

DRUGI DEO

MERNI OBJEKTI SA SLOŽENIM SUŽENIM PRESEKOM, NAMENJENI TOKOVIMA GDE JE VELIKI ODNOS IZMEĐU MAKSIMALNOG I MINIMALNOG PROTICAJA

autori: G. HAJDIN i D. ARANĐELOVIĆ

Predlaže se i drugi tip mernog objekta, koji sem osobina navedenih pod 1. od I do VI ima još jednu: *odnos maksimalnog i minimalnog proticaja može da bude veoma velik*. Presek u suženju stoga je složen (vidi sl. 9) tako da trougaono udubljenje zahvata i malene proticaje (10 l/s) uz prihvatljive dubine merenja (preko 10 cm), dok veliki proticaji mogu da se svedu na merljivu dubinu (može se napraviti objekt gde se sa mernom dubinom do 3 m mogu meriti i proticaji do 100 m³/s).

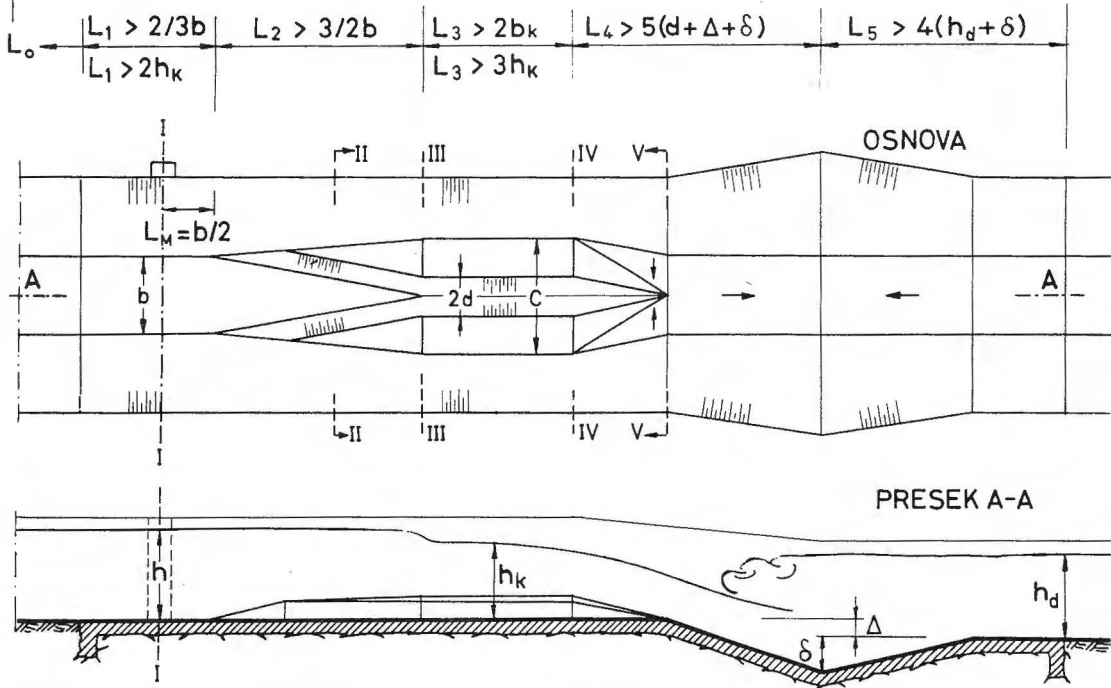
Treba primetiti da kod svih merenja nastaju teškoće ako se na istom uređaju mere količine gde je odnos između maksimalne i minimalne vrednosti velik, jer ono što je prilagođeno merenju malenih količina, daje ogromno velike merene vrednosti za velike, odnosno ako se velika količina meri njoj prilagođenim vrednostima, malena bi se morala meriti sa veoma malenim vrednostima, koje se ne mogu pouzdano utvrđivati. Na primer, suženje u pravougaonom kanalu za odnos maksimalne i minimalne merne dubine jednak 10, meri proticaje, čiji je odnos $10\sqrt{10} = 31,6$, što ne može da zadovolji neke praktične zahteve. Baš takve teškoće otklanja složeni presek suženja koji se sada predlaže.

