Εάν είναι: $y_k \geq y_o \rightarrow$ Η **υπόθεση** είναι **λανθασμένη!**
Αλλάζουμε υπόθεση!
- Προφανώς ο έλεγχος περιπτεύει, εάν προηγουμένως έχουμε υποθέσει και απορρίψει: $y_A \equiv y_k$! Αλλά ο υπολογισμός του y_k είναι ούτως ή άλλως χρήσιμος για τη συνέχεια της επίλυσης...
- Προσοχή: Έχουμε δεχθεί ως προϋπόθεση ότι: <Η διώρυγα AB είναι μεγάλου μήκους, ώστε να μην επηρεάζεται η είσοδος από τις κατάντη συνθήκες> (βλ. 6.1.1). Σε σύνθετα προβλήματα η παραδοχή αυτή πρέπει να ελέγχεται!
- Σημείωση: Είναι πιθανό οι διαστάσεις της διατομής του αγωγού να μην είναι δεδομένες, αλλά να σχεδιάζεται ως υδραυλικά βέλτιστη. Στην περίπτωση, αυτή είναι προφανές ότι, θα επιλέξουμε τον ως άνω 2^ο δρόμο $\mathcal{D}$.

6.1.3 Υπολογισμός της διερχόμενης παροχής σε οριζόντιο αγωγό

- Δεδομένα του προβλήματος (βλ. σχήμα):
 - ο Το τμήμα AB έχει μηδενική κλίση και πεπερασμένο (γνωστό) μήκος.
 - ο Ακολουθεί τμήμα ΒΓ με κλίση υπερκρίσιμη (ή κρίσιμη) και μεγάλο μήκος.



➤ Διαδικασία επίλυσης

- Επιλέγουμε την 1^η τιμή εκκίνησης

π.χ. για ορθογωνική διατομή: $y_{κ1} \approx \lambda \cdot y_{\kappa} = \frac{2}{3+k} \cdot H$ (752α) – (βλ. 6.1.2)

Σημείωση 1: Είναι προφανές ότι η επιλογή του $y_{κ1}$ συσχετίζεται με το μήκος του AB! Επειδή αυτό το μήκος είναι συνήθως μικρό λαμβάνουμε: $\lambda \approx 0,9$.

- Υπολογίζουμε την 1^η τιμή της παροχής

π.χ. για ορθογωνική διατομή: $Q_1 = (g \cdot b^2 \cdot y_{κ1}^3)^{1/2}$ (44) – (βλ. 5.4)

- Ολοκληρώνουμε την H_2 (βλ. 5.8) με αρχική τιμή $y_{κ1}$ και μήκος L_{AB} και υπολογίζουμε το βάθος y_{A1} .

Σημείωση 2: Επειδή το μήκος του AB είναι συνήθως μικρό, αρκεί 1 βήμα!

- Υπολογίζουμε 1^η τιμή της στάθμης: $H_1 = y_{A1} + \frac{(1+k) \cdot Q_1^2}{2 \cdot g \cdot b^2} \cdot \frac{1}{y_{A1}^2}$ (757)

- Ελέγχουμε τη σύγκλιση μεταξύ του H_1 και του δεδομένου H : $\frac{|H - H_1|}{H} \leq 2\%$

- Επιλέγουμε κατάλληλα τη 2^η τιμή $y_{κ2}$ και επαναλαμβάνουμε τη διαδικασία, έως ότου επιτύχουμε ικανοποιητική σύγκλιση μεταξύ των H_v και H .

- Σημείωση 3: Η διαδικασία επίλυσης είναι δυνατό να γενικευθεί με δημιουργική προσέγγιση σε οιαδήποτε μορφή διατομής και υπερκρίσιμη ή υποκρίσιμη κλίση στο τμήμα ΒΓ.

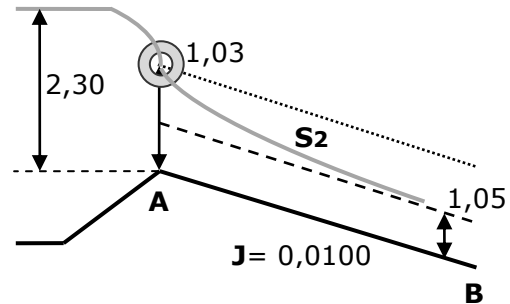
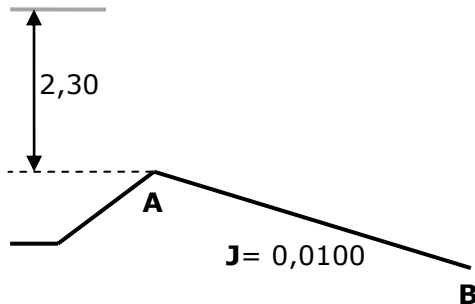
6.1.4 Αριθμητικό παράδειγμα – Αγωγός με υπερκρίσιμη κλίση

Αγωγός AB, μεγάλου μήκους, με κατά μήκος κλίση $J = 0,0100$ τροφοδοτείται από δεξαμενή, όπου είναι $H_A = 2,30$ m με παροχή Q , όπως φαίνεται στο σχήμα.

Ο αγωγός σχεδιάζεται με ορθογωνική διατομή με πλάτος $b = 4,00$ m και συντελεστή Manning $n = 0,017$.

Ζητείται να υπολογιστούν, με συντελεστή απωλειών εισόδου $k = 0,45$:

1. Η παροχή Q του αγωγού.
2. Το ελάχιστο μήκος L του αγωγού, ώστε να εμφανιστεί ροή με ομοιόμορφο βάθος.
3. Η κλίση J^* , ώστε η παροχή να είναι η μέγιστη δυνατή.



- Υπολογισμός της παροχής Q - Πρόβλημα **T26**:
 - ο Μεγάλη κλίση πυθμένα $J \rightarrow$ Υποθέτουμε ότι $y_A \equiv y_K$: (752) $\rightarrow y_K = 1,333$ m.
 - ο Πρόβλημα **T4**: (44) $\rightarrow Q = 19,29$ m³/s.
 - ο Πρόβλημα **T14**: (103) $\rightarrow J_K = 0,0051$.
 - ο Έλεγχος: $J > J_K \rightarrow$ Η υπόθεση είναι ορθή, η ροή στο AB είναι υπερκρίσιμη.
 - ο Άρα: $Q = 19,29$ m³/s και $y_K = 1,33$ m.
- Υπολογισμός του βάθους ομοιόμορφης ροής y_o - Πρόβλημα **T10**:

Q [m ³ /s]	b [m]	n	J	C_o	Φ_{o1}
19,29	4,00	0,017	0,0100	3,27930	0,08134

y_{o1} [m]	y_{o2} [m]	δy_o [%]	y_o [m]	ροή
1,03821	1,04922	+1,06 ✓	1,05	υπερκρίσιμη ✓

Σημείωση 1: ο έλεγχος $y_K > y_o$ δεν είναι <εδώ> απαραίτητος, απλώς επιβεβαιώνει τον παραπάνω.

