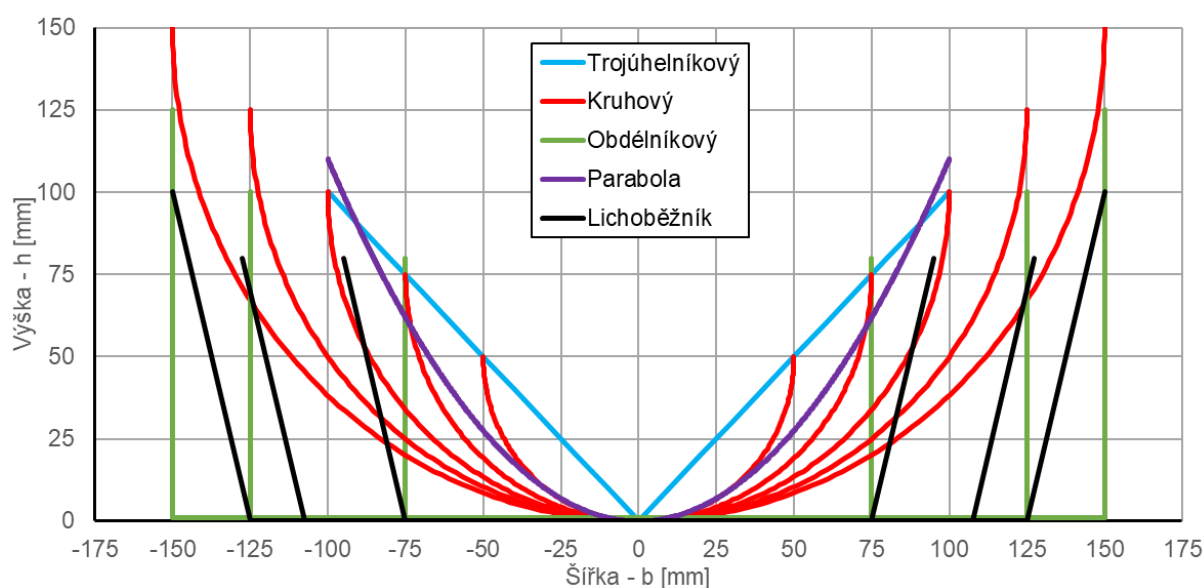
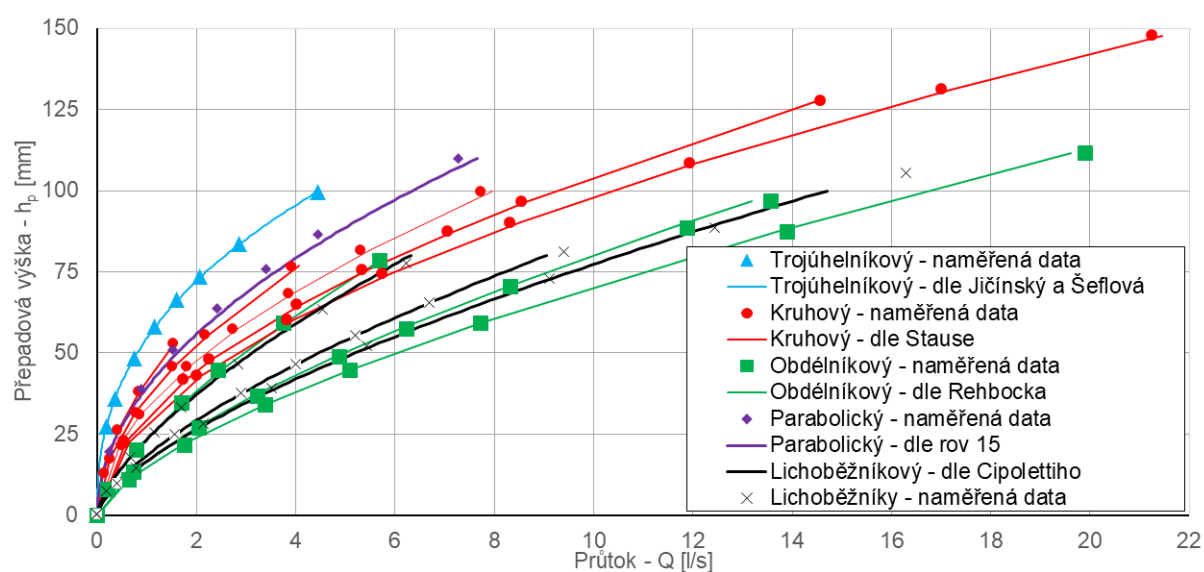


