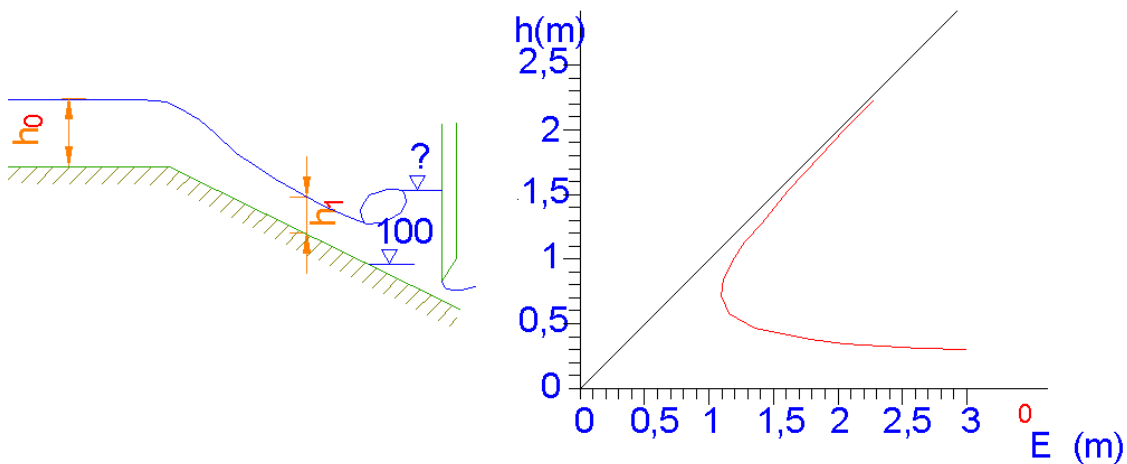


OTVORENI VODOTOCI

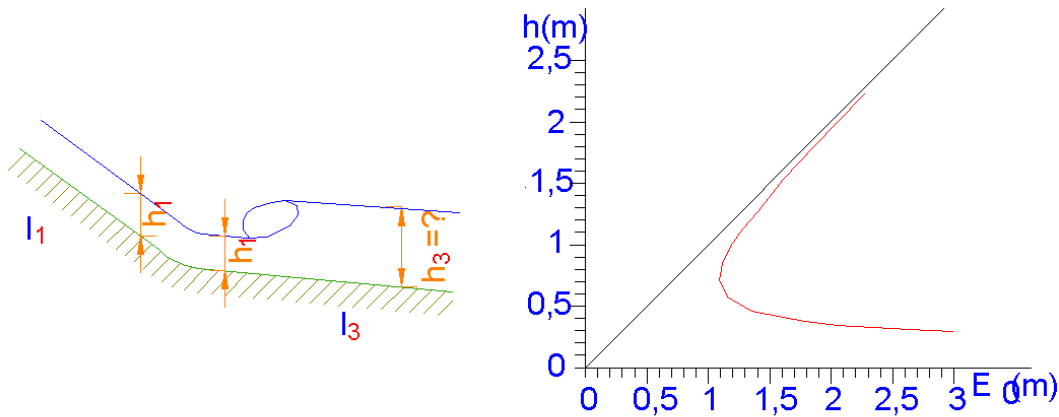
1. U pravokutnom kanalu širine $b = 8\text{ m}$, nagiba I_0 , voda struji normalnom dubinom $h_0 = 2\text{ m}$ i protokom $Q = 16\text{ m}^3/\text{s}$. Nailaskom na dionicu kanala sa većim nagibom I_1 normalna dubina toka poprima vrijednost h_1 , a zbog postavljene pregrade dolazi do pojave vodnog skoka. Korištenjem priloženog dijagrama specifične energije poprečnog presjeka potrebno je odrediti dubinu h_1 i kotu vodnog lica prije pregrade. Coriolis-ov koeficijent kinetičke energije $\alpha = 1$.



$$h_1 \approx 0,35\text{ m} \quad v_1 = \frac{Q}{h_1 b} = \frac{16}{0,35 \cdot 8} = 5,7\text{ m/s}$$

$$h_2 = \frac{h_1}{2} \left(-1 + \sqrt{1 + 8Fr_1^2} \right) = \frac{0,35}{2} \left(-1 + \sqrt{1 + 8 \left(\frac{5,71^2}{9,81 \cdot 0,35} \right)} \right) = 1,36\text{ m}$$

2. U pravokutnom kanalu širine $b = 8\text{m}$, nagiba I_1 , voda struji sa normalnom dubinom $h_1 = 0,35\text{ m}$ i protokom $Q = 16\text{m}^3/\text{s}$. Nailaskom na dionicu kanala sa nagibom kanala I_2 (manjim od kritičnog nagiba) formira se vodni skok. Korištenjem priloženog dijagrama specifične energije poprečnog presjeka potrebno je odrediti normalnu dubinu nizvodno od vodnog skoka te provjeriti da li će vodni skok biti potopljen ili odbačen. Coriollis-ov koeficijent kinetičke energije $\alpha=1$ a gubitak specifične energije u vodnom skoku $\Delta E = 0,5\text{m}$.



$$h_1 = 0,35\text{ m} \quad E_{01} = 2,05\text{ m} \quad v_1 = \frac{Q}{h_1 b} = \frac{16}{0,35 \cdot 8} = 5,71\text{ m/s}$$

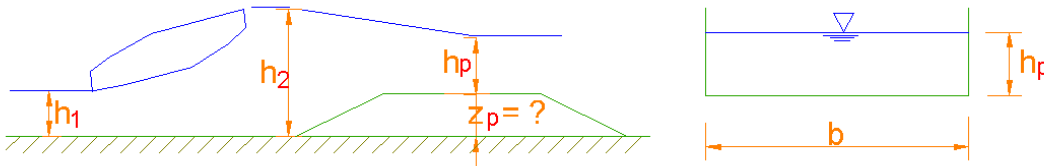
$$\Delta E = 0,5\text{ m} \quad E_{02} = E_{01} - \Delta E = 2,05 - 0,5 = 1,55\text{ m}$$

$$h_3 = 1,45\text{ m} \longrightarrow \text{donja voda} > h_2 \quad \text{potopljeni vodni skok}$$

$$h_2 = \frac{h_1}{2} \left(-1 + \sqrt{1 + 8Fr_1^2} \right) = 1,36\text{ m}$$

3. Potrebno je odrediti drugu spregnutu dubinu h_2 i visinu širokog praga z_p kojim se osigurava formiranje normalnog vodnog skoka neposredno prije nailaska toka na prag. Potrebno je odrediti specifičnu energiju poprečnog presjeka E_0 na stacionaži širokog praga. Coriolis-ov koeficijent kinetičke energije je pretpostavljen kao $\alpha = 1$.

Zadano je: h_1 (prva spregnuta dubina) = 0,5m; $b = 3$ m, $Q = 8$ m³/s



$$v_1 = \frac{Q}{A_1} = \frac{8}{0,5 \cdot 3} = 5,33 \text{ m/s} \quad \rightarrow \quad Fr_1 = \frac{v_1}{\sqrt{gh_1}} = 2,4$$

$$h_2 = \frac{h_1}{2} \left(-1 + \sqrt{1 + 8Fr_1^2} \right) = 1,47 \text{ m}$$

$$v_2 = \frac{Q}{h_2 \cdot b} = 1,81 \text{ m/s}$$

$$q = \frac{Q}{b} = \frac{8}{3} = 2,67 \text{ m}^3/\text{s/m}$$

$$h_p = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} = \sqrt[3]{\frac{(2,67)^2}{9,81}} = 0,9 \text{ m}$$

$$v_p = \frac{q_p}{h_p} = \frac{2,67}{0,89} = 2,97 \text{ m/s}$$

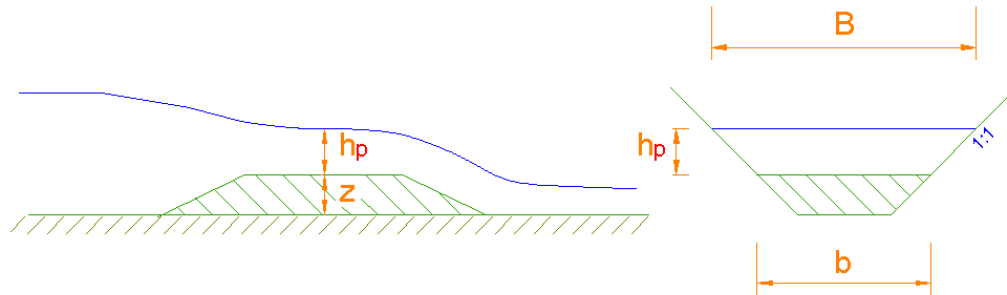
$$\frac{v_2^2}{2g} + h_2 = z_p + h_p + \frac{v_p^2}{2g}$$

$$z_p = h_2 - h_p + \frac{v_2^2}{2g} - \frac{v_p^2}{2g} = 1,47 - 0,9 + 0,17 - 0,45 = 0,29 \text{ m}$$

$$E_0 = h_p + \frac{v_p^2}{2g} = 0,9 + \frac{2,97^2}{2 \cdot 9,81} = 1,35 \text{ m}$$

4. Odredi specifičnu energiju poprečnog presjeka iznad širokog praga ako se strujanje odvija kroz kanal trapeznog proticajnog presjeka sa dimenzijama kao na slici. Na pragu se javlja kritično strujanje.