- Ολοκλήρωση της κατατομής **S2 – ABBO**
 $y_A = y_o = 1,05$ m και $y_B = y_K = 1,33$ m. – **1** βήμα

y	E	Π	R	V	HE	JE	Δx	X	L
1,05	4,2	6,10	0,69	4,59	2,1251	0,01003			
1,33	5,32	6,66	0,80	3,63	2,0001	0,00513	51,60	51,60	51,60

Σημείωση 2: ολοκλήρωση με 20 συμμετρικά βήματα δίνει 51,64! $\mathcal{D}_p$

Προσοχή: Η υπερκρίσιμη ροή ελέγχεται από τα ανάντη και περιλαμβάνει την πιθανότητα εμφάνισης υδραυλικού άλματος κατάντη, το οποίο θα εμφανιστεί σε θέση, η οποία εξαρτάται από τις κατάντη συνθήκες (βλ. 6.1.2 και Κεφάλαιο 7).

- Η μέγιστη παροχή εμφανίζεται όταν: $J = J_K$ και παραμένει αμετάβλητη για $J > J_K$!

- **Προσοχή:** Εάν είχαμε κάνει λανθασμένη υπόθεση, θα είχε προκύψει:

- ο Υποθέτουμε ότι $y_A \equiv y_{oAB}$.

H [m]	b [m]	n	J ₁	k	A	y _{oi} [m]	R _{oi} [m]	y _{oi+1} [m]	δy _o [%]
2,30	4,00	0,017	0,0100	0,45	2,55724	2,0700	1,0172	-0,3161	n/a

Προφανώς καταλήγουμε σε μη αποδεκτή (αρνητική) τιμή του y_{o2} , αλλά τούτο δεν συμβαίνει πάντοτε!

Γενικώς απαιτείται να ολοκληρώσουμε τη διαδικασία υπολογισμού και ελέγχου.

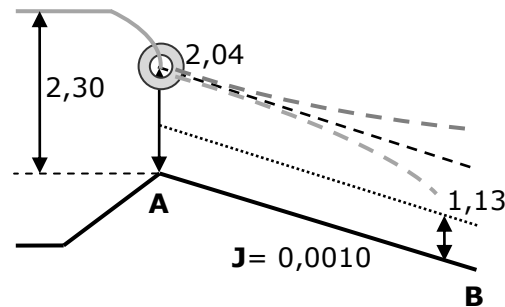
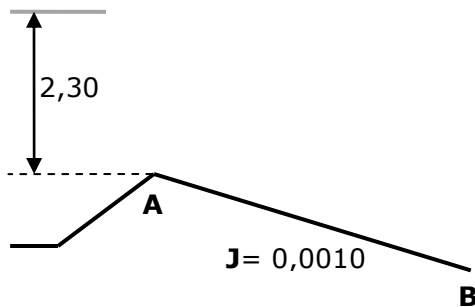
6.1.5 Αριθμητικό παράδειγμα – Αγωγός με υποκρίσιμη κλίση

Αγωγός AB, μεγάλου μήκους, με κατά μήκος κλίση $J = 0,0010$ τροφοδοτείται από δεξαμενή, όπου είναι $H_A = 2,30$ m με παροχή Q , όπως φαίνεται στο σχήμα.

Ο αγωγός σχεδιάζεται με ορθογωνική διατομή με πλάτος $b = 4,00$ m και συντελεστή Manning $n = 0,017$.

Ζητείται να υπολογιστεί, με συντελεστή απωλειών εισόδου $k = 0,45$:

1. Η παροχή Q του αγωγού.
2. Να συγκριθεί η ως άνω παροχή με αυτή του αριθμητικού παραδείγματος 6.1.4



- Υπολογισμός της παροχής Q - Πρόβλημα **T26**:

- ο Μικρή κλίση πυθμένα $J \rightarrow$ Υποθέτουμε ότι $y_A \equiv y_{oAB}$.

H [m]	b [m]	n	J ₁	k	A	y _{oi} [m]	R _{oi} [m]	y _{oi+1} [m]	δy _o [%]
2,30	4,00	0,017	0,0010	0,45	0,25572	2,08657	1,02118	2,03703	-2,37
						2,03703	1,00917	2,04114	+0,20✓

- ο Πρόβλημα **T11**: (102) $\rightarrow Q = 15,11$ m³/s.
- ο Πρόβλημα **T1**: (14) $\rightarrow y_k = 1,13$ m.
- ο Έλεγχος: $y_o > y_k \rightarrow$ Η υπόθεση είναι ορθή, η ροή στο AB είναι υποκρίσιμη.
- ο Άρα: $Q = 15,11$ m³/s, $y_o = 2,04$ m. και $y_k = 1,13$ m.

Προσοχή 1: Η παροχή, η οποία υπολογίστηκε: $Q = 15,11$ m³/s είναι, όπως είναι αναμενόμενο, μικρότερη από αυτή στο 6.1.4: $Q = 19,29$ m³/s

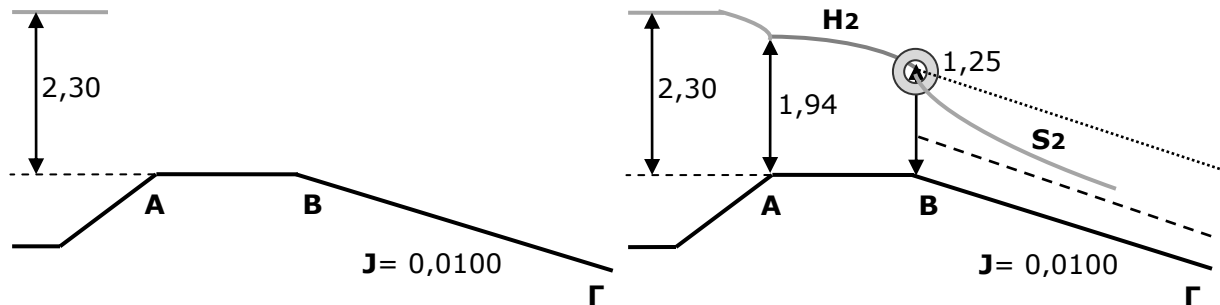
Προσοχή 2: Η υποκρίσιμη ροή ελέγχεται από τα κατάντη. Από το βάθος $y_A \equiv y_{oAB}$ γενικώς αρχίζει κατατομή προσαρμογής **M1** ή **M2** (ή τμήματός τους).

