

Υδατική ανοικτών αγωγών και ποταμών

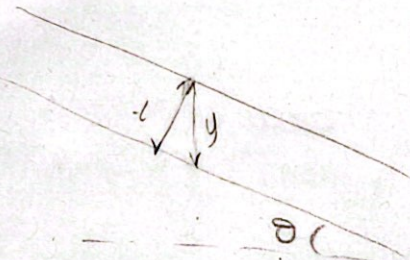
$$Q = V \cdot A$$

$R_h = \frac{A}{P} \rightarrow$ επιβάρυνση υφής διατομής
 Σημειώνεται $P \rightarrow$ εμβαδόν περιμέτρου

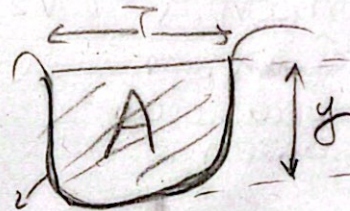
αποδοτικότητα αγωγός $R_h = \frac{b y}{b + 2y} \approx y$

$y_h = \frac{A}{T} \rightarrow$ μέγιστος ελεύθερος επιφανειακός υψόμετρος
 $\rightarrow$ βάθος ποταμού

αποδοτικότητα αγωγός $y_h = \frac{A}{T} = \frac{b y}{b} = y$



$$\tan \theta = \frac{y}{R_h}$$



φωτισμένη περίμετρος P
 $R_h = A/P, \quad y_h = A/T$

$$\frac{dy}{dx} = 0 \rightarrow \text{απορροήση ποταμού}$$

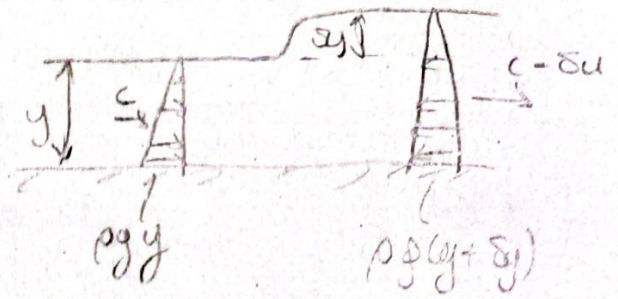
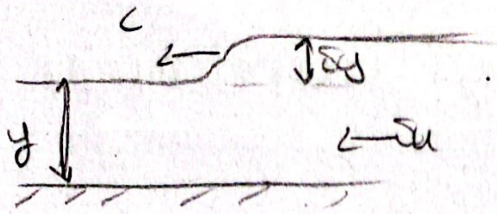
$$\frac{dy}{dx} \neq 0 \rightarrow \text{απορροήση ποταμού}$$

$$Re \geq 12500 \rightarrow \text{απορροήση ποταμού}$$

ΑΡΙΘΜΟΣ FROUDE

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g y_h}}$$

$Fr < 1 \rightarrow$ υποκρίσηση ποταμού (ποταμί)
 $Fr = 1 \rightarrow$ κρίσηση ποταμού
 $Fr > 1 \rightarrow$ υπερκρίσηση ποταμού (χειμαρνώδες)



$$c^2 = gy \left(1 + \frac{\Delta y}{y}\right) / \left(1 + \frac{\Delta y}{2y}\right)$$

→ ταχύτερο μεταδίδεται

- Αν $\Delta y \rightarrow 0$ τότε $c^2 = gy \Rightarrow c = \sqrt{gy}$

Υποκρίσιμη ροή → ($V < c$, $Fr < 1$)

μικροδιαταραχές στην επιφάνεια μεταδίδονται προς τα αριστερά

→ το κύμα κινείται ταχύτερα απ' όση μέση ταχύτητα

Υπερκρίσιμη ροή → ($V > c$, $Fr > 1$)

μικροδιαταραχές στην επιφάνεια μεταδίδονται προς τα δεξιά

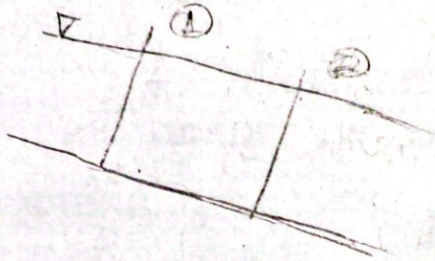
→ το κύμα κινείται πιο αργά

Κρίσιμη ροή → ($V = c$, $Fr = 1$)

ασταθής ροή να μεταβιβάσει από υποκρίσιμη σε υπερκρίσιμη ως αντίστροφα

Μεθοδολογία Απεικρίσεων της ροής

Νόμος του ποτ



Εξίσωση Συνέχειας (αρχή διατήρησης μάζας)

$$\int_{\text{EE}} \rho \vec{V} \cdot d\vec{A} = 0$$

$$\sum_{\text{out}} \dot{m} = \sum_{\text{in}} \dot{m} \quad (\dot{m} = \rho Q)$$

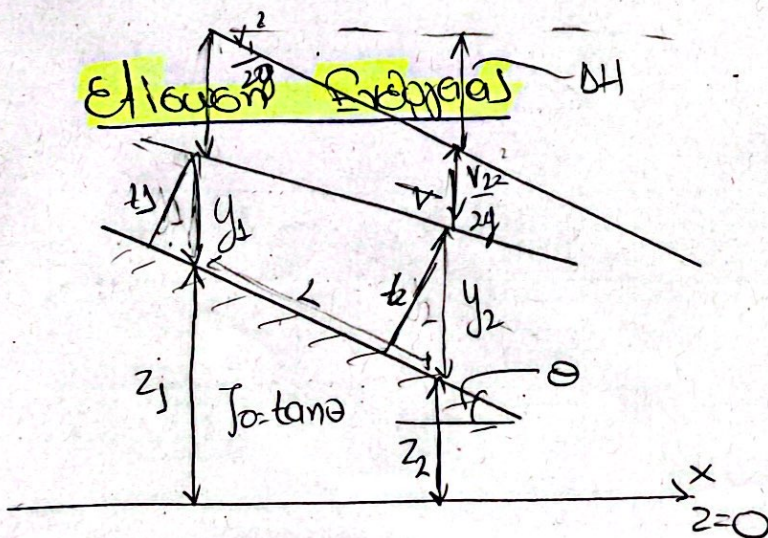
ρ σταθ → $\sum_{\text{in}} Q = \sum_{\text{out}} Q \Rightarrow Q_1 = Q_2 \Rightarrow V_1 A_1 = V_2 A_2$

Εξίσωση Ορμής (2ος Νόμος Νεύτωνα)

$$\sum \vec{F} = \sum_{\text{out}} \dot{m} \vec{V} - \sum_{\text{in}} \dot{m} \vec{V} \quad (\dot{m} = \rho Q)$$

$$\sum \vec{F} = \sum_{\text{out}} \rho Q \vec{V} - \sum_{\text{in}} \rho Q \vec{V}$$

α(1) → (2) : $\sum \vec{F} = \rho Q \vec{V}_2 - \rho Q \vec{V}_1 = \rho Q (b_2 \vec{V}_2 - b_1 \vec{V}_1)$
 $b_2 = b_1 = 1$ (αποκρίσεις ποτ)



ΥΨΟΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

$$H = z + \frac{P}{\rho} + \frac{aV^2}{2g}$$

(H = 1 τυπ. ποτ)

Π.Γ.

$$H_1 = H_2 + \Delta H \Rightarrow$$

$$z_1 + \frac{P_1}{\rho} + \frac{V_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho} + \frac{V_2^2}{2g} + \Delta H$$

ΕΞΙΣΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

$$z_1 + y_1 + \frac{V_1^2}{2g} = z_2 + y_2 + \frac{V_2^2}{2g} + \Delta H$$

Πίεση κορυφής:

$$P_{ho} = \rho \cdot t = \rho g \cdot l$$

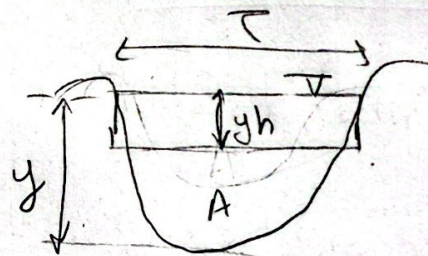
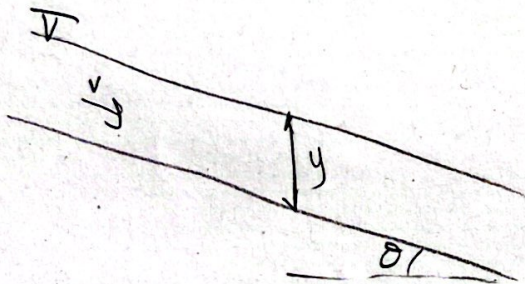
$$P_{ho} = \rho g \cdot \omega s \theta \cdot y \cdot \omega s \theta$$

$$P_{ho} = \rho g y \cdot \omega s^2 \theta$$

θ	$\omega s^2 \theta$	$\int_0$
2°	0.9999	0.0349
75°	0.983	0.1317
10°	0.970	0.1763

→ σχετικά $\omega s^2 \theta \approx 1$
 γ'αυτό παίρνω y και z ως
 αποστάσεις με t ($\frac{P}{\rho} = y$)

Κλίση: $\int_0 = \tan \theta = \frac{z_2 - z_1}{x_2 - x_1} \approx \frac{z_2 - z_1}{L} \approx \sin \theta$ (αυθό νοστό μικρή)



$$\left| R h = \frac{A}{\rho} \right|$$

$$\left| \int = - \frac{dy}{dx} \right| \rightarrow \text{κλίση ελεύθερης επιφάνειας}$$

$$\left| y h = \frac{A}{T} \right|$$

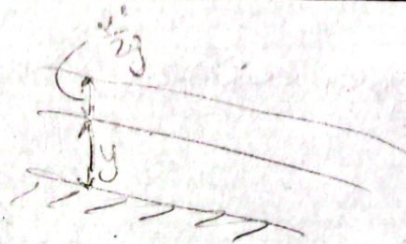
$$\left| \int_0 = - \frac{dz}{dx} \right| \rightarrow \text{κλίση κορυφής}$$

$$\left| \int_E = - \frac{dH}{dx} \right| \rightarrow \text{κλίση C.E.}$$

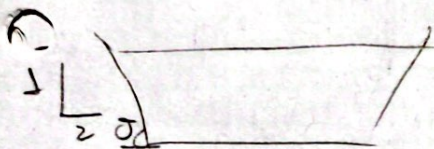
ΚΡΙΣΙΜΗ ΡΟΗ

Ειδική Ενέργεια - Diagramma ειδικής ενέργειας

$$E = y + \frac{V^2}{2g}$$



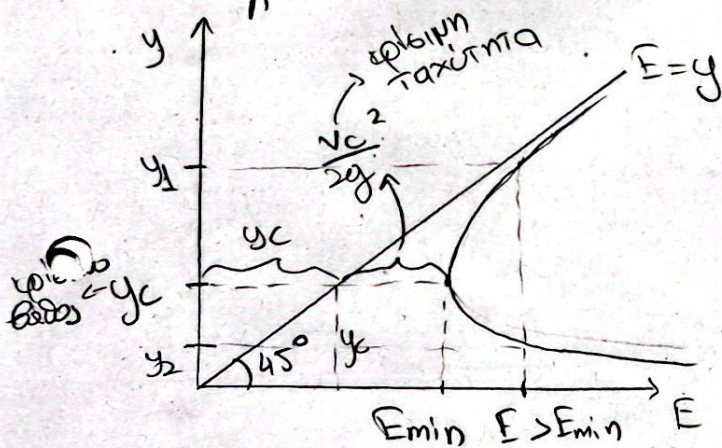
Η ειδική ενέργεια μετατρέπεται από τον πυθμένα του αγωγού, χωρίς συνολική επίθεση ανατομής (χωρίς το z)



$$\tan \theta = \frac{1}{2}$$

από το A ελαττώνεται από το y

$$V = \frac{Q}{A} \Rightarrow E = y + \frac{Q^2}{2gA^2}$$



$$\begin{aligned} y \rightarrow 0 &\Rightarrow E \rightarrow \infty \\ y \rightarrow \infty &\Rightarrow E \rightarrow y \end{aligned}$$

$$\frac{dE}{dy} = 0 \Rightarrow 1 + \frac{Q^2}{2g} \left(\frac{-2}{A^3} \right) \cdot \frac{dA}{dy} = 0$$

$$\Rightarrow 1 - \frac{Q^2 \cdot T}{gA^3} = 0$$

$$\Rightarrow \frac{Q^2 \cdot T}{gA^3} = 1$$

$$\Rightarrow \frac{Q^2}{gA^2} \cdot \frac{A}{T} = 1 \Rightarrow \frac{V^2}{g \left(\frac{A}{T} \right)} = 1 \Rightarrow \frac{V^2}{g \cdot y_h} = 1$$

$$\Rightarrow \frac{V^2}{g \cdot y_h} = 1 \Rightarrow Fr^2 = 1 \Rightarrow Fr = 1 \text{ (κρίσιμη ροή)}$$

(Σε όλα είναι κρίσιμο)
(εάν σε όλα είναι c)

Q σταθερό

$$y_1 > y_c, \quad v_1 < v_c, \quad Fr < 1 \rightarrow \text{υπερκρίσιμη ροή}$$

$$y_2 < y_c, \quad v_2 > v_c, \quad Fr > 1 \rightarrow \text{υπερκρίσιμη ροή}$$

Όταν έχω κρίσιμες συνθήκες: $Fr = 1 \Rightarrow \frac{v_c}{\sqrt{g y_c}} = 1 \Rightarrow v_c = \sqrt{g y_c}$

Τα y_1, y_2 λήγονται εναλλακτικά βάθη όπου δίνω
ίδια ενέργεια ειδική

$$\text{Αν } Fr = 1 \Rightarrow \frac{v_c}{\sqrt{g y_c}} = 1 \Rightarrow \boxed{v_c = \sqrt{g y_c}}$$

$$E_{min} = E_c = y_c + \frac{g y_c}{2g} \Rightarrow E_{min} = E_c = \underbrace{y_c}_{\text{κρίσιμο βάθος}} + \frac{y_c}{2}$$

$$\rightarrow y_c = \frac{A_c}{T_c}$$

→ Αν έχω προσχυντική διατομή

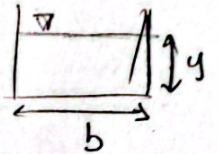
$$\left. \begin{array}{l} y_h = y \\ v_c = \sqrt{g y_c} \end{array} \right\} E_{min} = \frac{3}{2} y_c$$

11/10/2023

Υποδοχημός κρίσιμα βολέας

$$Fr=1, \quad \frac{Q^2 T}{g A^3} = 1, \quad \frac{v}{\sqrt{g y_n}} = 1$$

$$\frac{Q^2 \cdot T_c}{g A_c^3} = 1 \Rightarrow \text{για ορθογωνική διατομή έχω:}$$



$$\Rightarrow \frac{Q^2 \cdot b}{g \cdot (b \cdot y_c)^3} = 1 \Rightarrow Q^2 = g b^2 y_c^3 \Rightarrow$$

$$y_c = \left(\frac{Q^2}{b^2 g} \right)^{\frac{1}{3}}$$

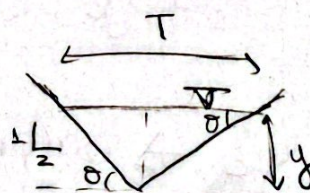
→ είναι η ροπή → μόνο στις ορθογωνικές διατομές

$$q = \frac{Q}{b}$$

$$q = \frac{v \cdot b \cdot y}{b} = v \cdot y$$

$$\Rightarrow y_c = \left(\frac{q^2}{g} \right)^{\frac{1}{3}}$$

Τριγωνική διατομή



$$\tan \theta = \frac{1}{2}$$

$$\frac{Q^2 \cdot T_c}{g \cdot A_c^3} = 1 \Rightarrow \frac{Q^2 \cdot 2 y_c}{g \cdot 2^{\frac{2}{3}} \cdot y_c^5} = 1 \Rightarrow g 2^2 \cdot y_c^5 = 2 Q^2$$

$$\Rightarrow y_c = \left(\frac{2 Q^2}{g \cdot 2^2} \right)^{\frac{1}{5}}$$

Τρανζιζοντής Διατομή

$$y_c = \frac{\Delta}{(b+2y_c)} \left(\frac{Q^2}{g} (b+2y_c) \right)^{\frac{1}{3}}$$

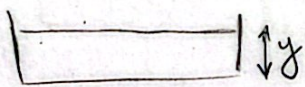
Κυρτή Διατομή

$$\theta = \sin \theta + \frac{\theta}{d^{5/3}} \left(\frac{Q^2 \sin(\theta/2)}{g} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$y_c = \frac{d}{2} \left(1 - \cos\left(\frac{\theta}{2}\right) \right) \quad (0 \leq \theta \leq 2\pi)$$

Κίνηση ραβδού
2-3 μονάδες

Δοσμένα Δ



ορθογώνιο κανάλι με $q = 4,6 \text{ m}^2/\text{s}$
 y_c ;
Είδος ροής;
 $y = 0,91 \text{ m}$

Λύση:

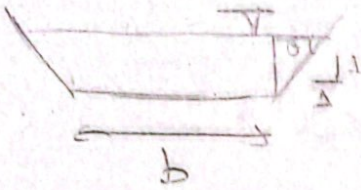
$$y_c = \left(\frac{q^2}{g} \right)^{\frac{1}{3}} \Rightarrow y_c = 1,292 \text{ m}$$

Είναι $y < y_c \rightarrow$ υπερκρίσιμη ροή

$$\textcircled{n} \quad Fr = \frac{V}{\sqrt{gy}} \quad , \quad V = \frac{Q}{by} = \frac{q}{y} \Rightarrow V = 5,055 \text{ m/s}$$

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{gy}} = 1,692 > 1 \rightarrow \text{υπερκρίσιμη ροή}$$

Άσκηση 2.1 (Πανανικολάου)



$$b = 2.5 \text{ m}$$

$$Q = 7 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$z = 1$$

$$y_c$$

$$\text{Fr} = 1 \Rightarrow \frac{V}{\sqrt{g y_c}} = 1$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2} = 1$$

Λόγω: $\frac{Q^2 T_c}{g A_c^3} = 1$, $A_c = (b + 2zy_c)y_c$

$$T_c = b + 2zy_c$$

$$\Rightarrow \frac{Q^2 (b + 2zy_c)}{g ((b + 2zy_c) y_c)^3} = 1 \Rightarrow F(y_c) = 1$$

y_c	$F(y_c)$
1	9.524
1.1	9.378
0.9	9.75
0.8	1.13
0.826	1

Κανω δοκιμές και βρίσκω
 $y_c = 0.826 \text{ m}$

ii) Εναλλακτική σχέση (Πανανικολάου)

$$y_c = \frac{1}{b + 2zy_c} \left(\frac{Q^2}{g} (b + 2zy_c) \right)^{\frac{1}{3}}$$

$R(y_c)$

y_c	$R(y_c)$
1	9.806
9.806	9.828
9.828	9.826
9.826	9.826 ✓

Άρα $y_c = 0.826 \text{ m}$

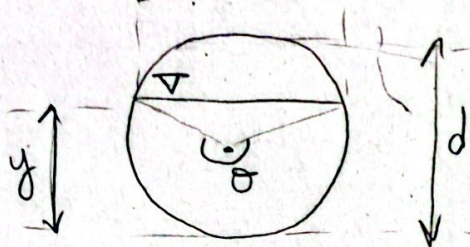
12/10/2023

Άσκηση 2.2 (Παρακλιτική)

Κυκλική διαρροή

$$Q = 0,10 \text{ m}^3/\text{s}, \quad d = 0,6 \text{ m}$$

$$y_c = ?$$



! θ σε rad!

$$y = \left(1 - \cos\left(\frac{\theta}{2}\right)\right) \frac{d}{2}$$

Λίαν: $\frac{Q^2 \cdot T_c}{g \cdot A_c^3} = 1 \Rightarrow \frac{Q^2 \sin\left(\frac{\theta_c}{2}\right) \cdot d}{g \cdot \left(\frac{d^3 \sin^3\left(\frac{\theta_c}{2}\right)}{8}\right)} = 1 \Rightarrow$

$$f(\theta_c) = 1$$

θ_c	$f(\theta_c)$
π	0,216
$\pi/2$	0,25,52
2,5	0,926
2,4715	1

Αρα $\theta_c = 2,47 \text{ rad}$

$$\theta_c = \frac{2,47}{\pi} \cdot 180^\circ = 141,64^\circ$$

1 rad = $\frac{180}{\pi}^\circ$

Αρα $y_c = \left(1 - \cos\left(\frac{\theta_c}{2}\right)\right) \frac{d}{2} = 0,201 \text{ m}$

α) Ερωτηματική Σχέση (Παρακλιτική)

$$\theta_c = \sin \theta_c + \frac{8}{d^{5/3}} \left(\frac{Q^2 \cdot \sin\left(\frac{\theta_c}{2}\right)}{g} \right)^{1/3} \Rightarrow \theta_c = K(\theta_c)$$

θ_c	$K(\theta_c)$
π	1,886
2,514	2,442
2,473	2,467

$$\frac{\pi + 1,886}{2}$$

$$\frac{2,442 + 2,514}{2}$$

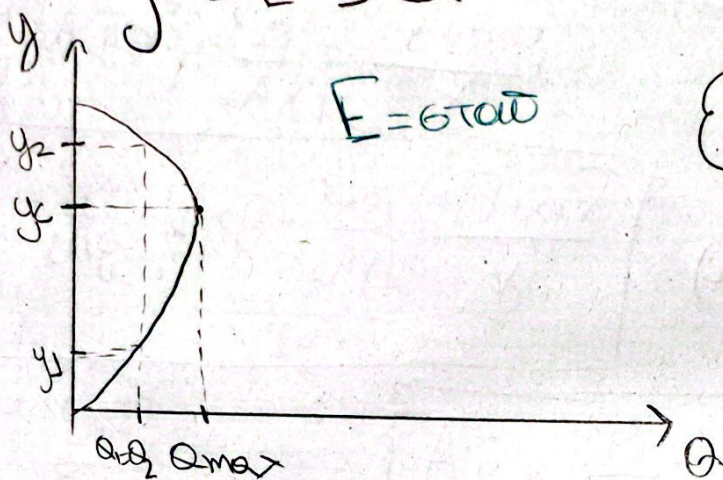
$$\frac{2,473}{2,472} \quad \frac{2,471}{3,471}$$

Διάγραμμα Ταροκίν

$$E = y + \frac{v^2}{2g} \xrightarrow{v = \frac{Q}{A}} E = y + \frac{Q^2}{2gA^2} \Rightarrow Q = \sqrt{2gA^2(E-y)}$$

Αν $y \rightarrow 0 \Rightarrow Q \rightarrow 0$

$y \rightarrow E \Rightarrow Q \rightarrow 0$



$E_c = y_c + \frac{y h_c}{2}$

$$\frac{dQ}{dy} = 0 \Rightarrow \frac{1}{2\sqrt{2gA^2(E-y)}} \cdot 2g \left(2A \cdot \frac{dA}{dy} \cdot (E-y) + A^2 \frac{d(E-y)}{dy} \right) = 0$$

$$\Rightarrow 2A \cdot T(E-y) - A^2 = 0 \Rightarrow E-y = \frac{A}{2T} \Rightarrow \frac{V^2}{2g} = \frac{A}{2T}$$

$$\Rightarrow \frac{V^2}{2g} = \frac{1}{2} y_h \Rightarrow \frac{V^2}{g y_h} = 1 \Rightarrow Fr^2 = 1 \Rightarrow Fr = 1$$

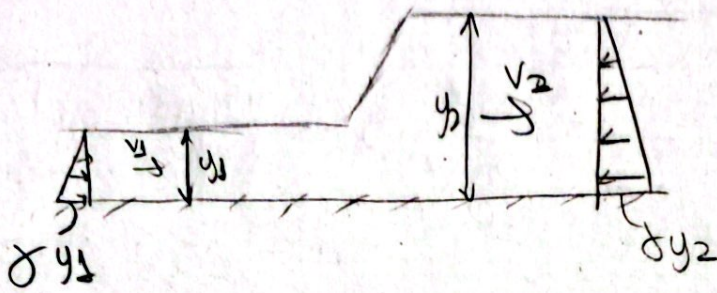
κρίσιμη ροή

$\Rightarrow$ Η ροή γίνεται κριτική στο κρίσιμο βάθος

$$Q_{max} = \sqrt{2gA_c^2(E-y_c)} \Rightarrow Q_{max} = \sqrt{2gA_c^2 \frac{y_h c}{2}} = \sqrt{g \frac{A_c^3}{T_c}}$$

$$Q_{max} = A_c \cdot \sqrt{g y_c}$$

Εξίσωση Ορμής - Είδειν Συναρτη



→ η μάζα του εδάφους της διατομής διατηρείται

$$F_{P1} - F_{P2} + (F_{Tx} + F_{gx}) = \rho Q (V_2 - V_1)$$

$$P_1 A_1 - P_2 A_2 + F_{Tx} + F_{gx} = \rho Q (V_2 - V_1)$$

$$\bar{y}_1 A_1 - \bar{y}_2 A_2 + F_{Tx} + F_{gx} = \rho Q (V_2 - V_1)$$

$$\bar{y}_1 A_1 - \bar{y}_2 A_2 + \frac{F_{Tx} + F_{gx}}{\gamma} = \frac{Q}{g} (V_2 - V_1)$$

→ x

$$\frac{N}{\frac{N}{m^3}} = m^3$$

$$\frac{F_{Tx} + F_{gx}}{\gamma} = \left(\frac{Q^2}{g A_2} + \bar{y}_2 A_2 \right) - \left(\frac{Q^2}{g A_1} + \bar{y}_1 A_1 \right)$$

$$(1) \quad \frac{F_{Tx} + F_{gx}}{\gamma} = \underbrace{\left(\frac{Q^2}{g A_2} + \bar{y}_2 A_2 \right)}_{M_2} - \underbrace{\left(\frac{Q^2}{g A_1} + \bar{y}_1 A_1 \right)}_{M_1}$$

Είδειν Συναρτη:

$$M = \frac{Q^2}{g A} + (\bar{y} A)$$

→ σε οποιαδήποτε διατομή $\bar{y} = \frac{y}{2}$ απόσταση του κ.β. από την επιφάνεια

→ Η είδειν συναρτη περιέχεται σε m^3

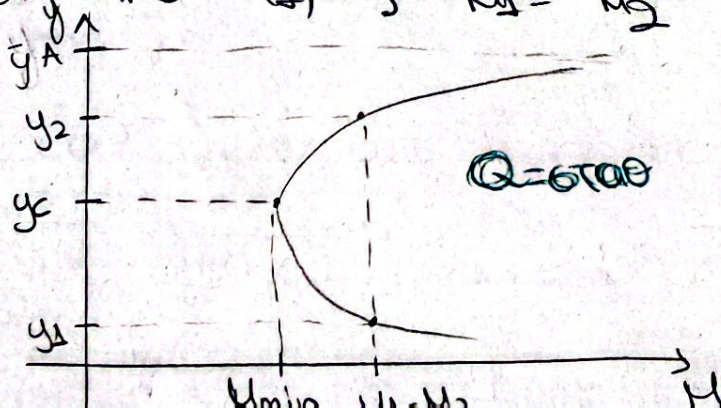
$$\begin{aligned} y \rightarrow \infty &\Rightarrow M \rightarrow \bar{y} \cdot A \\ y \rightarrow 0 &\Rightarrow M \rightarrow \infty \end{aligned}$$

ΓΙΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ

Διάγραμμα είδειν συναρτη

Ορίσματος αμφοτέρων τριβών $\Rightarrow F_{gx} = 0, F_{Tx} = 0$

Αρα από (1) $\Rightarrow M_1 = M_2$



$$\frac{dM}{dy} = 0 \Rightarrow F_r = 1$$

Τα y_1, y_2 ονομάζονται ωφλητή βάθη

Κρίσιμη ροή

$$y = y_c, Fr = 1, V_c = \sqrt{gy_c}$$

$$I_{min} = I_c = y_c + \frac{y_c}{2} \frac{\text{πο αλλαγών}}{\text{στάσιμη}} = \frac{3}{2} y_c$$

$$Q = Q_{max} = A_c \sqrt{gy_c} = \sqrt{g \frac{A_c^3}{T_c}}$$

$$M = M_{min} = \frac{Q^2}{gA_c} + \textcircled{y_c} A_c \quad \left(\begin{array}{l} \text{ελάχιστη ειδική δύναμη} \\ \text{σε κρίσιμες ενοήτες} \end{array} \right)$$

kg m^3

η απόσταση του κ.β.
από την επιφάνεια

$$\frac{V_c^2}{2g} = \frac{y_c}{2}$$

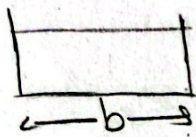
$$y_c = \left(\frac{Q^2}{b^3 \cdot g} \right)^{\frac{1}{3}}$$