Zadano je: $b = 2 \text{ m}$; $h_p = 0,5 \text{ m}$; $z = 0,4 \text{ m}$; $\alpha = 1$



$$A = \left(\frac{b+B}{2} \right) \cdot h_p = \left(\frac{b+b+2h_p}{2} \right) \cdot h_p = 1,25 \text{ m}^2$$

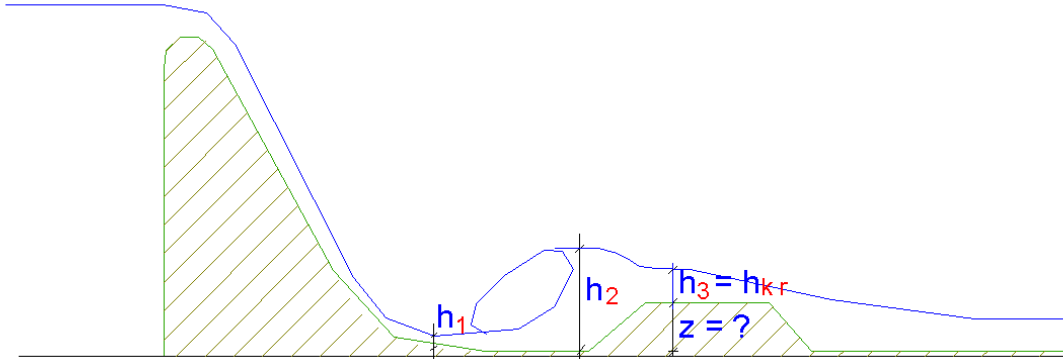
$$Fr^2 = \frac{\alpha \cdot Q^2 \cdot B}{A^3 \cdot g} \quad \rightarrow \quad Fr^2 = 1 \quad \Rightarrow \quad Q = \sqrt{\frac{A^3 \cdot g}{B}} = 2,53 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{2,53}{1,25} = 2,02 \text{ m/s}$$

$$E_0 = h_p + \frac{v^2}{2g} = 0,5 + \frac{2,02^2}{2g} = 0,708 \text{ m}$$

5. Za razine definirane na slici potrebno je odrediti visinu praga z koja je potrebna za formiranje normalnog vodnog skoka iza preljeva.

Zadano je: $Fr_1 = 3$; $h_{kr} = 2\text{ m} = h_3$; $B = 11\text{ m}$.



$$Fr_3 = \frac{Q}{h_3 \cdot B \sqrt{gh_3}} = 1 \quad Q = 97,45 \text{ m}^3/\text{s}$$

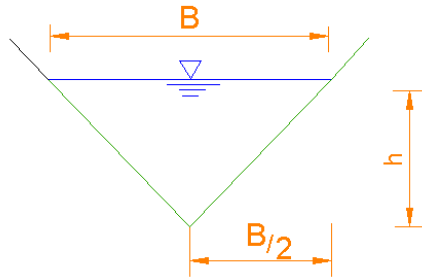
$$Fr_1 = \frac{Q}{h_1 \cdot B \sqrt{gh_1}} = 3 \quad h_1 = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{g \cdot B^2 \cdot 9}} = 0,94 \text{ m} \quad \rightarrow \quad h_2 = \frac{h_1}{2} \left[-1 + \sqrt{1 + 8Fr_1^2} \right] = 3,55 \text{ m}$$

$$z + h_3 + \frac{Q^2}{2gA_3^2} = h_2 + \frac{Q^2}{2gA_2^2} \quad \rightarrow \quad z = 0,87 \text{ m}$$

6. Potrebno je odrediti režim tečenja u kanalima poprečnih presjeka kao na slici uz pretpostavku da je tečenje stacionarno i jednoliko.

Zadano je: $\alpha = 1$; $C = 40 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$; $I = 0,1\%$; $h = B/2 = r = 2 \text{ m}$.

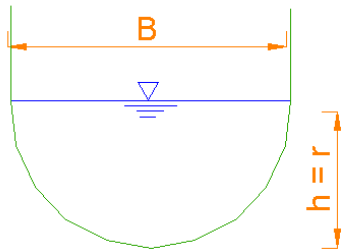
a)



$$R = \frac{A}{O} = \frac{(B/2) \cdot h}{2 \cdot \sqrt{(B/2)^2 + h^2}} = 0,707 \text{ m} \quad v = C \cdot \sqrt{RI} = 1,064 \text{ m/s} \quad Q = \frac{B \cdot h}{2} \cdot v = 4,25 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Fr^2 = \frac{\alpha Q^2}{gA^3} \cdot B \quad \rightarrow \quad Fr = 0,34 \quad \text{mirni režim}$$

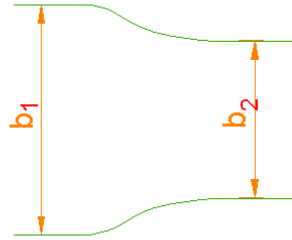
b)



$$R = \frac{A}{O} = \frac{(r^2 \pi)/2}{(2r\pi)/2} = 1 \text{ m} \quad v = C \cdot \sqrt{RI} = 1,26 \text{ m/s} \quad Q = \frac{r^2 \pi}{2} \cdot v = 7,95 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Fr^2 = \frac{\alpha Q^2}{gA^3} \cdot B \quad \rightarrow \quad Fr = 0,32 \quad \text{mirni režim}$$

7. Kanal pravokutnog poprečnog presjeka sužuje se sa početne širine $b_1 = 1\text{m}$, na širinu $b_2 = 0,8\text{m}$. U kanalu prije suženja izmjerena je brzina $v_1 = 1\text{ m/s}$ i dubina $h_1 = 1\text{m}$. Potrebno je odrediti brzinu tečenja v_2 i dubinu h_2 u suženom dijelu kanala. Lokalni i linijski gubici se zanemaruju.



$$Q = b_1 \cdot h_1 \cdot v_1 = b_2 \cdot h_2 \cdot v_2 = 1 \text{ m}^3/\text{s} \quad \rightarrow \quad v_2 = \frac{1,25}{h_2}$$

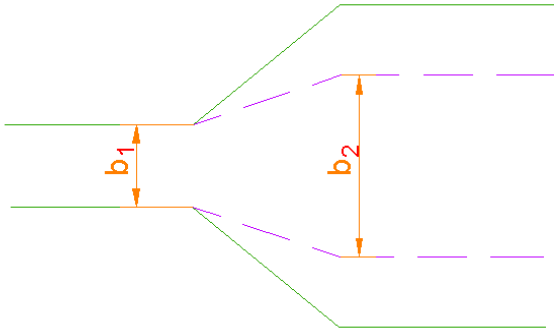
$$\frac{v_1^2}{2g} + h_1 = \frac{v_2^2}{2g} + h_2$$

$$h_2^2 = \frac{0,08}{1,051 - h_2} \quad \rightarrow \quad h_2 = \sqrt{\frac{0,08}{1,051 - h_2}}$$

h_2	predpostavljeno	dobiveno
	0,8	0,56
	0,5	0,38
	0,4	0,35
	0,35	0,34
	0,34	0,33
	0,33	0,33

$$\text{Odabrano: } h_2 = 0,33 \text{ m} \quad \rightarrow \quad v_2 = \frac{Q}{h_2 \cdot b_2} = \frac{1}{0,33 \cdot 0,8} = 3,8 \text{ m/s}$$

8. Pravokutni kanal širine $b_1 = 2\text{ m}$ prelazi u trapezni kanal sa širinom dna $b_2 = 4\text{ m}$ i nagibom pokosa kanala $m = 2$. Kroz kanal protiče voda sa protokom $Q = 5,6\text{ m}^3/\text{s}$, pri čemu se formiraju normalne dubine $h_1 = 2\text{ m}$ i $h_2 = 1,3\text{ m}$. Potrebno je odrediti denivelaciju dna kanala Δz (između dionice pravokutnog i trapeznog presjeka) ako je gubitak na dionici prelaza iz pravokutnog u trapezni prejek $\Delta h = 0,4 (v_1^2 - v_2^2) / 2g$.



$$v_1 = \frac{Q}{b_1 \cdot h_1} = 1,4 \text{ m/s}$$

$$A_2 = h_2(b_2 + m \cdot h_2) = 8,58 \text{ m}^2 \quad \rightarrow \quad v_2 = \frac{Q}{A_2} = 0,65 \text{ m/s}$$

$$h_1 + \frac{v_1^2}{2g} = h_2 + \frac{v_2^2}{2g} - \Delta h + \Delta z$$

$$\Delta h = 0,4(v_1^2 - v_2^2) / 2g = 0,03 \text{ m}$$

$$\Delta z = 0,81 \text{ m}$$

9. U kanalu širine $b_1 = 3\text{m}$ ostvaren je tok sa dubinom $h_1 = 1,3\text{m}$ i brzinom od $v_1 = 5\text{ m/s}$. Prelazak u korito širine $b_2 = 2\text{m}$ ostvaruje se nakon denivelacije dna kanala $\Delta h = 1,7\text{m}$, kako je to prikazano na slici. Uz pretpostavku zanemarenja svih gubitaka, potrebno je odrediti dubinu toka h_2 koja je formirana nakon denivelacije.

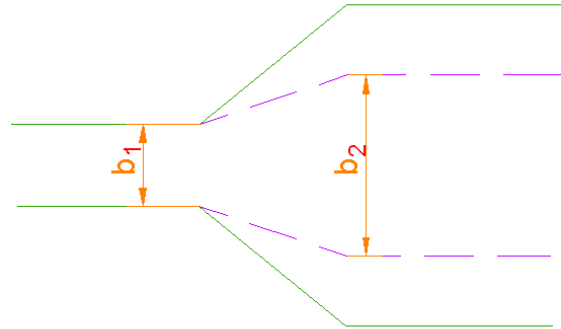
$$Q_2 = Q_1 = v_1 b_1 h_1 = 19,5\text{ m}^3/\text{s}$$

$$\Delta h + h_1 + \frac{v_1^2}{2g} = h_2 + \frac{Q_2^2}{2g(b_2 h_2)^2}$$

$$h_2^2 = \frac{4,84}{4,27 - h_2} \quad \rightarrow \quad h_2 = \sqrt{\frac{4,84}{4,27 - h_2}}$$

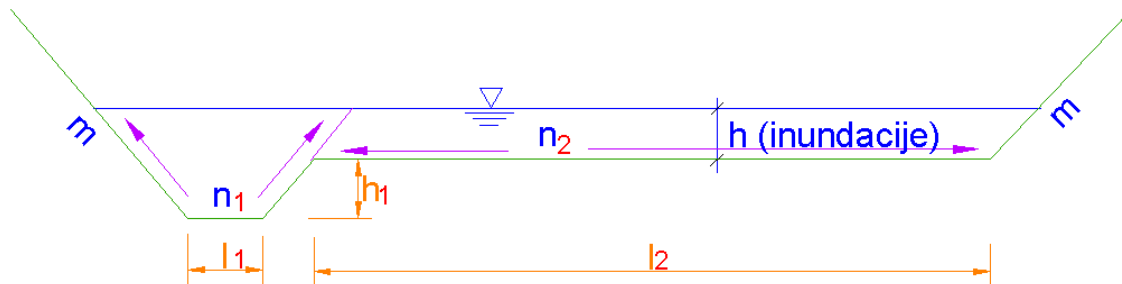
h_2	predpostavljeno	dobiveno
	1,3	1,276
	1,27	1,27

Usvojeno: $h_2 = 1,27\text{ m}$



10. Kroz proticajni profil korita potrebno je odrediti dubinu u poplavljenom području inundacije ($h_{inundacije}$) uz pretpostavku da je tečenje jednoliko i stacionarno.

Zadano je: $Q = 700 \text{ m}^3/\text{s}$; $I_1 = I_2 = 0,0004$;
 $n_1 = 0,025$; $n_2 = 0,04$; $m_{(nagib\ pokosa)} = 1$



$$Q = Q_1 + Q_2$$

$$Q_1 = \frac{1}{n_1} R_1^{2/3} \cdot I^{1/2} \cdot A_1$$

$$A_1 = \frac{l_1 + h_1 + h_{inund.}}{2} \cdot (h_1 + h_{inund.}) = 42,5 + 13,5h_{inund.} + h_{inund.}^2$$

$$O_1 = l_1 + 2(h_1 + h_{inund.})\sqrt{2} = 26,14 + 2,83h_{inund.}$$

$$R_1^{2/3} = \left(\frac{42,5 + 13,5h_{inund.} + h_{inund.}^2}{26,14 + 2,83h_{inund.}} \right)^{2/3}$$

$$Q_2 = \frac{1}{n_2} R_2^{2/3} \cdot I^{1/2} \cdot A_2$$

$$A_2 = l_2 \cdot h_{inund.} = 120h_{inund.}$$

$$O_2 = l_2 + 2h_{inund.}\sqrt{2} = 120 + 2,83h_{inund.}$$

$$R_2^{2/3} = \left(\frac{120h_{inund.}}{120 + 2,83h_{inund.}} \right)^{2/3}$$

$$700 = \frac{1}{0,025} \cdot \left(\frac{42,5 + 13,5h_{inund.} + h_{inund.}^2}{26,14 + 2,83h_{inund.}} \right)^{2/3} \cdot 0,0004^{1/2} \cdot (42,5 + 13,5h_{inund.} + h_{inund.}^2) \\ + \frac{1}{0,04} \cdot \left(\frac{120h_{inund.}}{120 + 2,83h_{inund.}} \right)^{2/3} \cdot 0,0004^{1/2} \cdot 120h_{inund.}$$

Usvojeno: $h \approx 4,05 \text{ m}$

11. U kanalu pravokutnog poprečnog presjeka, širine $b = 5\text{ m}$ sa Manning-ovim koeficijentom hrapavosti $n = 0,02$ pri normalnoj dubini toka $h_0 = 2\text{ m}$ odvija se strujanja sa protokom $Q_0 = 15\text{ m}^3/\text{s}$. Potrebno je odrediti protok koji će se ostvariti u kanalu ukoliko se nagib dna poveća za $\Delta I = 0,1\%$ uz uvjet da normalna dubina h_0 i površina proticajnog presjeka ostane ista. Također je potrebno odrediti vučne napone na dnu kanalala prije (τ_0) i poslije (τ_1) povećanja nagiba.

$$A_0 = A_1 = A = b \cdot h_0 = 10\text{ m}^2 \quad O_0 = O_1 = O = b + 2h_0 = 9\text{ m} \quad R_0 = R_1 = R = \frac{A}{O} = 1,11\text{ m}$$

$$Q_0 = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot I_0^{1/2} \cdot A \quad \rightarrow \quad I_0 = \frac{n^2 \cdot Q_0^2}{R^{4/3} \cdot A^2} = 0,00078$$

$$\tau_0 = \rho g R I_0 = 1000 \cdot 9,81 \cdot 1,11 \cdot 0,00078 = 8,53\text{ N/m}^2$$

$$I_1 = I_0 + 1\text{‰} = 1,79\text{‰} = 0,00178$$

$$Q_1 = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} I_1^{1/2} \cdot A = 22,61\text{ m}^3/\text{s}$$

$$\tau_1 = \rho g R I_1 = 1000 \cdot 9,81 \cdot 1,11 \cdot 0,00178 = 19,38\text{ N/m}^2$$

12. Odredi maksimalni nagib dna kanala trapeznog poprečnog presjeka kojim se ostvaruje mirno tečenje ako je dno kanala širine $b = 8$ m, nagib pokosa kanala $m = 1,5$. Manning-ov koeficijent hrapavosti je $n = 0,025$, te se pri protoku $Q = 45$ m³/s ostvaruje *kritična specifična energija* poprečnog presjeka $E_{0(KR)} = 2,62$ m uz pretpostavku da je $\alpha = 1$.

$$\frac{\alpha Q^2 B}{g A^3} = 1 \quad \rightarrow \quad Q^2 = \frac{A^3}{B} g \quad (\text{za kritični režim tečenja})$$

$$Q = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} \cdot A \quad \rightarrow \quad I_{KR} = \frac{A \cdot g \cdot n^2}{B \cdot R^{4/3}}$$

$$h_{KR} + \frac{Q^2}{A^2 2g} = 2,62 \text{ m} = E_{0(\min)} = E_{0(KR)}$$

$$h_{KR} + \frac{Q^2}{(h_{KR} b + m h_{KR}^2)^2 \cdot 2g} = 2,62 \text{ m}$$

$$h_{KR} + \frac{Q^2}{h_{KR}^2 (b^2 + 2b m h_{KR} + m^2 h_{KR}^2) 2g} = 2,62 \text{ m}$$

$$h_{KR}^2 = \frac{Q^2}{(b^2 + 2b m h_{KR} + m^2 h_{KR}^2) \cdot 19,62 (2,62 - h_{KR})} \quad \rightarrow \quad h_{KR} = 0,82 \text{ m}$$

$$A = h_{KR} (b + m h_{KR}) = 7,57 \text{ m}^2 \quad B = b + 2m h_{KR} = 10,46 \text{ m}$$

$$O = b + 2 \cdot \sqrt{h_{KR}^2 + (m h_{KR})^2} = 10,96 \text{ m}$$

$$R = \frac{A}{O} = \frac{7,57}{10,96} = 0,69 \text{ m}$$

$$I_{KR} = \frac{7,57 \cdot 9,81 \cdot 0,025^2}{10,46 \cdot (0,69)^{4/3}} = 0,0073$$

13. Prije pojave *normalnog* vodnog skoka tečenje u pravokutnom kanalu je silovito $Fr_1 = 2,91$, a specifična energija poprečnog presjeka je $E_{01} = 1,57$ m. Uz pretpostavku horizontalnog dna kanala i $\alpha_1 = \alpha_2 = 1$ potrebno je odrediti drugu spregnutu dubinu i gubitak energije ΔE u vodnom skoku.

$$Fr_1 = \frac{v_1}{\sqrt{gh_1}} = 2,91 \quad v_1 = Fr_1 \cdot \sqrt{gh_1} \quad v_1^2 = 8,47gh_1$$

$$E_{01} = h_1 + \frac{v_1^2}{2g} = h_1 + \frac{8,47h_1}{2} = 5,24h_1$$

$$h_1 = \frac{1,57}{5,24} = 0,3 \text{ m}$$

$$h_2 = \frac{h_1}{2} \left(-1 + \sqrt{1 + 8Fr_1^2} \right) = 1,094 \text{ m}$$

normalni vodni skok $\rightarrow h_{DV} = h_2$

$$v_1 \cdot h_1 = v_2 \cdot h_2$$

$$v_2 = \frac{v_1 h_1}{h_2} = \frac{4,99 \cdot 0,3}{1,094} = 1,37 \text{ m/s}$$

$$E_2 = h_2 + \frac{v_2^2}{2g} = 1,094 + \frac{1,37^2}{19,62} = 1,19 \text{ m}$$

$$\Delta E = E_1 - E_2 = 1,57 - 1,19 = 0,38 \text{ m}$$

14. Kroz korito trapeznog poprečnog presjeka protiče voda srednjom brzinom $v = 1,5\text{m/s}$. širina dna korita iznosi $b = 2,5\text{m}$. Nagib pokosa je $m = 1,5$, a Manning-ov koeficient hrapavosti iznosi $n_1 = 0,011$. Uz takve uvjete formira se u stacionarnom tečenju normalna dubina $h = 4\text{ m}$.

- a) Potrebno je provjeriti da li uz zadane uvjete tečenja tangencijalni napon prelazi dopuštenu vrijednost koja iznosi $\tau_{\text{dop}} = 1,2\text{ N/m}^2$.
- b) Potrebno je provjeriti da li je smanjenje koeficienta hrapavosti na novu vrijednost $n_2 = 0,008$ dovoljno da bi vrijednosti vučnih naprezanja pale ispod dozvoljene (uz pretpostavku da se i dalje zadržavaju iste vrijednosti v, b, m, h).

$$A = h(b + mh) = 34\text{ m}^2$$

$$O = b + 2\sqrt{(1,5h)^2 + h^2} = 16,92\text{ m}$$

$$R = \frac{A}{O} = 2,0\text{ m}$$

$$v = c \cdot \sqrt{RI}$$

$$I = \frac{v^2}{c^2 R}$$

$$\text{a) } c_1 = \frac{1}{n_1} \sqrt[6]{R} = 102,042$$

$$I_1 = 0,000108$$

$$\tau_1 = \rho g R I_1 = 2,12\text{ N/m}^2$$

$$\tau_1 > \tau_{\text{dop}}$$

$$\text{b) } c_2 = \frac{1}{n_2} \sqrt[6]{R} = 140,30$$

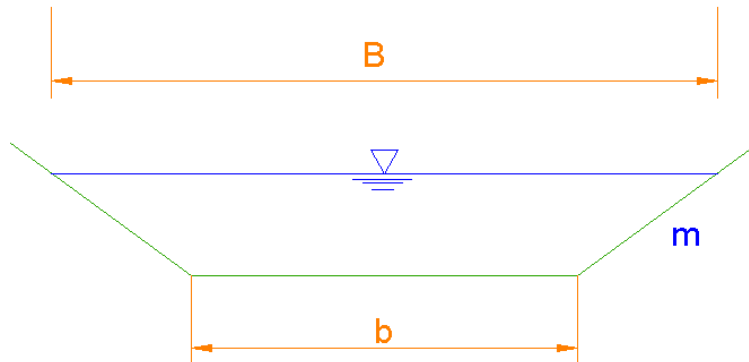
$$I_2 = 0,0000571$$

$$\tau_2 = \rho g R I_2 = 1,12\text{ N/m}^2$$

$$\tau_2 < \tau_{\text{dop}}$$

15. Za trapezni kanal sa nagibom stranica $m=2$ treba nacrtati dijagram specifične energije definiran pomoću barem 5 točaka, te iz dijagrama očitati vrijednost kritične dubine h_{kr} .

Zadano je: $Q = 20 \text{ m}^3/\text{s}$; $b = 6,0 \text{ m}$; $\alpha = 1,05$.



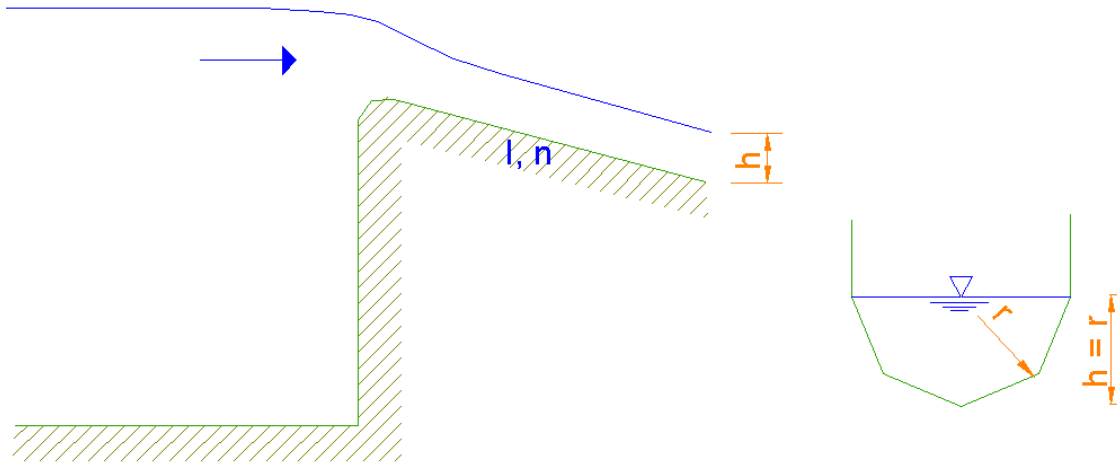
$$A = h(b + mh)$$

$$B = b + 2 \cdot mh$$

h	A	$h + \frac{\alpha Q^2}{A^2 2g} [m]$	$Fr = \frac{\alpha Q^2}{A^3 g} \cdot B$
1,00	8,0	1,33	0,83
0,50	3,5	2,24	7,95
0,75	5,6	1,43	2,19
0,85	6,6	1,35	1,42
1,25	10,6	1,44	0,40

očitano: $h_{kr} = 0,95$

16. Voda se iz bazena odvodi kanalom polukružnog poprečnog presjeka: Kanal ima nagib dna $I = 0,001$ i Manningov koeficient hrapavosti $n = 0,014$. U kanalu je tečenje jednoliko i stacionarno sa normalnom dubinom $h = 1\text{ m}$. Potrebno je izračunati protok i specifičnu energiju poprečnog presjeka tečenja u kanalu. Odrediti da li je režim tečenja u kanalu miran ili silovit.



$$R = \frac{A}{O} = \frac{\frac{h^2 \pi}{2}}{2h\pi} = \frac{h}{2} = 0,5 \text{ m}$$

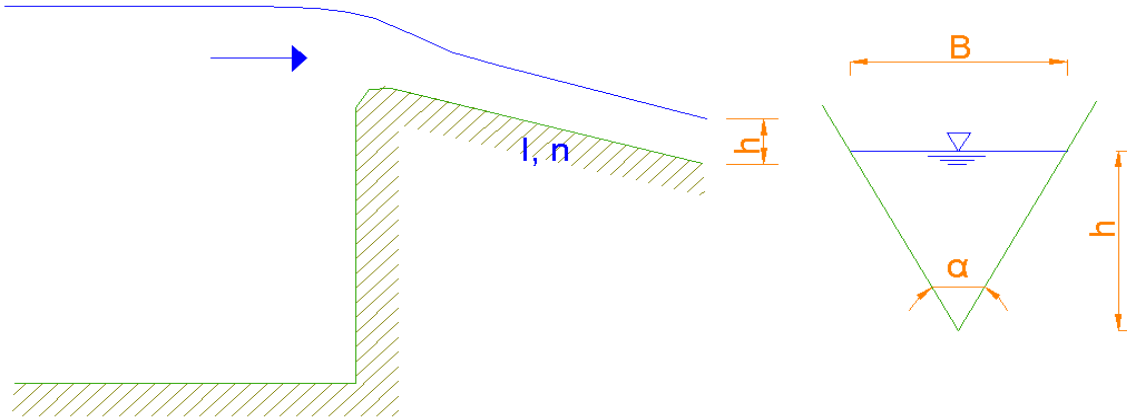
$$v = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2} = 1,423 \text{ m/s}$$

$$Q = v \cdot \frac{h^2 \pi}{2} = 2,235 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$E_0 = h + \frac{v^2}{2g} = 1,103 \text{ m}$$

$$\text{Fr} =$$

17. Voda se iz bazena odvodi kanalom trokutnog poprečnog presjeka ($\alpha = 60^\circ$), koji ima nagib dna $I = 0,001$. Manningov koeficijent hrapavosti iznosi $n = 0,014 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$. U kanalu je tečenje stacionarno i jednoliko, s normalnom dubinom $h = 1 \text{ m}$. Potrebno je izračunati protok i specifičnu energiju poprečnog presjeka za tečenje u kanalu. Odrediti da li je režim tečenja u kanalu miran ili silovit.



$$\frac{B}{2h} = \operatorname{tg} 30^\circ \quad B = \operatorname{tg} 30^\circ \cdot 2h = 1,15 \text{ m}$$

$$A = \frac{h \cdot B}{2} = 0,577 \text{ m}^2 \quad O = 2 \cdot \frac{h}{\cos 30^\circ} = 2,31 \text{ m} \quad R = \frac{A}{O} = 0,25 \text{ m}$$

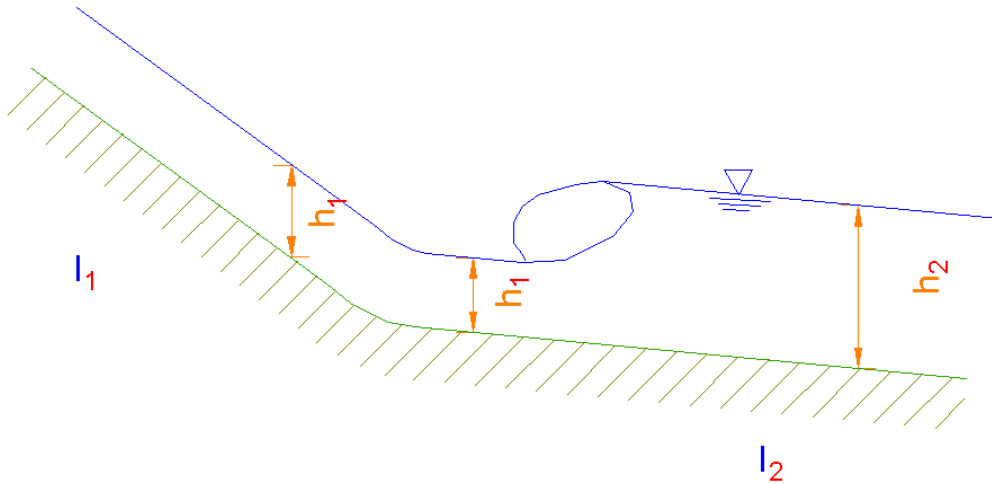
$$v = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2} = \frac{1}{0,014} (0,25)^{2/3} \cdot (0,001)^{1/2} = 0,896 \text{ m/s}$$

$$Q = v \cdot A = 0,517 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$E_o = h + \frac{v^2}{2g} = 1,041 \text{ m}$$

$$\operatorname{Fr} =$$

18. U koritu se odvija normalno tečenje sa specifičnom protokom $q = 1,2 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}^2$. Chezy-ev koeficient iznosi $c = 47 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$. Na mjestu promjene nagiba dna korito smanjuje pad sa $I_1 = 1,5\%$ na $I_2 = 0,1\%$. Potrebno je pokazati da se tok prije točke loma nalazi u silovitom režimu tečenja i provjeriti da li je vodni skok odbačen, normalan ili potopljen. Korito je vrlo široko pa je moguće pretpostaviti $R = h$. Pretpostavlja se da je $h_1 = h_{01}$ i da je I_2 dovoljno mali nagib da vrijedi jednačba spregnutih dubina.



$$q = c \cdot \sqrt{RI_1} \cdot h = c \cdot \sqrt{h} \cdot \sqrt{I_1} \cdot h = c \cdot \sqrt{I_1} \cdot h^{3/2}$$

$$h_{kr} = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} = 0,528 \text{ m}$$

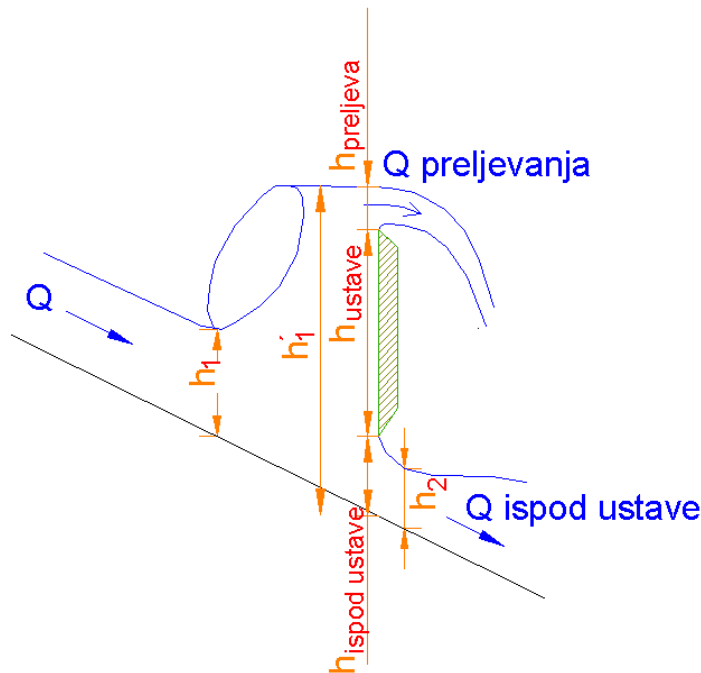
$$h^{3/2} = \left(\frac{q}{c \cdot \sqrt{I_1}} \right) \rightarrow h_1 = \left(\frac{q}{c \cdot \sqrt{I_1}} \right)^{2/3} = \left(\frac{1,2}{47 \cdot 0,015^{1/2}} \right)^{2/3} = 0,352 \text{ m} \quad h_1 < h_{kr} \quad \text{silovit tok}$$

$$\rightarrow h_2 = \left(\frac{q}{c \cdot \sqrt{I_2}} \right)^{2/3} = \left(\frac{1,2}{47 \cdot 0,001^{1/2}} \right)^{2/3} = 0,87 \text{ m} \quad h_2 > h_{kr} \quad \text{mirni tok}$$

$$Fr_1 = \frac{v_1}{\sqrt{gh_1}} = \frac{q}{h_1 \sqrt{gh_1}} = 1,83$$

$$h_2' = \frac{h_1}{2} \left(-1 + \sqrt{1 + 8Fr_1^2} \right) = \frac{0,352}{2} \left(-1 + \sqrt{1 + 8 \cdot 1,83^2} \right) = 0,752 \text{ m} \quad h_2' < h_2 \quad (\text{potopljen vodni skok})$$

19. U pravokutnom kanalu širine $b = 4\text{m}$ voda struji sa normalnom dubinom $h_1 = 0,5\text{m}$ i protokom $Q = 10\text{m}^3/\text{s}$. Nailaskom na pregradu prikazanu na slici ($h_{\text{ustave}} = 1\text{m}$, $h_{\text{ispod ustave}} = 0,3\text{m}$) protok se djeli na $Q_{\text{preljevanja}}$ i $Q_{\text{ispod ustave}}$. Uz pretpostavku formiranja normalnog vodnog skoka ispred pregrade, koeficijenta kontrakcije istjecanja ispod ustave $c_{\text{kontrakcije}} = 0,5$ i koeficijenta preljevanja $m_{\text{preljevanja}} = 0,41$ potrebno je odrediti brzinu v_2 i dubinu h_2 u kontrahiranom presjeku istjecanja ispod ustave.



$$q = \frac{Q}{b} = \frac{10}{4} = 2,5 \text{ m}^3 / \text{s} / \text{m}$$

$$Fr_1 = \frac{v_1}{\sqrt{gh_1}} = \frac{q}{h_1 \sqrt{gh_1}} = 2,26$$

$$h'_1 = \frac{h_1}{2} \left(-1 + \sqrt{1 + 8Fr_1^2} \right) = 1,35 \text{ m}$$

$$h_{\text{preljeva}} = h'_1 - h_{\text{ispod ustave}} - h_{\text{ustave}} = 0,05 \text{ m}$$

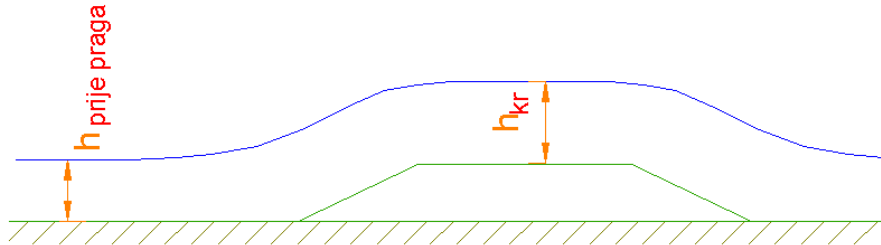
$$Q_{\text{preljevanja}} = m \cdot b \cdot \sqrt{2g} \cdot h_{\text{preljevanja}}^{3/2} = 0,41 \cdot 4 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81} \cdot 0,05^{3/2} = 0,08 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{ispod ustave}} = 10 - 0,08 = 9,92 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$h_2 = h_{\text{ispod ustave}} \cdot c_{\text{kontrakcije}} = 0,15 \text{ m}$$

$$v_2 = \frac{Q_{\text{ispod ustave}}}{h_2 \cdot b} = \frac{9,92}{0,15 \cdot 4} = 16,53 \text{ m/s}$$

20. U pravokutnom kanalu širine $b = 3\text{m}$, nagiba dna kanala $I = 0,01$ i Manning-ovog koeficijenta hrapavosti $n = 0,01$ prije širokog praga voda struji sa normalnom dubinom $h_{\text{prije praga}} = 0,5\text{m}$. Potrebno je odrediti brzinu $v_{\text{prije praga}}$, protok Q , Froude-ov broj $Fr_{\text{prije praga}}$ i dubinu h_{kr} iznad širokog praga.



$$A = 3 \cdot 0,5 = 1,5\text{m}^2 \quad O = 3 + 2 \cdot 0,5 = 4\text{m} \quad R = \frac{A}{O} = 0,375\text{m}$$

$$c = \frac{1}{n} \sqrt[3]{R} = \frac{1}{0,01} \sqrt[3]{0,375} = 84,92$$

$$v_{\text{prije praga}} = c \cdot \sqrt{RI} = 84,92 \cdot \sqrt{0,375 \cdot 0,01} = 5,2 \text{ m/s}$$

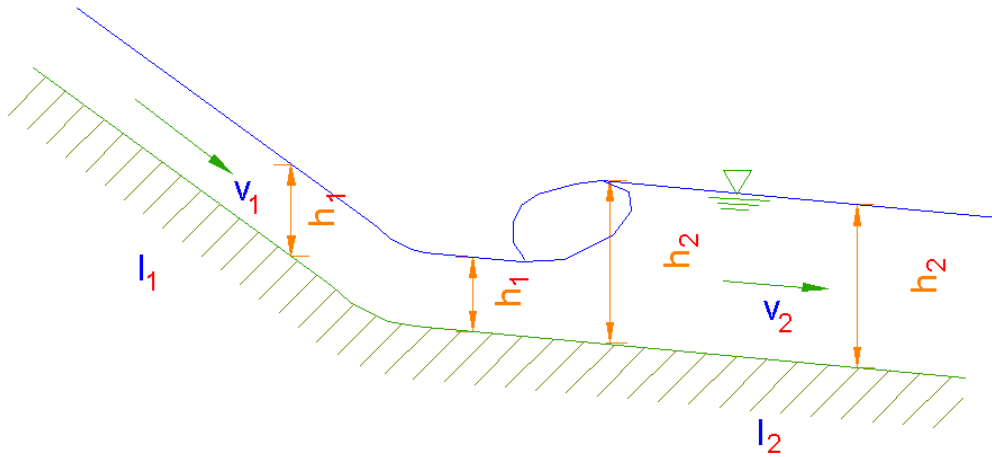
$$Q = v_{\text{prije praga}} \cdot A = 7,8 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\frac{\alpha Q^2}{gA^3} \cdot b = 1$$

$$\frac{60,84}{9,81 \cdot (27 \cdot h_{kr}^3)} \cdot 3 = 1 \quad \rightarrow \quad h_{kr} = 0,88 \text{ m}$$

$$Fr_{\text{prije praga}} = \frac{v_{\text{prije praga}}}{\sqrt{g \cdot h_{\text{prije praga}}}} = \frac{5,2}{\sqrt{9,81 \cdot 0,5}} = 2,35$$

21. U pravokutnom kanalu širine $b = 3\text{m}$, nagiba dna kanala $I_1 = 0,01$ i Manning-ovog koeficijenta hrapavosti $n = 0,01$ prije nailaska na dionicu sa smanjenim nagibom dna kanala, voda struji sa normalnom dubinom $h_1 = 0,5\text{m}$. Potrebno je odrediti brzinu v_1 , protok Q , Froude-ov broj Fr_1 , te brzinu v_2 i drugu spregnutu dubinu normalnog vodnog skoka h_2 ako se pretpostavi da je prva spregnuta dubina $h_1 = 0,5\text{m}$. Pretpostavlja se da je I_2 dovoljno mali nagib da vrijedi jednadžba spregnutih dubina.



$$A_1 = b \cdot h_1 = 3 \cdot 0,5 = 1,5 \text{ m}^2 \quad R_1 = \frac{A_1}{O_1} = \frac{1,5}{4} = 0,375 \text{ m}$$

$$c_1 = \frac{1}{n} \sqrt[6]{R_1} = 84,92 \quad \rightarrow \quad v_1 = c \cdot \sqrt{R_1 I_1} = 5,2 \text{ m/s}$$

$$\rightarrow \quad Fr_1 = \frac{v_1}{\sqrt{gh_1}} = \frac{5,2}{\sqrt{9,81 \cdot 0,5}} = 2,35$$

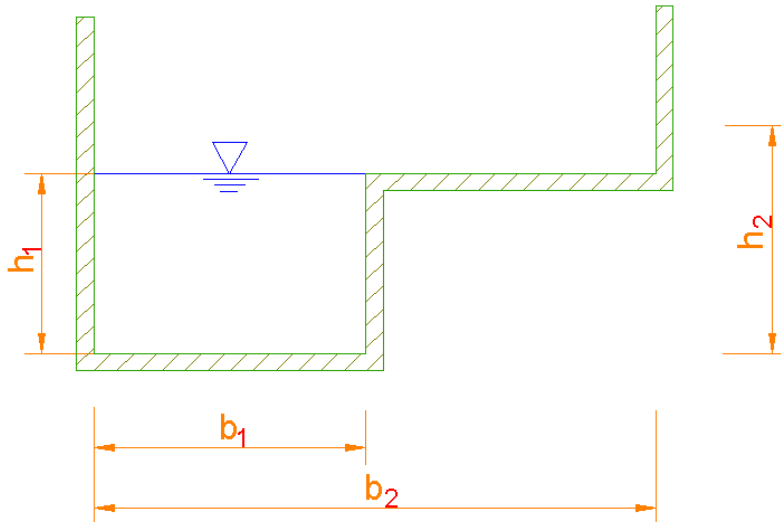
$$\rightarrow \quad Q = v_1 \cdot A_1 = 5,2 \cdot 1,5 = 7,8 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$h_2 = \frac{h_1}{2} \left(-1 + \sqrt{1 + 8Fr_1^2} \right) = 1,43 \text{ m}$$

$$v_2 = \frac{Q}{A_2} = \frac{Q}{b \cdot h_2} = \frac{7,8}{3 \cdot 1,68} = 1,82 \text{ m/s}$$

22. U kanalu sa slike odvija se jednoliko i stacionarno strujanje sa protokom Q_1 i dubinom h_1 . Potrebno je odrediti dubinu vode u kanalu h_2 koja će se ostvariti ukoliko se protok poveća za 50%.