- **Προσοχή:** Εάν είχαμε κάνει λανθασμένη υπόθεση, θα είχε προκύψει:
 - Υποθέτουμε ότι $y_A \equiv y_K$: (752) $\rightarrow y_K = 1,333$ m.
 - Πρόβλημα **T4**: (44) $\rightarrow Q = 19,29$ m³/s.
 - Πρόβλημα **T14**: (103) $\rightarrow J_K = 0,0051$.
 - Έλεγχος: $J < J_K \rightarrow$ Η υπόθεση είναι λανθασμένη, η ροή στο AB είναι υποκρίσιμη.

6.1.6 Αριθμητικό παράδειγμα – Αγωγός οριζόντιος + αγωγός με υπερκρίσιμη κλίση

Αγωγός AB με **μηδενική** κατά μήκος **κλίση** και μήκος **L= 100 m**, τροφοδοτείται από δεξαμενή, όπου είναι **H_A= 2,30 m** με παροχή **Q**, όπως φαίνεται στο σχήμα και ακολουθείται από αγωγό ΒΓ, με κατά μήκος κλίση **J_{BΓ}= 0,0100**. Οι αγωγοί σχεδιάζονται με ορθογωνική διατομή πλάτους **b= 4,00 m** και συντελεστή Manning **n= 0,017**.

Ζητείται να υπολογιστεί Η παροχή **Q** του αγωγού, με συντελεστή απωλειών εισόδου **k= 0,45**.



• Υπολογισμός της παροχής Q - Πρόβλημα **T26**:

- Υποθέτουμε ότι: $y_{k1} \approx 0,9 \cdot \frac{2}{3+k} \cdot H$, (752a) $\rightarrow y_{k1} \approx 1,20$ m.
- Πρόβλημα **T4**: (44) $\rightarrow Q_1 = 16,47$ m³/s.
- Ολοκληρώνουμε – 1 βήμα την **H2** με **y_A= 1,20 m = y_{k1}** και **L= 100 m**.

y ₁	E	Π	R	V	H _E	J _E	C ₁₋₂	Δx
1,2000	4,800	6,400	0,750	3,431	1,8001	2,5E-01	2,050	100

y _{2i}	E	Π	R	V	H _E	J _E	C _{2i}	ΔC%	y ₂	Δx
1,8001	7,200	7,600	0,947	2,287	2,067	8,1E-02	1,985	-3,13	1,8565	100
1,8565	7,426	7,713	0,963	2,218	2,107	7,5E-02	2,032	-0,84	1,87	

- Υπολογίζουμε την 1^η τιμή της στάθμης: (757) $\rightarrow H_1 = 2,228$ m.
- Ελέγχουμε τη σύγκλιση: $H_1 = 2,228$ m, (757) $\rightarrow \Delta H_1 = 3,11\%$.
- Διορθώνουμε: $y_{k2} \approx 1,25$ m.
- Πρόβλημα **T4**: (44) $\rightarrow Q_2 = 17,51$ m³/s.
- Ολοκληρώνουμε – 1 βήμα την **H2** με **y_A= 1,25 m = y_{k1}** και **L= 100 m**.

y ₁	E	Π	R	V	H _E	J _E	C ₁₋₂	Δx
1,2500	5,000	6,500	0,769	3,502	1,8751	2,5E-01	2,127	100

y _{2i}	E	Π	R	V	H _E	J _E	C _{2i}	ΔC%	y ₂	Δx
1,8751	7,500	7,750	0,968	2,335	2,153	8,2E-02	2,071	-2,63	1,9244	100
1,9244	7,698	7,849	0,981	2,275	2,188	7,7E-02	2,111	-0,71	1,94	

- Υπολογίζουμε τη 2^η τιμή της στάθμης: (757) $\rightarrow H_2 = 2,316$ m.
- Ελέγχουμε τη σύγκλιση: $H_2 = 2,304$ m, (757) $\rightarrow \Delta H_2 = -0,71\%$ ✓
- Άρα στρογγυλεύοντας: **Q= 17,50 m³/s**, **y_A= 1,94 m** και **y_k ≡ y_B= 1,25 m**.

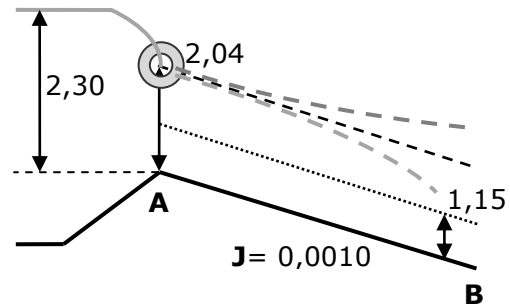
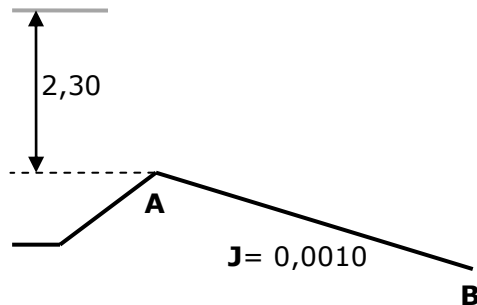
6.1.7 Αριθμητικό παράδειγμα – Αγωγός με υποκρίσιμη κλίση + σχεδιασμό διατομής

Αγωγός AB, μεγάλου μήκους, με κατά μήκος κλίση $J = 0,0010$ τροφοδοτείται από δεξαμενή, όπου είναι $H_A = 2,30$ m με παροχή Q , όπως φαίνεται στο σχήμα.

Ο αγωγός σχεδιάζεται με βέλτιστη ορθογωνική διατομή και συντελεστή Manning $n = 0,017$.

Ζητείται να υπολογιστεί, με συντελεστή απωλειών εισόδου $k = 0,45$:

1. Η παροχή Q του αγωγού.
2. Να συγκριθεί η ως άνω παροχή με αυτή του αριθμητικού παραδείγματος 6.1.5



- Υπολογισμός της παροχής Q - Πρόβλημα **T26**:

- ο Μικρή κλίση πυθμένα $J \rightarrow$ Υποθέτουμε ότι $y_A \equiv y_{oAB}$.
- ο Βέλτιστη ορθογωνική διατομή $\rightarrow b_i = 2 \cdot y_{oi} \rightarrow R_i = 0,5 \cdot y_{oi}$ (πίνακας Σ2)

H [m]	n	J_1	k	A	y_{oi} [m]	R_{oi} [m]	y_{oi+1} [m]	δy_o [%]
2,30	0,017	0,0010	0,45	0,25572	2,08657	1,04328	2,02941	-2,73
					2,02941	1,01471	2,03925	+0,482,03703 ✓

- ο Πρόβλημα **T11**: (102) $\rightarrow Q = 15,66 \text{ m}^3/\text{s}$.
- ο Πρόβλημα **T1**: (14) $\rightarrow y_k = 1,15 \text{ m}$.
- ο Έλεγχος: $y_o > y_k \rightarrow$ Η υπόθεση είναι ορθή, η ροή στο AB είναι υποκρίσιμη.
- ο Άρα: $Q = 15,66 \text{ m}^3/\text{s}$, $y_o = 2,04 \text{ m}$. και $y_k = 1,15 \text{ m}$.