Cílem projektu bylo nalezení vhodné geometrie měrného přelivu pro stanovení malých průtoků, respektive vhodné umístění měrného přelivu v toku. Dále byly testovány různé materiály pro vlastní konstrukci měrného přelivu a hradícího tělesa a byl řešen problém se zanášením plávim. Propojením výsledků fyzikálního testování měrných přelivů v laboratorních a terénních podmínkách bylo odvozeno 6 užitečných vzorů s charakteristickou geometrií a vlastnostmi. Výzkum byl realizován v těsné spolupráci s aplikačním garantem – firmou Ing. Libor Daneš, která má v této oblasti bohaté zkušenosti. S aplikačním garantem byly vybírány a vymyšleny vhodné typy měrných přelivů k testování a následně byly vytipovány lokality pro terénní aplikaci měrných přelivů.



Obr. 3.3: Testované geometrie měrných přelivů



3.4: Naměřené konzumní křivky proložené vztahy dle jednotlivých autorů

1.1.1. Trojúhelníkový přeliv

Trojúhelníkový přeliv s vrcholovým úhlem o velikosti 90° , též nazýván „Thomsonův“ přeliv, je vhodný na lokality s velkým rozsahem měřených průtoků. Trojúhelníkový přeliv dokáže přesně měřit malé i velké průtoky, jeho nevýhodou je snadné zanesení průtočného profilu při minimálních přepadových výškách

1.1.1. Obdélníkový přeliv

V rámci pokusů byly použity obdélníkové přelivy s kontrakcí, šířky přelivů byly 15 – 30 cm a výšky 8 – 12.5 cm. Obdélníkové přelivy lze s výhodou použít na vodné toky, jelikož mají dostatečnou kapacitu a nezpůsobí příliš velké vzdutí hladiny před měrným přelivem

1.1.1. Kruhový přeliv

V rámci pokusů byly použity kruhové přelivy o poloměru 10 až 30 cm. Kruhové přelivy představují kompromis mezi trojúhelníkovým a obdélníkovým přelivem, dávají poměrně přesné hodnoty průtoku i při malých přepadových výškách a zároveň mají poměrně velkou maximální kapacitu v porovnání se stejně vysokým trojúhelníkovým přelivem.