Άσκηση 24 (Πρόχειρο)

i) $Q = 7 \text{ m}^3/\text{s}$ $y_c = j$, $M_{\min} = j$, $E_{\min} = j$

ii) $E = 4 \text{ m}$ $\theta_{\max} = j$

i) Α) Για ορθογώνια διατομή με πλάτος $b = 2,5 \text{ m}$



$$y_c = \left(\frac{Q^2}{b^2 \cdot g} \right)^{\frac{1}{3}} \Rightarrow y_c = 0,928 = 0,93 \text{ m}$$

$$E_{\min} = \frac{3}{2} y_c = \frac{3}{2} \cdot 0,93 \Rightarrow E_{\min} = 1,392 \text{ m}$$

$$M_{\min} = \frac{Q^2}{g A_c} + \bar{y}_c A_c$$

όπου $A_c = b \cdot y_c = 2,32 \text{ m}^2$

$$\bar{y}_c = \frac{y_c}{2} = 0,46$$

Άρα $M_{\min} = 3,229 \text{ m}^3$

ii) Άρα $\theta_{\max}$ γίνεται η ελάχιστη ενέργεια αντιστοίχως στις ελάχιστες αψίδες

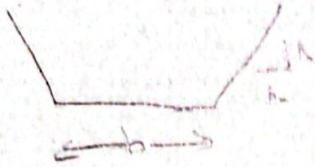
$$E = 4 \Rightarrow \frac{3}{2} y_c = 4 \text{ m} \Rightarrow y_c = 2,67 \text{ m}$$

$$\theta_{\max} = A_c \sqrt{g y_c} = 2,67 \cdot 2,5 \sqrt{9,81 \cdot 2,67} = 56,67 \sqrt{26,7}$$

$$\Rightarrow Q_{\max} = 34,098 \text{ m}^3/\text{s} \approx 34,1 \text{ m}^3/\text{s}$$

B) Trapezoidal channel

$$Q = 7 \text{ m}^3/\text{s} \quad b = 2.5 \text{ m} \quad z = 1$$



$$i) \frac{Q^2 T_c}{g A_c^3} = 1$$

Ans 2.1
→

$$y_c = 0.826 \text{ m}$$

$$T_c = b + 2zy_c$$

$$A_c = (b + zy_c)y_c$$

$$y_{hc} = \frac{A_c}{T_c}$$

$$F_{min} = y_c + \frac{y_{hc}}{2}$$

$$A_c = 2.74 \text{ m}^2, \quad T_c = 4.15 \text{ m}, \quad y_{hc} = 0.662 \text{ m}$$

$$\Rightarrow F_{min} = 0.826 + \frac{0.662}{2} \Rightarrow \boxed{F_{min} = 1.157 \text{ m}}$$

$$T \quad M_{min} = \frac{Q^2}{g A_c} + \bar{y}_c A_c$$

$$\text{now } \bar{y}_c = \frac{y_c}{3} \cdot \frac{2b + T_c}{b + T_c} = 0.379 \text{ m}$$

$$\text{Ans } \boxed{M_{min} = 2.859 \text{ m}^3}$$

ii) For $E = 4m$, $Q_{max} = ?$

$$E = y_c + \frac{y_{hc}}{2} = 4m \Rightarrow y_c + \frac{(b + 2y_c)y_c}{2(b + 2y_c)} = 4$$

DOING $y_c = 3.023m$

$$Q_{max} = A_c \sqrt{g y_{hc}}$$

$$A_c = (b + 2y_c)y_c = 16.696 m^2$$

$$T_c = b + 2y_c = 8.546m$$

$$y_{hc} = \frac{A_c}{T_c} = 1.951m$$

For $Q_{max} = 13.093 m^3/s$

ΕΠΙΣΗΜΗ ΡΟΗ ΣΕ ΑΠΟΤΟ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗΣ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑΣ

$$H = z + y + \frac{V^2}{2g} \stackrel{V = \frac{Q}{A}}{=} z + y + \frac{Q^2}{2gA^2}$$

Για ομογενή αγωγό : $A = b \cdot y$

Άρα

$$H = z + y + \frac{Q^2}{2gb^2y^2}$$

Παραγωγίζω

$$\frac{dH}{dx} = \frac{dz}{dx} + \frac{dy}{dx} + \frac{Q^2}{2gb^2} \cdot \frac{-2}{y^3} \cdot \frac{dy}{dx} + \frac{Q^2}{2gy^2} \cdot \frac{-2}{b^3} \frac{db}{dx}$$

$\frac{dH}{dx} = 0$

$$0 = \frac{dz}{dx} + \left(1 - \frac{Q^2}{gb^2y^3}\right) \frac{dy}{dx} - \frac{Q^2}{gy^2b^3} \frac{db}{dx}$$

$$\left(\begin{aligned} \text{Άρα } \frac{Q^2}{gb^2y^3} &= \frac{Q^2}{gb^2y^2 \cdot y} = \frac{V^2}{gy} = Fr^2 \\ \frac{Q^2}{gy^2b^3} &= \frac{Q^2}{gy^2b^2 \cdot b} = \frac{V^2}{gb} \cdot \frac{y}{y} = Fr^2 \cdot \frac{y}{b} \end{aligned} \right)$$

Άρα

$$\boxed{\frac{dz}{dx} + (1 - Fr^2) \frac{dy}{dx} - Fr^2 \frac{y}{b} \cdot \frac{db}{dx} = 0}$$

Αξιοί σταθερά πρώτης μεταβλητού υποθέτουμε $\rightarrow \frac{db}{dx} = 0$

$$\frac{dz}{dx} + (1 - Fr^2) \frac{dy}{dx} = 0$$

Αν		Τότε	
$Fr < 1$	$\frac{dz}{dx} > 0$	$\frac{dy}{dx} < 0$	$y \downarrow$
$Fr < 1$	$\frac{dz}{dx} < 0$	$\frac{dy}{dx} > 0$	$y \uparrow$
$Fr > 1$	$\frac{dz}{dx} > 0$	$\frac{dy}{dx} > 0$	$y \uparrow$
$Fr > 1$	$\frac{dz}{dx} < 0$	$\frac{dy}{dx} < 0$	$y \downarrow$

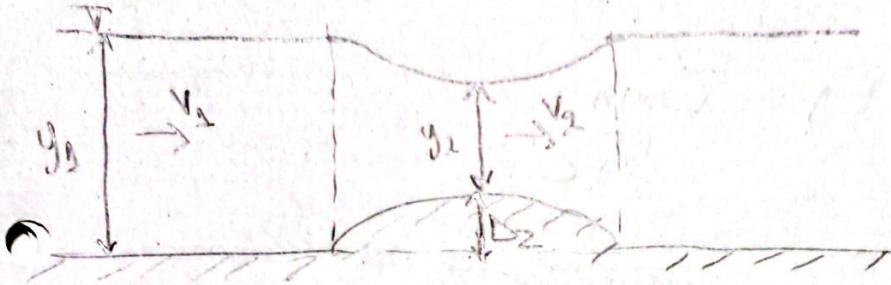
Αξιοί μεταβλητού πρώτης συνθήκης $\rightarrow \frac{dz}{dx} = 0$

$$(1 - Fr^2) \frac{dy}{dx} \cdot \frac{Fr^2 y}{b} \cdot \frac{db}{dx} = 0$$

$Fr < 1$	$\frac{db}{dx} > 0$	$\frac{dy}{dx} > 0$	$y \uparrow$
$Fr < 1$	$\frac{db}{dx} < 0$	$\frac{dy}{dx} < 0$	$y \downarrow$
$Fr > 1$	$\frac{db}{dx} > 0$	$\frac{dy}{dx} < 0$	$y \downarrow$
$Fr > 1$	$\frac{db}{dx} < 0$	$\frac{dy}{dx} > 0$	$y \uparrow$

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΚΑΘΙΝΗΣ ΡΟΗΣ

Ανύψωση πυκνότητας



- Αν $Fr_1 < 1$ (υποκρίσιμη ροή) → πτώση στάθμης ^{εδώ έχω αυτή την περίπτωση}
- (- Αν $Fr_1 > 1$ (υπερκρίσιμη ροή) → ανύψωση στάθμης)

$$\Delta H_{1 \rightarrow 2} = 0$$

$$H_1 = H_2 \Rightarrow y_1 + \frac{V_1^2}{2g} = \Delta z + y_2 + \frac{V_2^2}{2g} \quad (1)$$

E_1 E_2

→ ελίσιση ενέργειας

$$V_1 \cdot y_1 \cdot b = V_2 \cdot y_2 \cdot b \Rightarrow V_1 \cdot y_1 = V_2 y_2 = Q$$

→ ελίσιση σωματίδια
→ ειδική παροχή

$$(1) \Rightarrow y_1 + \frac{Q^2}{2g y_1^2} = \Delta z + y_2 + \frac{Q^2}{2g y_2^2}$$

$$\Rightarrow y_2^3 - \left(y_1 + \frac{Q^2}{2g y_1^2} - \Delta z \right) y_2^2 + \frac{Q^2}{2g} = 0$$

$$\Rightarrow y_2^3 - (E_1 - \Delta z) y_2^2 + \frac{Q^2}{2g} = 0$$

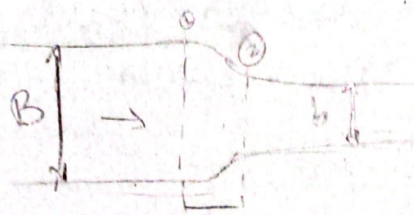
Ο, Άλλες για το y_2 θα είναι 3, 2 περιπτώσεις
του Δ αρνητική. Απορρίπτεται την αρνητική του
κρατών το $y_2 > y_c$ αφού έχω πάντα υποχρέωση
ρόη.

Έχω $\Delta z_{max} = E_d - E_{min}$
 $\quad \quad \quad 4E_c$

19/10/2023

Σύγκριση Διατομής (υποκείμενη ροή) στην α και στην β

ΚΑΤΟΧΗ ΑΓΩΓΟΥ ΟΡΟΦΟΡΟΤΗΤΑΣ



Εξίσωση συνέχειας
από την α στην β

$$H_1 = H_2 \quad z_1 = z_2 \quad y_1 + \frac{V_1^2}{2g} = y_2 + \frac{V_2^2}{2g}$$

$$\Rightarrow y_1 + \frac{Q^2}{2g y_1^3} = y_2 + \frac{Q^2}{2g b^3 y_2^3}$$

↓
από την α στην β
το y

Η q είναι σταθερή όταν το
μάτος b και αλλαγή (πρόσβαση
εξωτερική), τότε και είναι σταθερή.

Έχω b_{min} όταν y₂ = y_c, γιατί τότε
έχω ελάχιστο y₂, στις κρίσιμες βυθιές

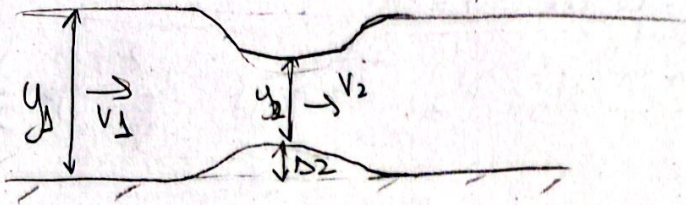
$$F_1 = F_{2min} \Rightarrow F_1 = \frac{3}{2} y_c = \frac{3}{2} \left(\frac{Q^2}{b_{min}^3 g} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$\Rightarrow F_1 = \frac{3}{2} \left(\frac{Q^2}{b_{min}^3 g} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$\Rightarrow b_{min} = \left(\frac{3}{2} \right)^{\frac{3}{2}} \cdot \frac{Q}{\sqrt{g F_1^{\frac{3}{2}}}}$$

$$q = \frac{Q}{A}$$

ΑΣΚΗΣΗ



$$y_1 = 1 \text{ m}$$

$$V_1 = 1.5 \text{ m/s}$$

$$\Delta z = 10 \text{ cm}$$

$$1) y_2 = ? , V_2 = ?$$

$$2) \Delta z_{\max} = ?$$

$$1) Fr_1 = \frac{V_1}{\sqrt{gy_1}} = \frac{1.5}{\sqrt{9.81}} = 0.479 < 1 \text{ άρα υποκρίσιμη ροή στην 1}$$

→ Πρωτον σταθμός στην 2

$$\text{Εξίσωση συνέχειας: } V_1 y_1 = V_2 y_2 = Q = 1.5 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\underbrace{y_1 + \frac{V_1^2}{2g}}_{E_1} = \underbrace{y_2 + \frac{V_2^2}{2g}}_{E_2} + \Delta z \Rightarrow$$

$$\Rightarrow y_1 + \frac{Q^2}{2gy_1^3} = \Delta z + y_2 + \frac{Q^2}{2gy_2^3}$$

$$\Rightarrow y_2 + \frac{Q^2}{2gy_2^3} - \left(y_1 + \frac{Q^2}{2gy_1^3} - \Delta z \right) = 0$$

$$\Rightarrow y_2^3 + \frac{Q^2}{2g} - \left(y_1 + \frac{Q^2}{2gy_1^3} - \Delta z \right) y_2^2 = 0$$

$$E_1 = 1.115 \text{ m}$$

$$E_2 - \Delta z = 1.015 \text{ m}$$

$$\frac{Q^2}{2g} = 0.115 \text{ m}^3$$

$$y_2^3 - 1.015 y_2^2 + 0.115 = 0 \Rightarrow$$

$$y_2 = \begin{cases} -0.296 \times \\ 0.859 \\ 0.452 \end{cases}$$

$$y_c = \left(\frac{Q^2}{g} \right)^{\frac{1}{3}} = \left(\frac{1,5}{9,81} \right)^{\frac{1}{3}} = 0,612$$

Αρα $0,452 < 0,612$ αναποστρεφόμενη κλίνη

Οπότε $\boxed{y_2 = 0,859 \text{ m}}$

$$V_2 = \frac{Q}{y_2} = \frac{1,5}{0,859} = 1,75 \text{ m/s}$$

$$2) \Delta z_{\max} = E_2 - E_c = y_2 + \frac{V_2^2}{2g} - \left(y_c + \frac{V_c^2}{2g} \right)$$

$$= 1 + \frac{1,75^2}{2 \cdot 9,81} - \left(0,612 + \frac{\left(\frac{Q}{y_c} \right)^2}{2g} \right)$$

$$= 1 + \frac{1,75^2}{2 \cdot 9,81} - \left(0,612 + \frac{1,5^2}{(0,612)^2 \cdot 2 \cdot 9,81} \right)$$

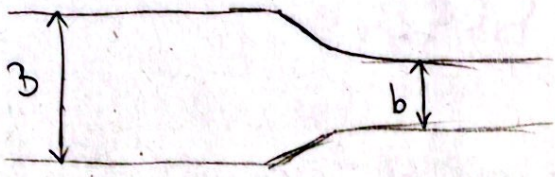
$$= 0,196 \text{ m}$$

ΕΙΣΑΙ ΜΑΧΗ ΚΑΝΕ ΑΛΛΑ ΑΥΤΟ:

$$\Delta z_{\max} = E_1 - \frac{3}{2} y_c$$

ΑΣΚΗΣΗ ΠΑΝ Β.Δ.

ΚΑΤΟΨΗ ΟΡΘ. ΑΤΟΤΟΥ



$$Q = 5 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$B = 2 \text{ m}$$

$$y_1 = 1.5 \text{ m}$$

$$b_{\min} = ?$$

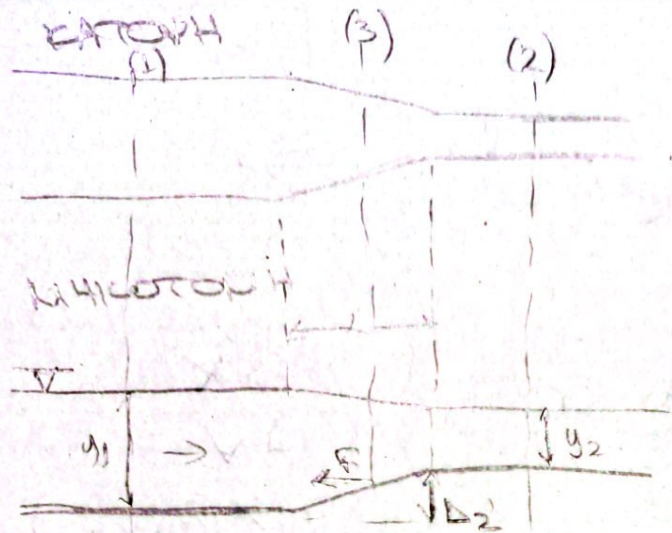
$$F_1 = F_{2 \min} \Rightarrow F_1 = \frac{3}{2} y_c = \frac{3}{2} \left(\frac{Q^2}{b_{\min}^2 g} \right)^{\frac{1}{3}} \Rightarrow$$

$$b_{\min} = \left(\frac{3}{2} \right)^{\frac{3}{2}} \cdot \frac{Q}{\sqrt{g F_1^{\frac{3}{2}}}}$$

$$F_1 = y_1 + \frac{V_1^2}{2g} = y_1 + \frac{Q^2}{2g y_1^2 B^2} = 1.642 \text{ m}$$

Άρα $\boxed{b_{\min} = 1.39 \text{ m}}$

ΑΣΚΗΣΗ 3.1 Ποταμολογία



$$Q = 3 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$B = 2 \text{ m}$$

$$y_1 = 1.5 \text{ m}$$

a) $b = j, y_2 = y_{2c} = b$

b) $F = j$

γ) $y_3 = j$

ΛΥΣΗ

a) $y_{2c} = \left(\frac{Q^2}{b^2 g} \right)^{\frac{1}{3}} \Rightarrow b = \left(\frac{Q^2}{b^2 g} \right)^{\frac{1}{3}} \Rightarrow b^3 = \frac{Q^2}{b^2 g} \Rightarrow$

$b^5 = \frac{Q^2}{g} \Rightarrow b = \left(\frac{Q^2}{g} \right)^{\frac{1}{5}} \Rightarrow b = 0.983 \text{ m}$

$\Rightarrow y_2 = y_{2c} = 0.983 \text{ m}$

$y_1 \frac{V_1^2}{2g} = \Delta_2 + y_2 + \frac{V_2^2}{2g} \Rightarrow \Delta_2 = \left(y_1 + \frac{V_1^2}{2g} \right) - \left(y_2 + \frac{V_2^2}{2g} \right)$

$V_1 = \frac{Q}{By_1} = 1 \text{ m/s}, V_2 = \frac{Q}{by_2} = 3.105 \text{ m/s}, \Delta_2 = 0.077 \text{ m}$

b) $\frac{1}{2} \rho y_1^2 B - \frac{1}{2} \rho y_2^2 b - F = \rho Q (V_2 - V_1) \Rightarrow F = 11099 \text{ N}$

γ) $b_3 = \frac{B+b}{2} = 1.4915 \text{ m}$

$\Delta_{23} = \frac{\Delta_2}{2} = 0.0385 \text{ m}$

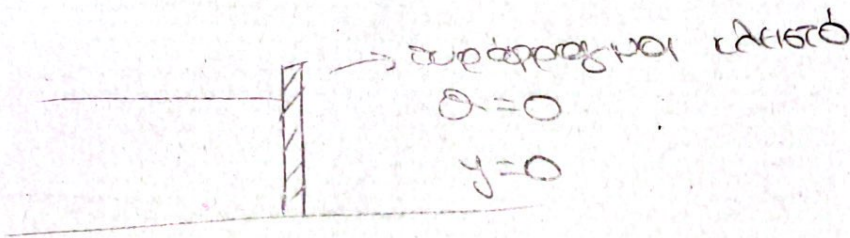
$$\underbrace{y_1 + \frac{V_1^2}{2g}}_{F_1} = \Delta z_3 + \underbrace{y_3 + \frac{V_3^2}{2g}}_{F_3} \Rightarrow \dots \Rightarrow \cancel{y_3^3 - (F_1 - \Delta z_3)y_3^2 + \frac{Q^2}{2gb_3^2}}_{F_3}$$

$$y_3^3 - \underbrace{(F_1 - \Delta z_3)}_{F_3} y_3^2 + \frac{Q^2}{2gb_3^2} = 0 \Rightarrow$$

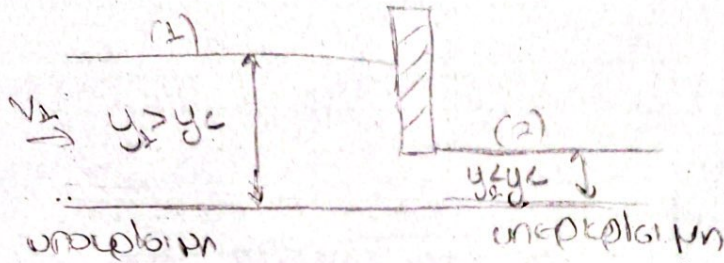
$$y_3^3 - 1.513 \cdot y_3^2 + 8.206 = 0 \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} -933 \times \\ 44 \checkmark \\ 944 \times (\text{row } y_2) \end{array} \right.$$

Ranki $y_2 < y_3 < y_1$

(i) $y_{3c} = 874$ შიდა $y_3 > y_{3c}$

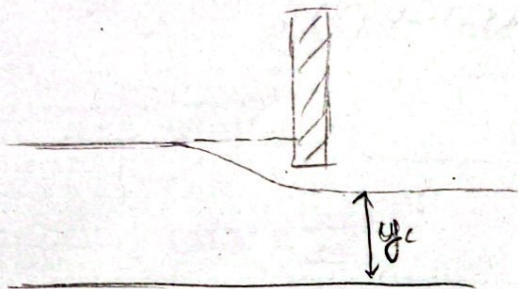


①



$Q < Q_{max}$

②



$Q = Q_{max}$

$y_c = \frac{2}{3} E_c$

③

$$\Rightarrow \left(\frac{Q_{max}^2}{b^2 g} \right)^{\frac{1}{3}} = \frac{2E_c}{3} \Rightarrow Q_{max} = \frac{2}{3} \sqrt{\frac{2}{3} g} E_c^{\frac{3}{2}}$$

$Q_{max} = \frac{Q}{b}$

④ $\boxed{V_1 y_1 = V_2 y_2 = q}$

• Efficiency energies: $H_1 = H_2 \Rightarrow z_1 + y_1 + \frac{V_1^2}{2g} = z_2 + y_2 + \frac{V_2^2}{2g}$

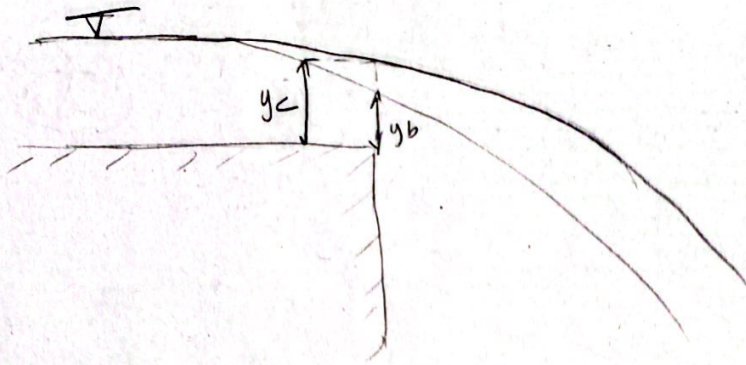
• $\Rightarrow F_1 = F_2 \Rightarrow y_1 + \frac{q^2}{2gy_1^2} = y_2 + \frac{q^2}{2gy_2^2} \Rightarrow$

$$y_2^3 - \underbrace{\left(y_1 + \frac{q^2}{2gy_1^2} \right)}_{F_1} y_2^2 + \frac{q^2}{2g} = 0$$

• Vergleich zu $y_2 \leq y_c$ an Wehr

$$V_2 = \frac{q}{y_2}$$

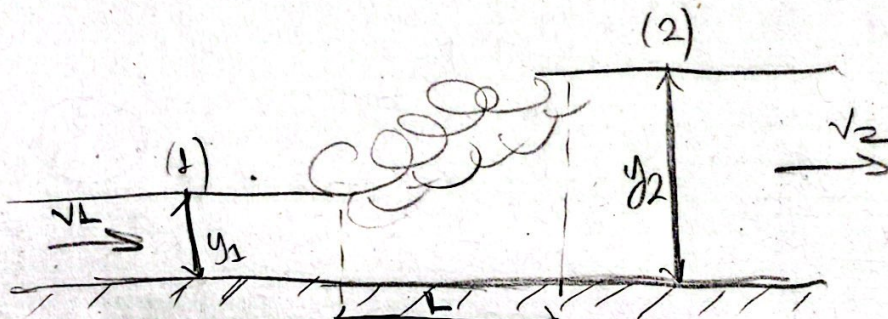
25/10/2023



$$y_b = 0.715 y_c$$

Υποκρίσεις διαρρο

Πάντοτε που η ροή είναι υπερκρίσιμη στα άνω και γίνεται υποκρίσιμη στα κάτω.



εξισώσεις συνέχειας

$$M_1 = M_2 \Rightarrow \frac{Q^2}{gA_1} + y_1 A_1 = \frac{Q^2}{gA_2} + y_2 A_2 \Rightarrow$$

$$\frac{Q^2}{gby_1} + \frac{y_1}{2} \cdot by_1 = \frac{Q^2}{gby_2} + \frac{y_2}{2} \cdot by_2 \Rightarrow$$

$$\frac{v_1^2 \cdot by_1^2}{gby_1} + \frac{y_1^2}{2} = \frac{v_2^2 \cdot by_2^2}{gby_2} + \frac{y_2^2}{2} \Rightarrow$$

$$\frac{v_1^2 y_1}{g} + \frac{y_1^2}{2} = \frac{v_2^2 \cdot y_1^2 \cdot y_2}{g y_2^2} + \frac{y_2^2}{2} \Rightarrow$$

$$y_1^2 - y_2^2 = \frac{2 v_1^2 y_1}{g y_2} (y_1 - y_2) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow y_1 + y_2 = \frac{2V_1^2 y_1}{g y_2} \xrightarrow{\times \frac{y_2}{y_1^2}} (y_1 + y_2) \cdot \frac{y_2}{y_1^2} = \frac{2V_1^2 y_1}{g y_1} \cdot \frac{y_2}{y_1^2}$$

$$\Rightarrow \left(\frac{y_2}{y_1}\right)^2 + \frac{y_2}{y_1} = \frac{2V_1^2}{g y_1} \xrightarrow{Fr^2}$$

$$\Rightarrow \left(\frac{y_2}{y_1}\right)^2 + \frac{y_2}{y_1} - 2Fr^2 = 0$$

(Λύνω ως προς $\frac{y_2}{y_1}$ και κρατώ την θετική τιμή)

$$\Rightarrow \frac{y_2}{y_1} = \frac{-1 + \sqrt{1 + 8Fr_1^2}}{2} \Rightarrow \frac{y_2}{y_1} = \frac{1}{2} (-1 + \sqrt{1 + 8Fr_1^2})$$

$y_1, y_2 \rightarrow$ ούρα ή βάθη για έχω 1 δια ειδική δακτύλιο

ΠΑΡΑΘΕΤΕΣ

$$\frac{y_1}{y_2} = \frac{1}{2} (-1 + \sqrt{1 + 8Fr_2^2}) \quad , \quad Fr_2 = \frac{V_2}{\sqrt{g y_2}}$$

Δr $1 \leq Fr_1 \leq 18$ το μήκος υδραυλικών αλμάτων

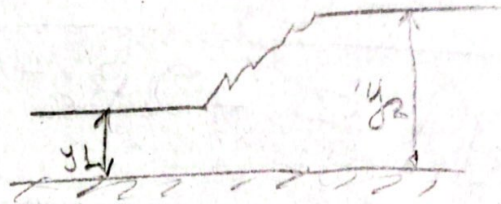
$$L = 6y_2$$

Ανωτέρως ενέργειας: $hA = E_1 - E_2 \Rightarrow hA = \frac{(y_2 - y_1)^3}{4y_1y_2}$

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

$$q = 10 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$y_1 = 1,25 \text{ m}$$



a) $y_2 = ?$

$$V_1 = \frac{q}{y_1} = \frac{10}{1,25} = 8 \text{ m/s}$$

$$Fr_1 = \frac{V_1}{\sqrt{gy_1}} = \frac{8}{\sqrt{9,81 \cdot 1,25}} = 2,285$$

$$\frac{y_2}{y_1} = \frac{1}{2} \left(-1 + \sqrt{1 + 8Fr_1^2} \right) \Rightarrow y_2 = 3,462 \text{ m}$$

$$V_2 = \frac{q}{y_2} \Rightarrow V_2 = 2,889 \text{ m/s}$$

$$Fr_2 = \frac{V_2}{\sqrt{gy_2}} = \frac{2,889}{\sqrt{9,81 \cdot 3,462}} = 0,496 < 1$$

β) Απώλειες ενέργειας;

$$h_f = \frac{(y_2 - y_1)^3}{4 y_1 y_2} = \frac{(3,462 - 1,25)^3}{4 \cdot 3,462 \cdot 1,25} = 0,625 \text{ m}$$

Ποσοστό απωλειών ενέργειας

$$\frac{E_1 - E_2}{E_1} = \frac{h_f}{E_1} \cdot 100\%$$

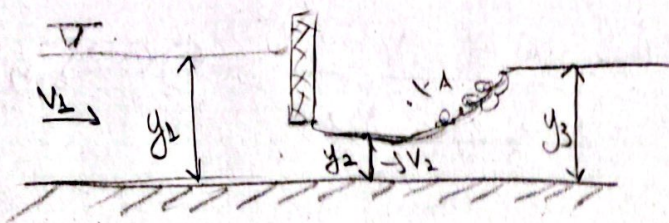
$$E_1 = y_1 + \frac{v_1^2}{2g} = 4,512 \text{ m} \Rightarrow \frac{h_f}{E_1} = 13,852\%$$

ISXYS

$$P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot h_f = \gamma \cdot Q \cdot h_f \Rightarrow \gamma = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$P = 61,413 \frac{\text{kW}}{\text{m}}$$