Prirodni tokovi odlikuju se velikim odnosom između maksimalnih i minimalnih proticaja, pogotovo oni sa manjih slivova, a na takvim tokovima proticaj se baš i određuje merenjem dubine na mernom objektu. Predloženi objekat lako se usklađuje sa tokom, jer se presek pred objektom svede na pravougaonik ili trapez. Kod regulisanih tokova presek ispred suženja može da bude sam presek regulisanog korita, ako je on trapez ili pravougaonik.

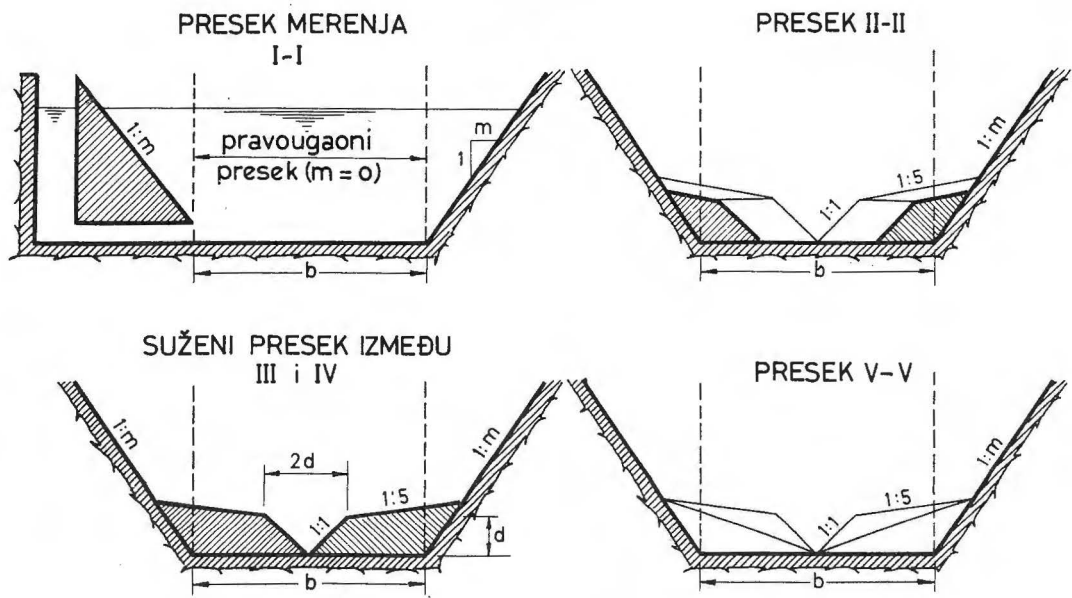
Sem prirodnih tokova objekat se može primeniti i na sve kanale gde se očekuje veliki raspon proticaja i gde se on ne može dobro obuhvatiti rešenjem iz Prvog dela ovog rada.

* * *

$\left. \begin{array}{l} L_o > 5b \\ L_o > 2h \end{array} \right\}$ korito uređeno sa
 poprečnim presekom
 kao I-I



Slika 7.



Slika 9. Prikaz mernog objekta sa složenim presekom u suženju

Sl. 9 daje potrebne dimenzije mernog objekta za trapezni i pravougaoni kanal.

* * *

Obiman ekperimentalni rad je obavljen na 4 modela – merodavni podaci o njima dati su u sledećem pregledu.

PREGLED MODELA

Model	Presek ispred suženja		Trougaono udubljenje (d) (cm)
	Širina dna (b) (cm)	nagib bokova	
A	100	$m = 0$ (pravougaoni presek)	12,5
B	40		5
C	30		5
D	25	$m = 1$	5

Na osnovu sprovedenih modelskih istraživanja mogu se uopšteni zaključci odnositi na pravougaone i trapezne kanale do nagiba 1:1,5, a na udubljenja koja iznose 0,1 do 0,2 od širine dna, tj.

$$0,1 \leq \frac{d}{b} \leq 0,2$$

* * *

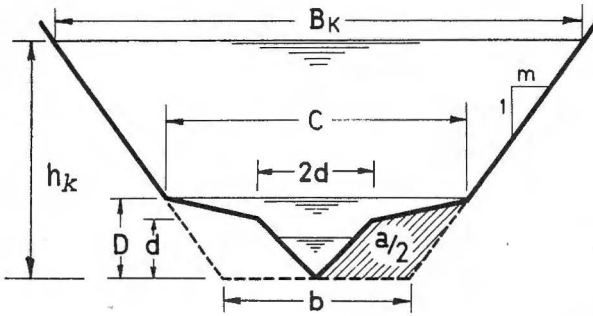
Veliki deo objašnjenja i obrazlaganja iz Prvog dela važi i ovde, pa će se u narednom izlaganju samo na to pozivati.

I ovde se može veza između proticaja i merene dubine odrediti prema jednačinama (6), (8) i (9), pa i ovde važi računaska shema sa sl. 4, samo sa napomenom da ne važe izrazi za A_{kid} i B_{kid} napisani u gornjem desnom uglu te slike, nego se umesto njih uzimaju izrazi za A_{kid} i B_{kid} napisani na sl. 10, koji odgovaraju složenom kritičnom preseku. Eksperimentalni rezultati su pokazali (sl. 11) pa se i ovde odnos proticaja Q prema proticaju Q_{id} , koji bi tekao da je fluid idealan, može uzeti

$$\frac{Q}{Q_{id}} = 0,95$$

za $h > 10$ cm

Kanalu, kome je poprečni presek pred suženjem određen, pa je određena i merena dubina za maksimalni proticaj (to je maksimalna dubina pred suženjem) odgovarajući presek u suženju odabiraće se na sledeći način.



$$A_2 = \frac{1}{2} (C + 2d)(D - d)$$

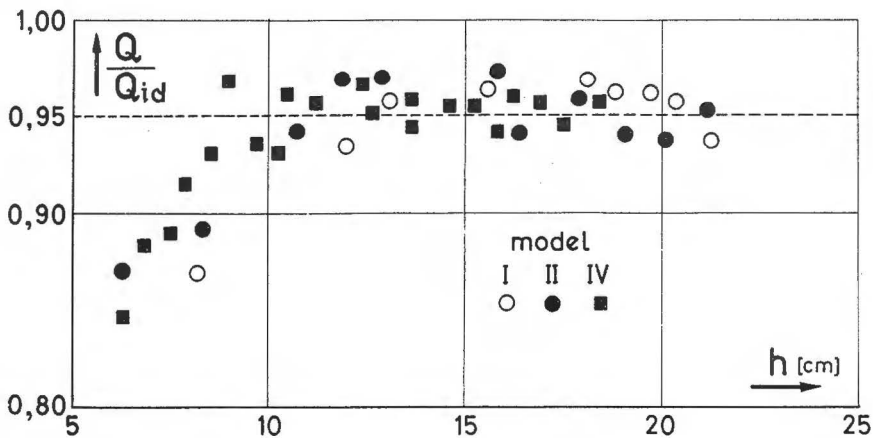
$$A_1 = d^2$$

$$h_K \cong d \quad B_K = 2h_K \quad A_K = h_K^2$$

$$d \cong h_K \cong D \quad B_K = 2d + (C - 2d) \frac{h_K - d}{D - d} \quad A_K = A_1 + \frac{1}{2} (2d + B_K)(h_K - d)$$

$$D \cong h_K \quad B_K = b + 2mh \quad A_K = A_1 + A_2 + \frac{1}{2} (C + B_K)(h_K - D)$$

Slika 10. Širine vodene površine (B_K) i poprečni presezi (A_K) za kritični presek



Slika 11. Odnos stvarnog proticaja (Q) prema proticaju za idealan fluid (Q_{id}) u zavisnosti od merene dubine (h) za merni objekat sa slike 9.

Procena, koja je ranije dovela do izraza (10), na osnovu jednačine (7), ovde bi dovela do nešto većih očekivanih vrednosti za h_k/h – procenjuje se:

$$\frac{h_k}{h} = 0,8 \text{ do } 0,9 \quad (19)$$

Ovde se ne mogu očekivati malene vrednosti za A_k/A (ne ispod 0,7), a $A_k/(B_k h_k)$ neće dostići jedinicu (toliko bi imao pravougaoni presek bez trougaonog udubljenja, a suženje vrednost spušta).

Pretpostavljanjem h_k za suženi presek odmah je poznato i B_k , ono iznosi $B_k = b + 2mh_k$ (sl. 9). Iz jednačine za kritični presek:

$$\frac{Q^2 B_k}{g A_k^3} = 1$$

dobija se:

$$A_k = \sqrt[3]{\frac{Q^2 B_k}{g}} \quad (20)$$

A_k je razlika između površine trapeza i površine zakrčenja u kritičnom preseku, koje iznosi a , a ono je određeno sa (vidi sl. 10)

$$a = b h_k + m h_k^2 - A_k \quad (21)$$

pa se može odabrati i nacrtati poprečni presek u suženju – to je približno rešenje od koga počinje doterivanje do konačnog, tačnog rešenja (koje će dati maksimalnu dozvoljenu mernu dubinu za maksimalni proticaj). Tačno rešenje se postiže kroz računsku shemu na sl. 4, uz već naglašene izmene za A_{kid} i B_{kid} – sada važe izrazi sa sl.10. Kada se konačno usvoje dimenzije mernog objekta ista računaska shema služi za dobijanje dovoljno podataka za zavisnost proticaja od merne dubine, tj. za funkciju $Q = Q(h)$.

* * *

I ovde važi jednačina (14) za *spuštanje dna* koja propisuje

$$\Delta \geq h_d - 0,5 (h + h_k) \quad (22)$$

Takođe, i ovde potrebna visinska razlika se može dobiti na isti način kao i ranije – sl. 7. Treba koristiti prirodne uslove koji nude potrebno spuštanje dna, ako takvih ima. Stepennica kojom se reguliše korito može se podesiti za merni objekat.

* * *

Smirivanje strujanja se obavlja u slapištu, čije se udubljenje računa isto kao i ranije (*Deo prvi, 5.V*) – uostalom, to spada u uobičajena, osnovna hidrodinamička računanja.

* * *

Na kraju, i za ovu vrstu objekta daje se jedan PRIMER.

Ispred suženja usvojen je trapezni presek (širina dna $b = 8,0$ m, nagib bokova $m = 0,5$). Za maksimalni proticaj ($Q_{max} = 50 \text{ m}^3/\text{s}$), merena dubina treba da iznosi $h = 3,0$ m.

Takvi uslovi nameću izbor suženog preseka prema sledećem: Iz jednačine (19) procenjeno h_k je između 2,4 m i 2,7 m. Može se prihvatiti zaokružena vrednost $h_k = 2,5$ m, pa je

$$B_k = b + 2 m h_k = 8,0 + 2 \cdot 0,5 \cdot 2,5 = 10,5 \text{ m} .$$

Jednačina (20) daje

$$A_k = \sqrt[3]{\frac{Q^2 B_k}{g}} = \sqrt[3]{\frac{50,0^2 \cdot 10,5}{9,81}} = 13,85 \text{ m}^2$$

pa se iz (22) dobija površina zakrećenja

$$\begin{aligned} a &= b \cdot h_k + m h_k^2 - A_k = \\ &= 8,0 \cdot 2,5 + 0,5 \cdot 2,5^2 - 13,85 = 9,28 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

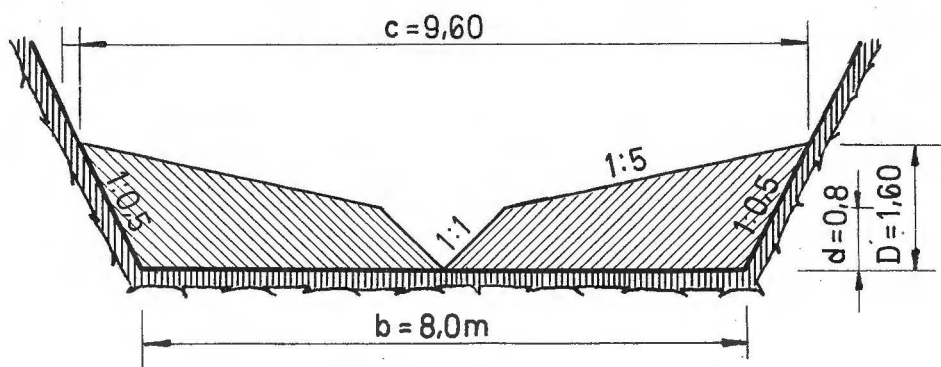
Ovome odgovara poprečni presek prema sl. 11.

Za taj presek račun prema shemi na sl. 4 i sl. 9 daje tačno rešenje:

$$\begin{aligned} Q_{id} &= 51,136 \text{ m}^3/\text{s}, & Q &= 48,579 \text{ m}^3/\text{s} \\ h_{kid} &= 2,493 \text{ m}, & h &= 3,0 \text{ m} . \end{aligned}$$

Time je otprilike zadovoljeno ono što se uslovljavalo. Ako se želi veća tačnost račun bi se ponovljao, mada bi se dobile razlike, koje su praktično beznačajne.

Zavisnost proticaja Q od merene dubine h daje račun dat u tablici, a presek merenja i suženi presek prikazani su na sl. 12.



Slika 12.

Rezultati računa za objekat prema sl. 12.

h	A	H_{kid}	A_{kid}	B_{kid}	Q_{id}	Q
m	m ²	m	m ²	m	m ³ /s	m ³ /s
0,100	0,805	0,080	0,006	0,160	0,004	0,004
0,200	1,620	0,160	0,026	0,320	0,023	0,022
0,300	2,445	0,240	0,058	0,480	0,063	0,059
0,400	3,280	0,320	0,102	0,640	0,128	0,122
0,500	4,125	0,400	0,160	0,800	0,224	0,213
0,600	4,980	0,480	0,231	0,961	0,354	0,336
0,700	5,845	0,560	0,314	1,121	0,521	0,495
0,800	6,720	0,641	0,410	1,281	0,727	0,691
0,900	7,605	0,721	0,519	1,441	0,977	0,928
1,000	8,500	0,804	0,647	1,645	1,272	1,208
1,100	9,405	0,942	0,967	3,015	1,714	1,628
1,200	10,320	1,039	1,307	3,988	2,344	2,227
1,300	11,245	1,129	1,710	4,895	3,165	3,007
1,400	12,180	1,217	2,179	5,774	4,193	3,983
1,500	13,125	1,304	2,718	6,643	5,446	5,174
1,600	14,080	1,391	3,330	7,507	6,946	6,599
1,700	15,045	1,477	4,017	8,373	8,716	8,280
1,800	16,020	1,564	4,784	9,244	10,781	10,242
1,900	17,005	1,643	5,538	9,643	13,144	12,487
2,000	18,000	1,717	6,252	9,717	15,707	14,922
2,100	19,005	1,792	6,979	9,792	18,456	17,533
2,200	20,020	1,867	7,720	9,867	21,386	20,317
2,300	21,045	1,943	8,473	9,943	24,496	23,271
2,400	22,080	2,020	9,238	10,020	27,783	26,394
2,500	23,125	2,097	10,016	10,097	31,246	29,684
2,600	24,180	2,175	10,807	10,175	34,882	33,138
2,700	25,245	2,254	11,609	10,254	38,690	36,756
2,800	26,320	2,333	12,424	10,333	42,669	40,536
2,900	27,405	2,413	13,251	10,413	46,818	44,477
3,000	28,500	2,493	14,089	10,493	51,136	48,579
3,100	29,605	2,574	14,940	10,574	55,621	52,840

ABSTRACT

DISCHARGE MEASURING STRUCTURES FOR OPEN CHANNELS

by: G. HAJDIN, S. KULAČIN, Č. MAKSIMOVIĆ,
M. IVETIĆ and D. ARANĐELOVIĆ

The aim of this publication is to present the results of a hydraulic model study (17 physical models), developed at the Hydraulic Laboratory of the Faculty of Civil Engineering in Belgrade.

Two types were investigated (fig. 1, fig. 9).

The measuring structures have the following features:

1. Every structure is designed in accordance with local conditions.
2. The constriction is designed to maintain the critical flow. Only one depth (upstream from the constriction) is measured. The depth measured determines the discharge by the elementary hydraulic equations – fig. 4. The discharge coefficient $C_Q = Q/Q_{id}$ is approximately 0,95 (Q = discharge, Q_{id} = discharge for ideal fluid) – fig. 3. and fig. 11.

3. The flow in the constriction must not be submerged by tailwater. Bottom denivelation Δ

$$\Delta = h_d - 0,5 (h + h_k)$$

h = depth measured; h_k = critical depth (in the constriction);

h_d = tailwater depth.

4. The flow upstream from the structure has to be subcritical.
5. All the structure surfaces are pranes and therefore simple for designing and construction.

Ovo je prazna leva (parna) strana knjige