1.1.1. Lichoběžníkový přeliv

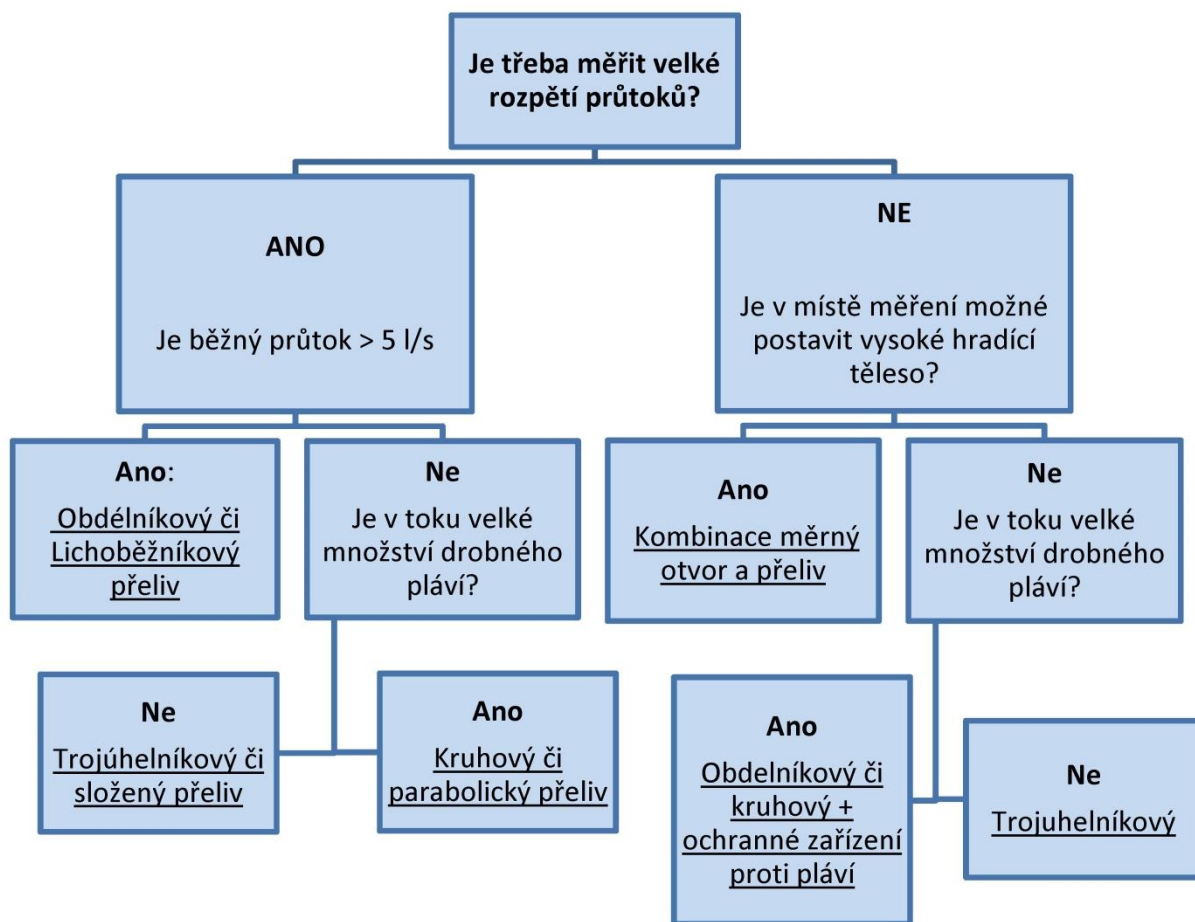
V rámci pokusů byly použity lichoběžníkové přelivy o šířce přelivné hrany 15, 21.5 a 25 cm a sklonem šikmých hran 4:1 (též zvaný Cipolettiho přeliv). Lichoběžníkové přelivy lze použít s výhodou místo obdélníkového přelivu, protože v mezích platnosti daných vztahů mají konstantní hodnotu přepadového součinitele a není třeba počítat boční zúžení přepadového paprsku. Lichoběžníkové přelivy mají jako obdélníkové přelivy dostatečnou kapacitu pro použití na vodných tocích.

1.1.1. Parabolický přeliv

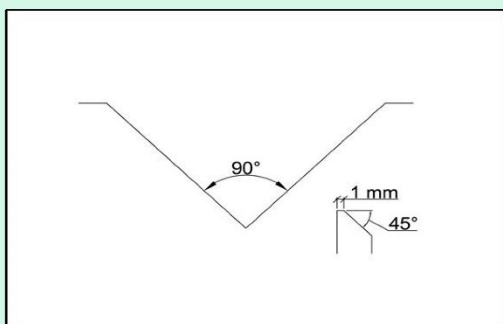
V rámci pokusů byl použit parabolický přeliv definovaný rovnicí $y=9.85 \cdot x^2$ používaný v USA. Parabolický přeliv definovaný výše uvedený vztahem je používán v USA namísto trojúhelníkových přelivů pro měření malých průtoků. Parabolický přeliv má výhodu oproti trojúhelníkovému přelivu v absenci úzkého „hrdla“, při malých průtocích není tak náchylný na zanesení např. pouhým listem.