TRAPAZOIDALNA



$$V_1 = 0.6 \text{ m/s}$$

$$y_1 = 3.05 \text{ m}$$

$$y_2 = ?$$

$$V_2 = ?$$

$$y_3 = ?$$

$$V_1 y_1 = V_2 y_2 = q$$

$$q = V_1 y_1 \Rightarrow q = 1.83 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$y_c = \left(\frac{q^2}{g} \right)^{\frac{1}{3}} \Rightarrow y_c = 0.699 \text{ m}$$

$$E_1 = E_2 \Rightarrow y_1 + \frac{V_1^2}{2g} = y_2 + \frac{V_2^2}{2g} \Rightarrow y_1 + \frac{q^2}{2g y_1^3} = y_2 + \frac{q^2}{2g y_2^3}$$

$$\Rightarrow y_2^3 - E_2 y_2^2 + \frac{q^2}{2g} = 0 \Rightarrow y_2^3 - 3.068 y_2^2 + 0.1707 = 0$$

$$\Rightarrow y_2 = \begin{cases} 3.05 \times \\ -0.228 \times \\ 0.246 \end{cases}$$

Provera: $y_2 < y_c$ apa

$$y_2 = 0.246 \text{ m}$$

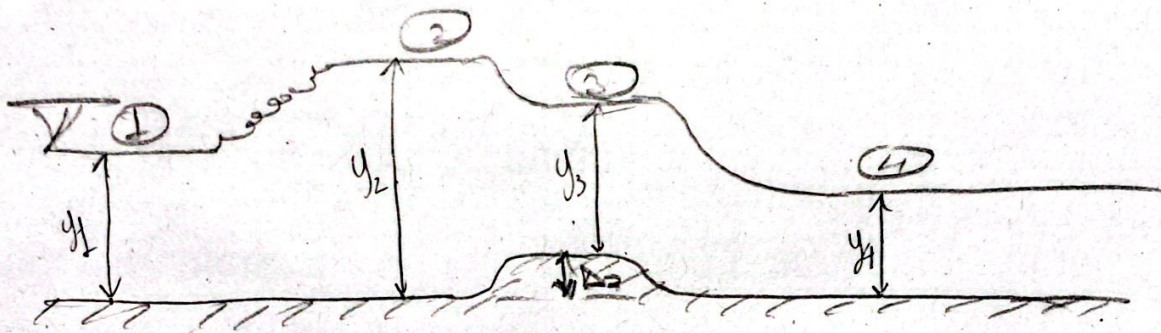
$$V_2 = \frac{q}{y_2} = 7.439 \text{ m/s}$$

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

$$Fr_2 = \frac{v_2}{\sqrt{gy_2}} = 4,789 > 1$$

$$\Rightarrow y_3 = 1,547m$$

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ



Δεδομένα: y_3 , Δ_2

Ζητούμενα: v_1 , y_1 , v_2 , y_2 , v_4 , y_4 , ④: υπερκρίσιμη

(1) → υπερκρίσιμη ροή
(2) → υποκρίσιμη ροή
(4) → υπερκρίσιμη

Η ροή στην διατομή (3) είναι κρίσιμη

$$y_3 = y_c = \left(\frac{Q^2}{g} \right)^{\frac{1}{3}} \Rightarrow \textcircled{9} \text{ αρα } v_3 = \frac{Q}{y_3} = \sqrt{gy_c} \text{ , } \frac{3}{2}y_c$$

$$y_2 + \frac{v_2^2}{2g} = \Delta_2 + y_3 + \frac{v_3^2}{2g} = y_4 + \frac{v_4^2}{2g} \Rightarrow y_2 + \frac{Q^2}{2gy_2^2} = \Delta_2 + y_3 + \frac{v_3^2}{2g}$$

$$\frac{\text{supers}}{y_2 > y_c} \quad y_2 \rightarrow V_2 \rightarrow Fr_2 = \frac{V_2}{\sqrt{gy_2}}$$

$$y_4 + \frac{Q^2}{2gy_4^3} = D_2 + y_3 + \frac{V_3^2}{2g} \xrightarrow{\text{supers}} \textcircled{y_4} - S V_4$$

$y_4 < y_c$

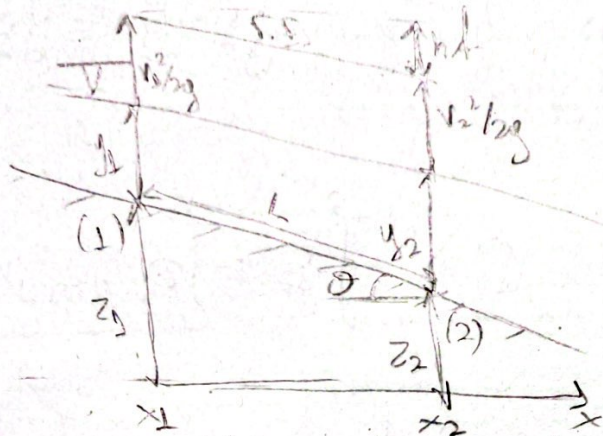
$$\frac{y_1}{y_2} = \frac{1}{2} (-1 + \sqrt{1 + 8Fr_2^2}) \rightarrow \textcircled{y_1} < y_c$$

↓
 V_1

26/10/2023

Οριζόντιοι σωτ

→ το βάθος δεν μεταβάλλεται κατά μήκος του αγωγού



ΕΙΣΟΔΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + hf \Rightarrow z_1 + y_1 + \frac{V_1^2}{2g} = z_2 + y_2 + \frac{V_2^2}{2g} + hf$$

Poiseuille-Weisbach

$$hf = f \cdot \frac{L}{Dh} \cdot \frac{V^2}{2g} \quad (1) \text{ όπου}$$

$$Dh = 4Rh$$

$\frac{A}{P} \rightarrow \text{εισαγωγή}$
P - έκτ. περίμετρος

→ κλίση πυθμένα

$$J_0 = \tan \theta = \frac{z_1 - z_2}{x_2 - x_1} = \frac{z_2 - z_1}{L} \Rightarrow z_2 - z_1 = J_0 \cdot L$$

→ κλίση Γ.Ε.

$$J_E = \frac{hf}{L} \Rightarrow hf = J_E \cdot L$$

$$y_1 + \frac{v_1^2}{2g} = y_2 + \frac{v_2^2}{2g} - (z_1 - z_2) + h_f = 8$$

$$y_1 + \frac{V_1^2}{2g} = y_2 + \frac{V_2^2}{2g} + (T_E - T_0) \cdot L \quad \begin{matrix} y_1 = y_2 \\ V_1 = V_2 \end{matrix}$$

010010100000
000000000000

Άρα έχω ποιότητα που ισχύει $y_1 = y_2 = y_0$

$$\Rightarrow (T_E - T_0) L = 0 \Rightarrow T_E = T_0$$

$$\Rightarrow \frac{nt}{2} = \frac{\Delta_2}{1} \Rightarrow nt = \Delta_2$$

Ans a) $\Rightarrow \int_0^L K = \frac{f \cdot L}{4Rh} \cdot \frac{V^2}{2g} \Rightarrow V = \sqrt{\frac{8g}{f} \cdot Rh \cdot I_0}$

To 4 to explore and investigate Colebrook-white

$$\frac{A}{f^{\frac{1}{2}}} = -2 \log \left(\frac{b_s/Dn}{34} + \frac{351}{Re \cdot f^{\frac{1}{2}}} \right)$$

$$-Av \quad L_c \rightarrow \infty \quad f = \left(-2 \log \left(\frac{K_{SID} h}{37} \right) \right)^{-2}$$

$$\Rightarrow t = \left(2 \log \left(\frac{14,02h}{ks} \right) \right)^{-2}$$

Εξίσωση Manning

$$C = \frac{Rh^{1/6}}{n}$$

Ελ. Chezy

Εξίσωση Manning

$$V = \frac{1}{n} Rh^{2/3} J_0^{1/2}$$

$\downarrow$ m/s $\downarrow$ m

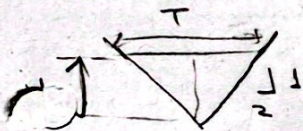
$$Q = V \cdot A = \frac{1}{n} \cdot A \cdot Rh^{2/3} \cdot J_0^{1/2}$$

Υπολογισμός αναδιαμορφωμένων αέρας

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot Rh^{2/3} \cdot J_0^{1/2}$$

Χρησιμοποιώντας το solver αόριστες οι διαταρξές errors από την τριγωνική

Τριγωνική διαταρξή



$$Q = 2 \cdot y^2 \cdot \frac{1}{n} \cdot \left(\frac{2y^2}{2y(1+2^2)} \right)^{2/3} \cdot J_0^{1/2} \Rightarrow$$

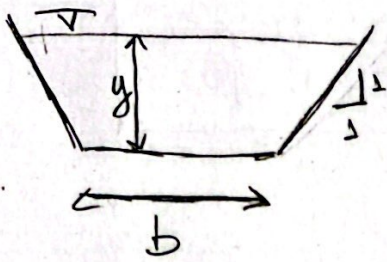
$$Q = 2 \cdot y^2 \cdot \frac{1}{n} \cdot \left(\frac{2}{2\sqrt{1+2^2}} \right)^{2/3} \cdot y^{2/3} \cdot J_0^{1/2} \Rightarrow$$

$$Q = y^{8/3} \cdot \frac{1}{n} \cdot J_0^{1/2} \cdot \frac{2^{2/3}}{2^{2/3} \cdot (1+2^2)^{1/3}} \Rightarrow$$

$$y^{8/3} = \frac{n \cdot Q}{J_0^{1/2}} \cdot \frac{2^{2/3} (1+2^2)^{1/3}}{2^{5/3}} \Rightarrow$$

$$y = \left(\left(\frac{n \cdot Q}{J_0^{1/2}} \right)^3 \cdot \frac{4(1+2^2)}{2^5} \right)^{1/8}$$

TRAPAZOIDAL



$$b = 340 \text{ m}$$

$$y = 180 \text{ m}$$

$$f_0 = 0.0009$$

$$n = 0.012$$

$$Q = ?$$

$$A = (b + zy)y \Rightarrow A = 7,56 \text{ m}^2$$

$$P = b + 2y\sqrt{1+z^2} \Rightarrow P = 7,491 \text{ m}$$

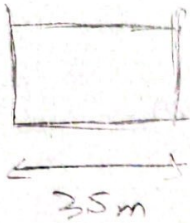
$$Rh = \frac{A}{P} = \frac{7,56}{7,491} = 1,009 \text{ m}$$

$$V = \frac{1}{n} \cdot Rh^{\frac{2}{3}} \cdot f_0^{\frac{1}{2}} \Rightarrow V = \frac{1}{0.012} (1,009)^{\frac{2}{3}} (0.0009)^{\frac{1}{2}}$$

$$V = 2,515 \text{ m/s}$$

$$Q = A \cdot V \Rightarrow \boxed{Q = 19,016 \text{ m}^3/\text{s}}$$

ΤΡΑΠΕΖΕΙΓΜΑ (4.1 πον)



$$b = 35 \text{ m}$$

$$J_0 = 0.01$$

$$Q = 7 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$n = 0.015$$

$$y_0 = ?$$

$$Q = V \cdot A = \frac{1}{n} \cdot R h^{\frac{2}{3}} \cdot J_0^{\frac{1}{2}} \cdot A$$

$$\begin{aligned} A &= by \\ P &= b + 2y \end{aligned} \quad \Rightarrow \quad R h = \frac{A}{P} = \frac{by}{b + 2y}$$

$$Q = \frac{1}{n} \left(\frac{by}{b + 2y} \right)^{\frac{2}{3}} \cdot J_0^{\frac{1}{2}} by \quad \rightarrow \text{key})$$

Δοκιμές :

y (m)	f (y)
1	11,263
35	4,195
37.1	6,978
37.12	7,006

- Άρα $y_0 = 37.12 \text{ m}$

①

$$y = \frac{1}{x} \left(\frac{0.01}{5} (10-4)^{10} \right)^{1/2}$$

y	10
1	10
0.995	0.998
0.994	0.996
0.993	0.994

$$y = 0.993$$

$$y = \frac{1}{x} = 1.0003 \text{ is required in eqn}$$

$$x = \frac{1}{y} = \frac{1}{0.993} = 1.00705$$

10	10
1	10
0.995	0.998
0.994	0.996
0.993	0.994

10.25m
10.25m
10.25m
10.25m

10.25m
10.25m

10.25m

10.25m
10.25m

$$y = \frac{1}{x} = 1.00705 \text{ is required in eqn}$$

y	10
1	10
0.995	0.998
0.993	0.994

$$y = 0.993$$

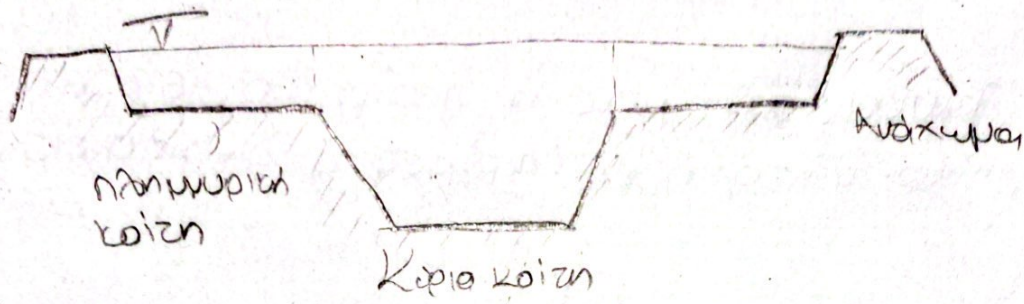
$$y = \frac{1}{x} \left(\frac{0.01}{5} (10-4)^{10} \right)^{1/2}$$

$$y = 0.993$$

01/11/2023

Ομοιομορφία ροής σε σύνθετες διατομές

ΠΕΦΤΕΙ



Οι ταχύτητες σε κάθε τμήμα είναι διαφορετικές
γι' αυτό στις νωτές επιφάνειες (δοκεκοπμένες) δημιουργούνται
διατρητικές τάσεις.

- Μέθοδος επιφανείας διατομής

$$Rh = \frac{A}{P} =$$

$$\frac{\sum A_i}{\sum P_i}$$

προσθέτω όλα τα
εμβαδά κάθε τμήματος

προσθέτω όλα τα
στερεά όρια

→ θεωρεί ότι έχω παντού ίδια ταχύτητα

$$n_e = \frac{\sum n_i^{3/2} \cdot P_i}{P}$$

ισοδύναμη
ταχύτητα

σωληνική περιφέρεια

$$Q = \frac{A}{n_e} \cdot A \cdot Rh^{2/3} \cdot J_0^{1/2}$$

εμβαδό εμβαδού

Βγαίνει πιο μικρή παροχή

- Μέθοδος χωριστών διατομών

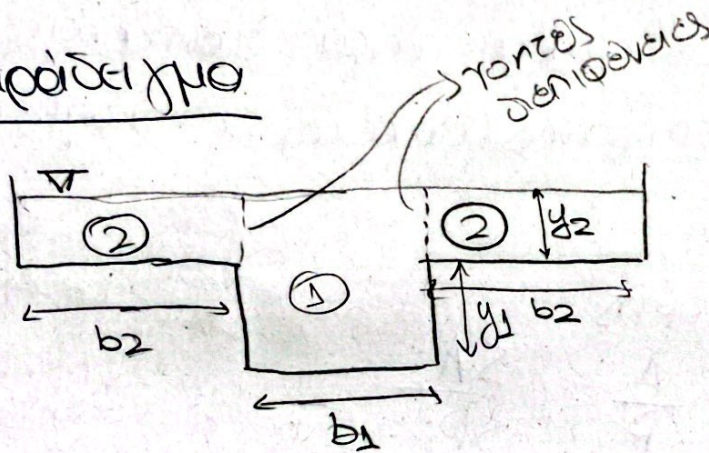
(, δεν θεωρεί ίδια ταχύτητα παντού $\Rightarrow$ πιο ρεαλιστική)

$$Q = \sum Q_i = \sum \left(\frac{1}{n_i} \cdot A_i \cdot R h_i^{\frac{2}{3}} \cdot \int_0^{\frac{1}{2}} \right)$$

Στο P λαμβάνεται μόνο η περίμετρος στεφρών
είων, όχι και τα υπό όρια (περίμετρος διενιφάνειας)

Βγαίνει πιο μεγάλη παροχή

Παράδειγμα



Ενιαίος συντελεστής Manning n

$$Q = ;$$

- Μέθοδος ενιαίας διατομής

$$\left. \begin{aligned} A &= y_1 \cdot b_1 + y_2 (2b_2 + b_1) \\ P &= b_1 + 2y_1 + 2b_2 + 2y_2 \end{aligned} \right\} R h = \frac{A}{P}$$

$$Q = \frac{1}{n} \cdot R h^{\frac{2}{3}} \cdot \int_0^{\frac{1}{2}} \cdot A$$

- Μέθοδος κυρτών διατομών

$$A_1 = b_1 (y_1 + y_2) \quad , \quad P_1 = b_1 + 2y_1 \rightarrow Rh_1 = \frac{A_1}{P_1}$$

$$A_2 = b_2 \cdot y_2 \quad , \quad P_2 = b_2 + y_2 \rightarrow Rh_2 = \frac{A_2}{P_2}$$

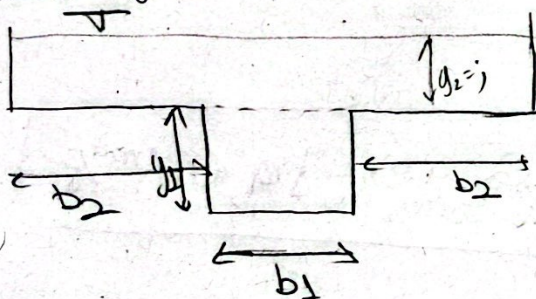
Αρα έχω: $Q_1 = \frac{1}{n_1} \cdot Rh_1^{\frac{2}{3}} \int_0^{\frac{1}{2}} A_1$

$$Q_2 = \frac{1}{n_2} Rh_2^{\frac{2}{3}} \int_0^{\frac{1}{2}} A_2$$

Συνολική παροχή: $Q = Q_1 + 2Q_2$

Αερ. 4.7
Παρακείμενα
κόλμα

Υπολογισμός ανοίγματος βάσης σε συνετές διατομές



Τρωστή Q

Ισχύει ανοίγματος βάσης (πρὸς =)

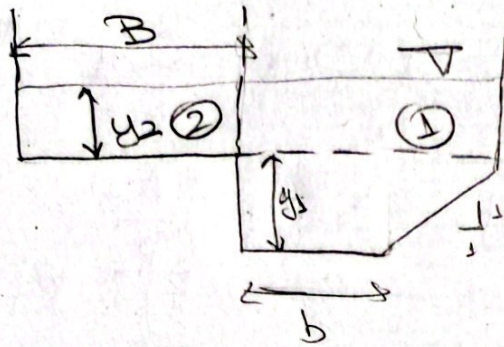
Ναυαί το ανοίγματος βάσης να δαυ y_1 (να μην έχει υπερχειλίσαις δηλαδή). Βρίσκω Q _{κρίσιμ}

$$Q_{\text{κρίσιμ}} = \frac{1}{n} \cdot \left(\frac{b_1 y_1}{b_1 + 2y_1} \right)^{\frac{2}{3}} \cdot \int_0^{\frac{1}{2}} b_1 y_1$$

Αν $Q > Q_{\text{κρίσιμ}}$ έχω υπερχειλίσαις (βάσης πρὸς: $y > y_1$)

Αν $Q < Q_{\text{κρίσιμ}}$ έχω υπερχειλίσαις (βάσης πρὸς: $y < y_1$)

Παρακώλυση Β.5



$$n = 0.016 \text{ newton}$$

$$b = 3 \text{ m}$$

$$B = 4 \text{ m}$$

$$J_0 = 0.0015$$

$$y_1 = 2 \text{ m}$$

a) Q:; στα n κώλυση με την μέση (μέση y1)

$$A = \frac{b + y_1 + b}{2} \cdot y_1 = \frac{2b + y_1}{2} \cdot y_1 = b \cdot y_1 + \frac{y_1^2}{2}$$

$$\Rightarrow A = 8 \text{ m}^2$$

$$P = b + y_1 + y_1 \sqrt{2} \Rightarrow P = 7.828 \text{ m}$$

$$R_h = \frac{A}{P} = 1.02 \text{ m}$$

$$Q = \frac{1}{n} \cdot R_h^{\frac{2}{3}} \cdot J_0^{\frac{1}{2}} \cdot A \Rightarrow \boxed{Q_{\text{κώλυση}} = 19.647 \text{ m}^3/\text{s}}$$

b) Χαρακτηρίστε την ροή (επίρρο, υποκρίρρο, υπερκρίρρο)

$$Fr = \frac{V_{kr}}{\sqrt{g y_h}}, \text{ όπου } V_{kr} = \frac{Q_{kr}}{A} = \frac{19.647}{8} = 2.456 \text{ m/s}$$

$$\text{Εξω } T = b + y_1 = 5 \text{ m} \rightarrow y_h = \frac{A}{T} = \frac{8}{5} = 1.6 \text{ m}$$

$$Fr = 0.62 < 1 \rightarrow \text{υποκρίρρο ροή}$$

δ) Είναι $Q = 30 \text{ κκ.} \Rightarrow Q = 58941 \text{ m}^3/\text{s}$
 Ίσως οι οποίοντες βάθος

Χωρίζω την διατομή σε τμήματα

$$A_1 = b y_1 + \frac{1}{2} y_1^2 + (b + y_1) \cdot y_2 = 8 + 5 y_2$$

$$P_1 = b + y_1 + y_1 \sqrt{2} + y_2 = 7.828 + y_2$$

$$R h_1 = \frac{A_1}{P_1} = \frac{8 + 5 y_2}{7.828 + y_2}$$

$$\left. \begin{array}{l} A_2 = B \cdot y_2 = 4 y_2 \\ P_2 = B + y_2 = 4 + y_2 \end{array} \right\} R h_2 = \frac{A_2}{P_2} = \frac{4 y_2}{4 + y_2}$$

$$Q = Q_1 + Q_2 \Rightarrow Q = \left(\frac{1}{n} \cdot R h_1^{\frac{2}{3}} \cdot J_0^{\frac{1}{2}} \cdot A_1 + \frac{1}{n} R h_2^{\frac{2}{3}} \cdot J_0^{\frac{1}{2}} \cdot A_2 \right) F(y_2)$$

αποτελ $\rightarrow$

y_2	$F(y_2)$
1	49,074
1.3	60,212
1.267	58,95

$$\text{Άρα } y_2 = 1.267$$

Άρα συνολικό βάθος ποταμού $y = y_1 + y_2 = 3.27 \text{ m}$

Κρίσιμη κατάσταση

$$y_0 = y_c \rightarrow J_0 = J_c$$

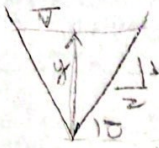
$$V_c = \frac{1}{n} \cdot Q h_c^{\frac{2}{3}} J_c^{\frac{1}{2}} \rightarrow J_c = \left(\frac{n \cdot V_c}{Q h_c^{\frac{2}{3}}} \right)^2 \Rightarrow J_c = \frac{n^2 \cdot V_c^2}{Q h_c^{\frac{4}{3}}}$$

$$V_c = \frac{Q}{A_c} \quad J_c = \frac{n^2 \cdot Q^2}{A_c^2 \cdot Q h_c^{\frac{4}{3}}} \xrightarrow{\frac{Q^2 \cdot T_c}{g A_c^3} = 1} \boxed{J_c = \frac{n^2 \cdot g \cdot A_c}{T_c \cdot Q h_c^{\frac{4}{3}}}}$$

- Αν $J_0 < J_c$ τότε $y_0 > y_c \rightarrow$ κατάσταση υποκρίσιμη
- Αν $J_0 = J_c$ τότε $y_0 = y_c \rightarrow$ κρίσιμη κατάσταση
- Αν $J_0 > J_c$ τότε $y_0 < y_c \rightarrow$ κατάσταση υπερκρίσιμη

02/11/2023

Trapezoidal



$$\theta = 50^\circ$$

$$n = 0.018$$

$$Q = 16 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$y_c = ?$$

$$V_c = ?$$

$$T_c = ?$$

Area and perimeter equations

$$\frac{Q^2 \cdot T_c}{g \cdot A_c^3} = 1 \quad (1)$$

$$A = z \cdot y^2 = \frac{1}{\tan \theta} \cdot y^2 = 0.839 y^2$$

$$T = 2zy = 2 \cdot 0.839 y = 1.678 y$$

And (1) $\Rightarrow \frac{Q^2 \cdot 2zy}{g \cdot z^3 y^6} = 1 \Rightarrow y_c^5 = \frac{2Q^2}{g z^2}$

$$y_c = \left(\frac{2Q^2}{g z^2} \right)^{\frac{1}{5}} \Rightarrow \boxed{y_c = 2.366 \text{ m}}$$

$$A_c = z \cdot y_c^2 = 4.697 \text{ m}^2 \rightarrow V_c = \frac{Q}{A_c} \Rightarrow \boxed{V_c = 3.407 \text{ m/s}}$$

Also $V_c = \frac{1}{n} R h_c^{\frac{2}{3}} \cdot T_c^{\frac{1}{2}} \Rightarrow T_c = \left(\frac{n \cdot V_c}{R h_c^{\frac{2}{3}}} \right)^2 \Rightarrow T_c = \frac{n^2 \cdot V_c^2}{R h_c^{\frac{4}{3}}}$

$$R h_c = \frac{A_c}{P_c} = \frac{4.697}{2y_c^{\frac{1}{2}}} = 5.976 \text{ m}$$

And $\boxed{T_c = 9.00542}$

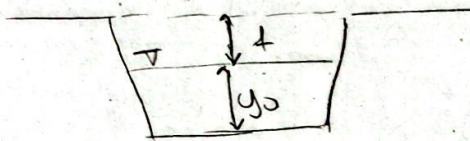
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΑΤΟΤΟΥ (ΔΙΟΡΥΓΩΝ ΚΑΙ ΤΑΦΩΝ)

Διώρυγες → αγωγοί **ΜΕ** επένδυση

Τάφροι → αγωγοί **ΧΩΡΙΣ** επένδυση

Θέλω $Q = Q_{min} \rightarrow Q = Q_{max}$

Σχεδιάζονται οι αγωγοί για αποδοτικότερη ροή (αποδοτικό = σταθερό βάθος)



$y_0 + f = \text{βάθος εκροής}$

Σχεδιασμός Διώρυγας

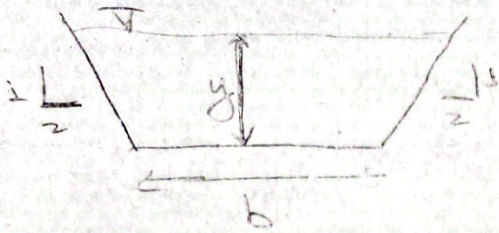
Χρησιμοποιώ την μέθοδο βέλτιστης διατομής

Από εξίσωση Manning: $Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R h^{\frac{2}{3}} \cdot J_0^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{n} \cdot A \cdot \frac{A^{\frac{2}{3}}}{P^{\frac{2}{3}}} \cdot J_0^{\frac{1}{2}}$

Το $\frac{Q}{P}$ αυξάνει όσο P μειώνεται

Βέλτιστη διατομή : διατομή με $Q_{max} \Leftrightarrow R_{h_{max}} \Leftrightarrow P_{min}$
→ μέγιστη παροχευτική ικανότητα

για σταθερά J_0, n, A



$$A = b \cdot y + 2 \cdot y^2 \Rightarrow b = \frac{A}{y} - 2y$$

$$P = b + 2y\sqrt{1+2^2} \Rightarrow P = \frac{A}{y} - 2y + 2y\sqrt{1+2^2}$$

Προαγούμενο: $\frac{dP}{dy} = 0 \Rightarrow \frac{A}{y^2} = 2 + 2\sqrt{1+2^2}$

$$A = y^2 (2\sqrt{1+2^2} - 2) = 0$$

Αρα $P = 4y\sqrt{1+2^2} - 2y^2 - 2y + 2y\sqrt{1+2^2}$

$$\Rightarrow P = 2y\sqrt{1+2^2} - y^2 - 2y + 2y\sqrt{1+2^2}$$

$$\Rightarrow \boxed{P = 4y\sqrt{1+2^2} - 2y^2}$$

$$Rh = \frac{A}{P} = \frac{y^2 (2\sqrt{1+2^2} - 2)}{4y\sqrt{1+2^2} - 2y^2} = \frac{y^2 (2\sqrt{1+2^2} - 2)}{2y(2\sqrt{1+2^2} - 2)}$$

$$\Rightarrow \boxed{Rh = \frac{y}{2}}$$

Στην ορθογωνική διατομή ($z=0$) είναι

$$A = 2y^2, \quad P = 4y, \quad Rh = \frac{y}{2}$$

$$A = b \cdot y = 2y^2 \Rightarrow \boxed{b = 2y}$$

Το να βρω την καλύτερη τιμή (z)

$$\frac{dP}{dz} = 0 \Rightarrow -y + 2y \cdot \frac{1}{2\sqrt{1+z^2}} \cdot 2z = 0 \Rightarrow$$

$$2z = \sqrt{1+z^2} \Rightarrow 4z^2 = 1+z^2 \Rightarrow z = \frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{1}{\tan 60^\circ}$$

$$\Rightarrow \theta = 60^\circ$$

Υπολογίστε με τους προηγούμενους τύπους

$$A = \sqrt{3} y^2, \quad P = 2\sqrt{3} y, \quad b = \frac{2}{\sqrt{3}} y, \quad T = \frac{4}{\sqrt{3}} y$$