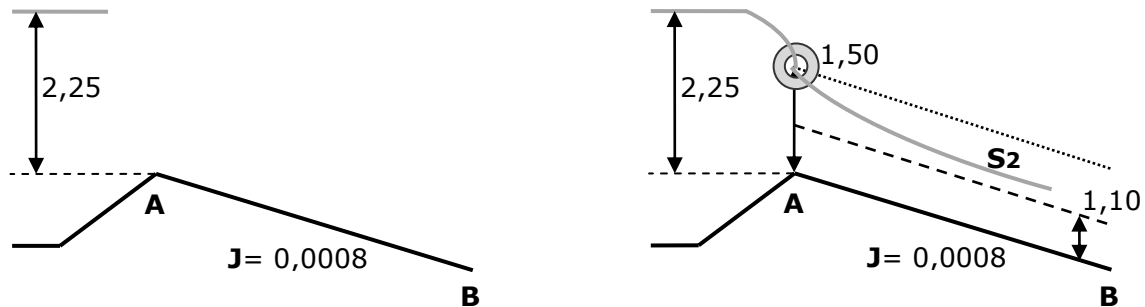
Προσοχή 1: Η παροχή, η οποία υπολογίστηκε: $Q = 15,66 \text{ m}^3/\text{s}$ είναι, όπως είναι αναμενόμενο, **μεγαλύτερη** από αυτή στο 6.1.5: $Q = 15,11 \text{ m}^3/\text{s}$.

6.1.8 Αριθμητικό παράδειγμα – υπολογισμός πλάτους

Αγωγός AB, μεγάλου μήκους, με κατά μήκος κλίση $J = 0,008$ τροφοδοτείται από δεξαμενή, όπου είναι $H_A = 2,25$ m με παροχή $Q = 25,9$ m³/s, όπως φαίνεται στο σχήμα. Ο αγωγός σχεδιάζεται με ορθογωνική διατομή με πλάτος b και συντελεστή Manning $n = 0,014$.

Ζητείται να υπολογιστούν:

1. Το πλάτος b , αμελώντας τις απώλειες εισόδου.
2. Το βάθος ομοιόμορφης ροής στον αγωγό.



- Υπολογισμός του πλάτους b - Πρόβλημα **T26 (παλλαγή A)**:
 - Μεγάλη κλίση πυθμένα $J_{AB} \rightarrow$ Υποθέτουμε ότι $y_A \equiv y_{KAB}: (752) \rightarrow y_K = 1,50$ m
 - Πρόβλημα **T4**: (44) $\rightarrow b = \frac{Q}{(g \cdot y_K^3)^{1/2}} \rightarrow b = 4,50$ m.
 - Πρόβλημα **T14**: (103) $\rightarrow J_K = 0,0033$.
 - Έλεγχος: $J > J_K \rightarrow$ Η υπόθεση είναι ορθή, η ροή στο AB είναι υπερκρίσιμη.
 - Άρα: $b = 4,50$ m και $y_K = 1,50$ m.
- Υπολογισμός του βάθους ομοιόμορφης ροής y_o - Πρόβλημα **T10**:

Q [m ³ /s]	b [m]	n	J	C_o	Φ_{o1}
25,9	4,50	0,014	0,008	4,05399	0,07345

y_{o1} [m]	y_{o2} [m]	δy_o [%]	y_{o1} [m]	ροή
1,08129	1,09894	+1,63 ✓	1,10 < 1,50	υπερκρίσιμη

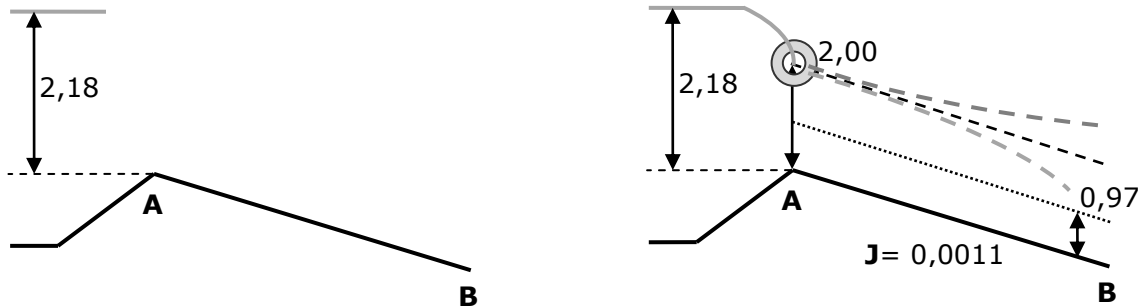
Σημείωση 1: ο έλεγχος $y_K > y_o$ δεν είναι <εδώ> απαραίτητος, απλώς επιβεβαιώνει τον παραπάνω.

6.1.9 Αριθμητικό παράδειγμα – υπολογισμός κατά μήκος κλίσης

Αγωγός AB, μεγάλου μήκους, με κατά μήκος κλίση **J** τροφοδοτείται από δεξαμενή, όπου είναι **H_A = 2,18 m** με παροχή **Q = 18,0 m³/s**, όπως φαίνεται στο σχήμα. Ο αγωγός σχεδιάζεται με ορθογωνική διατομή με πλάτος **b = 6,0 m** και συντελεστή Manning **n = 0,025**.

Ζητείται να υπολογιστούν:

1. Η κατά μήκος κλίση **J**, με συντελεστή απωλειών στην είσοδο **k = 0,57**.
2. Το βάθος ομοιόμορφης ροής στον αγωγό.



- Υπολογισμός της κλίσης J - Πρόβλημα **T26 (παράλλαγή B)**:
 - Υποθέτουμε υποκρίσιμη κλίση πυθμένα **J_{AB}** → Υποθέτουμε ότι **y_A ≡ y_{oAB}**
 - Υπολογισμός του κρίσιμου βάθους – Πρόβλημα **T1** (14) → **y_κ = 0,97168 m**.
 - Υπολογισμός του υποκρίσιμου βάθους y_A - Πρόβλημα **T4 (παράλλαγή)**:

Σημείωση 1: Πρέπει να συμπεριλάβουμε τις απώλειες. Δηλαδή να χρησιμοποιήσουμε την **(751)** και όχι την (3)!

$$(751) \rightarrow H = y_A + \frac{(1+k) \cdot Q^2}{2 \cdot g \cdot b_1^2 \cdot y_A^2} \rightarrow H_E = y_A + \frac{A_1}{y_A^2} \rightarrow A_1 = 0,72018.$$

Q [m ³ /s]	H _E [m]	b [m]	y _κ [m]	A ₁ [m ³]	y _κ / H _E
18,00	2,18	6,00	0,97168	0, 0,72018	0,44573

α ₂	Y ₂₁ [m]	Y ₂₂ [m]	δ Y ₂ [%]	Y ₂₃ [m]	δ Y ₃ [%]	Y ₂ [m]
0,95213	2,07565	2,01284	-3,03	2,00224	-0,53 ✓	2,00 > 0,97 ✓

→ **y_A ≡ y_{oAB} = 2,00 m**.

- Υπολογισμός της κλίσης J - Πρόβλημα **T11**: (103) → **J = 0,0011**.

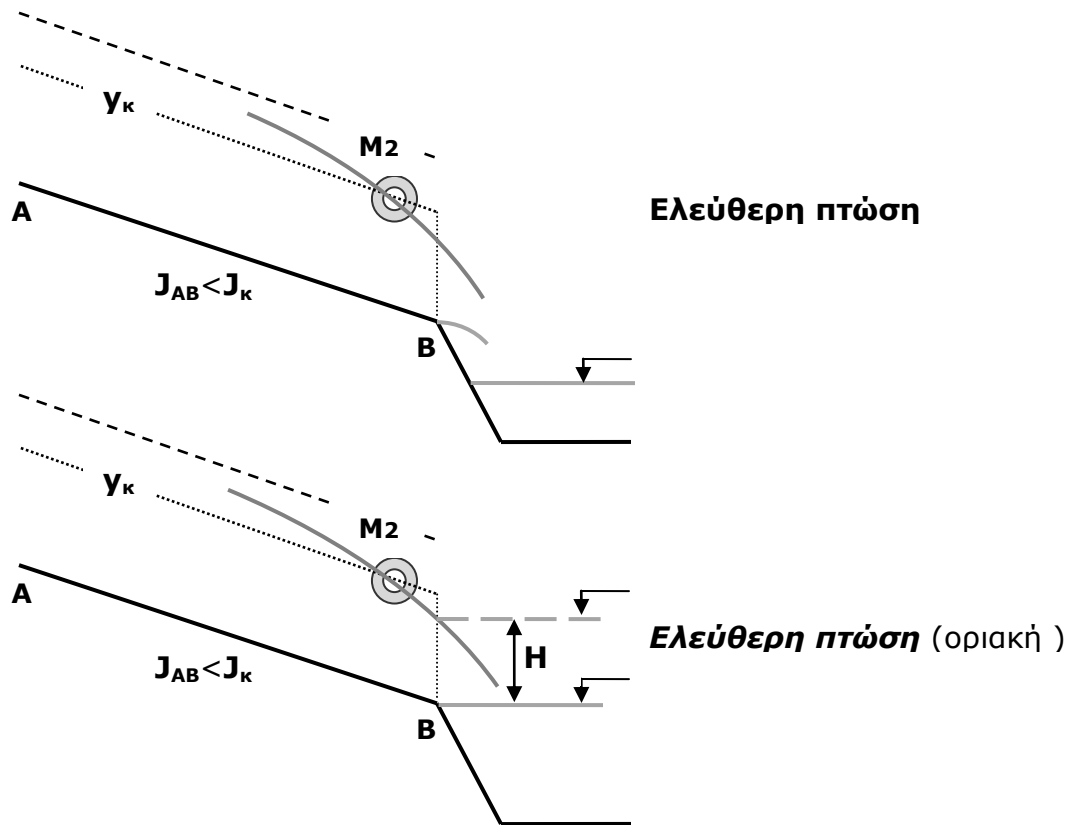
Σημείωση2: Εάν είχαμε υποθέσει ότι y_A = y_κ, τότε (752) → H = 1,73 ≠ 2,18!

6.2 Εκροή διώρυγας σε δεξαμενή

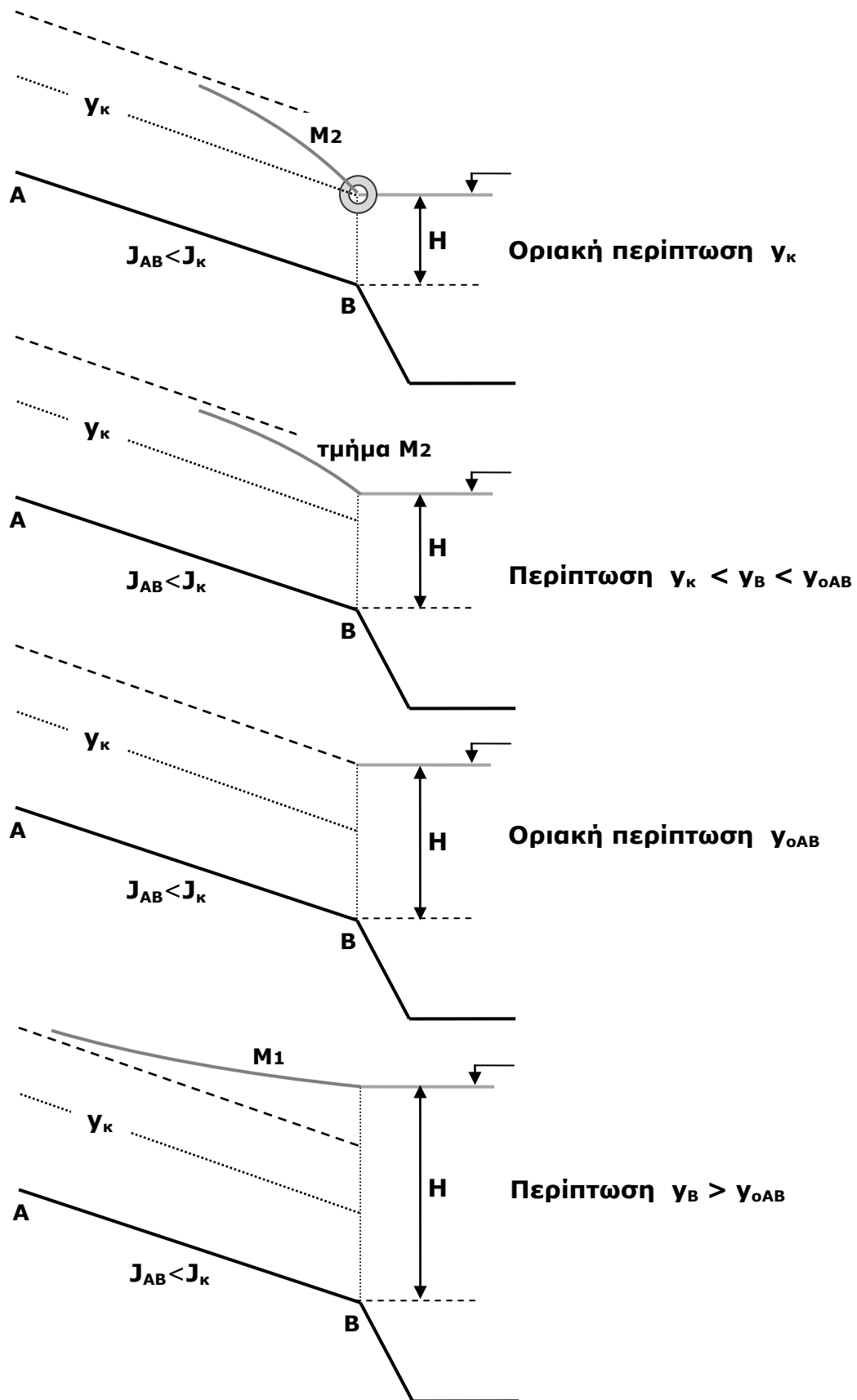
6.2.1 Εισαγωγή

- Δεδομένα του προβλήματος (βλ. σχήμα):
 - Η διώρυγα AB είναι μεγάλου μήκους, ώστε να μην επηρεάζεται η είσοδος από τις ανάντη συνθήκες.
 - Η στάθμη H της ελεύθερης επιφάνειας θεωρείται σταθερή και ήρεμη.
- Η διατομή B είναι, σε κάποιες περιπτώσεις, **διατομή ελέγχου**!

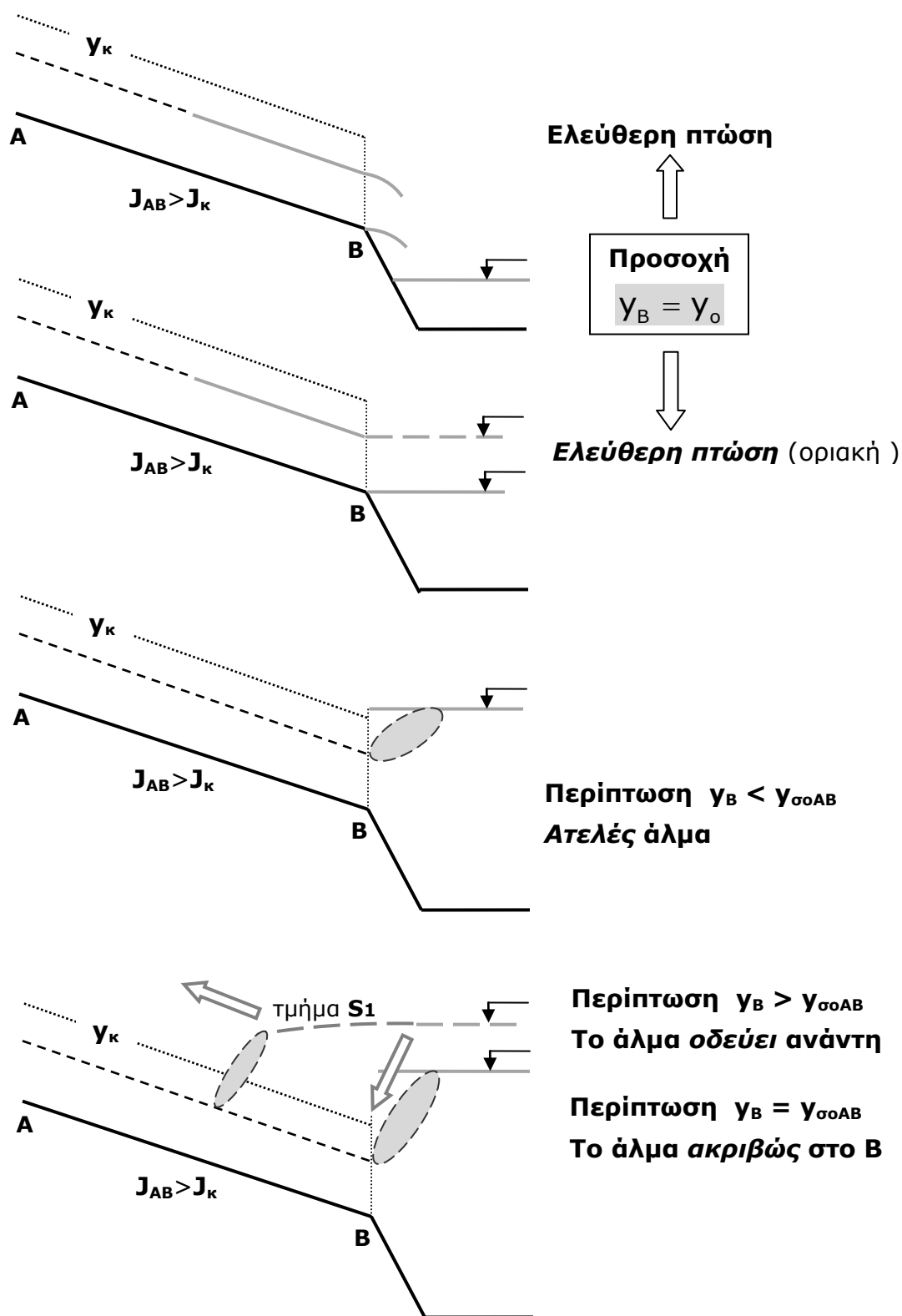
6.2.2 Χαρακτηριστικές περιπτώσεις - Υποκρίσιμη κλίση (βλ. σχήματα)



Είναι (βλ. 2.11.4): $y_B \approx 0,715 \cdot y_k$ (95) και $L_{\text{μετατοπισης}} = 3 \cdot y_k \sim 4 \cdot y_k$ (95a)



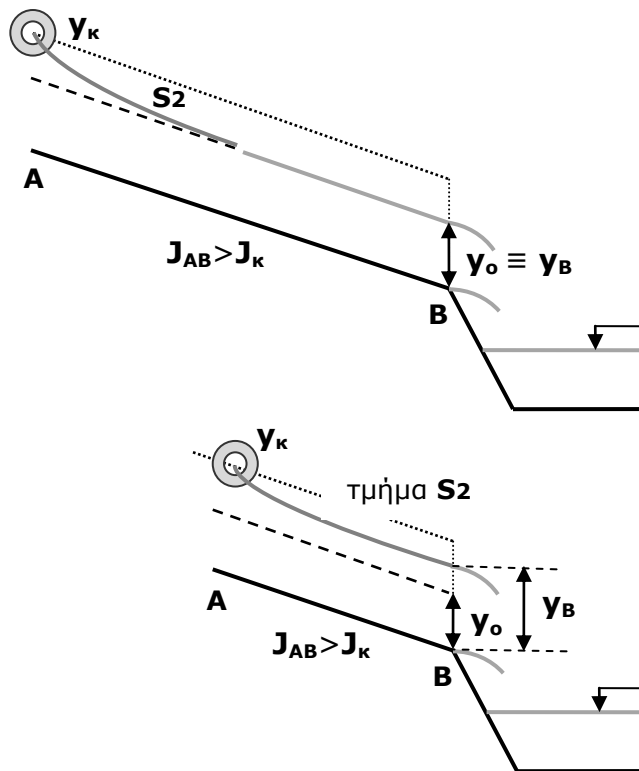
6.2.3 Χαρακτηριστικές περιπτώσεις - Υπερκρίσιμη κλίση (βλ. σχήματα)



6.2.4 Υπολογισμός παροχής σε ελεύθερη πτώση (βλ. σχήματα 6.2.2 και 6.2.3)

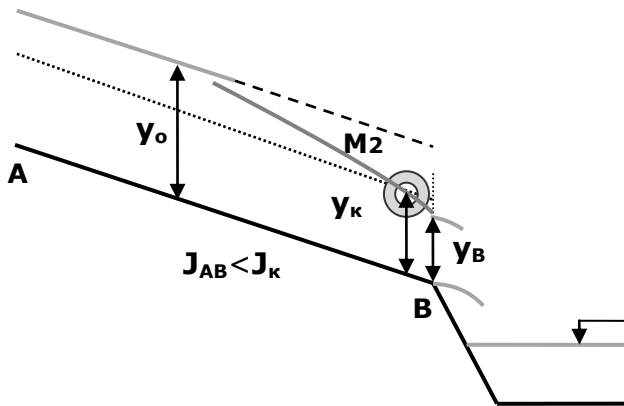
Πρώτος δρόμος εύστοχης υπόθεσης για το y_A - εάν η τιμή της J_{AB} μας φαίνεται μεγάλη:

- Υποθέτουμε ότι $y_B \equiv y_{oAB}$
 - Υπολογίζουμε την παροχή, αναλόγως της γεωμετρίας της διατομής
– Πρόβλημα **Τ11**.
 - Υπολογίζουμε το κρίσιμο βάθος, αναλόγως της γεωμετρίας της διατομής
– Πρόβλημα **Τ1**.
 - Εάν είναι: $y_K \geq y_o \rightarrow$ Η υπόθεση είναι **ορθή!**
Η ροή στο **AB** είναι **υπερκρίσιμη** (ή οριακώς κρίσιμη).
 - Εάν είναι: $y_K < y_o \rightarrow$ Η υπόθεση είναι **λανθασμένη!**
Αλλάζουμε υπόθεση!
- Προσοχή: Έχουμε δεχθεί ως προϋπόθεση ότι: <Η διώρυγα AB είναι μεγάλου μήκους, ώστε να μην επηρεάζεται η είσοδος από τις ανάντη συνθήκες> (βλ. 6.2.1). Σε σύνθετα προβλήματα η παραδοχή αυτή πρέπει να ελέγχεται!
- Χαρακτηριστική περίπτωση είναι ο αγωγός AB να **μην έχει επαρκές μήκος**, ώστε να εμφανίζεται **ροή με ομοιόμορφο βάθος** (σε αυτόν).
Τότε το βάθος είναι: $y_B > y_o$ και η διαδικασία απαιτεί **διαδοχικές προσεγγίσεις**.



Δεύτερος δρόμος εύστοχης υπόθεσης για το y_A - εάν η τιμή της J_{AB} μας φαίνεται μικρή:

- Υποθέτουμε ότι $y_k \equiv \frac{y_B}{0,715}$
 - Υπολογίζουμε την παροχή, αναλόγως της γεωμετρίας της διατομής - Πρόβλημα **T4**.
 - Υπολογίζουμε την κρίσιμη κλίση, αναλόγως της γεωμετρίας της διατομής - Πρόβλημα **T14**.
 - Εάν είναι: $J_{AB} < J_k \rightarrow$ Η υπόθεση είναι **ορθή!**
Η ροή στο **AB** είναι **υποκρίσιμη**.
 - Εάν είναι: $J_{AB} \geq J_k \rightarrow$ Η υπόθεση είναι **λανθασμένη!**
Η ροή στο **AB** είναι **κρίσιμη** (ή οριακώς κρίσιμη).
- Αλλάζουμε υπόθεση!**



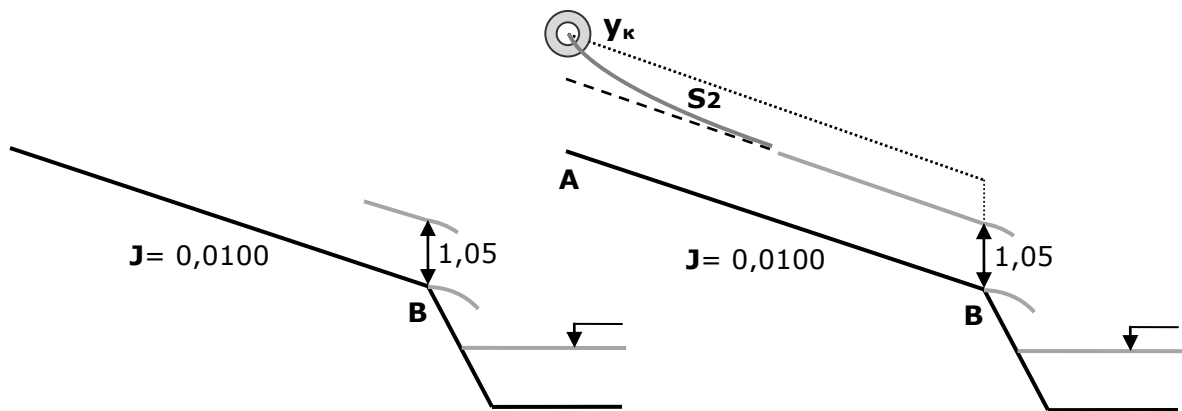
6.2.5 Αριθμητικό παράδειγμα – Αγωγός με υπερκρίσιμη κλίση

Αγωγός AB, μεγάλου μήκους, με κατά μήκος κλίση $J = 0,0100$ και παροχή Q καταλήγει, με ελεύθερη πτώση, σε δεξαμενή με βάθος ροής $y_B = 1,05$ m, όπως φαίνεται στο σχήμα.

Ο αγωγός σχεδιάζεται με ορθογωνική διατομή με πλάτος $b = 4,00$ m και συντελεστή Manning $n = 0,017$.

Ζητείται να υπολογιστούν:

1. Η παροχή Q του αγωγού.
2. Το ελάχιστο μήκος L του αγωγού, ώστε να εμφανιστεί ροή με ομοιόμορφο βάθος.



- Υπολογισμός της παροχής Q :
 - ο Μεγάλη κλίση πυθμένα $J \rightarrow$ Υποθέτουμε ότι $y_B \equiv y_{oAB} = 1,05$ m.
 - ο Πρόβλημα **T11**: (102) $\rightarrow Q = 19,26$ m³/s.
 - ο Πρόβλημα **T1**: (14) $\rightarrow y_k = 1,33$ m.
 - ο Έλεγχος: $y_{oAB} < y_k \rightarrow$ Η υπόθεση είναι ορθή, η ροή στο AB είναι υπερκρίσιμη.
 - ο Υπολογισμός του βάθους ομοιόμορφης ροής y_o - Πρόβλημα **T10**: $y_o = 1,05$ m (βλ. 6.1.4).
 - ο Άρα: $Q = 19,26$ m³/s, $y_k = 1,33$ m και $y_o = 1,05$ m.
- Ολοκλήρωση της κατατομής $S2 - ABBO$ - ελάχιστο μήκος L
 $y_B = y_o = 1,05$ m και $y_A = y_k = 1,33$ m. - **1** βήμα: $L \approx 51,60$ (βλ. 6.1.4)
- **Προσοχή**: Εάν είχαμε κάνει λανθασμένη υπόθεση, θα είχε προκύψει:
 - ο Υποθέτουμε ότι: $y_k \equiv \frac{y_B}{0,715} \rightarrow y_k = 1,468$ m.
 - ο Πρόβλημα **T4**: (102) $\rightarrow Q = 7,92$ m³/s.
 - ο Πρόβλημα **T14**: (103) $\rightarrow J_k = 0,0007$.
 - ο Έλεγχος: $J > J_k \rightarrow$ Η υπόθεση είναι λανθασμένη, η ροή στο AB είναι υπερκρίσιμη.

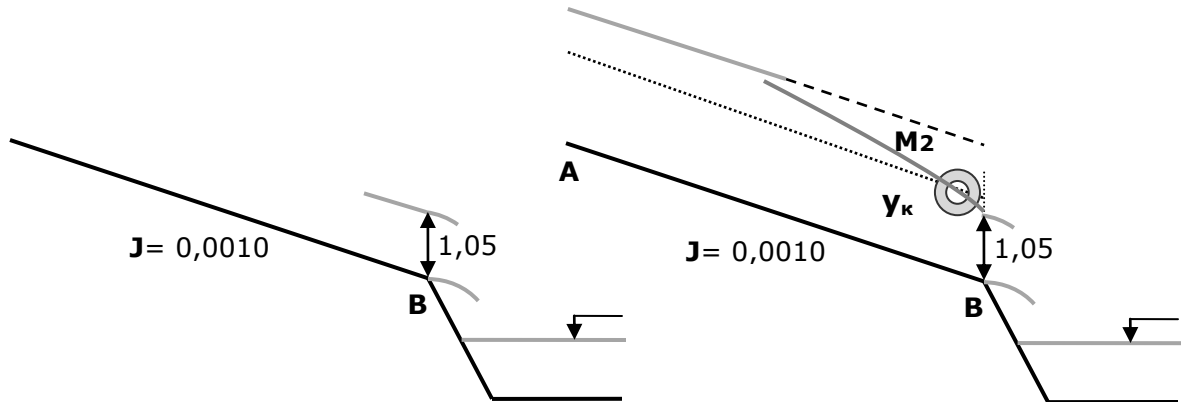
6.2.6 Αριθμητικό παράδειγμα – Αγωγός με υπερκρίσιμη κλίση

Αγωγός AB, μεγάλου μήκους, με κατά μήκος κλίση $J = 0,0010$ και παροχή Q καταλήγει, με ελεύθερη πτώση, σε δεξαμενή με βάθος ροής $y_B = 1,05$ m, όπως φαίνεται στο σχήμα.

Ο αγωγός σχεδιάζεται με ορθογωνική διατομή με πλάτος $b = 4,00$ m και συντελεστή Manning $n = 0,017$.

Ζητείται να υπολογιστούν:

1. Η παροχή Q του αγωγού.
2. Το ομοιόμορφο βάθος.



- Υπολογισμός της παροχής Q :

- ο Μικρή κλίση πυθμένα $J \rightarrow$ Υποθέτουμε ότι $y_K \equiv \frac{y_B}{0,715} \rightarrow y_K = 1,468$ m.

- ο Πρόβλημα **T4**: (102) $\rightarrow Q = 22,30$ m³/s.

- ο Πρόβλημα **T14**: (103) $\rightarrow J_K = 0,0052$.

- ο Έλεγχος: $J < J_K \rightarrow$ Η υπόθεση είναι ορθή, η ροή στο AB είναι υποκρίσιμη.

- ο Υπολογισμός του βάθους ομοιόμορφης ροής y_o - Πρόβλημα **T10**:

Q [m ³ /s]	b [m]	n	J	C_o	Φ_{o1}
22,30	4,00	0,017	0,0010	11,98819	0,29734

y_{o1} [m]	y_{o2} [m]	δy_o [%]	y_o [m]	ροή
2,76625	2,73448	-1,14 ✓	2,74	υποκρίσιμη ✓

- ο Σημείωση 1: ο έλεγχος $y_K < y_o$ δεν είναι <εδώ> απαραίτητος, απλώς επιβεβαιώνει τον παραπάνω.

- ο Άρα: $Q = 22,30$ m³/s, $y_K = 1,47$ m και $y_o = 2,74$ m.

- Ολοκλήρωση της κατατομής **S2 – ABBO** - ελάχιστο μήκος **L**
 $y_B = y_o = 1,05$ m και $y_A = y_K = 1,33$ m. – **1** βήμα: $L \approx 51,60$ (βλ. 6.1.4)

- **Προσοχή**: Εάν είχαμε κάνει λανθασμένη υπόθεση, θα είχε προκύψει:

- ο Υποθέτουμε ότι: $y_B \equiv y_{oAB} = 1,05$ m.

- ο Πρόβλημα **T11**: (102) $\rightarrow Q = 6,09$ m³/s.

- ο Πρόβλημα **T1**: (14) $\rightarrow y_K = 0,62$ m.

- ο Έλεγχος: $y_K < y_o \rightarrow$ Η υπόθεση είναι λανθασμένη, η ροή στο AB είναι υποκρίσιμη.