Obr. 4.6: Obdélníkový přeliv – Drahanský potok



Trojúhelníkový přeliv



h_p [mm]	Q [l/s]
0	0.00
15	0.04
20	0.08
25	0.14
30	0.23
35	0.33
40	0.46
45	0.62
50	0.80
55	1.02
60	1.26
65	1.54
70	1.85
75	2.20
80	2.58
85	2.99
90	3.45
95	3.94
100	4.48

Doporučené vzorce:

Vztah dle Jičínský a Šeflová:

$$Q = \frac{8}{15} \cdot \mu \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot h_p^{2.5} \quad [m^3/s]$$

$$\mu = 0.5684 \cdot h_p^{-0.023} \quad [-]$$

Vztah dle Thomsona:

$$Q = 1.4 \cdot h_p^{2.5} \quad [m^3/s]$$

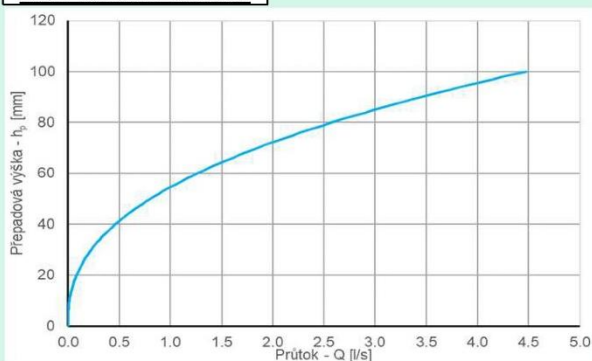
Doporučení:

Pro trojúhelníkový přeliv s ostrou přelivnou hranou a nízké přepadové výšky se jeví jako optimální použití rovnice dle Jičínský a Šeflová nebo dle Thomsona.

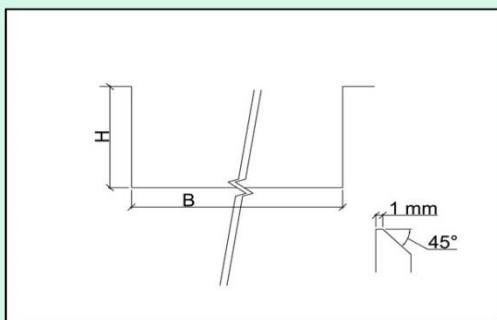
Trojúhelníkové přelivy se osvědčily pro měření malých průtoků od cca 0.3 l/s, zároveň dokáží měřit i větší průtoky v závislosti na výšce přelivu. Nebezpečí pro trojúhelníkové přelivy představuje zejména plávi, které může lehce zneprůchodnit zejména spodní úzkou část přelivu a zkreslit výsledky měření.

V případě výskytu většího množství drobného plávi je vhodné doplnit trojúhelníkový měrný přeliv ochranným zařízením proti drobnému plávi.

Konzumní křivka:



Obdélníkový přeliv



	B=15 cm	B=25 cm	B=30 cm
h_p [mm]	Q [l/s]	Q [l/s]	Q [l/s]
0	0.00	0.00	0.00
10	0.27	0.45	0.54
15	0.49	0.83	0.99
20	0.76	1.27	1.52
25	1.06	1.77	2.13
30	1.39	2.32	2.79
35	1.74	2.92	3.51
40	2.12	3.57	4.29
45	2.52	4.25	5.11
50	2.95	4.97	5.98
55	3.39	5.72	6.89
60	3.85	6.51	7.84
65	4.33	7.33	8.83
70	4.82	8.18	9.85
80	5.85	9.95	12.00
90	6.94	11.84	14.28
100	8.07	13.81	16.68
110	9.24	15.88	19.18

Doporučené vzorce:

$$Q = m \cdot b_e \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot h_p^{1.5} \left[\frac{m^3}{s} \right]$$

$$b_e = b - 0.1 \cdot 2 \cdot h_p \quad [m]$$

Vztah dle Rehbocka:

$$m = \frac{2}{3} \cdot \mu =$$

$$= \frac{2}{3} \cdot \left(0.611 + 0.08 \cdot \frac{h_p}{b} + \frac{h_p}{1000} \right) \quad [-]$$

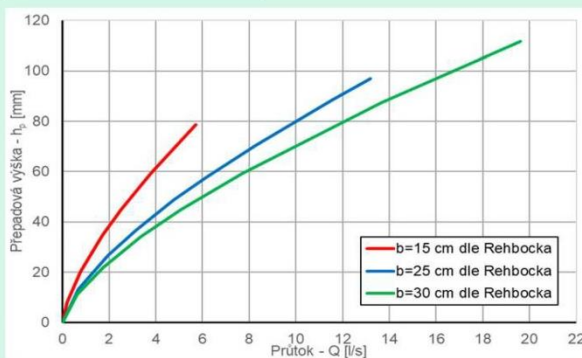
Doporučení:

Pro obdélníkový přeliv s ostrou přelivnou hranou a nízké přepadové výšky se jeví jako optimální použití rovnice dle Rehbocka.