για βέλτιστη τραπέζιδη διατομή ($\theta = 60^\circ$) όπου

$$Rh = \frac{A}{P} = \frac{y}{2}$$

Στην καλύτερη διατομή, η βέλτιστη είναι η ημικυκλική

$$y = \frac{d}{2}$$

$$P = \frac{\pi \cdot d}{2} = \pi y$$

→ η μικρότερη βέλτιστη περιμετρος από όλες (και τραπέζιου και ορθγωνίου)

Εντικρίτος τρόπος υπολογισμού βέλτιστης διατομής

$$A = A(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

$$P = P(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

$$dP = \frac{\partial P}{\partial x_1} dx_1 + \frac{\partial P}{\partial x_2} dx_2 + \dots + \frac{\partial P}{\partial x_n} dx_n = 0$$

$$dA = \frac{\partial A}{\partial x_1} dx_1 + \frac{\partial A}{\partial x_2} dx_2 + \dots + \frac{\partial A}{\partial x_n} dx_n = 0 \quad (A=A_0, y=y_0)$$

$$d(P - \lambda dA) = \left(\frac{\partial P}{\partial x_1} - \lambda \frac{\partial A}{\partial x_1} \right) dx_1 + \left(\frac{\partial P}{\partial x_2} - \lambda \frac{\partial A}{\partial x_2} \right) dx_2 + \dots + \left(\frac{\partial P}{\partial x_n} - \lambda \frac{\partial A}{\partial x_n} \right) dx_n = 0$$

$$\frac{\partial P}{\partial x_1} - \lambda \frac{\partial A}{\partial x_1} = 0, \quad \frac{\partial P}{\partial x_2} - \lambda \frac{\partial A}{\partial x_2} = 0, \quad \frac{\partial P}{\partial x_n} - \lambda \frac{\partial A}{\partial x_n} = 0$$

$$\frac{\partial (P - \lambda A)}{\partial \lambda} = 0$$

Προβλεπτική διατομή



$$A = by$$

$$P = b + 2y$$

$$\frac{\partial (P - \lambda A)}{\partial b} = 0 \Rightarrow \frac{\partial (b + 2y - \lambda by)}{\partial b} = 0 \Rightarrow 1 - \lambda y = 0 \Rightarrow \lambda = \frac{1}{y}$$

$$\frac{\partial (P - \lambda A)}{\partial y} = 0 \Rightarrow \frac{\partial (b + 2y - \lambda by)}{\partial y} = 0 \Rightarrow 2 - \lambda b = 0 \Rightarrow \lambda = \frac{2}{b}$$

$$\frac{1}{y} = \frac{2}{b} \Rightarrow b = 2y \quad \begin{cases} A = 2y^2 \\ P = 4y \end{cases} \quad Rh = \frac{y}{2}$$

Παραδείγματα

$$Q = 5 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$J_0 = 0.001$$

$$n = 0.015$$

Στεγανότητα
ορθογωνικής διατομής
 $b = j$ $y = j$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Βέλτιστης} \\ \text{διατομής} \end{array} \right\} \begin{array}{l} b = 2y \\ A = 2y^2 \\ P = 4y \\ Rh = \frac{y}{2} \end{array}$$

$$a) Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot Rh^{\frac{2}{3}} \cdot J_0^{\frac{1}{2}} \Rightarrow Q = \frac{1}{n} \cdot 2y^2 \left(\frac{y}{2}\right)^{\frac{2}{3}} \cdot J_0^{\frac{1}{2}} \Rightarrow$$

$$y^{\frac{8}{3}} = \frac{nQ \cdot 2^{\frac{2}{3}}}{2J_0^{\frac{1}{2}}} \Rightarrow y^{\frac{8}{3}} = 4.882 \Rightarrow$$

$$\boxed{y = 4.27 \text{ m}} \leadsto b = 2y \Rightarrow \boxed{b = 8.54 \text{ m}}$$

$$A = 3.214 \text{ m}^2, \quad P = 5.074 \text{ m}$$

β) Για το ίδιο A θα μπορούσε να μεταφερθεί από την βέλτιστη τραπέζιδα που προκύπτει από την καλύτερη διατομή;

$$\begin{array}{l} \text{i) Για τραπέζιδα ήδη:} \\ A = \sqrt{3} y^2, \quad b = \frac{2}{\sqrt{3}} y \\ P = 2\sqrt{3} y, \quad T = \frac{4}{\sqrt{3}} y \end{array} \quad \left| \quad \begin{array}{l} A = \sqrt{3} y_T^2 \Rightarrow y_T = \left(\frac{A}{\sqrt{3}}\right)^{\frac{1}{2}} \\ \Rightarrow \boxed{y_T = 1.362 \text{ m}} \end{array} \right.$$

$$Rh = \frac{y}{2}$$

$$P_T = 4.719 \text{ m}$$

$$Q_T = \frac{1}{n} \left(\frac{y_T}{2}\right)^{\frac{2}{3}} \cdot J_0^{\frac{1}{2}} \cdot A \Rightarrow \boxed{Q_T = 5.25 \text{ m}^3/\text{s}}$$

$$\frac{Q_T - Q}{Q} \cdot 100\% = 4.9\%$$

ii) Για να είναι ορθή η σχέση: $y_c = \frac{d}{2}$, $A = \frac{\pi d^2}{8} = \frac{\pi y_c^2}{2}$
 $\Rightarrow d = 2,861 \text{ m}$

Άρα $y_c = \frac{d}{2} = 1,43 \text{ m}$

$P_c = \pi \cdot y_c = 4,494 \text{ m}$

$R_h = \frac{A}{P_c} = \frac{y_c}{2} = 0,715 \text{ m}$

$Q_c = \frac{1}{n} \left(\frac{y_c}{2} \right)^{\frac{2}{3}} \cdot \int_0^{\frac{1}{2}} A = 5,42 \text{ m}^3/\text{s}$

$\frac{Q_c - Q}{Q_c} \cdot 100\% = 83,85\%$

Πρόβλημα

$$Q = 2 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$J_0 = 8001$$

$$n = 0.016$$

1. Ορθογώνια διατομή

$$b = 2y, \quad A = 2y^2, \quad P = 4y, \quad Rh = \frac{y}{2}$$

$$Q = VA = \frac{1}{n} \cdot Rh^{\frac{2}{3}} \cdot J_0^{\frac{1}{2}} \cdot A$$

$$Q = \frac{1}{n} \left(\frac{y}{2} \right)^{\frac{2}{3}} \cdot J_0^{\frac{1}{2}} \cdot 2y^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow y^{\frac{8}{3}} = \frac{n \cdot Q \cdot 2^{\frac{2}{3}}}{J_0^{\frac{1}{2}} \cdot 2} \Rightarrow y = \left(\frac{n \cdot Q \cdot 2^{\frac{2}{3}}}{2 J_0^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{8}}$$

$$\Rightarrow \boxed{y = 0.92 \text{ m}}$$

$$\boxed{A = 1.697 \text{ m}^2}$$

$$\boxed{b = 2y = 1.84 \text{ m}} \quad \boxed{P = 3.684 \text{ m}}$$

2. Τραπεζοειδής διατομή

$$A = \sqrt{3}y^2, \quad P = 2\sqrt{3}y, \quad b = \frac{2}{\sqrt{3}}y, \quad T = \frac{4}{\sqrt{3}}y$$

$$Rh = \frac{y}{2} \left(= \frac{A}{P} \right)$$

$$Q = \frac{1}{n} \left(\frac{y}{2} \right)^{\frac{2}{3}} \cdot J_0^{\frac{1}{2}} \cdot \sqrt{3}y^2 \Rightarrow y^{\frac{8}{3}} = \frac{n \cdot Q \cdot 2^{\frac{2}{3}}}{\sqrt{3} J_0^{\frac{1}{2}}} \Rightarrow$$

$$y = \left(\frac{n \cdot Q \cdot 2^{\frac{2}{3}}}{\sqrt{3} J_0^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{8}} \Rightarrow \boxed{y = 0.97 \text{ m}}$$

$$\boxed{b = 1.12 \text{ m}}$$

$$\boxed{P = 3.57 \text{ m}}$$

$$\boxed{A = 1.637 \text{ m}^2}$$

$$\boxed{P = 3.368 \text{ m}}$$

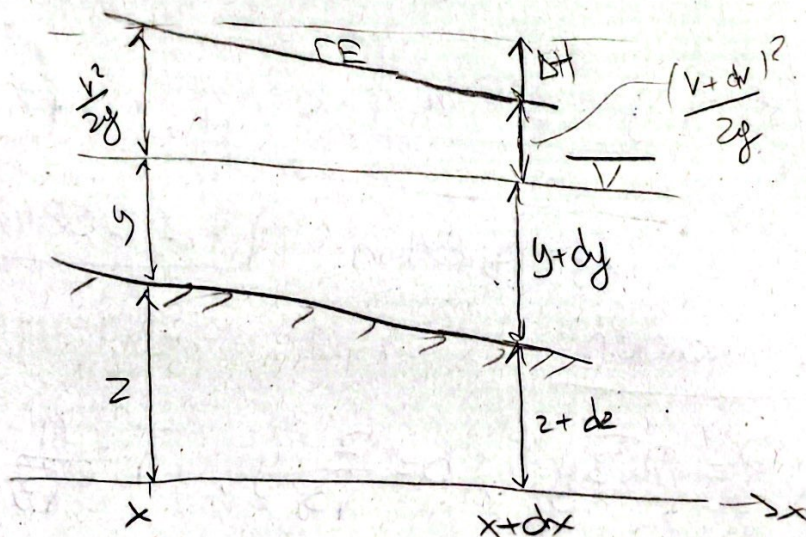
Βαθμιαία μεταβολή μετρήσης

→ αναπορίσιμα

↳ μεταβάλλεται το βάθος κατά μήκος του αγωγού

ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ :

- 1) Μικρή αλλαγή κλίσης
- 2) Μικρή αλλαγή βάθους ποτί
- 3) Μικρή αλλαγή διατομής



$$H = z + y + \frac{V^2}{2g} \Rightarrow \frac{dH}{dx} = \frac{dz}{dx} + \frac{dy}{dx} + \frac{2V}{2g} \cdot \frac{dV}{dx} \quad (1)$$

$$\underbrace{-\int_E}_{\text{κλίση C.E.}} = \underbrace{-\int_0}_{\text{κλίση πυθμένα}} + \frac{dy}{dx} = \frac{V^2}{gA} \cdot T \cdot \frac{dy}{dx} \quad \xrightarrow{\text{βρίνν βάθος σε } b}$$

$$Q = V \cdot A \Rightarrow \frac{dQ}{dx} = A \cdot \frac{dV}{dx} + V \cdot \frac{dA}{dx} = 0 \Rightarrow \frac{dV}{dx} = -\frac{V}{A} \cdot \frac{dA}{dx}$$
$$\Rightarrow \frac{dV}{dx} = -\frac{V}{A} \cdot \frac{dy}{dx} \cdot T \quad (1)$$

$$J_E = \frac{n^2 \cdot V^2}{2h^{\frac{4}{3}}} = \frac{n^2 \cdot \Omega^2}{A^2 2h^{\frac{4}{3}}} \xrightarrow{2h \approx y} \frac{n \Omega^2}{b^2 y^2 \cdot y^{\frac{4}{3}}} = \frac{n \Omega^2}{b^2 y^{\frac{10}{3}}}$$

$$J_0 = \frac{n^2 \Omega^2}{b^2 y_0^{\frac{10}{3}}}$$

$$\Rightarrow \frac{J_E}{J_0} = \left(\frac{y_0}{y} \right)^{\frac{10}{3}} \Rightarrow \left[\frac{J_E}{J_0} \cdot \left(\frac{y_0}{y} \right)^{\frac{10}{3}} \right]$$

Καμνίδες (καρφίλα) επιδείξεως επιφάνειας

12 διαφορετικές καμνίδες είναι.

Χλίκον	Χαρακτηριστικός κλίμακ	Βολύος ποίς	Καμνίδες Ε.Ε.
$J_0 \sim J_c$	Υποκρίσιμη ή κρίσιμη (M/A)	$y_0 > y_c$	M: M ₁ , M ₂ , M ₃
$J_0 > J_c$	Υπερκρίσιμη ή ανώτερη (A/c)	$y_0 < y_c$	S: S ₁ , S ₂ , S ₃
$J_0 = J_c$	Κρίσιμη (Critical)	$y_0 = y_c$	C: C ₁ , C ₃
$J_0 = 0$	Οριζόντια (Horizontal)	$y_0 = \infty$	H: H ₂ , H ₃
$J_0 < 0$	Ανώτερη κλίμα (Reverse)	$y_0 = \text{απώροτος}$	A: A ₂ , A ₃

οι αρφίλες
αυγίμω πε αν
now acfice

$$\frac{dy}{dx} \left(1 - \frac{V^2}{g \left(\frac{A}{T} \right)} \right) = T_0 - T_E \Rightarrow \boxed{\frac{dy}{dx} = \frac{T_0 - T_E}{1 - Fr^2}} \rightarrow y(x)$$

BASISCH EULERSCH

negativ, dann
empfindlich

- A $\frac{dy}{dx} > 0 \rightarrow y \uparrow$

- A $\frac{dy}{dx} < 0 \rightarrow y \downarrow$

- A $\frac{dy}{dx} = 0 \rightarrow y \text{ stationär} \rightarrow T_0 = T_E \rightarrow \text{stationärer Punkt}$

$T_0 > 0$



$T_0 = 0$



$T_0 < 0$



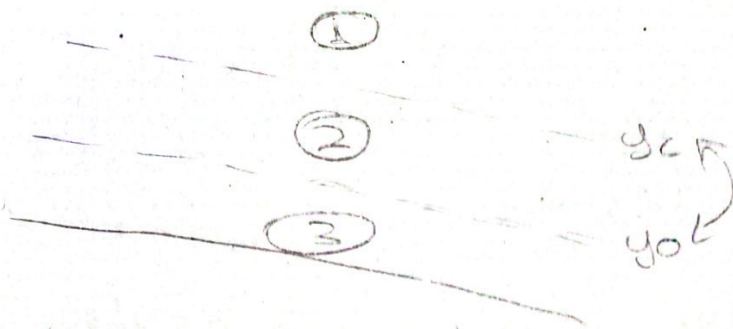
andere
Kation

$1 - Fr^2 > 0 \rightarrow Fr < 1$

$1 - Fr^2 < 0 \rightarrow Fr > 1$

$y < y_0 \rightarrow V = \frac{Q}{by} \rightarrow V \uparrow \rightarrow T_E \uparrow \rightarrow (T_0 - T_E) < 0$

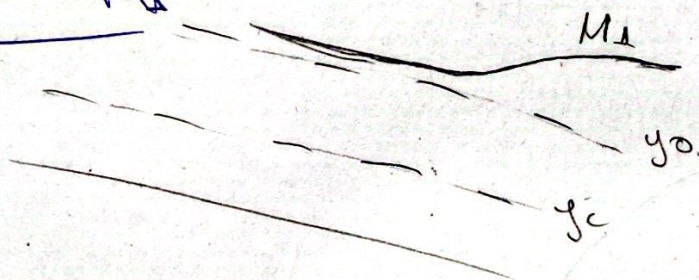
$y > y_0 \rightarrow V \downarrow \rightarrow T_E \downarrow \rightarrow (T_0 - T_E) > 0$



Каналы M

$$T_0 < T_c \rightarrow y_0 > y_c$$

Каналы M



$$y > y_0 > y_c$$

$$\frac{dy}{dx} = \frac{T_0 - T_E}{1 - Fr^2} = \frac{+}{+} \quad (Fr < 1)$$

$y \uparrow \rightarrow$ каналы неустойчивы

$$- y \rightarrow y_0 \Rightarrow T_E \rightarrow T_0 \Rightarrow \frac{dy}{dx} \rightarrow 0$$

$$- y \rightarrow \infty \Rightarrow T_E \rightarrow 0, Fr^2 \rightarrow 0 \Rightarrow \frac{dy}{dx} \rightarrow T_0$$

Kapitel 11

$$y_c < y < y_0$$

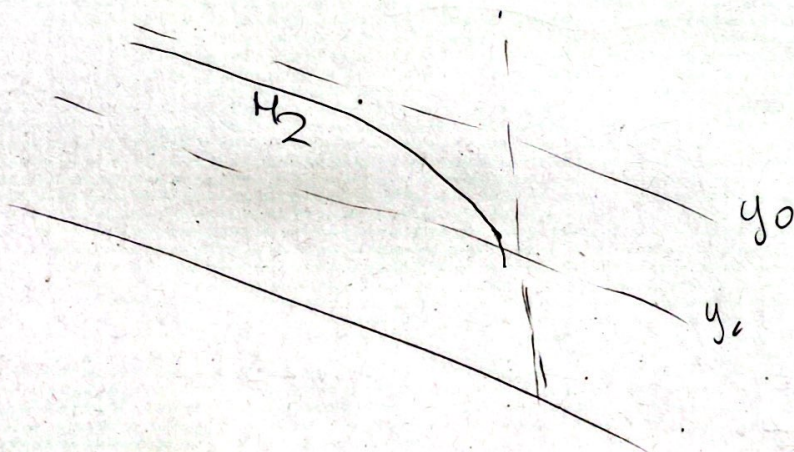
$$y < y_0 \rightarrow T_E > T_0 \rightarrow (T_0 - T_E) < 0$$

$$Fr < 1 \rightarrow 1 - Fr^2 > 0$$

$$\frac{dy}{dx} = \frac{-}{+} \Rightarrow y \downarrow \text{kaputtan verändert}$$

$$y \rightarrow y_0 \Rightarrow T_E \rightarrow T_0 \Rightarrow \frac{dy}{dx} \rightarrow 0$$

$$y \rightarrow y_c \Rightarrow Fr^2 \rightarrow 1 \Rightarrow \frac{dy}{dx} \rightarrow \infty$$



Kapitel 12

$$y_c < y < y_0$$

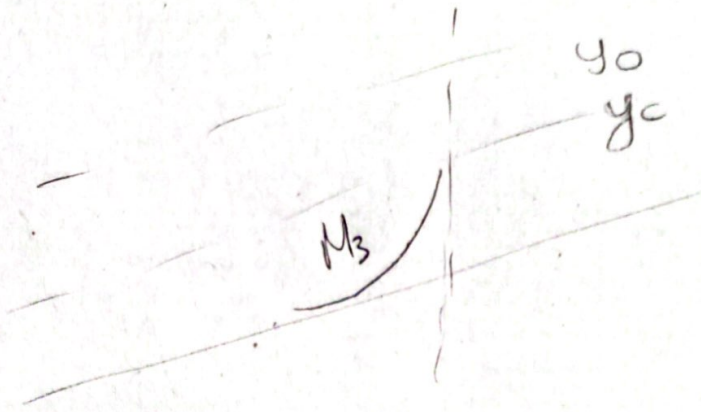
$$y < y_0 \Rightarrow Fr > 1 \rightarrow 1 - Fr^2 < 0 \left\{ \frac{dy}{dx} = \frac{-}{-} = + \right.$$

$$y < y_0 \rightarrow T_E > T_0 \rightarrow T_0 - T_E < 0$$

kaputtan verändert

$$y \rightarrow 0 \Rightarrow T_E \rightarrow \infty, Fr \rightarrow \infty \Rightarrow \frac{dy}{dx} \rightarrow \frac{\infty}{\infty}$$

$$y \rightarrow y_c \Rightarrow Fr^2 \rightarrow 1 \Rightarrow \frac{dy}{dx} \rightarrow \infty$$



09/11/2023

Kapnutes S

$J_0 > J_c \rightarrow$ unrepulsion relation

$$\hookrightarrow y_0 < y_c$$

Kapnutes S1



$$y > y_c > y_0$$

$$Fr < 1 \rightarrow 1 - Fr^2 > 0$$

$$y > y_0 \rightarrow J_E < J_0 \rightarrow J_0 - J_E > 0$$

$$\frac{dy}{dx} = \frac{J_0 - J_E}{1 - Fr^2} = \frac{+}{+} = + \rightarrow y \uparrow$$

kapnutes unrepulsion

$$y \rightarrow y_c \rightarrow Fr^2 \rightarrow 1 \Rightarrow \frac{dy}{dx} \rightarrow \infty$$

$$y \rightarrow \infty \Rightarrow J_E \rightarrow 0, Fr^2 \rightarrow 0 \Rightarrow \frac{dy}{dx} \rightarrow J_0$$

Kapitel 8

$$y_0 < y < y_c$$

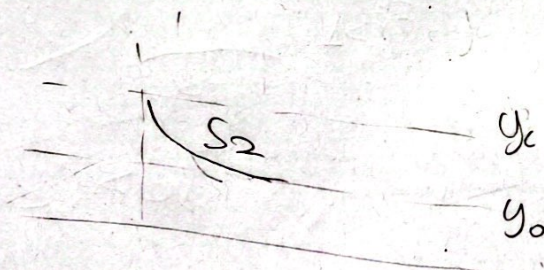
$$Fr > 1 \rightarrow 1 - Fr^2 < 0$$

$$y > y_0 \rightarrow J_E < J_0 \rightarrow J_0 - J_E > 0$$

$$\frac{dy}{dx} = \frac{+}{-} = - \Rightarrow y \downarrow \text{Kapitel 8}$$

$$y \rightarrow y_c \Rightarrow \frac{dy}{dx} \rightarrow \infty \text{ (steil)}$$

$$y \rightarrow y_0 \Rightarrow J_E \rightarrow J_0 \Rightarrow \frac{dy}{dx} \rightarrow 0$$



Kapitel 8

$$y < y_0 < y_c$$

$$Fr > 1 \rightarrow 1 - Fr^2 < 0$$

$$y < y_0 \rightarrow J_E > J_0 \rightarrow J_0 - J_E < 0$$

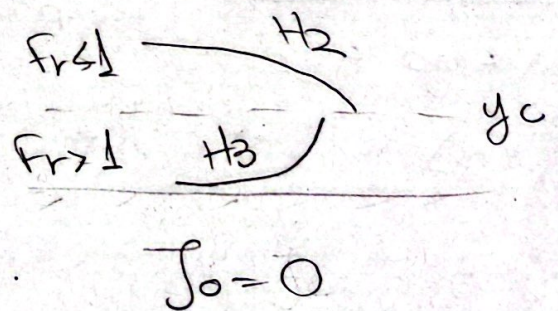
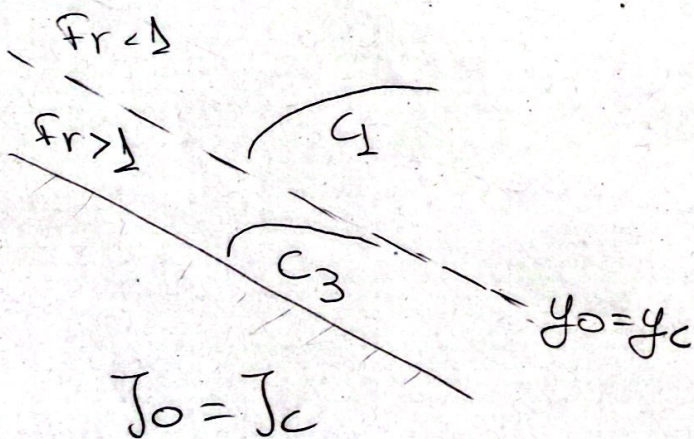
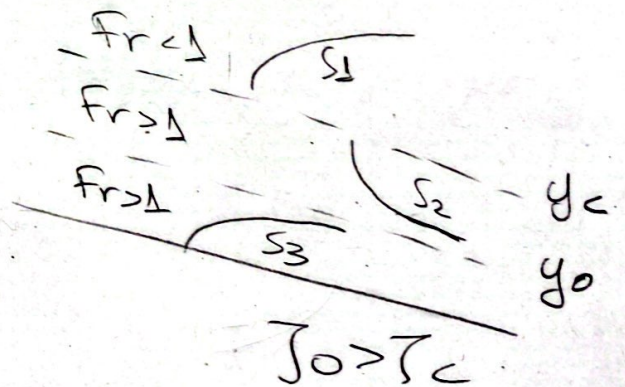
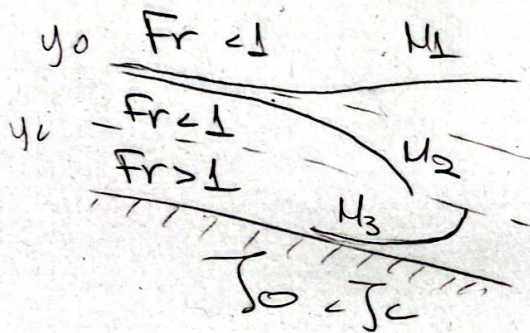
$$\frac{dy}{dx} = \frac{-}{-} = + \Rightarrow y \uparrow \text{Kapitel 8}$$

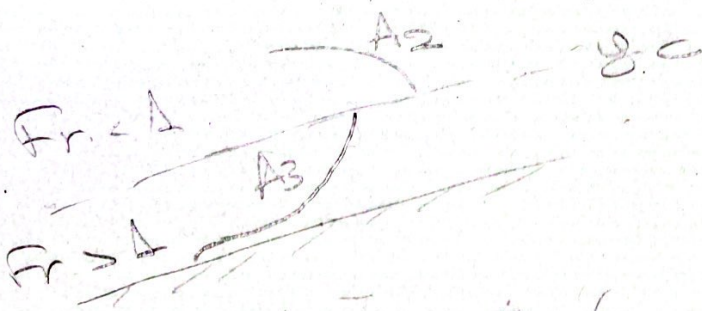
$$y \rightarrow 0 \Rightarrow T_E \rightarrow \infty, Fr^2 \rightarrow \infty \Rightarrow \frac{dy}{dx} = -\infty$$

$$y \rightarrow y_0 \Rightarrow T_E \rightarrow T_0 \Rightarrow \frac{dy}{dx} \rightarrow 0$$



12 προτάσεις (conjectures) επιλογής επιφανείας





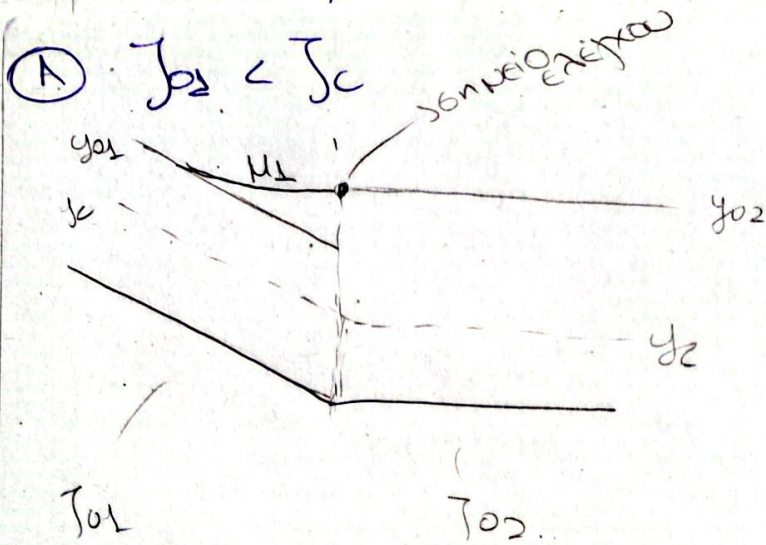
$Jo < 0$ (το g είναι αρνητικό)

①+③ → ρυθμός υπερκρίσης

② → ρυθμός υπέρκρίσης

• Αν η ροή είναι υπερκρίση η ε.ε. σχεδιάζεται από τα ΚΑΤΑΝΤΙ προς τα ΑΝΑΝΤΙ

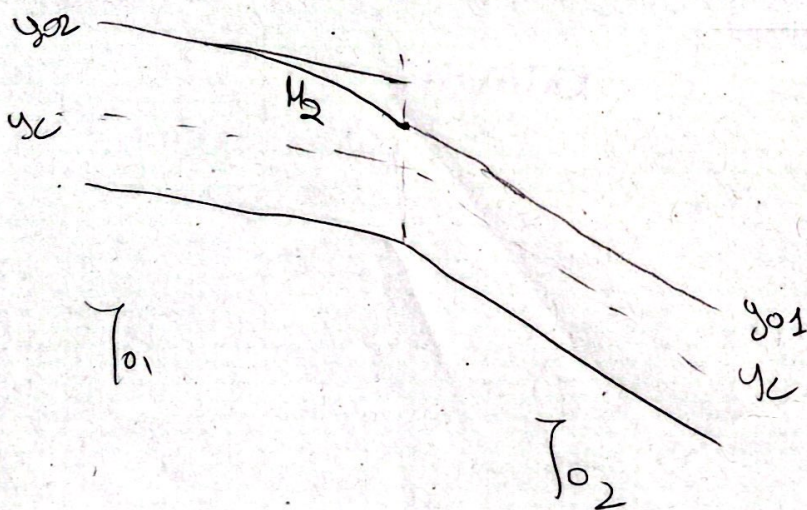
• Αν η ροή είναι υπερκρίση η ε.ε. σχεδιάζεται από τα ΑΝΑΝΤΙ προς τα ΚΑΤΑΝΤΙ



$T_{02} < T_{01} < T_c$ and Manning
 $y_{02} > y_{01} > y_c$

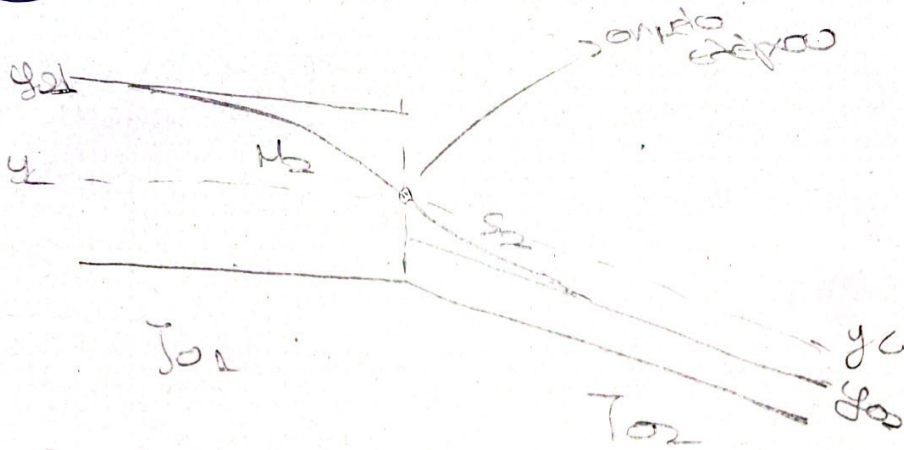
→ υποβλήθηκε ροή + επιρροή ελέγχου πιο πάνω από y_0 και y_c άρα έτω καμπύλη M_1 ($y > y_{01} > y_c$) and κατέληξε στα αυλάκια λόγω υποβλήσεως

② $T_{01} < T_{02} < T_c$
 $y_{01} > y_{02} > y_c \rightarrow ①$



→ $y_c < y < y_{01} \rightarrow ②$
 Άρα καμπύλη M_2

Ⓙ



$$T_{01} < T_c < T_{02}$$

$$y_{01} > y_c > y_{02}$$

υποκρυσταλλινή → υπερκρυσταλλινή ⇒ περιβάλλον και κρυσταλλικό
(1) (2) σύστημα

Α υερκρυσταλλινή → υποκρυσταλλινή ⇒ έξω από το πεδίο σταθερότητας

505 ΠΕΦΤΟΥΝ ΚΑΝΟΥΛΕΣ

22/11/2023

Εισαγωγή :

$J_0 < J_c$, $y_0 > y_c$, Υποκρίση κλίση $\rightarrow M$ ^{αθρία}

$J_0 > J_c$, $y_0 < y_c$, Υπερκρίση κλίση $\rightarrow S$ ^{παρότρυν}

$J_0 = J_c$, $y_0 = y_c$, Κρίση κλίση $\rightarrow C(x2)$

$J_0 = 0$, Σειόρτα κλίση , $y_0 = \infty \rightarrow H(x1)$

$J_0 < 0$, Ανάστροση κλίση , y_0 αυξανό $\rightarrow A(x1)$

Τα τα γράμματα!

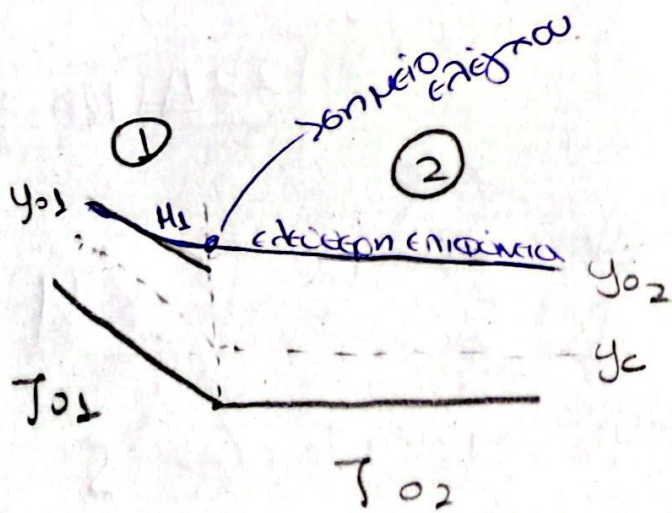
1
2
3

0, 13 κρησες υπερκωσης

10, 2 κρησες κατόντως

Υποκρίση & υπερκρίση $\rightarrow$ περνά από κρίση

Υπερκρίση & υποκρίση $\rightarrow$ περνά από στατικό άλμα

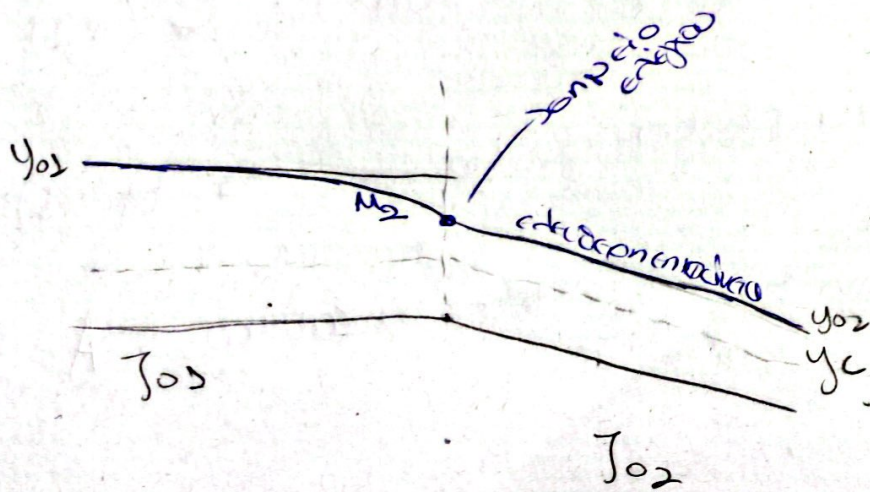


$$T_{02} < T_{01} < T_c$$

$$y_{02} > y_{01} > y_c$$

Τμήμα 1

$$y > y_{01} > y_c \rightarrow M_1$$

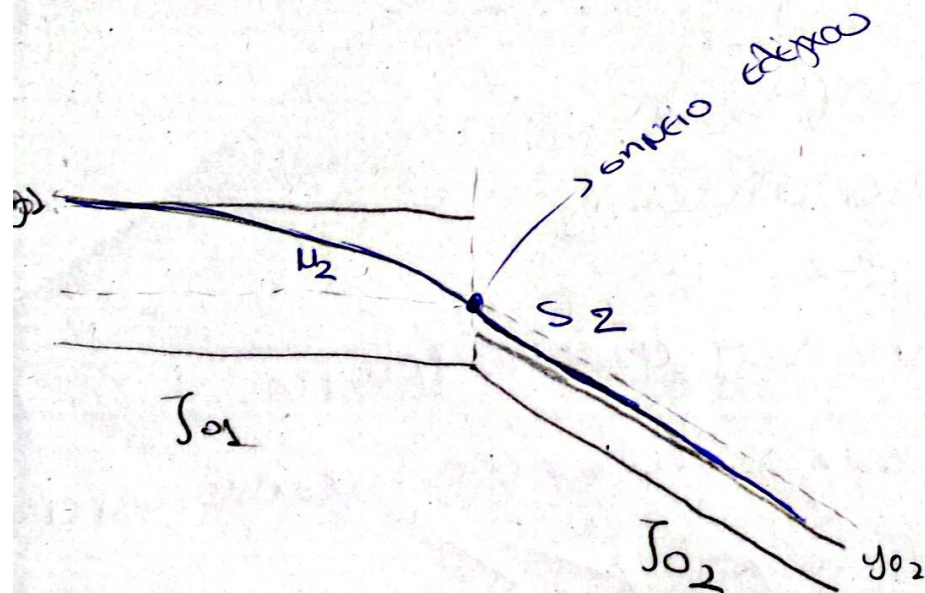


$$T_{01} < T_{02} < T_c$$

$$y_{01} > y_{02} > y_c$$

Τμήμα 1

$$y_c < y < y_{01} \rightarrow M_2$$



$$T_{01} < T_c < T_{02}$$

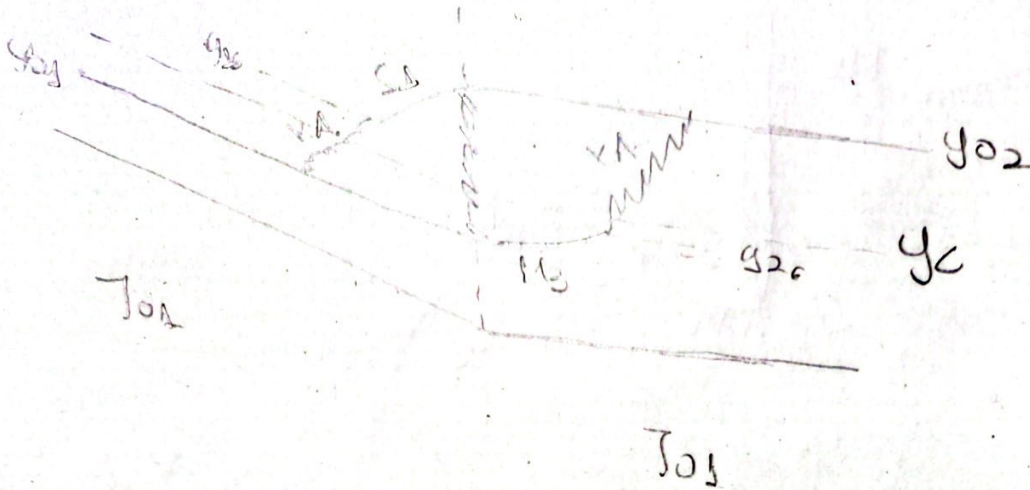
$$(y_{01} > y_c > y_{02})$$

$\underbrace{\hspace{1.5cm}}_{M} \quad \underbrace{\hspace{1.5cm}}_S$

Σημείο επέγερου το οποίο βρίσκεται στα νεφάρια
and υποπλεγμένη & υπερπλεγμένη ροή.

$$T_{01} > T_c > T_{02}$$

$$y_{01} < y_c < y_{02}$$



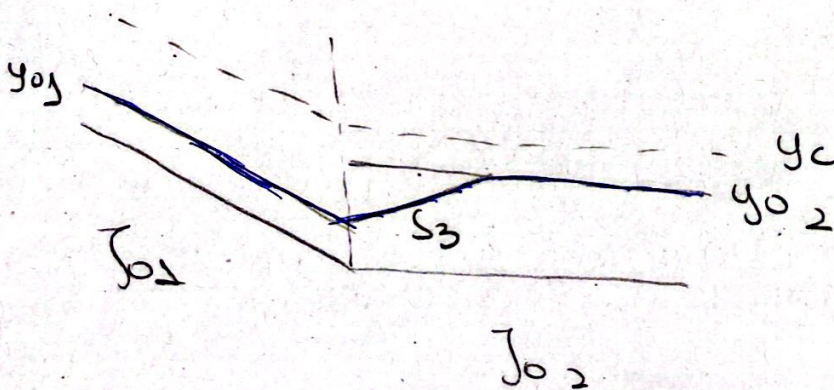
Υπερκρίσιμη $\rightarrow$ υποκρίσιμη : υδροαυλικό άλμα

- $y_{16} = y_{02} \rightarrow$ Υ.Α. στο σημείο αλλαγής καίοντος
- $y_{16} < y_{02} \rightarrow$ Υ.Α. στο τμήμα 1 και S_1 από y_{16} έως y_{02}
- $y_{16} > y_{02} \rightarrow$ Υ.Α. ~~στο~~ τμήμα 2 και M_3 ~~από~~ y_{16} ~~έως~~ y_{02}

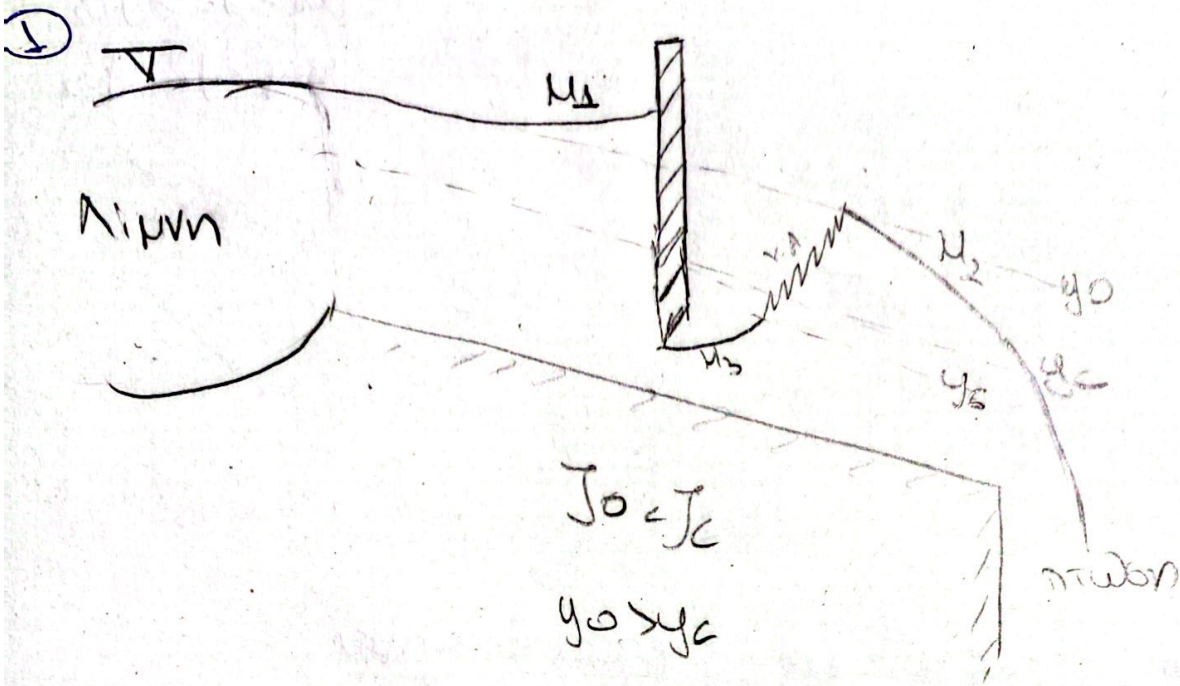
9

$$T_{01} > T_{02} > T_c$$

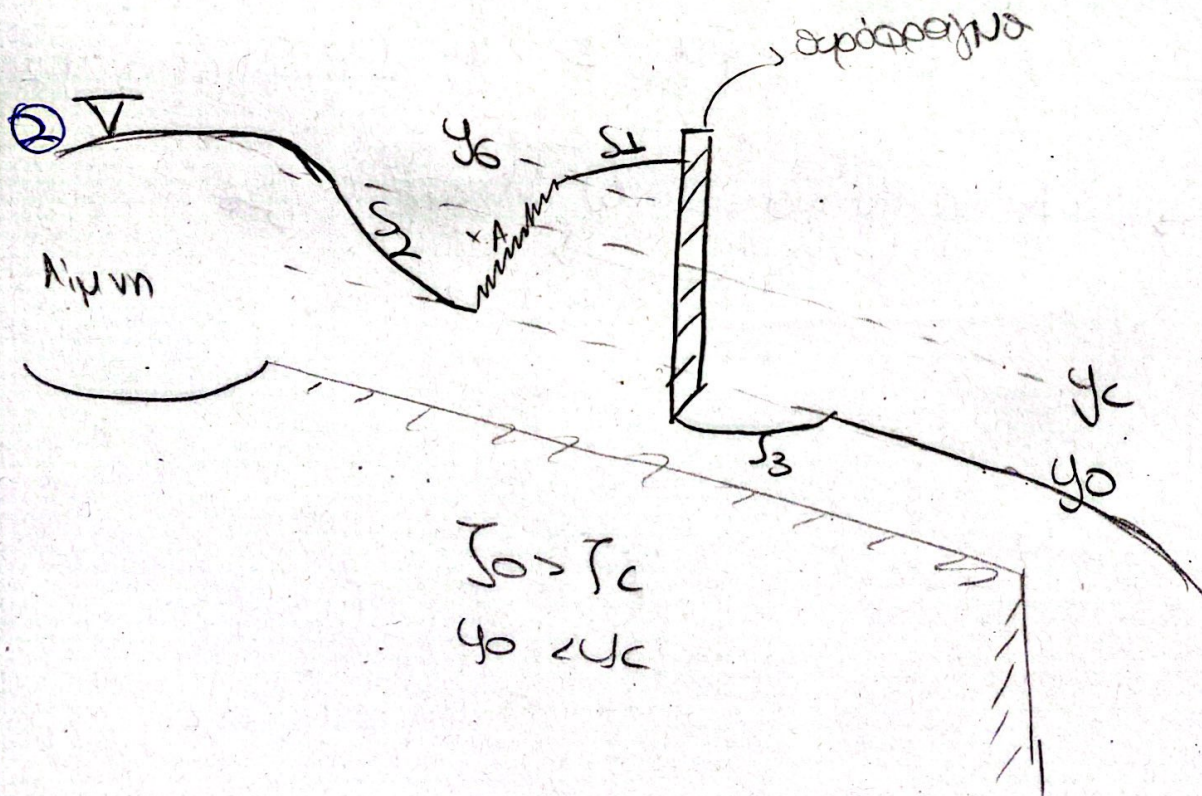
$$y_{01} < y_{02} < y_c$$



ΣΥΝΘΕΤΕΣ ΠΕΡΙΝΤΩΣΕΙΣ



Στην υδροπλοήν που συν πύκνωμα περὶ τοῦ y_c

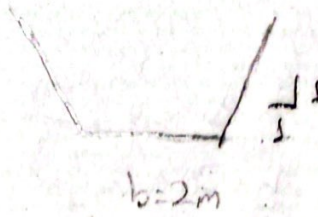


Παράδειγμα (Πανομοιωτικό 6.1)

23/11/2023

$$n = 0.025$$

$$Q = 5 \text{ m}^3/\text{s}$$

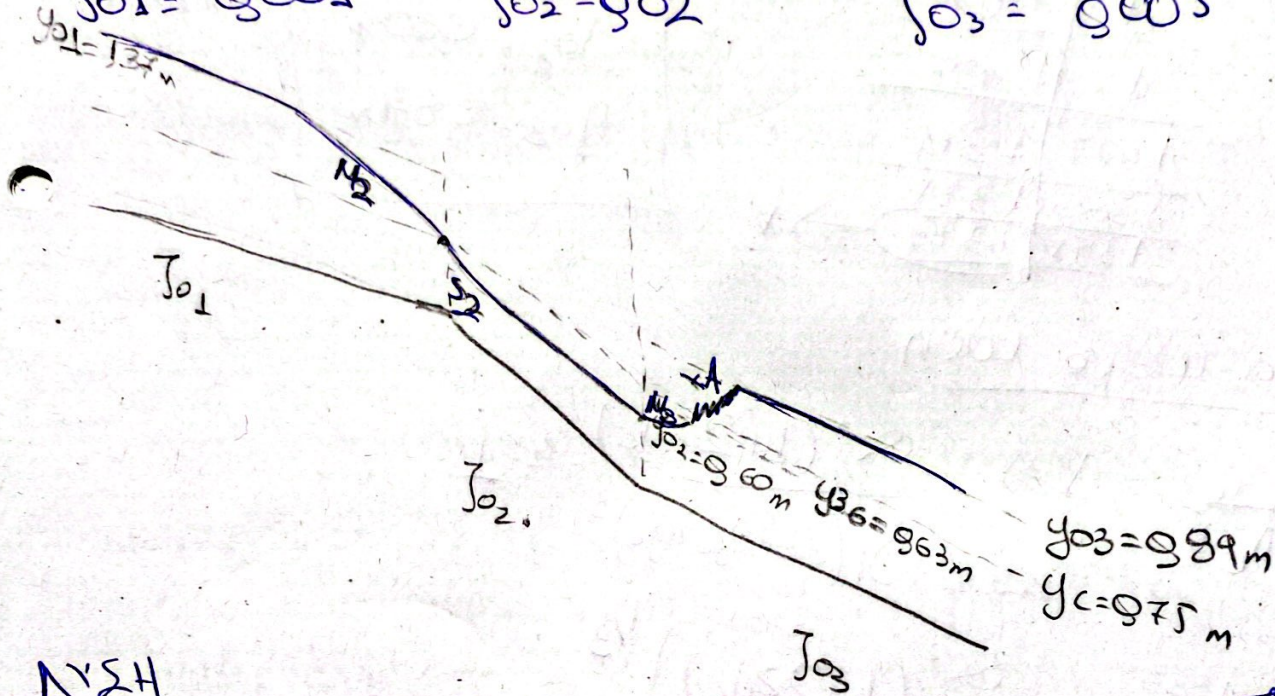


Ο αγωγός αποτελείται από 3 τμήματα

$$J_{01} = 0.001$$

$$J_{02} = 0.02$$

$$J_{03} = 0.005$$



ΛΥΣΗ

Ομοιότητες εδών ροής (διαφορετικά σε κάθε κλίση J_0)

$$\text{Manning: } Q = V \cdot A = \frac{1}{n} \cdot R h^{\frac{2}{3}} J_0^{\frac{1}{2}} \cdot A$$

$$A = (b + zy)y, \quad P = b + 2y\sqrt{1+z^2}$$

$$Q = \frac{1}{n} \left(\frac{(b + zy)y}{b + 2y\sqrt{1+z^2}} \right)^{\frac{2}{3}} \cdot J_0^{\frac{1}{2}} \cdot (b + zy)y$$

Για να βρω y κάνω δοκιμές ή επαναληπτικό until από υπολογιστή

Με δομής →
για κάθε J_0

y_{01}
 y_{02}
 y_{03}

η με τον τύπο $y = \frac{1}{b+2y} \left(\frac{Qn}{J_0^{1/3}} \cdot (b+2y \sqrt{1+z^2})^{2/3} \right)^{3/5}$

ΑΠΑ

y	$K(y)$
1	1,427
1,427	1,366
1,366	1,375
1,375	1,374

→ ✓

$y_{01} = 1,37m$
 $y_{02} = 0,60m$
 $y_{03} = 0,89m$

Τις za επόμενα βήματα

$$\frac{Q^2 \cdot T_c}{g \cdot A_c^3} = 1 \Rightarrow \frac{Q^2 (b+2zy_c)}{g (b+2zy_c) y_c^3} = 1$$

$$y_c = \frac{1}{(b+2zy_c)} \left(\frac{Q^2}{g} (b+2zy_c) \right)^{1/3} \rightarrow f(y_c)$$

Δομής ως προς y_c

y_c	$f(y_c)$
1	0,723
0,723	0,758
0,758	0,753
0,753	0,754

Αρα $y_c = 0,75m$

Τμήμα 1

$y_0 > y_c \rightarrow$ υποκρίσιμη κλίση $\rightarrow M$

Τμήμα 2

$y_0 < y_c \rightarrow$ υπερκρίσιμη κλίση $\rightarrow S$

Τμήμα 3

$y_0 > y_c \rightarrow$ ~~υπο~~ υπερκρίσιμη κλίση $\rightarrow M$

Επίλογος

Τμήμα 1 $\rightarrow$ υποκρίσιμη ροή

Τμήμα 2 $\rightarrow$ υπερκρίσιμη ροή

} Στον αλλαγή κλίσης
δω το κρίσιμο
βάθος y_c

Τμήμα 1

$y_0 > y > y_c \rightarrow M_2$

Τμήμα 2

$y_c > y > y_0 \rightarrow S_2$

Για την μετάβαση από 2→3 έχω υδραυλικά όλη και
 φέρνω το ωφέλιμο βάθος του y_{02} , το y_{26}

Ειδική δύναμη: $U = \frac{Q^2}{gA} + \bar{y} \cdot A$

η απόσταση του κ.β. από την ελεύθερη επιφάνεια

$$\bar{y} = \frac{y}{3} \cdot \frac{2b + b + 2zy}{b + b + 2zy}$$

$$y_{02} = 96m \rightarrow A = 156m^2, T = 32m, \bar{y} = 9277m$$

$$M = 3066m^3$$

Συνολικά: $\rightarrow$ η δύναμη να είναι > 0

$$- y_{26} = 1 \rightarrow A = 3m^2, T = 4m, \bar{y} = 9444m$$

$$M = 3183m^3$$

$$- y_{26} = 993m \rightarrow A = 3725m^2, T = 386m, \bar{y} = 9416m$$

$$M = 3068m^3 \text{ (ίδιο με } 3066)$$

Άρα

$$y_{26} = 993m > y_{02} = 989m$$



Υδραυλικά φέρω στο τμήμα 3

Sulphides, carbonates, chlorides

$$y_{03} = 889 \text{ m} \rightarrow u = 2018 \text{ m}^3$$

Source of w:

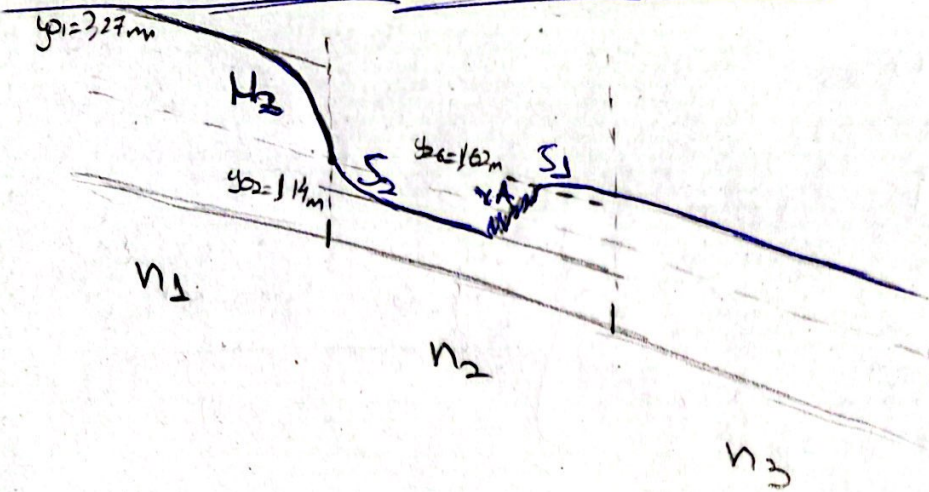
$$-y_{36} = 963 \text{ m} \rightarrow M = 3018 \text{ m}^3$$

$$y_{36} = 863 \text{ m}$$

Тема 3

• $y < y_1 < y_{03} \rightarrow$ МЗ не хр. y_{30} энерг. ч.А.
не хр. y_{03}

Άσκηση 6.2. Παιχνικολάου



Ευαία κλίση
αλλά 3 διαφορετικές
τροχιότητες

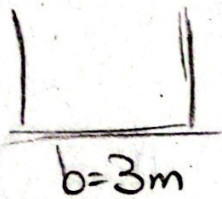
$$n_1 = 0.030$$

$$n_2 = 0.052$$

$$n_3 = 0.025$$

$$S_0 = 0.005$$

$$Q = 15 \text{ m}^3/\text{s}$$



Κάνει σταθμισμένο έλεγχος επιφανείας

ΛΥΣΗ

Βρίσκω ποσότητες και κρίσιμο βάθος

$$Q = VA = \frac{1}{n} R h^{\frac{2}{3}} \cdot S_0^{\frac{1}{2}} A \Rightarrow Q = \frac{1}{n} \left(\frac{b y}{b + 2y} \right)^{\frac{2}{3}} \cdot S_0^{\frac{1}{2}} \cdot b y$$

$$y_{01} = 2.27 \text{ m}, \quad y_{02} = 1.14 \text{ m}, \quad y_{03} = 1.97 \text{ m}$$

Για το κρίσιμο βάθος

$$y_c = \left(\frac{Q^2}{b^2 g} \right)^{\frac{1}{3}} \Rightarrow y_c = 1.366 \text{ m} \approx 1.37 \text{ m}$$

$$y_{01} > y_c \rightarrow M$$

$$y_{02} < y_c \rightarrow S$$

$$y_{03} > y_c \rightarrow M$$

Τμήμα $\Delta \rightarrow y_L \cdot c y_L y_{03} \rightarrow H_2$

Teil 2 $\rightarrow y_{02} < y < y_{e2} \rightarrow S2$

[illegible]

Ynodylw to g26

$$\frac{y_{26}}{y_{02}} = \frac{-1 + \sqrt{1 + 8Fr_2^2}}{2} \Rightarrow y_{26} = 1.62m < y_{03}$$

$$Fr_2 = \frac{V_2}{\sqrt{g y_{o2}}} = \frac{0.1692}{\sqrt{9.81}} = \frac{4.386}{\sqrt{9.81}} = 1.312 > 1$$

Υ.Α. Στο τμήμα 2

$y_0, 6 \in y_{26}$ και έπειτα SI από ~~y_{26}~~ y_c
 $y > y_c > y_2$

ΜΕΘΟΔΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΒΛΠ

12/11/2023

Εαρινή μεταβατική
φάση

A) Μέθοδος της άμεσης βήμα προς βήμα ολοκλήρωσης
(Direct step Method) *Έχω y και να βρω x*