Zadano je : $h_1 = 3\text{ m}$; $b_1 = 20\text{ m}$; $b_2 = 40\text{ m}$; $n = 0,01$; $I_{\text{dna kanala}} = 0,0001$.



$$v_1 = \frac{1}{n} R_1^{2/3} \cdot I_1^{1/2} = \frac{1}{0,01} \cdot 2,31^{2/3} \cdot 0,0001^{1/2} = 1,75 \text{ m/s}$$

$$Q_1 = v_1 \cdot A_1 = 1,75 \cdot 60 = 104,85 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_2 = Q_1 + 0,5 Q_1 = 1,5 Q_1 = 157,27 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_2 = \frac{1}{n} R_2^{2/3} \cdot I^{1/2} \cdot A_2 = \frac{1}{n} \cdot \left(\frac{[A_1 + (h_2 - h_1) \cdot b_2]}{[b_2 + 2 \cdot h_2]} \right)^{2/3} \cdot I^{1/2} \cdot [A_1 + (h_2 - h_1) \cdot b_2]$$

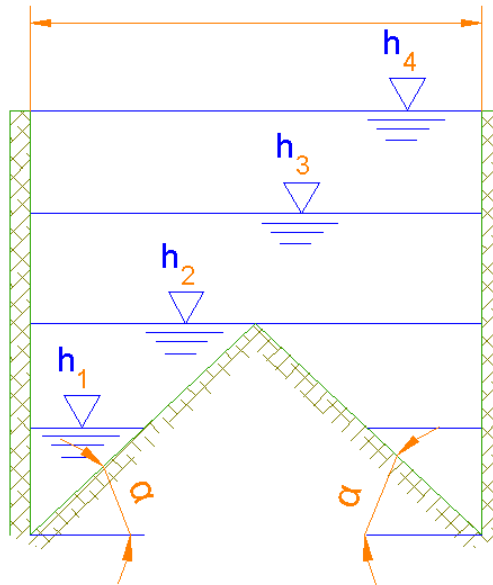
$$Q_2 = \left(\frac{[60 + (h_2 - 3) \cdot 40]}{40 + 2 \cdot h_2} \right)^{2/3} \cdot [60 + (h_2 - 3) \cdot 40] = \left(\frac{[-60 + 40h_2]}{40 + 2h_2} \right)^{2/3} \cdot (-60 + 40h_2)$$

h_2 (m)	Q_2 (m ³ / s)
4	163,11
3,5	114,04
3,75	137,8
3,85	147,75
3,9	152,8
3,95	157,94

Usvojeno $h_2 = 3,94 \text{ m}$

23. Za kanal poprečnog presjeka kao na slici potrebno je definirati konsumpcionu krivulju $Q = f(h_i)$ kroz točke normalnih dubina $h_i = \{1\text{m}, 2\text{m}, 3\text{m}, 4\text{m}\}$, te odrediti pripadne Froude-ove brojeve i režim strujanja.

Zadano je : $n = 0,01$; $I = 0,0001$; $b = 4\text{m}$: $\alpha = 45^\circ$

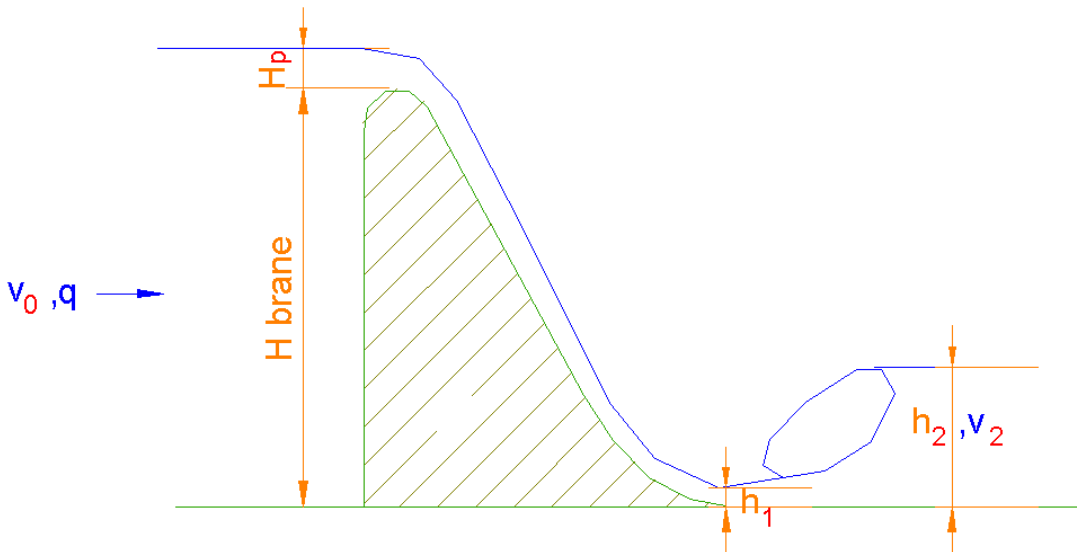


$$Q = A \cdot \frac{1}{n} R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

$$Fr^2 = \frac{Q_i^2}{g \cdot A_i^3} \cdot b_i$$

h	A	O	R	Q	Fr^2	
1	1	4,83	0,21	0,35	0,025	<i>mirno</i>
2	4	9,66	0,42	2,24	0,032	<i>mirno</i>
3	8	11,66	0,69	6,25	0,031	<i>mirno</i>
4	12	13,66	0,879	11,01	0,028	<i>mirno</i>

24. Potrebno je odrediti Froude-ov broj u presjeku 2 (nakon normalnog vodnog skoka) u pravokutnom kanalu ako je $H_{\text{brane}} = 10$ m, jedinični protok $q = 2,21$ m³/s/m¹, a koeficijent preljevanja $m = 0,5$.



$$H_p^{3/2} = \frac{q}{m\sqrt{2g}} \Rightarrow H_p = 1 \text{ m}$$

$$h_1 + \frac{v_1^2}{2g} = 10 + H_p \quad \rightarrow \quad h_1 + \frac{q^2}{2gh_1^2} = 11 \quad \rightarrow \quad h_1 = \sqrt{\frac{q^2}{2g(11-h_1)}}$$

$h_{1\text{PRETP.}} [m]$	$h_{1\text{DOBIVENO}} [m]$
1	0,158
0,158	0,152
0,152	0,151

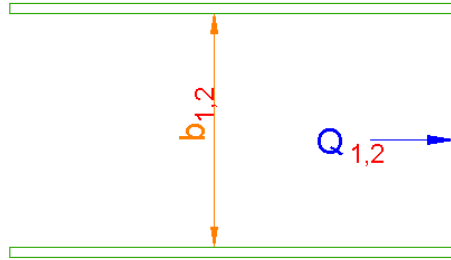
Usvojeno $h_1 = 0,151$ m

$$v_1 = \frac{q}{h_1} = \frac{2,21}{0,151} = 14,63 \text{ m/s} \quad \rightarrow \quad Fr_1 = \sqrt{\frac{v_1^2}{gh_1}} = 12,03$$

$$h_2 = \frac{h_1}{2} \left(-1 + \sqrt{1 + 8Fr_1^2} \right) \quad \rightarrow \quad h_2 = 2,49 \text{ m}$$

$$v_2 = \frac{q}{h_2} = \frac{2,21}{2,49} = 0,89 \text{ m/s} \quad \rightarrow \quad Fr_2 = \frac{v_2}{\sqrt{gh_2}} = \frac{0,89}{\sqrt{9,81 \cdot 2,49}} = 0,18$$

25. U kanalu pravoktnog presjeka, širine $b_1 = 8\text{m}$, Manning-ovog koeficijenta hrapavosti $n = 0,01$ i nagiba $I = 0,015$ odvija se normalno tečenje sa protokom $Q_1 = 16\text{m}^3/\text{s}$. Potrebno je odrediti normalnu dubinu h i pripadnu specifičnu energiju poprečnog presjeka E_{01} . Također je potrebno odrediti protok Q_2 i pripadnu specifičnu energiju poprečnog presjeka E_{02} ukoliko se smanji širina kanala na $b_2 = 4\text{m}$, a normalna dubina zadrži vrijednost h .



$$Q_1 = b_1 \cdot h \cdot \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} I^{1/2} = b_1 \cdot h \cdot \frac{1}{n} \cdot \left(\frac{b_1 \cdot h}{2h + b_1} \right)^{2/3} I^{1/2} \quad \rightarrow \quad h = \frac{Q_1 \cdot n}{b_1 \cdot \left(\frac{b_1 \cdot h}{2h + b_1} \right)^{2/3} \cdot I^{1/2}}$$

$h_{\text{pretpost.}}$	h_{dobiveno}
0,5	0,28
0,28	0,4
0,4	0,32
0,32	0,367
0,367	0,338
0,34	0,35
0,35	0,35

Usvojeno $h = 0,35\text{ m}$

$$v_1 = \frac{Q_1}{hb_1} = \frac{16}{0,35 \cdot 8} = 5,71\text{ m/s} \quad \frac{v_1^2}{2g} = 1,66\text{ m}$$

$$E_{01} = h + \frac{v_1^2}{2g} = 2,01\text{ m}$$

$$R_2 = \frac{A_2}{O_2} = \frac{b_2 \cdot h}{2h + b_2} = 0,297$$

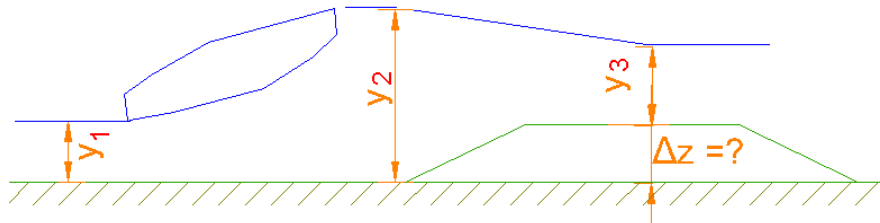
$$Q_2 = b_2 \cdot h \cdot \frac{1}{n} \cdot R_2^{2/3} I^{1/2} = 4 \cdot 0,35 \cdot \frac{1}{0,01} \cdot (0,298)^{2/3} \cdot (0,015)^{1/2} = 7,65\text{ m}^3/\text{s}$$

$$v_2 = \frac{Q_2}{hb_2} = \frac{7,63}{0,35 \cdot 4} = 5,46\text{ m/s}$$

$$E_{02} = h + \frac{v_2^2}{2g} = 0,35 + 1,52 = 1,87\text{ m}$$

26. Potrebno je odrediti minimalnu visinu praga Δz kojom će se omogućiti formiranje normalnog vodnog skoka ispred praga kao na slici.

Zadano je : $v = 10 \text{ m/s}$; $y_1 = 0,2 \text{ m}$; $y_3 = 1,6 \text{ m}$



$$Fr_1 = \frac{v}{\sqrt{gy_1}} = \frac{10}{\sqrt{9,81 \cdot 0,2}} = 7,14$$

$$y_2 = \frac{y_1}{2} \left(-1 + \sqrt{1 + 8Fr_1^2} \right) = \frac{0,2}{2} \left(-1 + \sqrt{1 + 8 \cdot (7,14)^2} \right) = 1,92 \text{ m}$$

$$q = v_1 \cdot y_1 = 2 \text{ m}^3/\text{s/m}'$$

$$q = v_2 \cdot y_2 \quad \rightarrow \quad v_2 = \frac{q}{y_2} = 1,04 \text{ m/s}$$

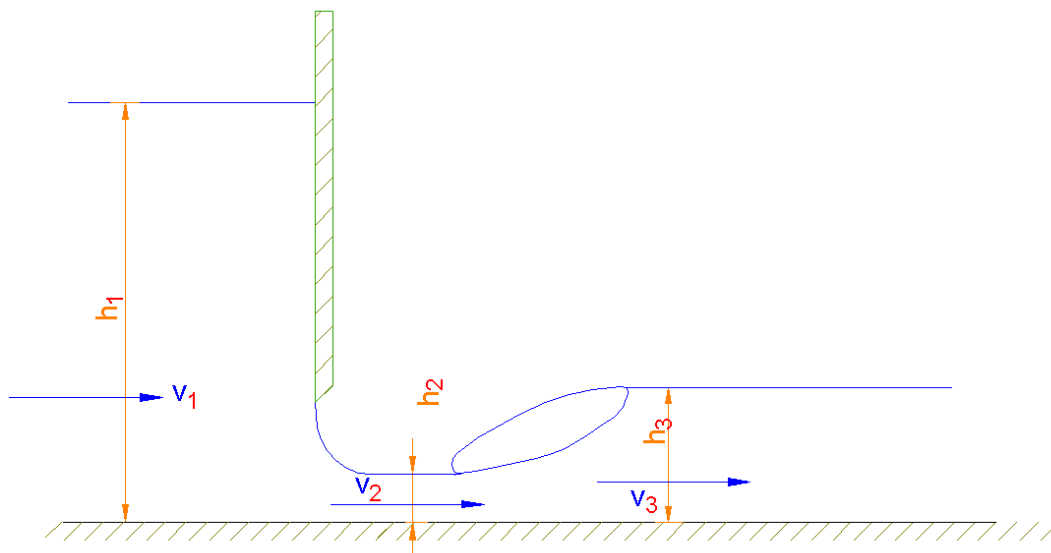
$$v_3 = \frac{q}{y_3} = 1,25 \text{ m/s}$$

$$y_2 + \frac{v_2^2}{2g} = \Delta z + y_3 + \frac{v_3^2}{2g}$$

$$1,92 + 0,055 = \Delta z + 1,6 + 0,08 \quad \rightarrow \quad \Delta z = 0,295 \text{ m}$$

27. Potrebno je odrediti nagib dna kanala «I» za strujanje sa slike uz pretpostavku formiranja normalnog vodnog skoka iza ustave.

Zadano je: $h_1 = 3\text{m}$; $b = 3\text{m}$; $v_1 = 1\text{m/s}$; $n = 0,01$



$$h_1 + \frac{v_1^2}{2g} = h_2 + \frac{v_2^2}{2g}$$

$$3,05 = h_2 + \frac{0,46}{h_2^2} \quad \rightarrow \quad h_2 = \sqrt{\frac{0,46}{3,05 - h_2}}$$

$h_{\text{pretpost.}}$	h_{dobiveno}
0,5	0,425
0,425	0,418
0,418	0,418

Usvojeno $h_2 = 0,418\text{ m}$

$$v_2 = \frac{Q}{b \cdot h_2} = \frac{9}{3 \cdot 0,418} = 7,18\text{ m/s}$$

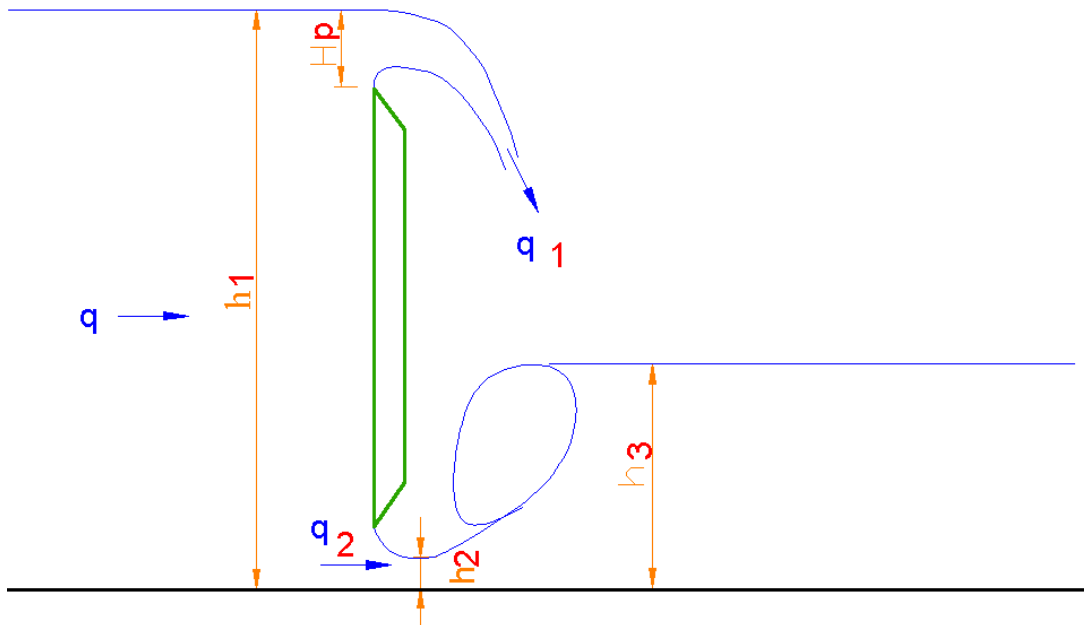
$$h_3 = \frac{h_2}{2} \left(-1 + \sqrt{1 + 8Fr_2^2} \right) = \frac{0,418}{2} \left(-1 + \sqrt{1 + 8 \cdot \frac{v_2^2}{gh_2}} \right) = 1,9\text{ m};$$

$$v_3 = \frac{Q}{b \cdot h_3} = \frac{9}{3 \cdot 1,9} = 1,58\text{ m/s}$$

$$v_3 = c \cdot \sqrt{R_3 I} = \frac{1}{n} R_3^{2/3} \cdot I^{1/2} \quad \rightarrow \quad R_3 = \frac{A_3}{O_3} = \frac{h_3 \cdot b}{2h_3 + b} = 0,84$$

$$I = \frac{v_3^2 \cdot n^2}{R_3^{4/3}} = 0,000315$$

28. U kanalu, pri dubini $h_1 = 5\text{m}$, protiče količina $q = 4\text{m}^3/\text{s}$. Preljevanje se ostvaruje sa preljevnom visinom $H_p = 1\text{m}$ i sa koeficijentom preljevanja $m = 0,55$. Potrebno je odrediti prvu h_2 i drugu spregnutu dubinu h_3 normalnog vodnog skoga koji se pojavljuje nakon istjecanja ispod vertikalne pregrade, prikazane na slici, ukoliko se pretpostavi da preljevni mlaz ne deformira oblik vodnog skoga.



$$q_1 = m \cdot \sqrt{2g} H_p^{3/2} = 2,44 \text{ m}^3 / \text{s} / \text{m}'$$

$$q_2 = q - q_1 = 1,56 \text{ m}^3 / \text{s} / \text{m}'$$

$$5 + \frac{q^2}{2gh_1^2} = h_2 + \frac{q_2^2}{2gh_2^2} \Rightarrow h_2 = \frac{q_2^2}{\sqrt{2g \left(5 + \frac{q^2}{2gh_1^2} - h_2 \right)}} = 0,158 \text{ m}$$

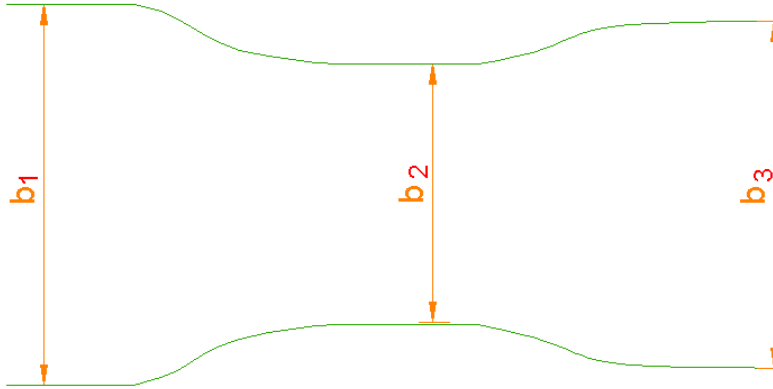
$$v_2 = \frac{q_2}{h_2} = \frac{1,56}{0,158} = 9,87 \text{ m} / \text{s}$$

$$Fr_2 = \frac{v_2}{\sqrt{gh_2}} = \frac{9,87}{\sqrt{9,81 \cdot 0,158}} = 7,88$$

$$h_3 = \frac{h_2}{2} \left(-1 + \sqrt{1 + 8Fr_2^2} \right) = 1,68 \text{ m}$$

29. Potrebno je odrediti dubine h_2 i h_3 u kratkoj, hidraulički dobro oblikovanoj, dionici kanala. Srednja brzina u presjeku širine $b_1 = 10\text{m}$ i dubine $h_1 = 3\text{m}$ iznosi $v_1 = 0,5\text{m/s}$. Svi lokalni i linijski gubici mogu se zanemariti a strujanje je u mirnom režimu kroz cijelu promatranu dionicu.

Zadano je: $b_2 = 8\text{m}$, $b_3 = 9\text{m}$



$$Q = b_1 \cdot h_1 \cdot v_1 = 15 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$\frac{v_1^2}{2g} + h_1 = \frac{Q^2}{2gh_2^2 \cdot b_2^2} + h_2 = \frac{Q^2}{2gh_3^2 \cdot b_3^2} + h_3 = 3,013 \text{ m}$$

$$h_2 = 3,013 - \frac{Q^2}{2gh_2^2 \cdot b_2^2}$$

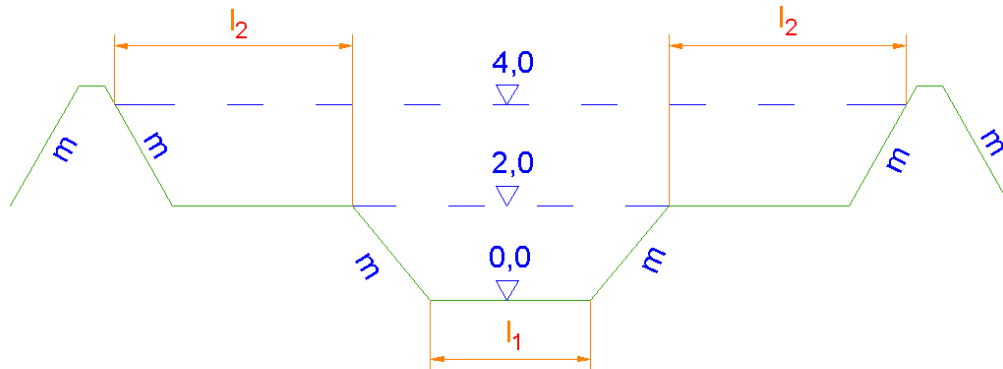
$$\text{iteracija: } \rightarrow h_2 = 2,993 \text{ m}$$

$$h_3 = 3,013 - \frac{Q^2}{2gh_3^2 \cdot b_3^2}$$

$$\text{iteracija: } \rightarrow h_3 = 2,997 \text{ m}$$

30. Potrebno je odrediti protoke i režim tečenja (silovito ili mirno) u kanalu sa proticajnim presjecima prikazanim na slici kao i definiranim sa dvije različite razine vodnog lica

Zadano je: $I = 0,001$; $n = 0,03$; $m = 1$ $\alpha = 1$; $l_1 = 3\text{m}$; $l_2 = 50\text{m}$



$$A_1 = \frac{3+7}{2} \cdot 2 = 10 \text{ m}^2 \quad O_1 = 3 + 2 \cdot 2\sqrt{2} = 8,66 \text{ m} \quad R_1 = \frac{A_1}{O_1} = 1,16 \text{ m}$$

$$Q_1 = A_1 \cdot \frac{1}{n} \cdot R_1^{2/3} I^{1/2} = 10 \cdot \frac{1}{0,03} \cdot 1,16^{2/3} \cdot 0,001^{1/2} = 11,64 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$Fr_1^2 = \frac{Q_1^2}{g \cdot A_1^3} \cdot B_1 = \frac{11,64^2}{9,81 \cdot 10^3} \cdot 7 = 0,097 \quad Fr_1 = 0,31 \text{ (mirno strujanje)}$$

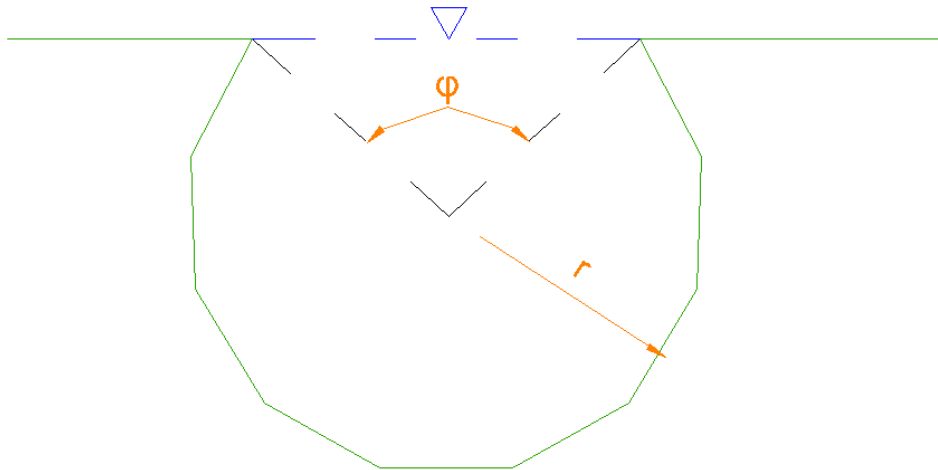
$$A_2 = A_1 + \frac{103+107}{2} \cdot 2 = 220 \text{ m}^2 \quad O_2 = O_1 + 96 + 2 \cdot 2\sqrt{2} = 110,32 \text{ m} \quad R_1 = \frac{A_1}{O_1} = 1,99 \text{ m}$$

$$Q_2 = A_2 \cdot \frac{1}{n} \cdot R_2^{2/3} I^{1/2} = 220 \cdot \frac{1}{0,03} \cdot 1,99^{2/3} \cdot 0,001^{1/2} = 366,89 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$Fr_2^2 = \frac{Q_2^2}{g \cdot A_2^3} \cdot B_2 = \frac{366,89^2}{9,81 \cdot 220^3} \cdot 107 = 0,138 \quad Fr_2 = 0,37 \text{ (mirno strujanje)}$$

31. Potrebno je odrediti protok kroz kanal sa proticajnim presjekom prikazanim na slici te odrediti kritični nagib dna kanala I_{KR} pri kojem se ostvaruje kritično tečenje uz istu razinu slobodnog vodnog lica.

Zadano je: $n = 0,02$; $r = 2$ m; $I = 0,001$; $\alpha = 1$; $\varphi = 90^\circ$.



$$R = \frac{A}{O} = \frac{\frac{3}{4}r^2\pi + 2}{\frac{3}{4} \cdot 2r\pi} = 1,21m$$

$$v = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} = 1,8 m/s$$

$$Q = v \cdot A = 20,56 m^3/s$$

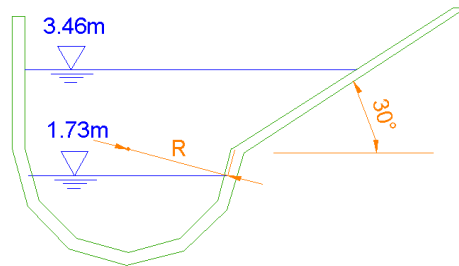
$$Fr^2 = \frac{\alpha Q^2}{gA^3} \cdot B = 1$$

$$\frac{\alpha \left(A \cdot \frac{1}{n} \left[R^{2/3} I^{1/2} \right] \right)^2}{gA^3} \cdot B = \frac{\alpha \cdot R^{4/3} I \cdot B}{gAn^2} = 1$$

$$I_{KR} = \frac{gAn^2}{\alpha R^{4/3} B} = \frac{9,81 \cdot 11,42 \cdot 0,02^2}{1,21^{4/3} \cdot 2\sqrt{2}} = 0,0123$$

32. Potrebno je odrediti protoke i režim tečenja (silovito ili mirno) u kanalu sa proticajnim presjecima prikazanim na slici kao i definiranim sa dvije različite razine vodnog lica

Zadano je: $n = 0,025$; $I = 0,0015$; $\alpha = 1$; $R = 2m$



$$\cos \frac{\varphi}{2} = \frac{R - 1,73}{R}$$

$$\varphi = 164,48^\circ \quad - \quad \text{središnji kut isječka}$$

$$B_1 = 2 \sin \frac{\varphi}{2} \cdot R = 3,96 m$$

$$O_1 = \frac{2R\pi}{360} \varphi = 5,74 m$$

$$A_1 = \frac{R^2\pi}{360} \varphi - 0,27 \cdot R \sin \frac{\varphi}{2} = 5,74 - 0,53 = 5,21 m^2$$

$$R_1 = \frac{A_1}{O_1} = 0,91 m$$

$$v_1 = \frac{1}{n} \cdot R_1^{2/3} \cdot I^{1/2} = 40 \cdot 0,88 \cdot 0,039 = 1,45 m/s$$

$$Q_1 = v_1 \cdot A_1 = 7,55 m^3/s \quad \rightarrow \quad Fr_1^2 = \frac{Q_1^2}{gA_1^3} \cdot B_1 = 0,163$$

$$Fr_1 = 0,4 \quad \text{mirno strujanje}$$

$$B_2 = 2R + \frac{(3,46 - R)}{\tan 30^\circ} = 6,53 m$$

$$O_2 = R\pi + \frac{1,46}{\sin 30^\circ} + 1,46 = 10,66 m$$

$$A_2 = \frac{R^2\pi}{2} + 1,46 \cdot 4 + \frac{1,46^2}{2 \cdot \tan 30^\circ} = 13,97 m^2$$

$$R_2 = \frac{A_2}{O_2} = 1,31 m$$

$$v_2 = \frac{1}{n} \cdot R_2^{2/3} \cdot I^{1/2} = 1,86 m/s$$

$$Q_2 = v_2 \cdot A_2 = 25,92 m^3/s \quad \rightarrow \quad Fr_2^2 = \frac{Q_2^2}{gA_2^3} \cdot B_2 = 0,164$$

$$Fr_2 = 0,4 \quad \text{mirno strujanje}$$