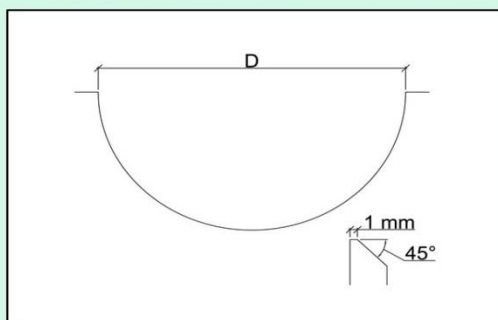
Obdélníkový přeliv se osvědčil pro měření větších průtoků v jednotkách l/s a pro měření zvýšených průtoků během srážkových událostí.

V případě výskytu většího množství plávi je vhodné doplnit obdélníkový měrný přeliv ochranným zařízením proti plávi.

Konzumní křivka:



Kruhový přeliv



	D= 10 cm	D=15 cm	D= 20 cm	D=25 cm	D= 30 cm
hp [mm]	Q [l/s]	Q [l/s]	Q [l/s]	Q [l/s]	Q [l/s]
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20	0.24	0.31	0.37	0.42	0.47
25	0.37	0.47	0.56	0.64	0.72
30	0.53	0.67	0.80	0.91	1.01
35	0.71	0.90	1.07	1.22	1.36
40	0.91	1.16	1.38	1.57	1.75
45	1.13	1.46	1.73	1.97	2.19
50	1.37	1.78	2.11	2.41	2.68
60		2.50	2.99	3.42	3.80
75		3.78	4.56	5.22	5.82
80			5.14	5.90	6.59
90			6.40	7.37	8.24
100			7.76	8.98	10.06
110				10.72	12.04
125				13.55	15.29
130					16.44
140					18.85
150					21.38

Doporučené vzorce:

$$Q = \mu \cdot q \cdot D^{2.5} \text{ [m}^3/\text{s]}$$

Průtok kruhovým přelivem D=1 dm:

$$q = 10.12 \cdot \left(\frac{h_p}{D}\right)^{1.975} - 2.66 \cdot \left(\frac{h_p}{D}\right)^{3.78} \text{ [m}^3/\text{s]}$$

Vztah dle VÚV:

$$\mu = 0.565 + 0.0042 \cdot \frac{D}{h_p} + 0.0055 \cdot \frac{h_p}{D} \text{ [-]}$$

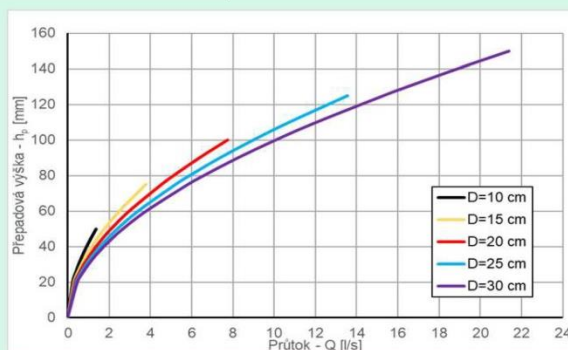
Doporučení:

Pro kruhový přeliv s ostrou přelivnou hranou a nízké přepadové výšky se jeví jako optimální použití rovnice dle měření VÚV.

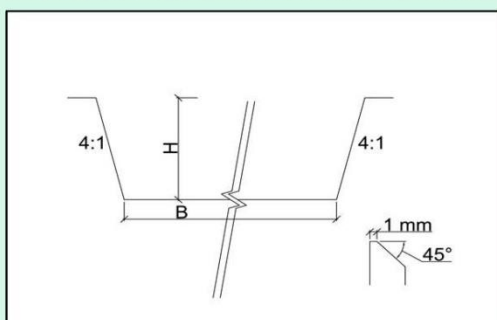
Kruhový přeliv představuje kompromis mezi úzkým trojúhelníkovým a kapacitním obdélníkovým přelivem, kruhový přeliv je vhodný pro měření malých průtoků od 1 l/s až po větší průtoky cca 8 l/s. Na rozdíl od trojúhelníkového přelivu nepředstavuje drobné plávi až takový problém.