Εφαρμόζεται ΜΟΝΟ σε περιστασιακές αλλαγές
(αυτή η διαταγή αλλάζει σε εφαρμογή αυτής
τη μεθόδου)

$$H = z + y + \frac{V^2}{2g} \Rightarrow \frac{dH}{dx} = \frac{dz}{dx} + \frac{dF}{dx} \Rightarrow \frac{dF}{dx} = -\int_{E_m}^{\int_0}$$

$$\Rightarrow \frac{\Delta F}{\Delta x} = \int_0 - \int_{E_m} \Rightarrow \frac{F_2 - F_1}{x_2 - x_1} = \int_0 - \int_{E_m} \Rightarrow \boxed{\Delta x = \frac{F_2 - F_1}{\int_0 - \int_{E_m}}}$$

$$F_1 = y_1 + \frac{V_1^2}{2g}$$

$$F_2 = y_2 + \frac{V_2^2}{2g}$$

$$\int_{E_1} = \frac{n^2 \cdot V_1^2}{R h_1^{4/3}}$$

$$\int_{E_2} = \frac{n^2 \cdot V_2^2}{R h_2^{4/3}}$$

$$\int_{E_m} = \frac{\int_{E_1} + \int_{E_2}}{2}$$

$$\sum E = \frac{25^{4/3}}{3}$$

y	A	P	Qh	N	$\frac{N^2}{28}$	E	NE	JE	$\sum E_m$	$\sum E_m$	$\sum E_m$	X
2	4(bg)	6	867	1	9051	2,0507	-	90056	-	-	-	0
195	390	590	966	103	9054	2,00362	-901735	90059	90057	90043	-11119	-11119
95m 074	148	348	943	270	9372	1,11230	-	90074	-	-	-	0
984	168	368	946	338	9289	1,12874	901663	90024	900631	-90051	-313	-313

Τραπέζι

Ορθογώνιος αγωγός : $L=2\text{m}$, $b=2\text{m}$, $Q=4\text{m}^3/\text{s}$

$J_0=900\text{ l/s}$, Στάθμη αγωγού $=9\text{m}$

$n=0.018$

Λύση

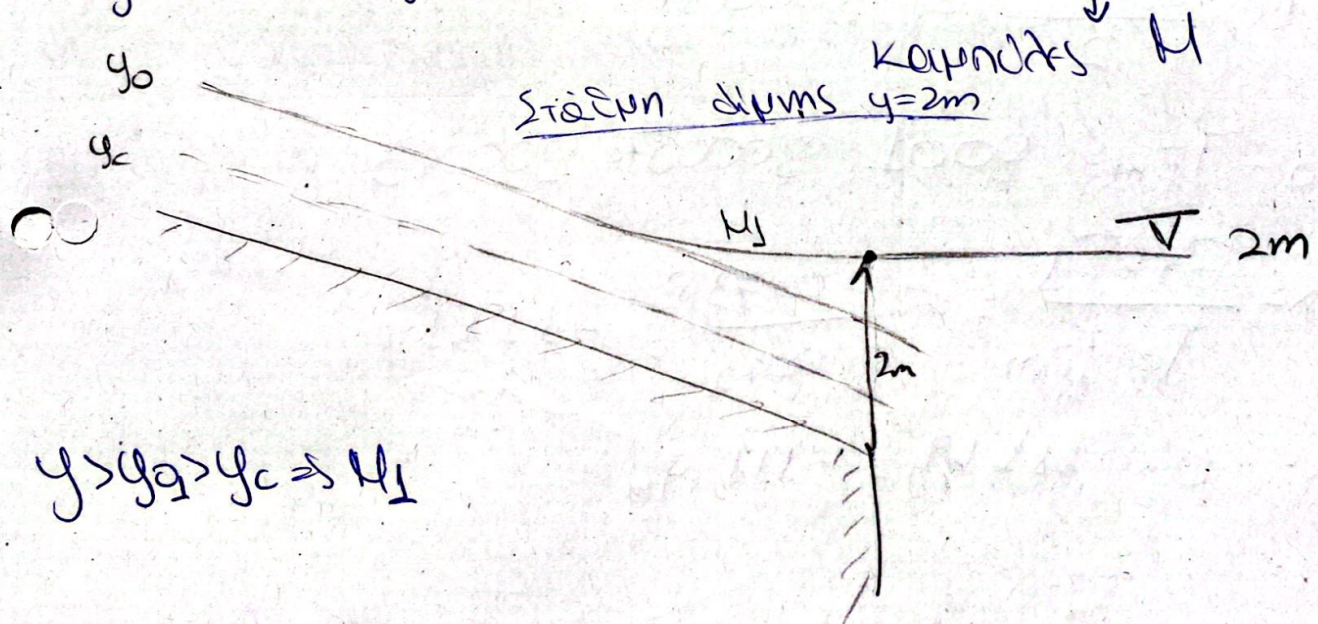
Υπολογίζω ομοιόμορφο βάθος ροής:

$$Q = \frac{1}{n} R h^{2/3} J_0^{1/2} \quad A = \frac{1}{n} \left(\frac{b y}{b+2y} \right)^{2/3} J_0^{1/2} b y$$

Προωπτή $y_0 = 1.58\text{m}$

Το κρίσιμο βάθος είναι $y_c = \left(\frac{Q^2}{b^2 g} \right)^{1/3} = 0.74\text{m}$

$y_0 \geq y_c \Rightarrow J_0 < J_c \Rightarrow$ η κλίση είναι υποκρίσιμη (ήπια)



$y > y_0 > y_c \Rightarrow M_1$

Στοιχισμένες για $y = 1,95m$

$$A = by = 3,90m^2$$

$$P = b + 2y = 5,90m$$

$$\left. \begin{array}{l} A = by \\ P = b + 2y \end{array} \right\} Rh = \frac{A}{P} = 0,66m$$

$$V = \frac{Q}{A} = 1,03m/s$$

$$\textcircled{a} \frac{V^2}{2g} = 0,054m$$

$$E = y + \frac{V^2}{2g} \rightarrow E = 2,00362m$$

$$\Delta E = 2,00362 - 2,05097 = -0,04735$$

$$J_E = \frac{n^2 V^2}{Rh^{4/3}} = \cancel{0,00059} 0,00059$$

$$J_{Em} = \frac{J_{E1} + J_{E2}}{2} = 0,00057$$

$$J_0 - J_{Em} = 0,001 - 0,00057 = 0,00043$$

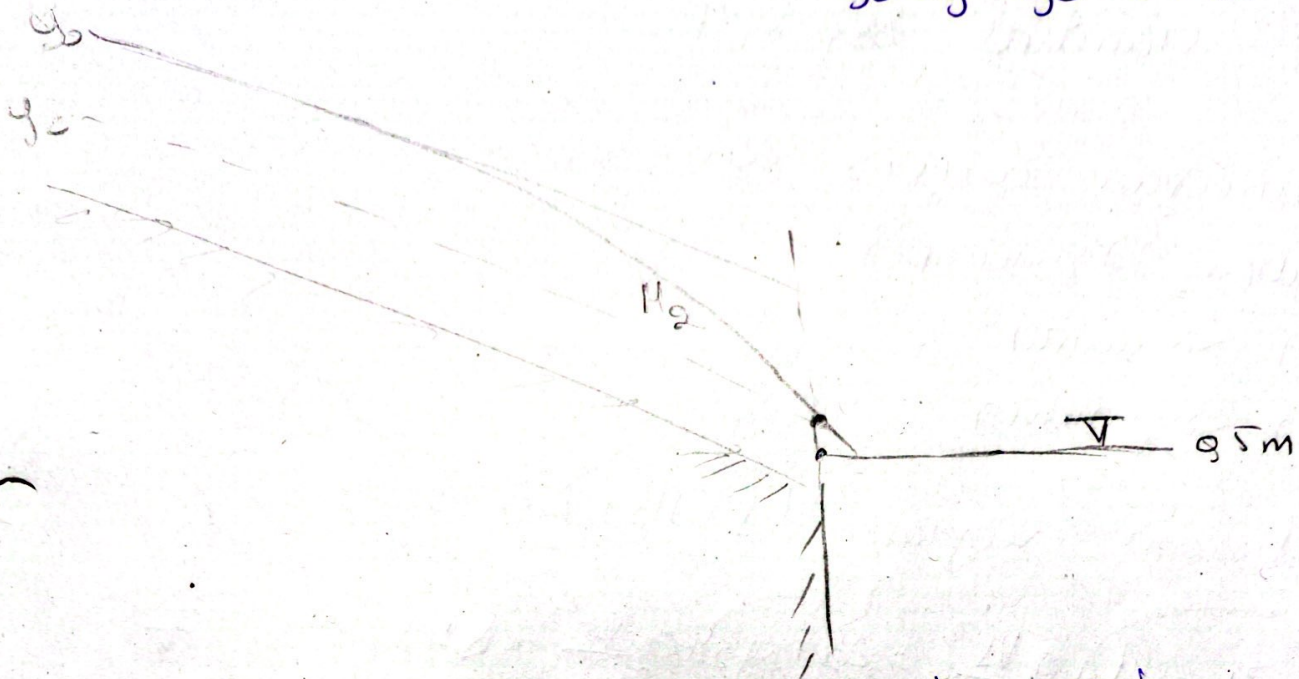
$$X = \frac{E_2 - E_1}{J_0 - J_{Em}} = \frac{-0,04735}{0,00043} = -111,19$$

$$X = 0 - 111,19 = -111,19m$$

Κόστος εργασιών με βήμα 0,5m

Στάθμη ύψους $y = 0.5\text{m}$

$y_c < y < y_0 \rightarrow M_2$



Το βάθος είναι κάτω από το y_c άρα πρέπει
από y_c να κατέβει στην ελεύθερη επιφάνεια

Χάινω την ίδια διαδικασία στον πίνακα αλλά

από $y_c = 0.74\text{m}$ πω το $y_0 = 1.58\text{m}$

30/11/2023

B) Τυπική μέθοδος της βήμα προς βήμα ολοκλήρωσης (Standard Step Method) Ζέρω x γαλβάνι

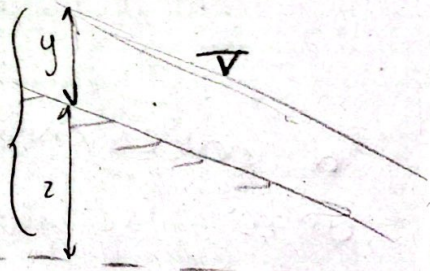
Απαιτούνται δορυφές ενώ επιμέρους.

Σερω 2 σταθίες

(1) $\rightarrow$ ανώτερη

(2) $\rightarrow$ κατώτερη

Εξίσωση ενεργειας: $H_1 = H_2 + \Delta H \Rightarrow$

$$\Rightarrow \underbrace{Z_1 + y_1}_{Z_1} + \underbrace{\alpha_1 \frac{V_1^2}{2g}}_{\text{απόδοτες λόγω τριβών}} = \underbrace{Z_2 + y_2}_{Z_2} + \underbrace{\alpha_2 \frac{V_2^2}{2g}}_{\text{απόδοτες λόγω μεταβολής διατομής}} + \Delta H$$


$$\Rightarrow \underbrace{Z_1 + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g}}_{H_1} = \underbrace{Z_2 + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g}}_{H_2} + \underbrace{hf}_{\text{απόδοτες λόγω τριβών}} + \underbrace{hc}_{\text{απόδοτες λόγω μεταβολής διατομής}}$$

όπου $hf = \int E_m \cdot dx$, $E_m = \frac{J_{E1} + J_{E2}}{2}$

$$hc = K \cdot \Delta \left(\alpha \frac{V^2}{2g} \right)$$

$K = 0 - 0.2$: βαρυτικές μεταβολές

$K = 0.5$: απόδοτες μεταβολές

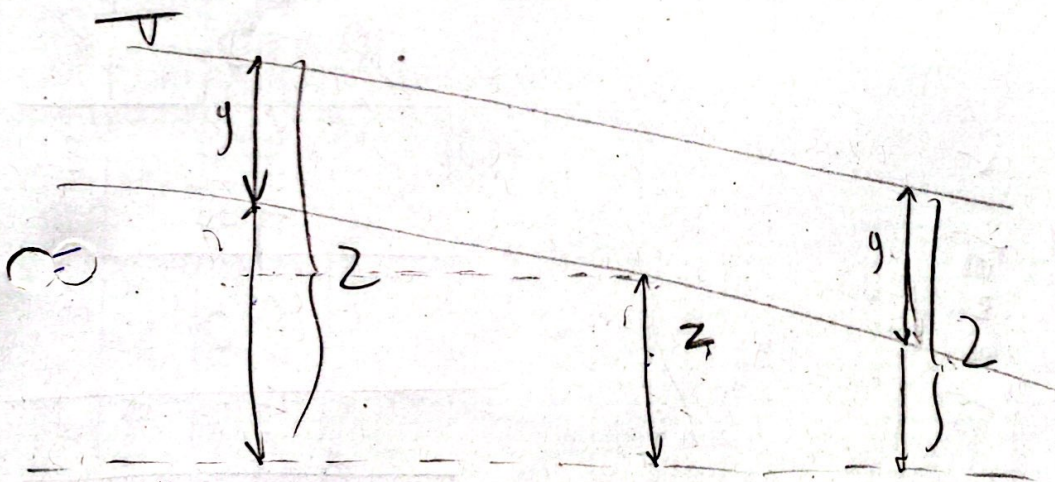
$K = 0$: για πρισμοειδείς αγωγούς

Διαδικασία:

- Υποθέτουμε $z \rightarrow H = z + a \frac{v^2}{2g}$
- Υπολογίστε $h_l, h_e \rightarrow H_s = H_2 + h_l + h_e$
- Αν οι τιμές H είναι ίδιες τότε z σωστό
Αλλιώς νέα υπόθεση για το z

$$\Delta y = \frac{e}{1 - Fr^2 + \frac{3J_f \cdot \Delta x}{2Rh}}$$

→ η διαφορά των H



από ιατώνη προς αύντη:

$$y = z - z - J_0 \cdot \Delta x$$

από αύντη προς ιατώνη:

$$y = z - z + J_0 \cdot \Delta x$$

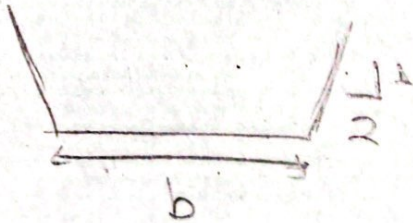
x	z	y	A	v	v ² /2g	2+0.115 V ² / (2g) Δp (n ² V ^{1/2} / D ^{5/3})			f _e	f _{em}	Δx	h _f	h _{ce}	H	τ	y _h	V / V _{th}	h _g	
						H	Δh	f _e											
0	184,40	1,52	1389	982	904	184,41	107	900038	-	-	-	-	-	184,44	-	-	-	-	-
47	184,45	1,49	1359	983	904	184,41	103	900040	900039	47m	9018	0	184,46	1,125	9251	-903	-	-	
47	184,42	1,46	1314	986	904	184,46	103	900044	900041	47	9019	0	184,46	-	-	-	-	-	
97	184,45	1,41	-	-	-	184,50	-	900049	900046	50	9023	0	184,48	-	-	-	-	-	

κατά την προς αυάνη : $H_{av} = H_{vel} + h_f + h_{ce}$

αυάνη προς κατάνη : $H = H_{vel} + h_f - h_{ce}$

$$f_{em} = \frac{\int_{x=47}^x + \int_x^{x=0} 900038 + 900041}{2} = \frac{900038 + 900041}{2}$$

Παράδειγμα Παρακλώσεων § 2



$$Z=2$$

$$Q = 11,33 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$b = 6,10 \text{ m}$$

$$J_0 = 0,0016$$

$$n = 0,025$$

$$\alpha = 1,1$$

$$h_e = 0$$

$$\frac{1}{2} \cdot 2H$$

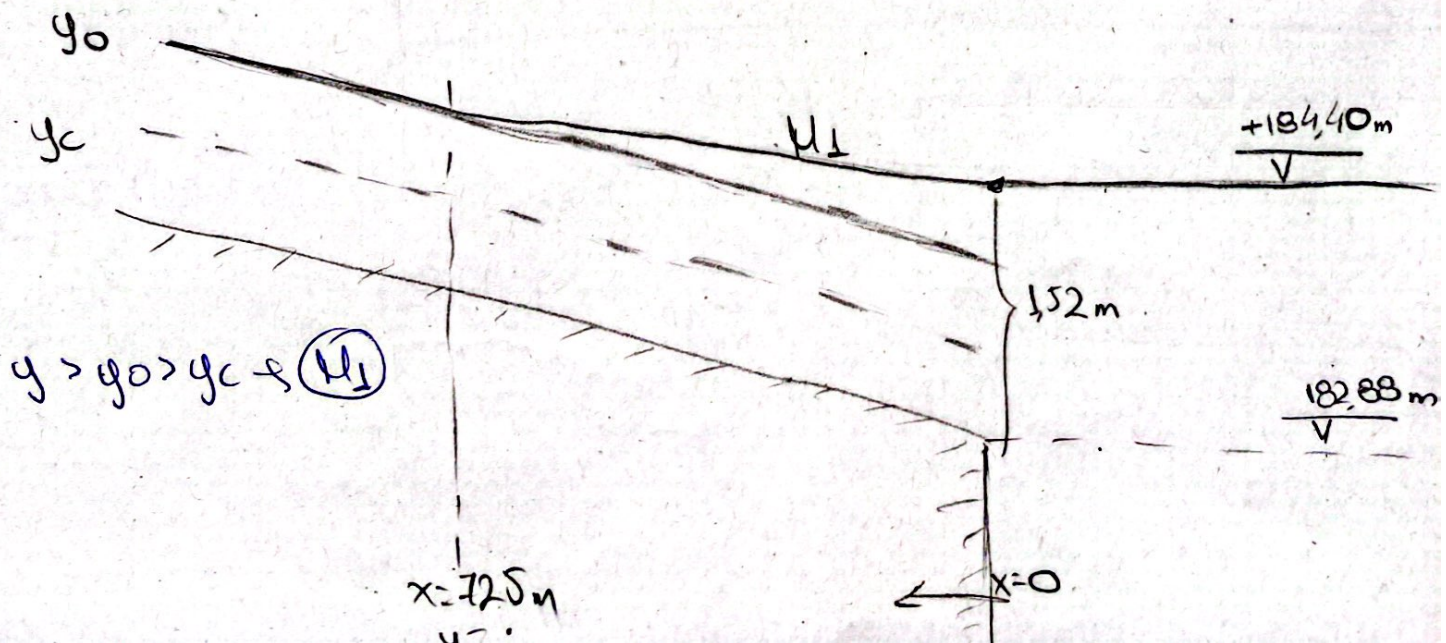
$$Q = V \cdot A = \frac{1}{n} \cdot 2h^{2/3} \cdot J_0^{1/2} \cdot A$$

$$\text{Με δομής: } y_0 = 1,02 \text{ m}$$

$$\text{Για το κρίσιμο βάθος: } \frac{Q^2 \cdot T_c}{g \cdot A_c^3} = 1$$

$$\text{Με δομής: } y_c = 0,66 \text{ m}$$

$$y_0 > y_c \rightarrow J_0 < J_c \rightarrow \text{άνηλωση} \rightarrow \textcircled{N}$$



$$r_{10} \times \theta = 47m$$

$$z = 189,45m \rightarrow y = z - z - \int_0 \Delta x = 189,45 - 187,88 - 90016 \cdot 47 = 1,49m$$

$$A = (b + 2g)y = 13,59m^2$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{11,33}{13,59} = 0,83m/s$$

$$Rh = \frac{A}{P} = 1,063m$$

$$J_E = \frac{n^2 V^2}{Rh^{4/3}} = 0,00040, \quad J_{Em} = \frac{J_{E1} + J_{E2}}{2} = 0,00039$$

$$\Delta x = 47 - 0 = 47m$$

$$hA = J_{Em} \cdot \Delta x = 47 \cdot 0,00039 = 0,018m$$

$$H_{x=47} = H_{x=0} + hA + h_e^{\rightarrow 0} = 184,46m$$

6/11/2023

Προσδιορισμός παροχής ποταμικών αγωγών

$$\Delta L = \frac{E_2 - E_1}{J_0 - J_{EM}} \quad (1)$$

$$E_1 = y_1 + \frac{V_1^2}{2g} \quad , \quad E_2 = y_2 + \frac{V_2^2}{2g}$$

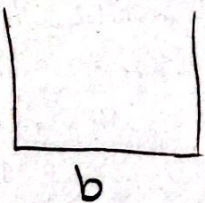
$$J_{E1} = \frac{n^2 V_1^2}{Rh_1^{4/3}} \quad , \quad J_{E2} = \frac{n^2 V_2^2}{Rh_2^{4/3}} \quad , \quad J_{EM} = \frac{J_{E1} + J_{E2}}{2}$$

$$E_2 - E_1 = (y_2 - y_1) + \left(\frac{V_2^2}{2g} - \frac{V_1^2}{2g} \right) = y_2 - y_1 + \frac{Q^2}{2g} \left(\frac{1}{A_2^2} - \frac{1}{A_1^2} \right) \quad (2)$$

$$J_{EM} = \frac{n^2}{2} \left(\frac{V_1^2}{Rh_1^{4/3}} + \frac{V_2^2}{Rh_2^{4/3}} \right) = \frac{Q^2 \cdot n^2}{2} \left(\frac{1}{A_1^2 Rh_1^{4/3}} + \frac{1}{A_2^2 Rh_2^{4/3}} \right) \quad (3)$$

Από (1), (2), (3) →

$$Q^2 = \frac{J_0 \cdot \Delta L + (y_1 - y_2)}{\frac{1}{2g} \left(\frac{1}{A_2^2} - \frac{1}{A_1^2} \right) + \frac{n^2 \Delta L}{2} \left(\frac{1}{A_1^2 Rh_1^{4/3}} + \frac{1}{A_2^2 Rh_2^{4/3}} \right)}$$

Παράδειγμα

$$\begin{aligned} b &= 2 \text{ m} \\ J_0 &= 0.002 \\ \Delta L &= 200 \text{ m} \\ n &= 0.018 \\ y_1 &= 1.35 \text{ m} \\ y_2 &= 1.27 \text{ m} \end{aligned}$$

Q = ;

Λύση

$$A_1 = b \cdot y_1 = 37 \text{ m}^2$$

$$P_1 = b + 2y_1 = 47 \text{ m}$$

$$Rh_1 = \frac{A_1}{P_1} = 0.7874 \text{ m}$$

$$A_2 = b \cdot y_2 = 2.54 \text{ m}^2$$

$$P_2 = b + 2y_2 = 4.54 \text{ m}$$

$$Rh_2 = \frac{A_2}{P_2} = 0.559 \text{ m}$$

$$Q^2 = \frac{J_0 A_2 + (y_1 - y_2)}{\frac{1}{2g} \left(\frac{1}{A_2^2} - \frac{1}{A_1^2} \right) + \frac{m^2 A_1}{2} \left(\frac{1}{A_1^2 Rh_1^{4/3}} + \frac{1}{A_2^2 Rh_2^{4/3}} \right)} = 22.734 \text{ m}^6/\text{s}^2$$

$$Q = 4.769 \text{ m}^3/\text{s}$$

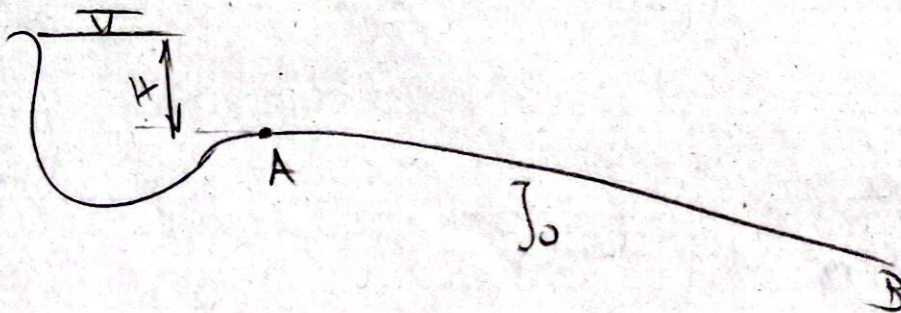
2ος τρόπος

Δορυς ως προς Q:

$$Q \rightarrow \Delta x = \frac{E_2 - E_1}{J_0 - E_m} \quad \text{Αν } \Delta x \neq \Delta L \text{ τότε νέα δορυμή μέχρι } \Delta x = \Delta L$$

Πρακτικά προβλήματα ανοικτούς ροής

Διάγραμμα υδροστατικής εικόνας



Υποκρίσιμη ροή: $y_A = y_B$

Υπερκρίσιμη ροή: $y_A \neq y_B$

a) Υποκρίσιμη ροή: ~~$y_A = y_c$~~ $y_A = y_c$

$$H = y_c + \frac{V_c^2}{2g} + k \frac{V_c^2}{2g}$$

$$H = y_c + (1+k) \frac{V_c^2}{2g} \quad \underline{V_c = \sqrt{g y_{hc}}} \rightarrow H = y_c + (1+k) \frac{y_{hc}}{2}$$

i) ορθογωνιός αγωγός: $y_{hc} = y_c$

$$H = y_c + (1+k) \frac{y_c}{2} = \frac{3+k}{2} y_c \rightarrow y_c = \frac{2H}{3+k}$$

$y_c \rightarrow Q \rightarrow y_0$ (έλεγχος $y_0 < y_c$ (υπερ/υποκρίσιμη))

ii) τραπεζοειδής αγωγός

$$y_{hc} = \frac{A_c}{T_c} = \frac{(b+2y_c)y_c}{b+2y_c}$$

$$H = y_c + \frac{(1+k)}{2} \cdot \frac{(b+2y_c)y_c}{b+2y_c}$$

$$y_c = H - \frac{(1+k)}{2} \cdot \frac{(b+2y_c)y_c}{b+2y_c} \quad \text{Δοκιμές } \rightarrow y_c$$

$$\frac{Q^2 \cdot T_c}{g \cdot A_c^3} = \Delta \rightarrow Q \rightarrow y_0 \rightarrow \text{έλεγχος } y_0 < y_c$$

β) Υποκρίστην ροή $y_A = y_0$

$$H = y_0 + \frac{V^2}{2g} + K \frac{V^2}{2g}$$

$$\left. \begin{aligned} H &= y_0 + (1+K) \frac{V^2}{2g} \\ V &= \frac{1}{n} R h^{2/3} J_0^{1/2} \end{aligned} \right\} H = y_0 + (1+K) \frac{R h^{4/3} J_0}{2g \cdot n^2}, R h = R h(y_0)$$

$$y_0 = H - (1+K) \frac{R h^{4/3} J_0}{2g n^2}$$

Δοκιμές $\rightarrow y_0 \rightarrow \Delta \rightarrow y_c$
Ελέγχος $y_0 > y_c$ (υπερκρίσιμη ροή)

Παράδειγμα Πανονικολάου Παρ.1

Κωρύβας με φασματική διατομή, $n = 0.14$

Μαθούς Δ_1, Δ_2 και τα κριτικά βάθη για κλίσεις
 0.05 και 0.001 , $K = 0.2$

ΛΥΣΗ

α) $J_0 = 0.05$ υποθέτουμε υπερκρίσιμη ροή.

$$y_A = y_c$$

$$H = y_c + \frac{V_c^2}{2g} + K \cdot \frac{V_c^2}{2g} = y_c + (1+K) \frac{V_c^2}{2g} = y_c + (1+K) \frac{y_c^3}{2}$$

$$= y_c + (1+K) \frac{y_c}{2} = \frac{3+K}{2} y_c \Rightarrow y_c = \frac{2H}{3+K} \Rightarrow y_c = 1.25 \text{ m}$$

$$y_c = \left(\frac{Q^2}{b^2 g} \right)^{1/3} \Rightarrow \frac{Q^2}{b^2 g} = y_c^3 \Rightarrow Q = (b^2 g y_c^3)^{1/2} \Rightarrow Q = 8.754 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = V \cdot A = \frac{1}{n} \left(\frac{b y_0}{b + 2 y_0} \right)^{2/3} J_0^{1/2} \cdot b \cdot y_0$$

Δομής $\rightarrow y_0 = 0.98 \text{ m}$

ή με ενεργητικότητα τμή

$$y = \frac{1}{b} \left(\frac{Q}{J_0^{1/2}} (b + 2 y_0)^{2/3} \right)^{3/5}$$

$y_0 = 0.98 \text{ m} < y_c = 1.25 \text{ m} \rightarrow$ υπερχείριση ροή

Ε

β) $J_0 = 0.001$ υποθέτουμε υπερχείριση ροή

$$y_A = y_0$$

$$H = y_0 + \frac{V^2}{2g} + K \frac{V^2}{2g} = y_0 + (1 + K) \frac{V^2}{2g} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} H = y_0 + (1 + K) \frac{Q^2 h^{4/3} J_0}{2g n^2}$$

$$V = \frac{1}{n} Q h^{2/3} J_0^{1/2}$$

Ε

$$Q h = \frac{b \cdot y_0}{b + 2 y_0} \Rightarrow y_0 = H - (1 + K) \frac{\left(\frac{b \cdot y_0}{b + 2 y_0} \right)^{4/3} J_0}{2g \cdot n^2}$$

y_0	$\Phi(y_0)$
1	1.876
1.876	1.823
1.823	1.826
1.826	1.826

$\rightarrow y_0 = 1.826 \text{ m}$

Από ελ. Manning $V = \frac{1}{n} Q h^{2/3} J_0^{1/2} \rightarrow V = 1.688 \text{ m/s}$

$$Q = V \cdot b \cdot y_0 \rightarrow Q = 6165 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$y_c = \left(\frac{Q^2}{b^2 g} \right)^{1/3} \Rightarrow y_c = 0.989 \text{ m} < y_0$$

167da nunodon
unoxploxms pax)

7/12/2023

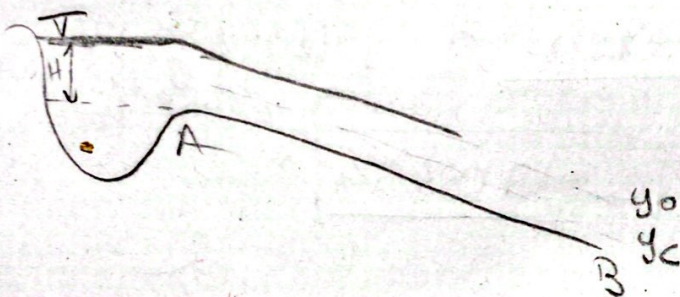


$$y_c \rightarrow Q \rightarrow y_0 \Rightarrow y_0 < y_c$$



Αν έχω υπερκρίσιμη ροή το βάθος ειβάδου $y_A = y_c$

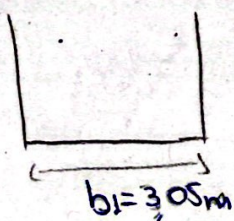
Αν έχω υποκρίσιμη ροή το βάθος ειβάδου $y_A = y_0$



$$y_0 \rightarrow V \rightarrow Q \rightarrow y_c \Rightarrow y_0 > y_c$$

ΑΣΚΗΣΗ (6ed. 97 βιβλίο)

Σημείο αβαθύνισης διατομή



$$n = 0,014 \quad K = 0$$

$$J_0 = 0,001$$

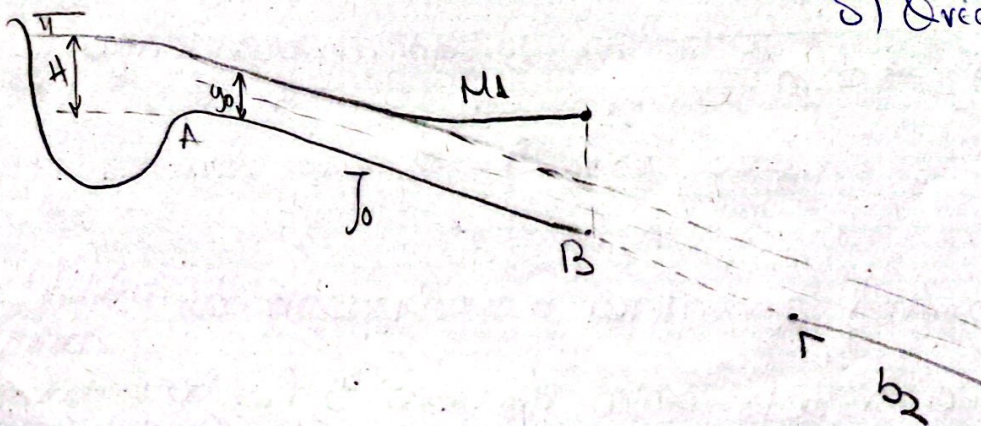
$$H = 3,05m$$

a) $Q = j$

β) Σε μεγάλη απόσταση L αλλάζει σε $b_2 = 183m$ τι θα συμβεί;

γ) Αν $L = 610m$ πόσο η παροχή θα επηρεαστεί

δ) $Q_{νέο} = j$



Λύση : α) $J_0 = 9 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow$ υποθέτουμε υποκρίσιμη ροή αφού έχουμε μικρή κλίση $\rightarrow y_A = y_0$

$$H = y_0 + \frac{V^2}{2g} + K \cdot \frac{V^2}{2g} = y_0 + (1+K) \frac{V^2}{2g} \rightarrow H = y_0 + (1+K) \frac{Q^2 h^{\frac{4}{3}} J_0}{2g n^2}$$

$$\rightarrow y_0 = H - (1+K) \frac{\left(\frac{Q^2}{b^2 y_0}\right)^{\frac{4}{3}} J_0}{2g n^2} \rightarrow \Phi(y_0)$$

y_0	$\Phi(y_0)$
1	2,917
3,917	3,789
3,789	3,789

$$\text{Άρα } y_0 = 3,785 \text{ m}$$

$$V = \frac{1}{n} R h^{\frac{2}{3}} J_0^{\frac{1}{2}} \Rightarrow V = 2,239 \text{ m/s} \quad H = y_0 + (1+K) \frac{V^2}{2g} \rightarrow V =$$

$$Q = V \cdot A \Rightarrow Q = V \cdot b \cdot y_0 \Rightarrow Q = 19,084 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$y_{c1} = \left(\frac{Q^2}{b^2 g} \right)^{\frac{1}{3}} \Rightarrow y_{c1} = 1,586 \text{ m} < y_0 = 3,785 \text{ m} \rightarrow$$

$\rightarrow$ υποκρίσιμη ροή οπότε ισχύει η αρχική υπόθεση

$$\text{β) } E_{\min} = \frac{3}{2} y_c = \frac{3}{2} \left(\frac{Q^2}{b_{\min}^2 g} \right)^{\frac{1}{3}} \rightarrow \frac{3}{2} \left(\frac{Q^2}{b_{\min}^2 g} \right)^{\frac{1}{3}} = E_1 \rightarrow$$

$$b_{\min} = \left(\frac{3}{2} \right)^{\frac{3}{2}} \cdot \frac{Q}{\sqrt{g \cdot E_1^{3/2}}} \Rightarrow b_{\min} = 3,101 \text{ m}$$

$$E_A = E_B = H = 3,05 \text{ m} \quad \rightarrow \text{υπόθεση αφού τελικά } E_B = E_1$$

$$y + \frac{V^2}{2g} = E_A \text{ αφού έχω ανοιόμακρη ροή}$$

$b_2 = 1,83 \text{ m} < b_{\min}$ $\rightarrow$ επηρεάζεται η ανοιόμακρη ροή (αλλάζει το βάθος)

Αν $b_2 \geq b_{\min} \rightarrow$ θα πέρασε απ' το y_0 στο B (αν θα άλλαζε το βάθος)

$$y_{c2} = \left(\frac{Q^2}{b^2 \cdot g} \right)^{\frac{1}{3}} \Rightarrow y_{c2} = 2,23 \text{ m}$$

$$E_G = \frac{3}{2} y_{c2} \Rightarrow E_{c2} = 3,345 \text{ m}$$

Γ : κρίσιμες ανηθήκες $\rightarrow$ Μεταξύ του Β, Γ δεν έχω ανηθήκες
ενεργώντας άρα $E_{\Gamma} = E_B = 3,345 \text{ m}$

$$\Gamma_B = y_B + \frac{V_B^2}{2g} \Rightarrow y_B + \frac{Q^2}{2g b^2 \cdot y_B^2} = E_B$$

Δοκιμές ($y_B > y_{c1}$) : $\boxed{y_B = 3,143 \text{ m}} > y_0 (= 2,745 \text{ m})$
αυθόρμητη στάθμη

γ) $L = 610 \text{ m}$

Η καμπύλη M_1 θα πρέπει να ολοκληρώνεται
στο σταθερό μήκος

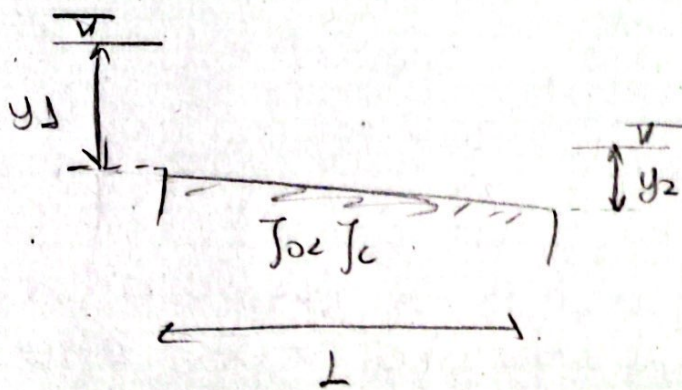
Εφαρμόσαμε τη Direct Step Method από y_B προς y_0
και πρέπει το x να είναι μέτρο στα 610 m.

y	x
3,143	0
3	-61,53
2,745	-2745,66

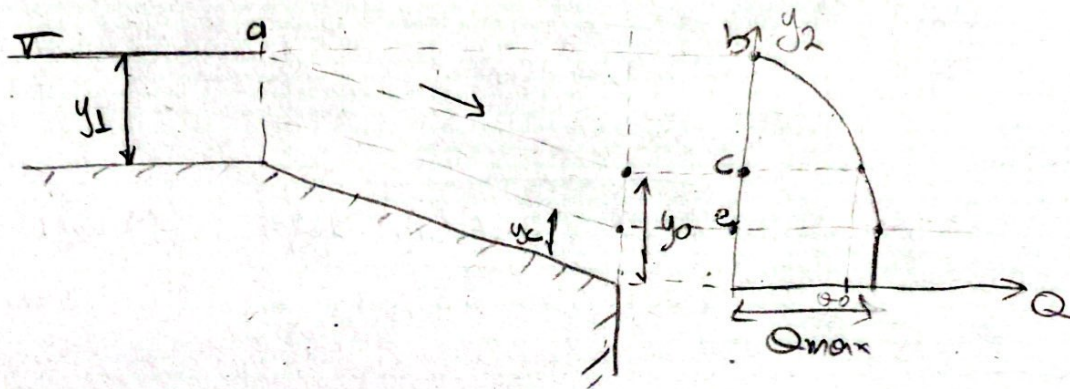
Προχωρούμε από την
επίλυση για $y_0 = 2,745 \text{ m}$
 $\rightarrow \lambda = -2745,66 \text{ m}$ Άρα το
μήκος $L = 610 \text{ m}$ δεν επαρκεί
οπότε επηρεάζεται η παροχή

δ) Δοκιμές για να βρούμε η νέα παροχή

Διοχευτικότητα αψιδωτά μικρά μήκους (υποκρίσιμη ροή)



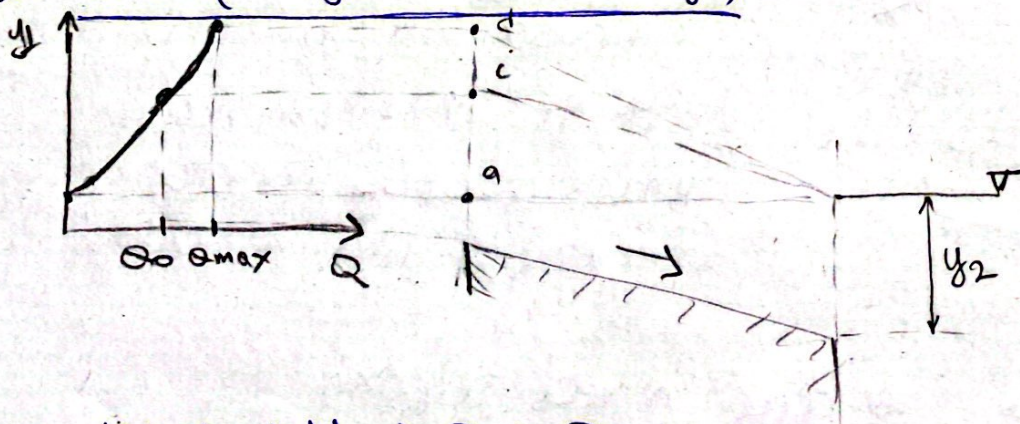
1. Σταθερό βάθος y_1 (μεταβλητό y_2)



Αν $y_2 < y_1 \rightarrow M_2 \rightarrow Q > Q_0$

Αν $y_2 > y_1 \rightarrow M_1 \rightarrow Q < Q_0$

2. Σταθερό y_2 (μεταβλητό y_1)



Αν $y_1 > y_2 \rightarrow M_2 \rightarrow Q > Q_0$

Αν $y_1 < y_2 \rightarrow M_1 \rightarrow Q < Q_0$

3. Σταθερό Q και y_1, y_2 μεταβλητό

Αν $y_1 = y_2 \rightarrow Q = Q_0$

Αν $y_2 > y_1 > y_0 \rightarrow H_1$

Αν $y_0 > y_1 > y_2 \rightarrow H_2$

Συναρμοχές σε υποκρίσιμη ροή

Στοιός συναρμοχών: Γεωμετρική προσαρμογή πουρένα και πρακόν για μετάβαση από ένα πραγματικό αγωγό μιας γεωμετρίας σε άλλου πραγματικό αγωγό άλλης ή ίδιας γεωμετρίας

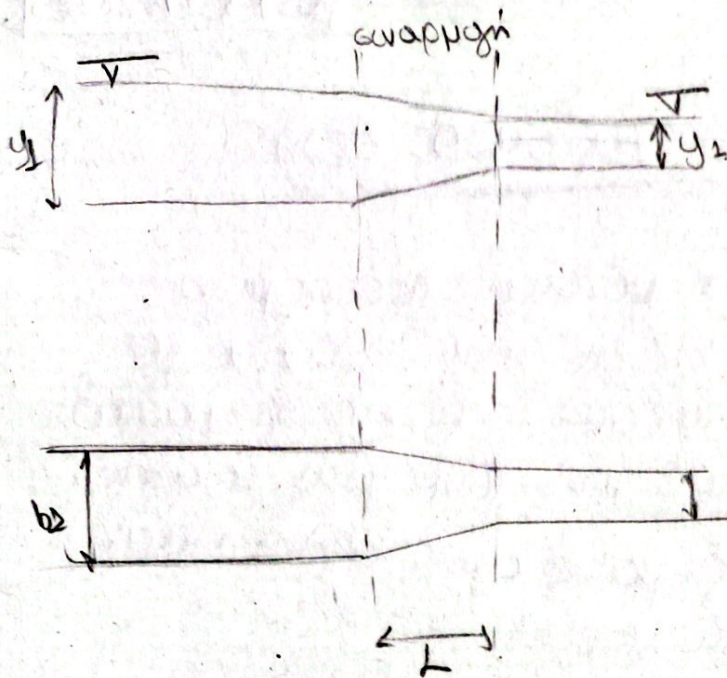
- 1) Συναρμοχή Διατομής $\rightarrow$ η διατομή πρέπει να μεγαλώνει κατά την διεύθυνση της ροής
- 2) Συναρμοχή Διαστάσης $\rightarrow$ η διατομή πρέπει να μεγαλώνει κατά την διεύθυνση της ροής

Πότε εφαρμόζω συναρμογή;

- α) Μετάβαση από αγωγό σε αγωγό με διαφορετική γεωμετρία διατομής
- β) Είσοδος και έξοδος αγωγού

Κριτήρια σχεδιασμού των συναρμοχών:

- α) Ελαχιστοποίηση απωλειών ενέργειας
- β) Μη διατάραξη ροής ανέστη και κατόντα
- γ) Ελαχιστοποίηση κόστους



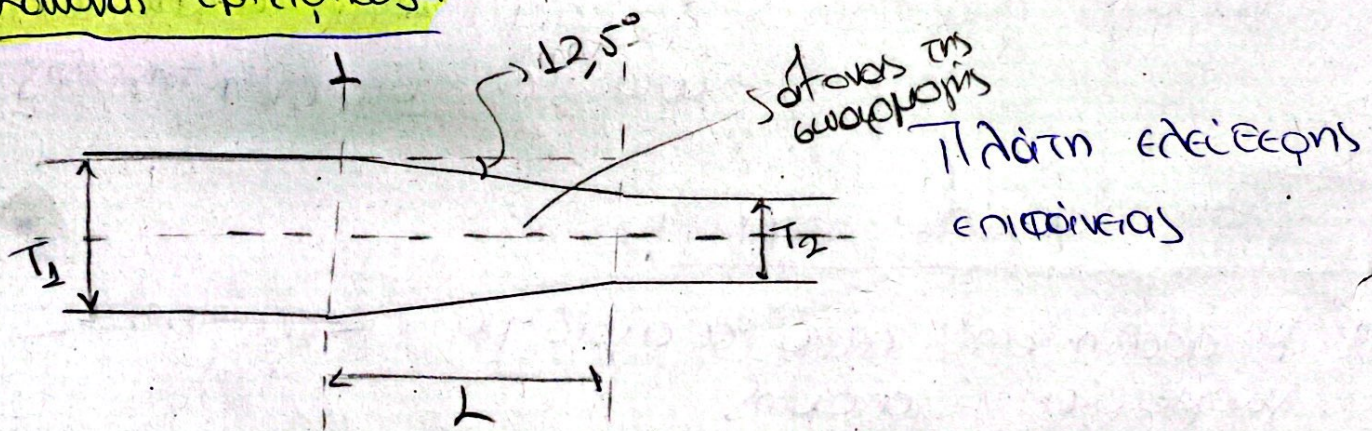
Κατά μήκος τομή

Κόρυφη

Σχεδιασμός εναρμυγών

Πρέπει άμεσα να βρω το μήκος L μιας εναρμυγής

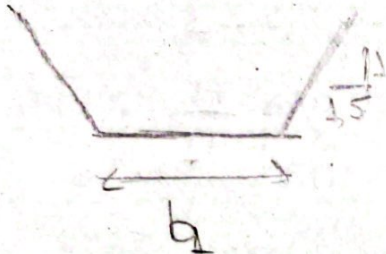
Καίρια επιρροή:



Η μέγιστη γωνία μεταξύ του άξονα της εναρμυγής και της ευθείας γραμμής που σε κόρυφη είναι την αριστερή και δεξιά ελπίδα επιρροής είναι $12,5^\circ$

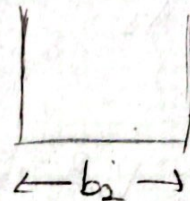
ΑΣΚΗΣΗ

Αγωγός με τραπεζοειδή διατομή $\frac{1}{z_1} = \frac{1}{5}$, $b_1 = 4\text{m}$
 αρχικά, θα καταλήγει σε ορθογωνική διατομή με
 $b_2 = 2,5\text{m}$, $Q = 3,75\text{m}^3/\text{s}$



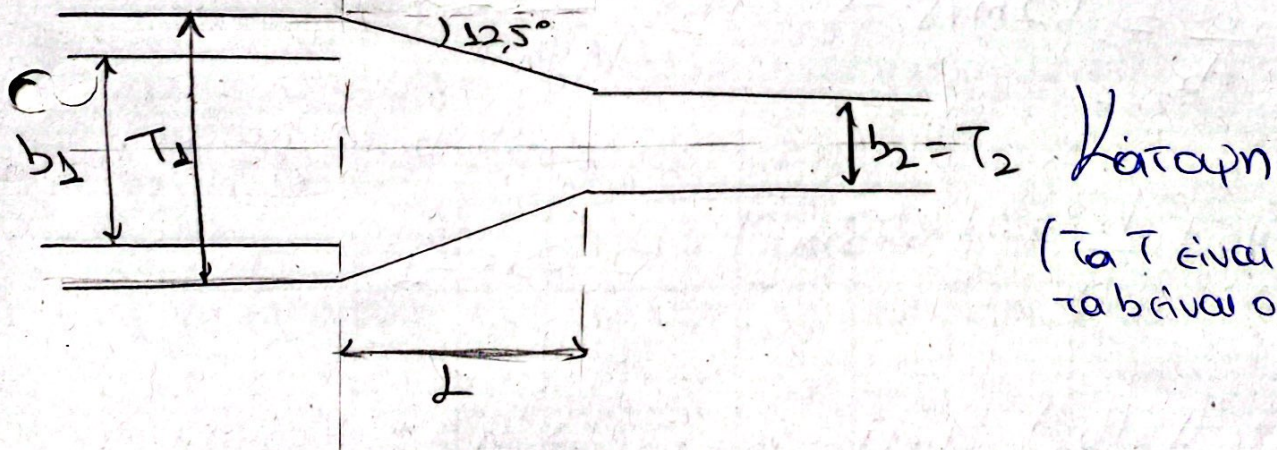
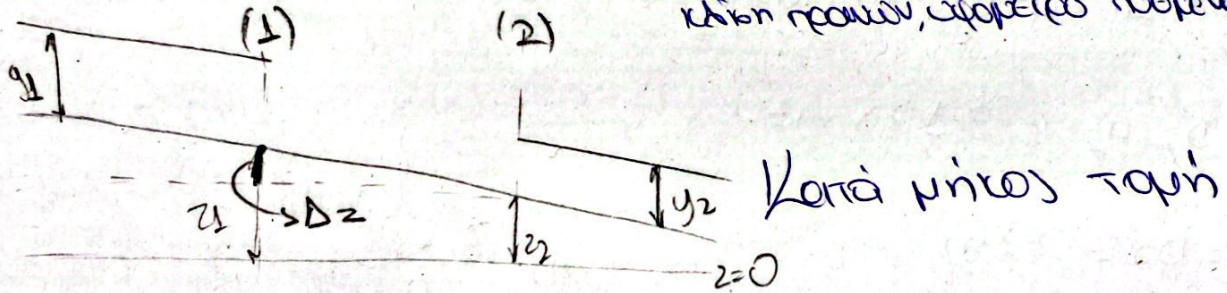
$$y_1 = 1\text{m}$$

$$y_2 = 1,25\text{m}$$



Θα γίνει στροβιλία εισαγωγή, έως την ανεξάντληση

τις απώλειες ενέργειας (μήκος L , πλάτος ποταμού σε κάθε άκρο, κλίση ποταμού, υψόμετρο ποταμού)



(τα T είναι η ελ. επιφάνεια τα β είναι οι υψόμετροι)

ΛΥΣΗ

Τμήμα 1 (Γραμμοειδής διατομή)

$$A_1 = (b_1 + 2z_1 y_1) \cdot y_1 = 5,5 \text{ m}^2$$

$$T_1 = b_1 + 2z_1 y_1 = 7 \text{ m}$$

$$V_1 = \frac{Q}{A_1} = 9,682 \text{ m/s} \Rightarrow Fr_1 = \frac{V_1}{\sqrt{g y_{h1}}} = 9,246 < 1$$

$y_{h1} = \frac{A_1}{T_1}$

$$F_1 = y_1 + \frac{V_1^2}{2g} = 1,024 \text{ m}, \quad H_1 = z_1 + F_1$$

Τμήμα 2 (ορθογωνική διατομή)

$$A_2 = b_2 y_2 = 3,125 \text{ m}^2$$

$$T_2 = b_2 = 2,5 \text{ m}$$

$$V_2 = \frac{Q}{A_2} = 12 \text{ m/s} \Rightarrow Fr_2 = \frac{V_2}{\sqrt{g y_{h2}}} = 9,343$$

$y_{h2} = y_2$ (ορθ. διατομή)

$$F_2 = y_2 + \frac{V_2^2}{2g} = 1,323 \text{ m}, \quad H_2 = z_2 + F_2$$

Επειδή $H_1 = H_2 \Rightarrow z_1 + F_1 = z_2 + F_2 \Rightarrow z_1 - z_2 = F_2 - F_1 \Rightarrow$

$$\boxed{z_1 - z_2 = 0,30 \text{ m}}$$

Μήκος ευαρυκτής

$$\tan 22,5^\circ = \frac{T_1 - T_2}{L} \Rightarrow L = \frac{T_1 - T_2}{2 \tan 22,5^\circ} \Rightarrow L = 10,149 \text{ m}$$

$$\Rightarrow L \approx 10 \text{ m}$$

Γραμμή: $b(x) = ax + b$

$$b(0) = b_1 \Rightarrow b = b_1$$

$$b(L) = b_2 \Rightarrow aL + b_1 = b_2 \Rightarrow a = \frac{b_2 - b_1}{L}$$

$$b(x) = \frac{b_2 - b_1}{L} x + b_1 \quad (b(0) = b_1 = 4 \text{ m}, b(L) = b_2 = 35 \text{ m})$$

Κλίση γραμμών: $z(x) = \frac{z_2 - z_1}{L} x + z_1$

$$z(0) = z_1 = 15$$

$$z(L) = z_2 = 0$$

$$z(0) = 0$$

$$z(L) = -12 = -930$$

$$z(x) = -\frac{12}{L} x$$

Σύμφωνα με για $L = 10 \text{ m}$ ευαρυκτής

x	x/L	b	z	z	y	A	V	1-H	2+y
0	0	4m	35m	0	1	$\frac{b+z}{L} = 5,5$	9682	1,024	1
1	0,1	38,5	35	-908	1,024	5,345	9696	10,24	9999
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
10	1	35	0	-930	1,25	...	...	1,024	9951

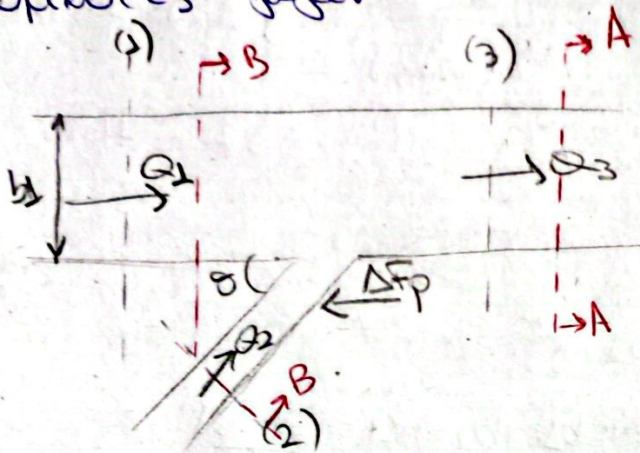
Αν $z_1 = 12$ και $z_2 = 0$ τότε η ένταση αναφορά στο z_2

$$z(x) = 12x + 12 \quad \text{αλλά } \int_{0}^{L} z(x) dx = H = 1324 \text{ m}$$

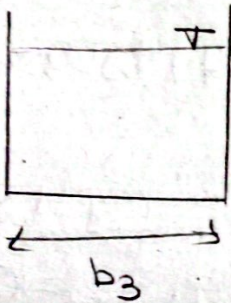
$$z(L) = 0 \quad (H = z + y + \frac{V^2}{2g})$$

Συμβολές και Διακρίσεις αγγών

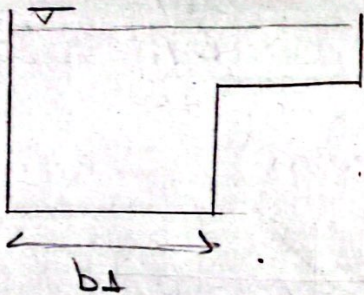
- Συμβολές Αγγών



Ο αγγός 2 συντάσσεται
υπό γωνία θ στον αγγό 1
Έτσι υπολογίζουμε τον!



Τμήν A-A
 $b_3 = b_1$



Τμήν B-B

Επίκλιση αγγών

$$Q_1 + Q_2 = Q_3$$

Επίκλιση αγγών

$$\underbrace{F_{P1} + F_{P2x} - F_{P3}}_{\text{υποδοριστικές τιμές}} - N_x = \rho (bQ_3 - bQ_1 - Q_2 b_x)$$

υποδοριστικές
τιμές

$$N_x = \Delta F_p \approx F_{P2x} \rightarrow F_{P2} \cdot \cos \theta$$

→ η δύναμη που αλληλεπιδρά
ανά τα στεφάνια φέρει τον
αγκυρωτή

$$F = P \cdot A$$

$$\Rightarrow F_{P1} - F_{P3} = \rho (V_3 Q_3 - V_1 Q_1 - Q_2 V_{2x})$$

$$\Rightarrow F_{P1} + \rho Q_1 V_1 + \rho Q_2 V_{2x} = F_{P3} + \rho Q_3 V_3$$

$$\Rightarrow \gamma \cdot \bar{y}_1 \cdot A_1 + \rho Q_1 V_1 + \rho Q_2 V_{2x} = \gamma \cdot \bar{y}_3 A_3 + \rho Q_3 V_3$$

$$\Rightarrow \bar{y}_1 \cdot A_1 + \frac{Q_1^2}{g A_1} + \frac{Q_2^2}{g A_2} \cos \theta = \bar{y}_3 A_3 + \frac{Q_3^2}{g A_3} \mu_3$$

$$\Rightarrow M_1 + M_2' \cos \theta = M_3$$

M_{2x}

Για να λειτουργήσει η συμβολή

$$M_1 + M_2' \cos \theta > M_{3c}$$

→ ελάχιστη ειδική ενέργεια (ελάχιστες αλλαγές στην διατομή 3)

Απόδειξη Ενέργειας

$$\Delta E = \gamma \cdot Q_1 \cdot H_1 + \gamma \cdot Q_2 \cdot H_2 + \gamma \cdot Q_3 \cdot H_3 \rightarrow \text{σε Watt}$$

$$H_1 = y_1 + \frac{V_1^2}{2g} + z_1$$

$$\frac{\Delta E}{\gamma} \rightarrow \frac{m^4}{s}$$

Παράδειγμα (βιβλίο ασκ 245)

Εξέλε ορίμα από πρι

$$b_1 = 5 \text{ m}$$

$$Q_1 = 20 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$y_1 = 3,50 \text{ m}$$

$$b_2 = 3 \text{ m}$$

$$Q_2 = 20 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$y_2 = 2 \text{ m}$$

$$y_3 = ;$$

$$\theta = 40^\circ$$

ΛΥΣΗ

$$Q_1 + Q_2 = Q_3 \Rightarrow Q_3 = 60 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$y_{c1} = \left(\frac{Q_1^2}{b_1^3 \cdot g} \right)^{1/3} \Rightarrow y_{c1} = 1,869 \text{ m}$$

$$y_{c2} = 1,655 \text{ m}, \quad y_{c3} = 3,448 \text{ m} \quad (b_3 = b_1)$$

$y_1 > y_{c1}$, $y_2 > y_{c2} \rightarrow$ υποκρίβημη ροή στα 1 και 2

$$M_1 = \frac{Q_1^2}{g A_1} + \bar{y}_1 A_1 = \frac{Q_1^2}{g \cdot b_1 \cdot y_1} + \frac{y_1}{2} \cdot b_1 y_1 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow M_1 = 39,945 \text{ m}^3$$

$$N_{2x} = \frac{Q_2^2}{g \cdot A_2} \cdot \cos \theta = \frac{Q_2^2}{g \cdot b_2 y_2} \cdot \cos \theta = 5,206 \text{ m}^3$$

~~$M_3 = \frac{Q_3^2}{g \cdot A_3} + \bar{y}_3 A_3 = \frac{Q_3^2}{g \cdot b_3 y_3} + \frac{y_3}{2} \cdot b_3 y_3$~~

$$M_{3c} = \frac{Q_3^2}{g \cdot A_{3c}} + \frac{y_{c3}}{2} \cdot b_3 \cdot y_{c3} = 44,963 \text{ m}^3$$

$$M_1 + M_{2x}' = 45,151 \text{ m}^3 > M_{3c} = 44,963 \text{ m}^3$$

Άρα η συμβολή μπορεί να θεωρηθεί

Στοιχείο $M_1 + M_{2x}' = M_3 \Rightarrow M_3 = \frac{Q_3^2}{g \cdot A_3} + \frac{y_3}{2} \cdot b_3 \cdot y_3$

$$\Rightarrow 45,151 = \frac{Q_3^2}{g \cdot y_3 \cdot b_3} + \frac{y_3^2}{2} \cdot b_3$$

Δοκιμές ως προς y_3 ($y_3 > y_{c3}$)

y_3	$F(y_3)$
1	75,894
2,45	44,963
361	45,151

$$\boxed{y_3 = 361 \text{ m}} > y_{3c}$$

Δοκιμάσει με αυτό γιατί είναι κοντά στο y_{3c}

Παράδειγμα

ίσο σχήμα με πριν

$$J_{01} = 9003$$

$$b_1 = 5m$$

$$Q_1 = 100 m^3/s$$

$$\theta = 30^\circ$$

$$J_{02} = 9003$$

$$b_2 = 2m$$

$$n = 0.016$$

$$Q_2 = 20 m^3/s$$

$$\Delta z = 1m$$

ΛΥΣΗ

$$Q_3 = Q_1 + Q_2 \Rightarrow Q_3 = 120 m^3/s$$

$$b_3 = b_1 = 5m$$

$$J_{03} = J_{01} = 9003$$

$$Q_1 = \frac{1}{n} \left(\frac{b_1 \cdot y_{01}}{b_1 + 2y_{01}} \right)^{\frac{2}{3}} \cdot J_{01}^{\frac{1}{2}} \cdot b_1 \cdot y_{01}$$

$$\Rightarrow y_{01} = 4.3m$$

$$y_{02} = 3.46m$$

$$y_{03} = 4.99m$$

$$y_{c1} = 3.41m$$

$$y_{c2} = 3.168m$$

$$y_{c3} = 3.887m$$

Παντως $y_0 > y_c$ άρα υποκρίσιμη ροή

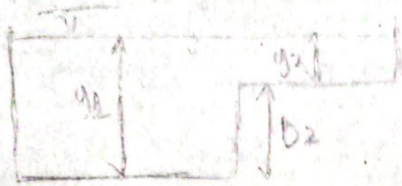
$$M_1 = \frac{Q_1^2}{g b_1 y_{01}} + \frac{y_{01}}{2} \cdot b_1 \cdot y_{01} = 93.637 m^3$$

$$M_2' = \frac{Q_2^2}{g b_2 y_{02}} \cdot \cos \theta = 5.103 m^3$$

$$M_3 = \frac{Q_3^2}{g b_3 y_{03}} + \frac{y_{03}}{2} \cdot b_3 \cdot y_{03} = 113.3 m^3$$

$$\left. \begin{array}{l} M_1 + M_2' < M_3 \\ \downarrow \\ \text{δεν ανταρτείχεται !!!} \end{array} \right\}$$

- 6) Σκια στάση στα 1 και 2, ομοιομορφική στο 3 ($y_2 = y_1 - b_2$)



$$M_1 + M_2' x = M_3 \Rightarrow \frac{Q_1^2}{g b_1 y_1} + \frac{y_1}{2} b_1 y_1 + \frac{Q_2^2 \cdot \omega_1 D - \theta_3^2}{g b_2 y_2} + \frac{y_2 b_2 y_2}{2}$$

$y_1 - 1$

Λοιπός για $y_1 \Rightarrow y_1 = 5,72m$
 $y_2 = 4,72m$

8) $\Delta E = \rho \theta_1 H_1 + \rho \theta_2 H_2 - \rho \theta_3 H_3$ ($\rho = \rho \cdot g$)

$$H_1 = z_1^0 + y_1 + \frac{V_1^2}{2g}$$

$$H_2 = z_2^0 + y_2 + \frac{V_2^2}{2g}$$

$$H_3 = z_3^0 + y_03 + \frac{V_3^2}{2g}$$

$$V_1 = \frac{Q_1}{b_1 y_1}$$

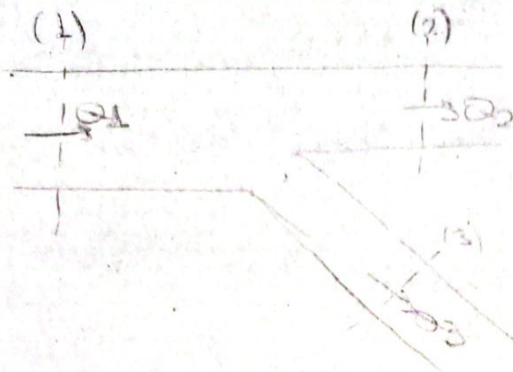
$$V_2 = \frac{Q_2}{b_2 y_2}$$

$$V_3 = \frac{Q_3}{b_3 y_3}$$

$$\Delta E = 124,573, 129 \text{ Watt}$$

20/12/2023

Διαδοσόμενες Αγωγών



Υποτιθέμενη ροή και
απορροή αγωγοί

$$\Delta z = 0$$

ΠΑΡΑΔΟΧΗ

ΕΙΔΙΚΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ

$$H_2 = H_3 \Rightarrow z_2 + y_2 + \frac{V_2^2}{2g} = z_3 + y_3 + \frac{V_3^2}{2g} \Rightarrow F_2 = F_3$$

$$Q_1 = Q_2 + Q_3$$

Δορυμές

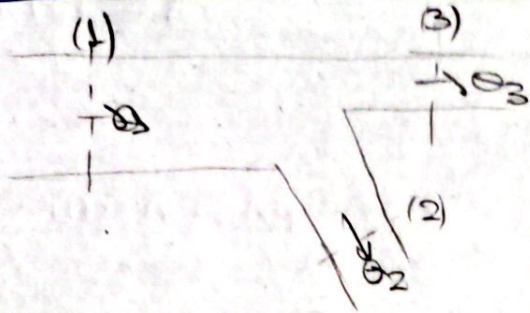
- Υποθέτουμε $Q_2, Q_3 (= Q_1 - Q_2)$

- Υποθέτουμε H_2, H_3 . Αν $H_2 = H_3 \rightarrow$ αμελητέα υπόθεση Q_2, Q_3

Αν $H_2 > H_3 \rightarrow$ η Q_2 πρέπει να γράφεται

Αν $H_2 < H_3 \rightarrow$ η Q_2 πρέπει να αφαιρεθεί

8.2 Ποταμολογία



$$b_1 = 10 \text{ m}, \quad Q_1 = 45 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$J_{02} = 8002, \quad J_{03} = 8001$$

$$b_2 = 4 \text{ m}, \quad b_3 = 5 \text{ m}$$

ΛΥΣΗ

α) Υπολογισμός Q_2, Q_3

Έστω $Q_2 = 21.94 \text{ m}^3/\text{s}$

$$Q_3 = Q_1 - Q_2 = 23.06 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_2 = V_2 A_2 = \frac{1}{n} \left(\frac{b_2 y_{02}}{b_2 + 2y_{02}} \right)^{\frac{2}{3}} J_2^{\frac{1}{2}} \cdot b_2 \cdot y_{02}$$

Δοκιμές: $y_{02} = 1.97 \text{ m}$

Ομοίως $y_{03} = 2.13 \text{ m}$

Για τα κρίσιμα βάθη $y_{c1} = \left(\frac{Q_1^2}{b_1^3 g} \right)^{\frac{1}{3}} = 1.27 \text{ m}$

$y_{c2} = 1.15 \text{ m}$

$y_{c3} = 1.29 \text{ m}$

υποκρίσιμη ροή

Για τις ταχύτητες: $V_2 = \frac{Q_2}{A_2} = 3.78 \text{ m/s}$

$$V_3 = \frac{Q_3}{A_3} = 3.165 \text{ m/s}$$

$$E_2 = y_{02} + \frac{V_2^2}{2g} = 3.365 \text{ m}$$

$$E_3 = y_{03} + \frac{V_3^2}{2g} = 3.369 \text{ m}$$

$$E_2 = E_3$$

άρα εστιά υποθέσαμε τις Q_2, Q_3

b) $y_1 = j$; Éow anwarkies evéqjela ; $\Delta H = 905 E_1$

$$H_1 = H_2 + \Delta H \Rightarrow (16 \times 10^4 \text{ car } H_1 = H_2 + \Delta H)$$

$$E_1 = E_2 + 905 E_1 \Rightarrow$$

$$995 E_1 = E_2 \Rightarrow$$

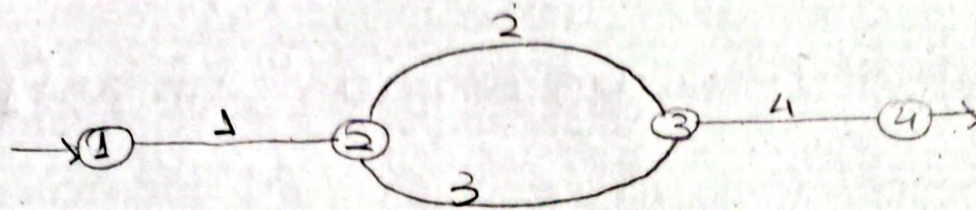
$$E_1 = 1,05 E_2 \Rightarrow y_1 + \frac{V_1^2}{2g} = 1,05 E_2 \Rightarrow$$

$$y_1 + \frac{Q_1^2}{b^3 y_1^3 2g} = 1,05 E_2 \Rightarrow y_1^3 - 1,05 E_2 y_1^2 + \frac{Q_1^2}{2g b^4} = 0$$

Sources : $y_1 = \begin{cases} -0,45 < 0 \\ 0,75 < y_1 \\ 2,39 \text{ V} \end{cases}$

(1)

Ροή τύπου μοιράς



θ_1 , στάθμη κατανήτη (στο ④), υποαίσιμη ροή

$\theta_2 = ;$, $\theta_3 = ;$

Ισχύει $\theta_1 = \theta_2 + \theta_3$, $\theta_1 = \theta_4$ (Επίσωση ουρέχρια)
 $\Delta H_2 = \Delta H_3$ (Επίσωση ενέχρια)

Διαδικασία επίλυσης

- Υποθέτουμε $\theta_2 \rightarrow \theta_3 = \theta_1 - \theta_2$

- Από στάθμη ④

Βήμα	Από-Προς	Διαδρομή	Παροχή	Στάθμη
1	④ → ③	Αγώγος 4	θ_1	③
2	③ → ①	Αγώγος 2	θ_2	②
3	③ → ②	Αγώγος 3	θ_3	②

Αν βρω ίσες
στάθμες στα 2
τότε βλέπω
αυτές
παροχές

AN $H(2) (\text{βήμα 2}) - H(2) (\text{βήμα 3}) > 0 \Rightarrow \theta_2 \uparrow$

Παραδείγματα 8.3

$$b_1 = 5\text{m}, \quad Q_1 = 100\text{m}^3/\text{s}, \quad b_2 = 3\text{m}, \quad b_3 = 2\text{m}, \quad J_0 = 0.0025$$

$$L_2 = L_3 = 400\text{m}, \quad b_4 = b_1 = 5\text{m}, \quad L_4 = 500\text{m}, \quad n = 0.016$$

Στο ① έχουμε ελεύθερη πτώση

$$Q_2 = ; \quad Q_3 = ;$$

ΛΥΣΗ

$$y_{c4} = \left(\frac{Q_1^2}{b_1^3 \cdot g} \right)^{1/3} = 3.442\text{m}$$

$$y_{04} = 4.63\text{m} > y_{c4} \Rightarrow \text{υποκρίσιμη κλίση} \rightarrow M$$

$$y_{c4} < y < y_{04} \rightarrow M_2$$

Βήμα 1: ① $\rightarrow$ ③

$$M_1 \text{ Direct Step Method} \rightarrow y_3 = 4.47\text{m}$$

(1-)

Υποθέτουμε παροχές:

$$Q_2 = 63\text{m}^3/\text{s}, \quad Q_3 = Q_1 - Q_2 = 100 - 63 = 37\text{m}^3/\text{s}$$

Standard Step Method:

$$\begin{array}{l} \text{Βήμα 2} \\ \text{Βήμα 3} \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{③} \xrightarrow{2} \text{②} \quad H = 7.11\text{m} \\ \text{③} \xrightarrow{3} \text{①} \quad H = 7.08\text{m} \end{array}$$

ΑΡΑ $H = 7.1\text{m} \rightarrow Q_2 = 63\text{m}^3/\text{s}, \quad Q_3 = 37\text{m}^3/\text{s}$

$$y + \frac{Q^2}{2gb^3y^2} = 7.1 \Rightarrow y = 6.64\text{m}$$

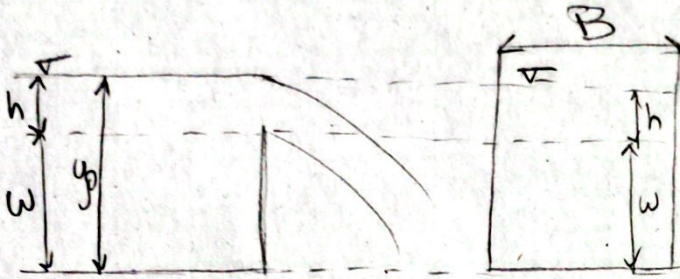
$\hookrightarrow$ αυτήν κερδίζει το αριστερό 1

$$y_{01} = y_{04} = 4.63\text{m}, \quad y_{c1} = y_{c4} = 3.44\text{m}$$

Direct Step Method	
y_3	x
6.64	0
$\vdots$	$\vdots$
y_{01}	2693.48

ΥΠΕΡ ΧΕΙΛΙΣΤΕΣ

Κατασκευές που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της ροής.
Τακώς μεταβαλλόμενη ροή.

1) Υπερχείλιστες λεπτής θέψης (→ μετρήτες παροχής)

h: ύψος υπερχείλισης

ω: ύψος υπερχείλιστης

$$q = \frac{2}{3} \mu \sqrt{2g} h^{3/2}$$

$$\mu = c \left[\left(\frac{V_0^2}{2gh} + 1 \right)^{3/2} - \left(\frac{V_0^2}{2gh} \right)^{3/2} \right]$$

c: Von Mises $\frac{h}{h+w}$ αντί $\frac{b}{B}$ → αυτό υπάρχει στους πίνακες

$$h + w = y_0$$

$$V_0 = \frac{q}{h+w}$$

Για ορθογωνικό κατακόρυφο υπερχείλιστη:

$$\mu = 0.605 + 0.08 \frac{h}{w} + \frac{0.001}{h}, \quad h \rightarrow m$$

Σχέση Rehbock

Αν έρω h, ω υποβληθεί $\mu \rightarrow q$

Αν έρω q, y_0 δενύει h

2) Υπερχείλιστες ευρείας στέφης ($\rightarrow$ μετρητές παροχής)



$\rightarrow$ ελάχιστη ειδική ενέργεια

$$w + h + \frac{V_0^2}{2g} = w + y_c + \frac{V_c^2}{2g} \Rightarrow H_0 = E_c$$

απορροή ορθή $\rightarrow H_0 = \frac{3}{2} y_c \Rightarrow y_c = \frac{2}{3} H_0$

$$y_c = \left(\frac{q^2}{g} \right)^{1/3} \Rightarrow q^2 = y_c^3 \cdot g \Rightarrow q^2 = \left(\frac{2}{3} \right)^3 \cdot H_0^3 \cdot g \Rightarrow$$

$$q = \left(\frac{2}{3} \right)^{3/2} \cdot \sqrt{g} \cdot H_0^{3/2}$$

Παράδειγμα

$$w = 2 \text{ m}$$

$$\phi(h) = ;$$

Λύση

$$w = 2 \text{ m}, h = 1 \text{ m}$$

$$H_0 = h + \frac{V_0^2}{2g}$$

$\rightarrow$ σχέση για βραχυ κύμα αυτών

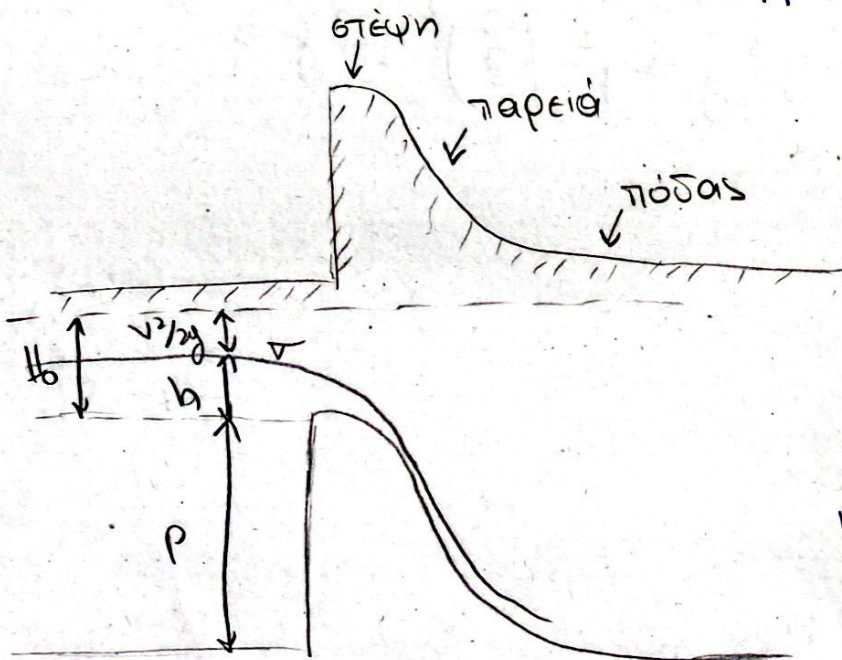
$$y_{c1} = \frac{2}{3} H_0, \quad y_{c2} = \left(\frac{q^2}{g} \right)^{1/3}$$

ω	h	V_0	H_0	q	y_{c1}	y_{c2}	$y_{c2}-y_{c1}$
2	1	1	1.05	3.00	0.70	0.97	0.27
2	1	0.80	1.03	2.40	0.69	0.81	0.15
2	1	0.70	1.02	2.10			
2	1	0.60	1.02	1.80	0.68	0.69	0.01
2	1	0.58	1.02	1.75	0.68	0.68	0 ✓

→ θέλω μικρότερη $q \rightarrow$
 $\Rightarrow$ μικρότερη V_0

ΑΠΑ $q = 1.75 \text{ m}^2/\text{s}$, $V_0 = 0.58 \text{ m/s}$

3) Υπερχείλισης Ogee ($\rightarrow$ για ελάχιστη διαχύση)
 μήκη των παροχών



$$H_0 = h + \frac{V^2}{2g}$$

$$Q = 0.3 \cdot \sqrt{2g} \cdot H_0^{3/2}$$

$\rightarrow$ από διάγραμμα

Топология

$$Q = 400 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$B = 20 \text{ m}$$

$$P = 3 \text{ m}$$

$$a) h = ?$$

$$b) \text{ Av } Q = 200 \text{ m}^3/\text{s} ;$$

Алгоритм

$$a) V = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{B(P+h)}$$

$$H_0 = h + \frac{V^2}{2g}, \quad \frac{P}{H_0} \xrightarrow{\text{таблица}} C_0$$

$$Q = C_0 B \sqrt{2g} H_0^{3/2}$$

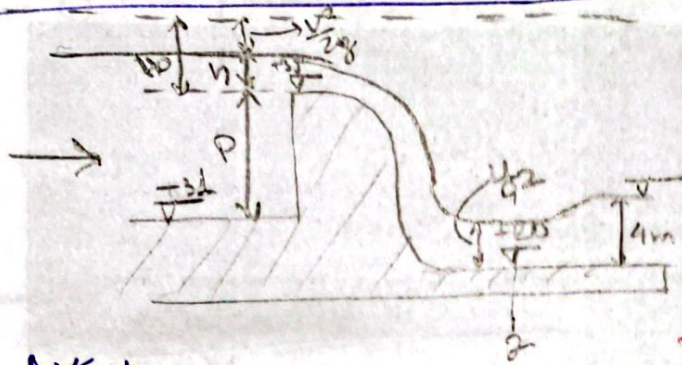
Q	P	^{таблица} h	B	V	H ₀	P/H ₀	C ₀	Q
400	3	3,00	20	3,333	3,566	0,841	0,483	288,175 ≠ 400
400	3	4,00	20	2,857	4,416	0,679	0,479	393,794 ≠ 400
400	3	4,20	20	2,778	4,593	0,653	0,478	416,861
400	3	4,06	20	2,833	4,369	0,671	0,478	400,062 ✓

$$\text{Ара } h = 4,06 \text{ m}$$

Ара		h = 4,06 m				аналогично		аналогично				
в)	Q	P	h	B	V	H	P/H	ω	H/H ₀	γ _ω	C	Q
	200											

10/01/2024

! Αποκρίνη που δεν υπάρχει παρονομαστή !



$$Q = 500 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$B = 25 \text{ m}$$

$$h = ;$$

$$y_2 = ;$$

Για $Q \rightarrow$ ψάχνω h

11/2/24

$$P = 35 - 31 = 4 \text{ m}, \text{ με δοκιμαστικές τιμές } h$$

$Q (\text{m}^3/\text{s})$	$P (\text{m})$	$h (\text{m})$	$B (\text{m})$	$V_1 (\text{m/s})$	$H_0 (\text{m})$	P/H_0	C_0	$Q (\text{m}^3/\text{s})$
500	4	3,5	25	2,667	3,062	1,036	0,485	407,684 < 500
500	4	4	25	2,5	4,319	0,926	0,484	480,997 To h ανεβαίνει
500	4	4,13	25	2,46	4,438	0,901	0,483	500,130

$$H_0 = h + \frac{V_1^2}{2g}$$

$$V_1 = \frac{Q}{B(P+h)}$$

$$Q = C_0 \cdot B \sqrt{2g} H_0^{3/2}$$

$$\text{Αρα } h = 4,13 \text{ m}$$

Τοι το y_2

$$z_1 = 31 \text{ m}, \quad z_2 = 20 \text{ m}$$

$$\text{Εφ' όσον απώλειες: } z_1 + P + h + \frac{V_1^2}{2g} = z_2 + y_2 + \frac{V_2^2}{2g} \Rightarrow$$

$$z_1 + P + \left[h + \frac{V_1^2}{2g} \right] = z_2 + y_2 + \frac{Q^2}{2g B^2 y_2^2} \Rightarrow$$

$$y_2 + \frac{Q^2}{2g B^2 y_2^2} = 19,438 \quad (1)$$

y_2	$f(y_2)$
1	-9,95
-9,95	-3,18
-3,18	17,42
17,42	19,37
19,37	19,38 X

$$y_c = \left(\frac{Q^2}{g} \right)^{1/3} = \left(\frac{Q^2}{B^2 g} \right)^{1/3} = 3,442 \text{ m}$$

Με τούμπες 6τμν (1) : $y_2 = 1,053 \text{ m}$

Παράδειγμα Ζέω $h \rightarrow \psi \rightarrow Q$

Υπερχείλισης Ogee

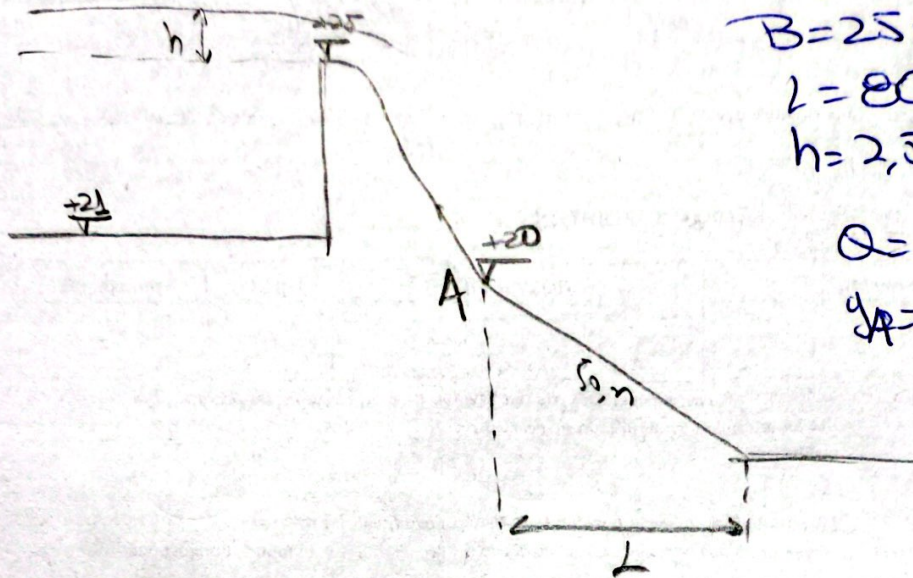
$B = 25 \text{ m}$, $n = 0,014$

$L = 80 \text{ m}$, $J_0 = 0,25$

$h = 2,50 \text{ m}$, $z_1 = 24 \text{ m}$, $z_A = 20 \text{ m}$

$Q = ?$

$y_A = ?$



a) Υπολογισμός Q

$$P = 25 - 20 = 5 \text{ m}$$

Q	P	h	B	V	H_0	P/H_0	C_0	Q
300	5	2,50	25	1,816	3,674		0,49	237,244
237,244	5	2,5	25	1,460	3,609		0,49	228,613
228,613	5	2,5	25	1,407	3,601		0,49	227,6

$$Q = 228 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$z_1 + P + h + \frac{V^2}{2g} = z_A + y_A + \frac{Q^2}{2gB^2y_A^2} \Rightarrow y_2 + \frac{Q^2}{2gB^2y_A^2} = 7,601$$

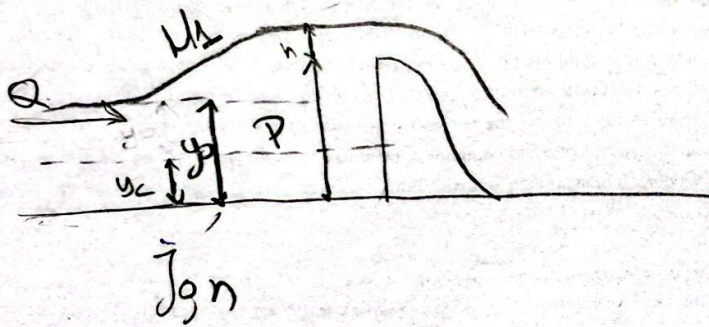
$$y_c = 2,04 \text{ m} \quad \text{Με τούμπες } y_A = 0,79 \text{ m}$$

Ομοιόμορφο βάθος: $y_0 = 0.19 \text{ m} < y_c \rightarrow$ υπερκρίσιμη ραίον

$y_0 < y_A < y_c \Rightarrow$ Καμπύλη S2

Παράδειγμα $\rightarrow$ S0S

Καμπύλη Υπερκρίσεως



$$y = P + h$$
$$y > y_0 > y_c \Rightarrow M_1$$

Σέρω

θ, T_0, n, B, P

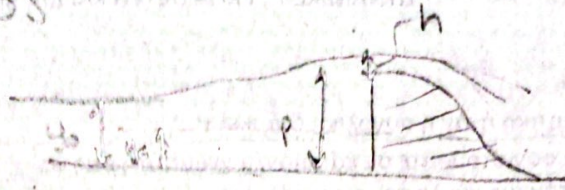
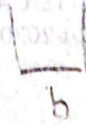
a) $h = ?$

b) τ καμπύλη έχω

11/01/2023

Παράδειγμα

Πλάτος όου το κάτω άκρος $B = 8m$, $Q = 30 m^3/s$, $P = 4m$
 $J_0 = 0,0004$



Λύση

i)

Q	P	h	B	V	h_0	P/h_0	C_0	Q
30	4	1,5	8	0,628	1,524	2,625	0,491	$32,724 \neq 30$
30	4	1,4	8	0,691	1,438	2,808	0,491	29,584
30	4	1,41	8	0,693	1,438	2,781	0,491	30,017

$$h = 1,41m$$

ii) $Q = V \cdot A = \frac{1}{n} R h^{2/3} S^{1/2} \cdot A \Rightarrow Q = \frac{1}{n} \left(\frac{b y_0}{b + 2 y_0} \right)^{2/3} \cdot \int_0^{y_0} b y_0 dy =$

$$y_0 = 3,2m$$

αλλιώς επαναληπτική σχέση

$$y_c = \left(\frac{Q^2}{B^2 g} \right)^{1/3} = 1,128m \quad (y_0 > y_c) \rightarrow M_1$$

Direct step Method (Από $P+h \rightarrow y_0$)

S_{41}

y	A	P	$R h$	V	$V^2/2g$	E	ΔE	J_0	J_m	$J_0 - J_m$	Δx	x
5,41												
5,31												
4,81												
...												