V případě výskytu většího množství plávi je vhodné doplnit kruhový měrný přeliv ochranným zařízením proti plávi.

Konzumní křivka:



Lichoběžníkový přeliv



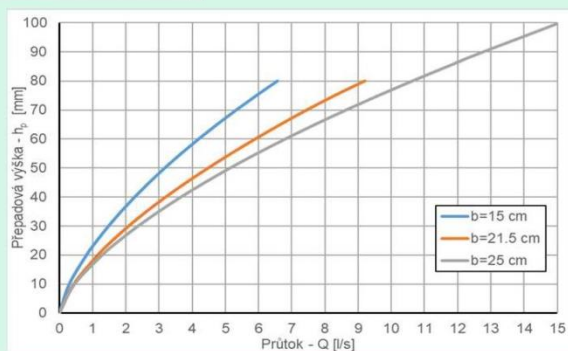
	B=15 cm	B=21.5 cm	B=25 cm
h_p [mm]	Q [l/s]	Q [l/s]	Q [l/s]
0	0.00	0.00	0.00
10	0.30	0.43	0.46
20	0.82	1.16	1.29
25	1.13	1.60	1.80
30	1.48	2.09	2.37
35	1.86	2.62	2.99
40	2.27	3.20	3.66
45	2.71	3.82	4.37
50	3.17	4.48	5.14
55	3.67	5.18	5.94
60	4.20	5.90	6.80
65	4.75	6.66	7.69
70	5.33	7.46	8.63
75	5.94	8.30	9.60
80	6.58	9.21	10.62
85			11.68
90			12.77
100			15.07

Doporučené vzorce:

Použít konzumní křivku

Pro přelivy jejíž rozměry odpovídají podmínkám pro použití dle Cipolettiho vztahu použít Cipolettiho vztah

Konzumní křivka:



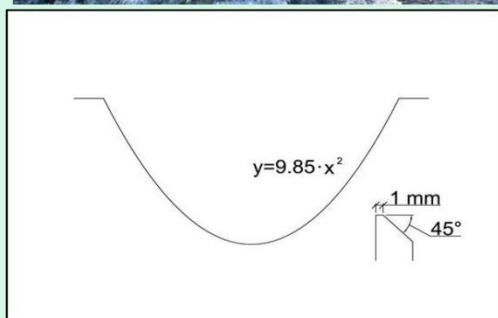
Doporučení:

Pro měření malých průtoků pomocí lichoběžníkových přelivů s ostrou přelivnou hranou lze použít pouze lichoběžníkové přelivy s ověřenou naměřenou konzumní křivkou, nebo lichoběžníkové přelivy odpovídající omezujícím podmínkám dle Cipolettiho.

Lichoběžníkový přeliv se osvědčil pro měření kombinací běžných a zvýšených průtoků. Zvýšené průtoky dokáže na rozdíl od úzkých měrných přelivů převést při nižší přepadové výšce a způsobí menší vzdutí před měrným přelivem.

V případě výskytu většího množství plávi je vhodné doplnit lichoběžníkový měrný přeliv ochranným zařízením proti plávi.

Parabolický přeliv

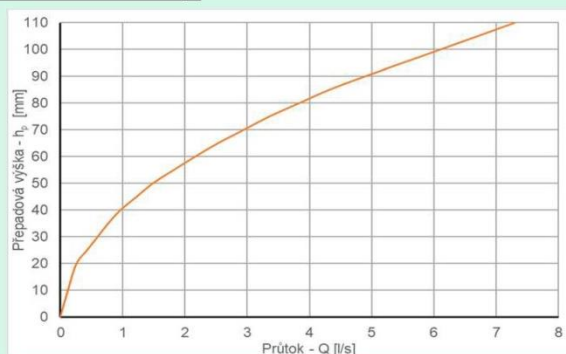


hp [mm]	Q [l/s]
0	0.00
20	0.26
25	0.43
30	0.60
35	0.77
40	0.97
45	1.23
50	1.49
55	1.82
60	2.16
65	2.53
70	2.94
75	3.36
80	3.83
85	4.32
90	4.89
95	5.50
100	6.11
110	7.30

Doporučené vzorce:

Použít konzumní křivku

Konzumní křivka:



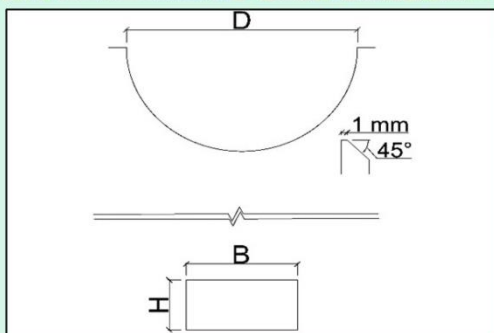
Doporučení:

Pro měření malých průtoků pomocí parabolického přelivu s ostrou přelivnou hranou lze použít parabolický přeliv s ověřenou naměřenou konzumní křivkou.

Parabolický měrný přeliv se v daném provedení osvědčil pro měření průtoků v rozsahu cca 0.5 – 7 l/s. Parabolický přeliv dokáže měřit minimální průtoky větší než 0.5 l/s a zároveň je kapacitní i pro větší průtoky. Na rozdíl od trojúhelníkového přelivu nedocházelo v takové míře k ulpívání drobného plávi na konstrukci měrného přelivu.

V případě výskytu většího množství plávi je vhodné doplnit parabolický měrný přeliv ochranným zařízením proti plávi.

Měrný otvor a přeliv



h_t [mm]	Kruhový otvor		Obdélníkový otvor	
	D=5 cm	D=7 cm	H=3, B=5	H=5, B=7
	Q [l/s]	Q [l/s]	Q [l/s]	Q [l/s]
0	0.00	0.00	0.00	0.00
100	1.33	2.53	1.20	2.58
120	1.50	2.89	1.34	2.91
140	1.67	3.25	1.46	3.25
160	1.83	3.61	1.57	3.49
180	2.00	3.87	1.66	3.72
200	2.16	4.12	1.75	3.95
220	2.31	4.36	1.85	4.17
240	2.42	4.61	1.94	4.40
260	2.52	4.86	2.03	4.63
280	2.63	5.06	2.12	4.79
300	2.73	5.26	2.15	4.92
320	3.30	5.48	2.49	5.09
340	4.23	6.09	3.38	5.92
360	5.32	7.45	4.89	7.38
380	7.62	9.25	6.67	8.88
400	9.93	11.71	9.15	11.37

Doporučené vzorce:

Přeliv - dle použitého typu přelivu

Otvor:

$$Q = \mu_v \cdot S \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h_t} \quad [m^3/s] \quad \text{pro } h_t > 3 \cdot H$$

$$\mu_v = 0.60 \text{ (kruhový otvor)}$$

$$\mu_v = 0.62 \text{ (obdélníkový otvor)}$$

Doporučení:

Kombinace přelivu a otvoru může předcházet zanesení plávim pokud je vhodně zvolena velikost otvoru. Pokud je otvor neustále zatopen, případně plávi se hromadí před měrným profilem, za zvýšeného průtoku je plávi transportováno přes měrný přeliv (případně korunu měrného profilu) dále po proudu. Tato varianta provedení měrného přelivu vyžaduje vhodné podmínky s dostatečným prostorem pro značné zvýšení hladiny před měrným profilem.

V rámci terénní aplikace se tato kombinace otvoru a přelivu osvědčila, měrný otvor zajišťoval přesné měření minimálních průtoků, drobné plávi bylo akumulováno před hradicí konstrukcí a dále transportováno při zvýšeném průtoku. Při zvýšeném průtoku byl výsledný průtok zjištěn jako součet průtoku měrným přelivem a otvorem.

Měrný otvor musí být minimálně 5 cm nad úrovní dolní vody, aby výtokový paprsek nebyl ovlivněn úrovní dolní vody.

Konzumční křivka:

