

Výsledky modelového výzkumu rybího přechodu



Objednatel: **Povodí Vltavy, státní podnik**

Ing. Jan Šimůnek

Ing. David Mareček

Zhotovitel: **ČVUT v Praze, Fakulta stavební**

Hlavní řešitel: doc. Dr. Ing. Pavel Fošumpaur

Spoluřešitelé: Ing. Tomáš Kašpar, Ph.D.

Ing. Martin Král

Průběh prací: červenec 2022 – březen 2023

Ing. Martin Král

Konzultanti: Ing. Pavel Marek (AOPK ČR)
Ing. Jiří Musil, Ph.D. (VÚV T.G.M., v.v.i.)
Bc. Boris Prudík (AOPK ČR)
Mgr. Jiří Vait (Povodí Vltavy, státní podnik)

Povodí Vltavy, státní podnik

martin.kral@pvl.cz



FAKULTA
STAVEBNÍ
ČVUT V PRAZE

www.fsv.cvut.cz

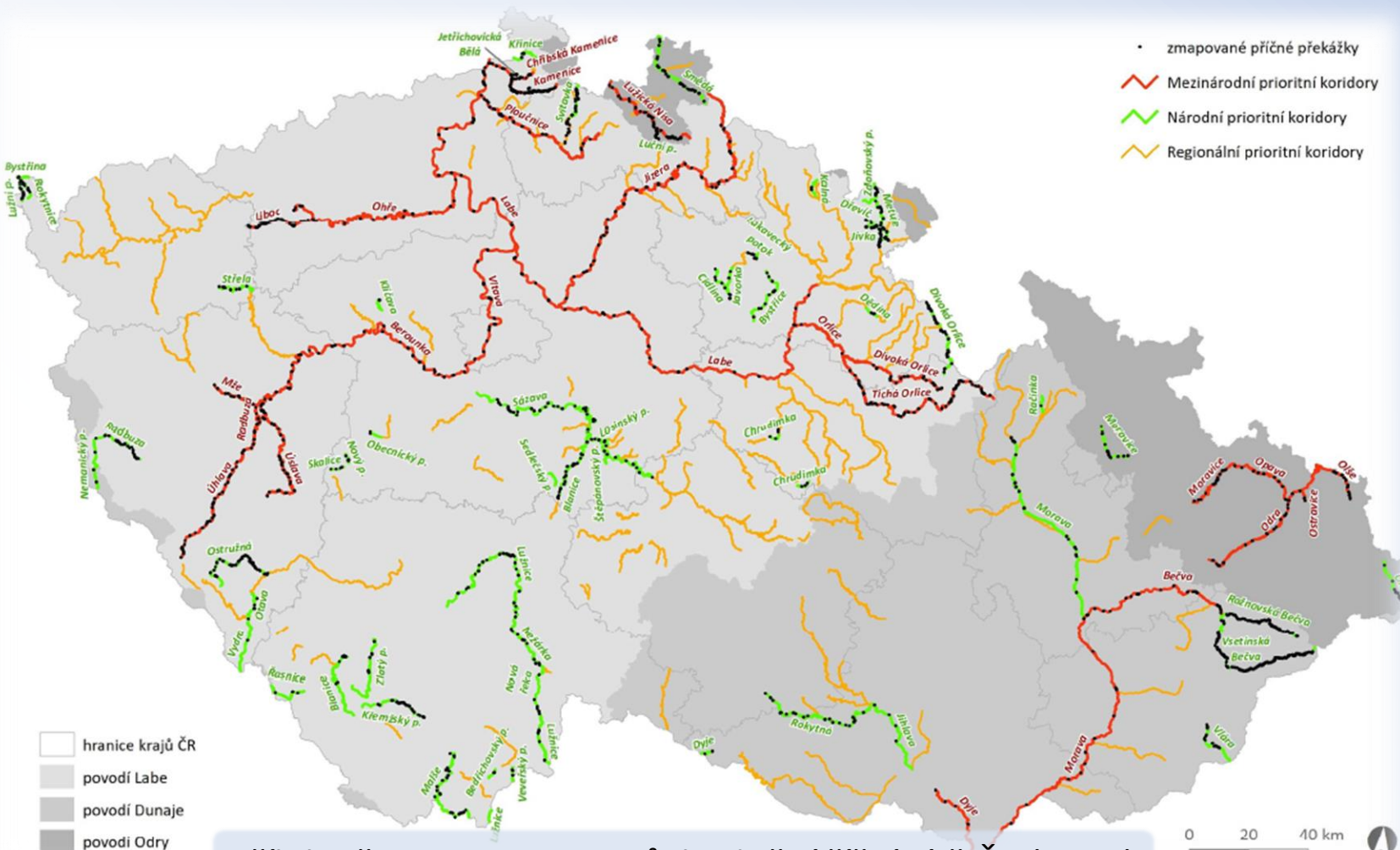
VIII. ROČNÍK SEMINÁŘE K ZPRŮCHODNĚNÍ MIGRAČNÍCH PŘEKÁŽEK VE VODNÍCH TOCÍCH

www.pvl.cz



POVODÍ VLTAVY

Motivace a cíl výzkumu



Příloha č. 1 Koncepte zprůchodnění říční sítě ČR (2020)

Koncepte zprůchodňování říční sítě ČR (akt. 2020)

- Systematické řešení defragmentace říční sítě
- Implementace cílů do plánů podniků Povodí
- Vymezení migračních koridorů

0 20 40 km

© AOPK ČR 2019, © ČÚZK 2019

Motivace a cíl výzkumu



Sázava ř. km 17,904 – Jez Podělusy

Problém zajistit:

- Pozvolný sklon
- Dostatek vhodných balvanů
- Vhodného uspořádání
- Hydraulické podmínky

Motivace a cíl výzkumu



Sázava ř. km 29,230 – Jez Městečko

Následky:

- Prostorová náročnost
- Majetkoprávní vypořádání
- Finanční náročnost
- Snížení migrační účinnosti
- Dodatečné úpravy
- Časová náročnost

Motivace a cíl výzkumu



Berounka ř. km 8,143 – Jez Černošice



Kamenice ř. km 15,622 – Jez u Tanvaldu

Hlavní cíle výzkumu:

- Optimalizace migrační účinnosti
- Náhrada betonovými stavebnicovými bloky
- Spolehlivá geometrie
- Předvídatelné hydraulické chování
- Levnější a rychlejší výstavba
- Usnadnění plnění dílčích plánů Povodí dle Koncepce

Fyzikální modelování

Parametry žlabu

- max. 10x1,2 m
- Sklon až 1:3,73 (15°)
- Průtok až cca 150 l/s

Parametry modelu

- Měřítko 1:1,5 (Froud)

Sklopný žlab ve VH laboratoři, Fakulta stavební ČVUT v Praze

Fyzikální modelování

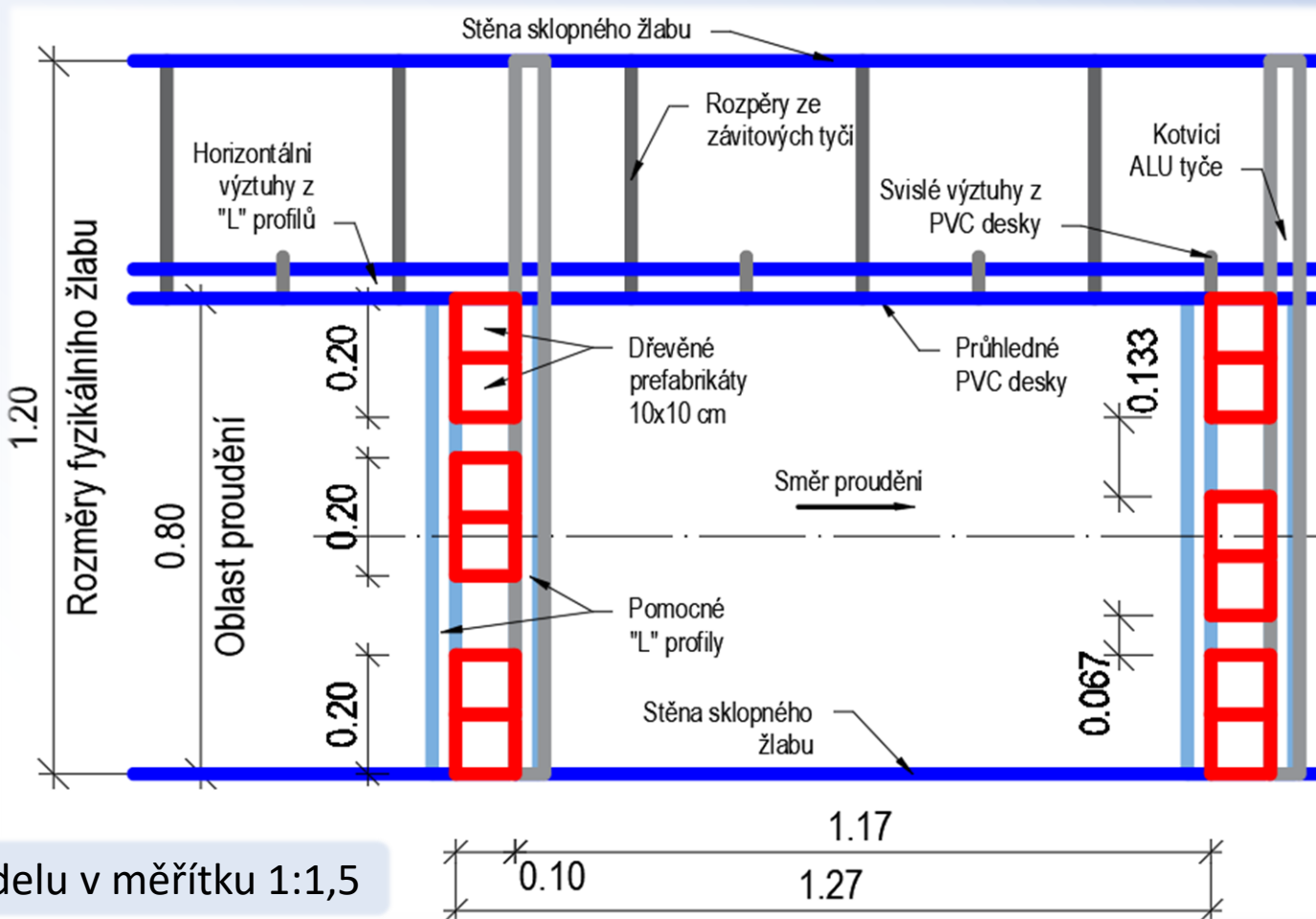


Schéma modelu v měřítku 1:1,5

- ## Parametry bazénu
- Délka 1,90 m
 - Šířka 1,20 m
 - Štěrbiny 0,2 a 0,1 m
 - Hloubka 0,5 m
 - Průtok 150 l/s
 - KVH hranoly 100x100
 - Dno zdrsňeno lom. kamenem f. 32-64 mm



Fyzikální modelování



Průběh stavby modelu

- Úprava dna
- Montáž kčních desek
- Konstrukce bočních PVC desek
- Vyztužení PVC žebry a rozepření do stěn
- Montáž KVH hranolů do vodících profilů
- Zdrsňení dna

Fyzikální modelování



Průběh stavby modelu

- Úprava dna
- Montáž kčních desek
- Konstrukce bočních PVC desek
- Vyztužení PVC žebry a rozepření do stěn
- Montáž KVH hranolů do vodících profilů
- Zdrsnění dna

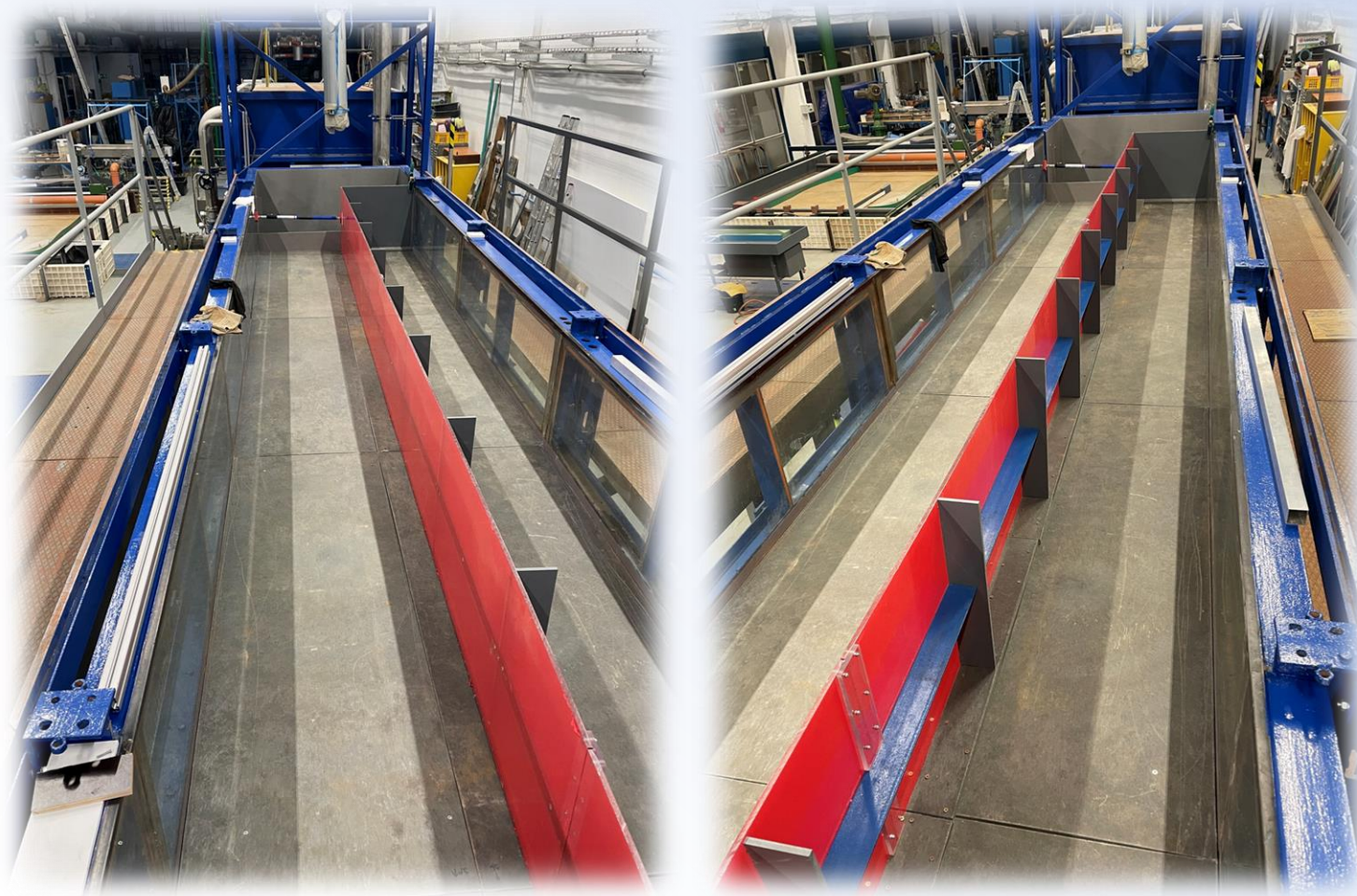
Fyzikální modelování



Průběh stavby modelu

- Úprava dna
- Montáž kčních desek
- Konstrukce bočních PVC desek
- Vyztužení PVC žebry a rozepření do stěn
- Montáž KVH hranolů do vodících profilů
- Zdrsnění dna

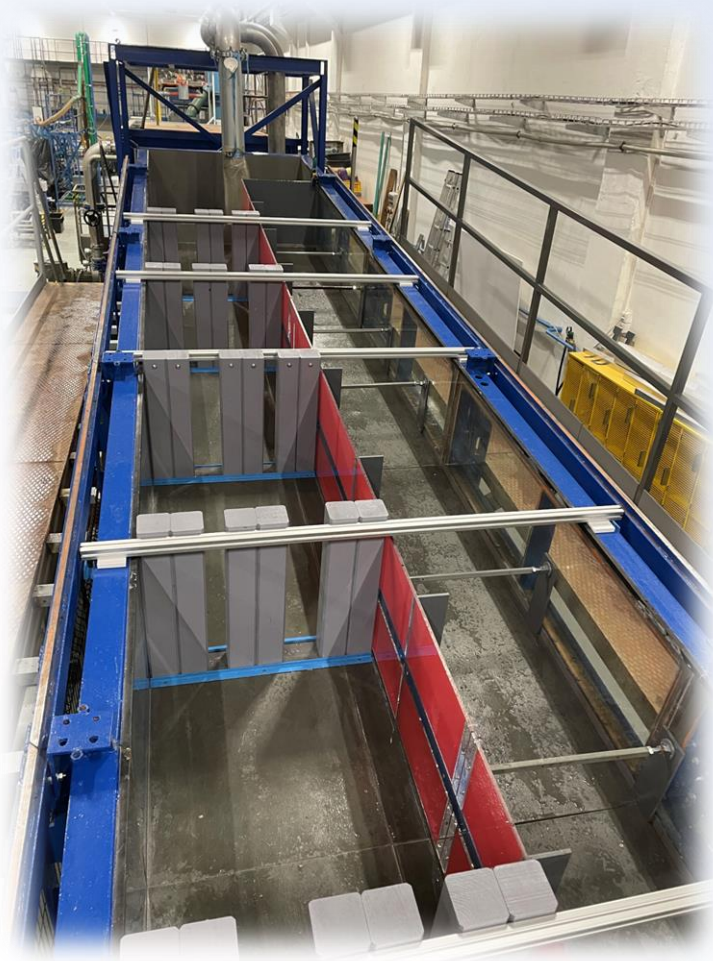
Fyzikální modelování



Průběh stavby modelu

- Úprava dna
- Montáž kčních desek
- Konstrukce bočních PVC desek
- Vyztužení PVC žebry a rozepření do stěn
- Montáž KVH hranolů do vodících profilů
- Zdrsňení dna

Fyzikální modelování



Průběh stavby modelu

- Úprava dna
- Montáž kčních desek
- Konstrukce bočních PVC desek
- Vyztužení PVC žebry a rozepření do stěn
- Montáž KVH hranolů do vodících profilů
- Zdrsnění dna

Fyzikální modelování



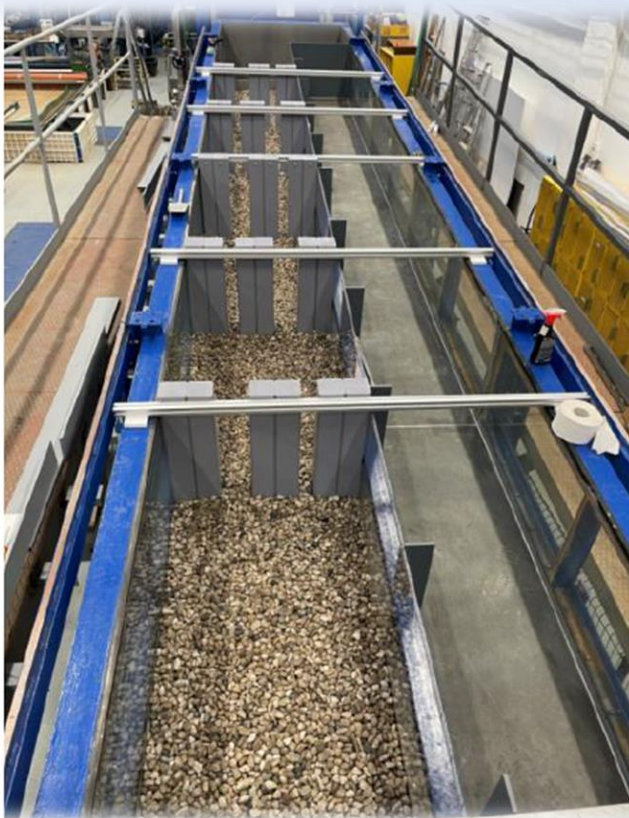
Průběh stavby modelu

- Úprava dna
- Montáž kčních desek
- Konstrukce bočních PVC desek
- Vyztužení PVC žebry a rozepření do stěn
- Montáž KVH hranolů do vodících profilů
- Zdrsňení dna

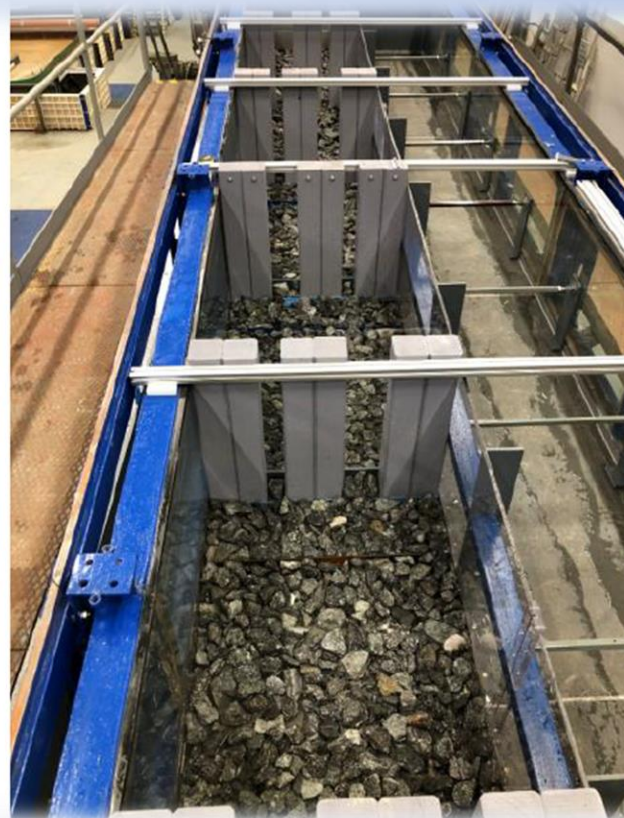
Fyzikální modelování



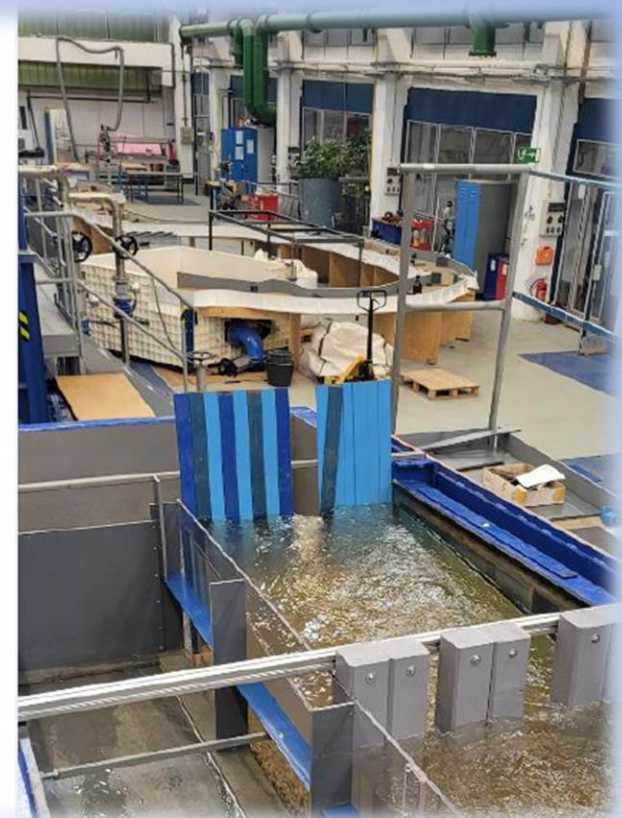
Přívod vody (HOP)



Model s fr. 16-32 mm

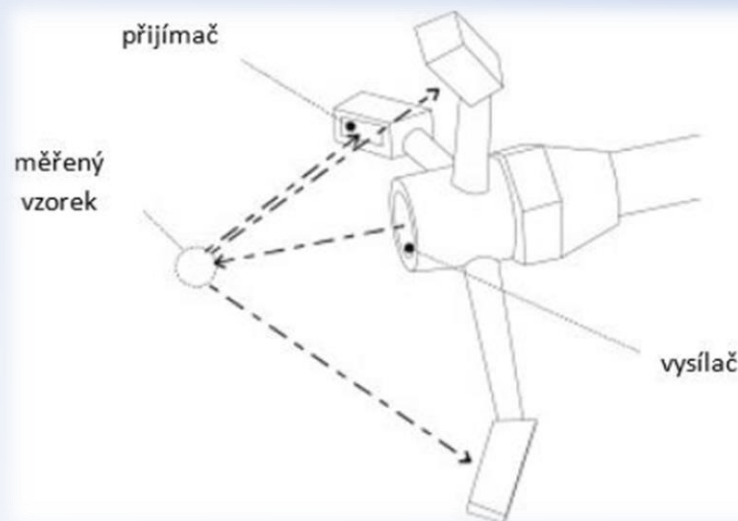


Model s fr. 32-64 mm



Odtok vody (DOP)

Fyzikální modelování

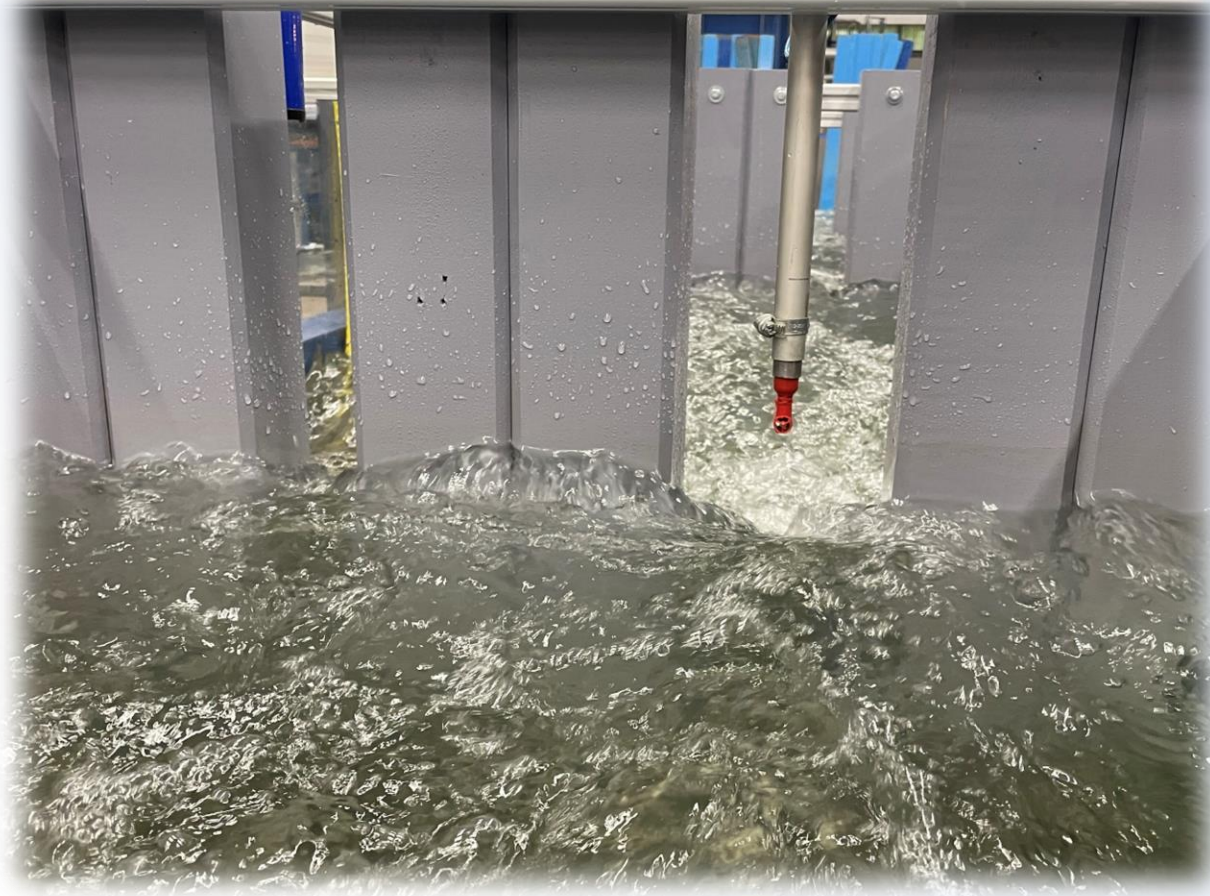


Měření veličin

- Rychlostní pole
 - ADV sonda
- Rychlost ve štěrbině
 - Hydrometrická vrt.
- Hloubka vody
 - Měřicí páska

	A8	B8	C8	D8	E8	F8	
	A7	B7	C7	D7	E7	F7	
	A6	B6	C6	D6	E6	F6	
	A5	B5	C5	D5	E5	F5	
	A4	B4	C4	D4	E4	F4	
	A3	B3	C3	D3	E3	F3	
	A2	B2	C2	D2	E2	F2	
	A1	B1	C1	D1	E1	F1	

Fyzikální modelování



Měření veličin

- Rychlostní pole
 - ADV sonda
- Rychlost ve štěrbině
 - Hydrometrická vrt.
- Hloubka vody
 - Měřicí páska

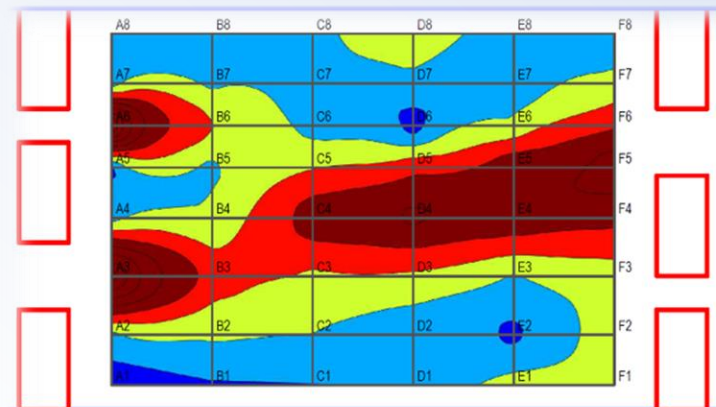
Matematické modelování

Výhody 2D MM

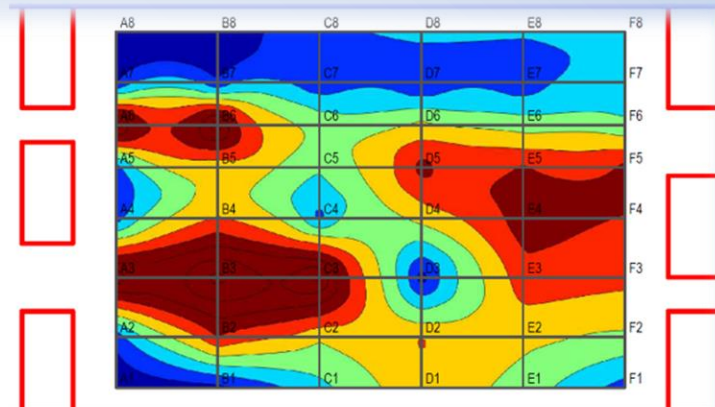
- Operativní návrhy přepážek (rozmístění, tvar i velikost)
- Spolehlivé zobrazení hladin, hloubek a max. rychlostí ve štěrbině
- Lokalizace hlavních proudů

Limity 2D MM

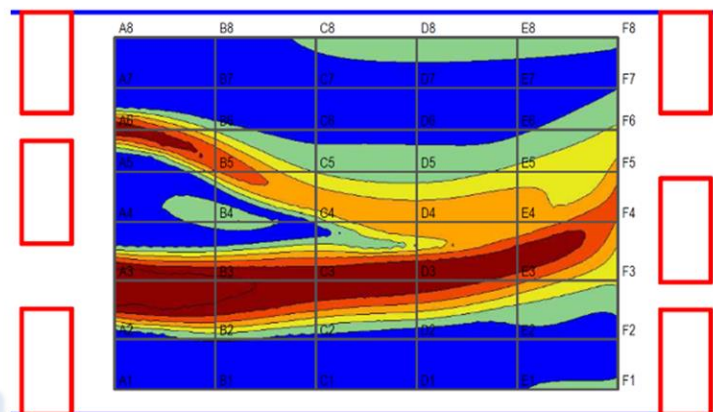
- Svislicová rychlost
- Nezachytí oblasti s významným vertikálním prouděním



Obr. 4a: Měření na fyzikálním modelu (15 cm nad dnem).



Obr. 4b: Měření na fyzikálním modelu (5 cm nad dnem).

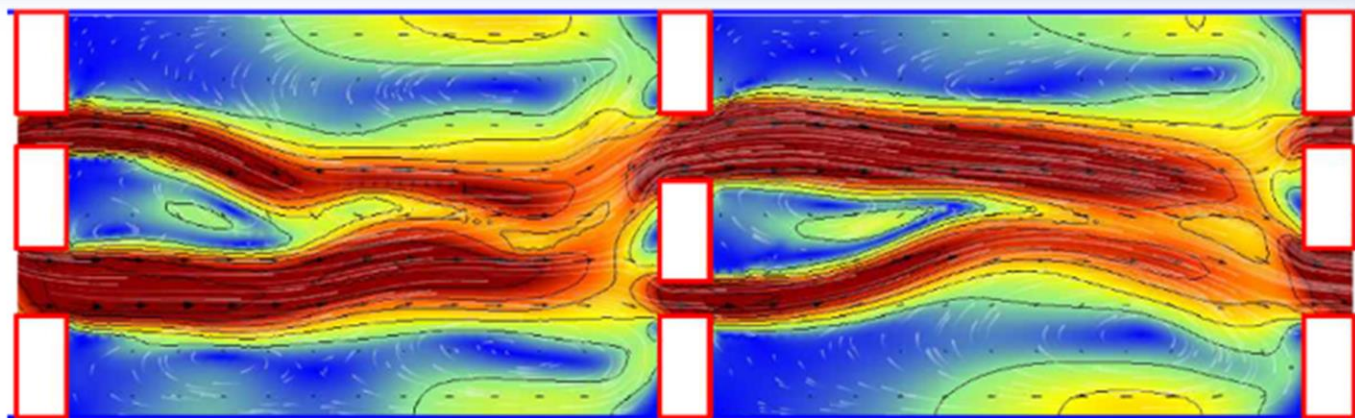
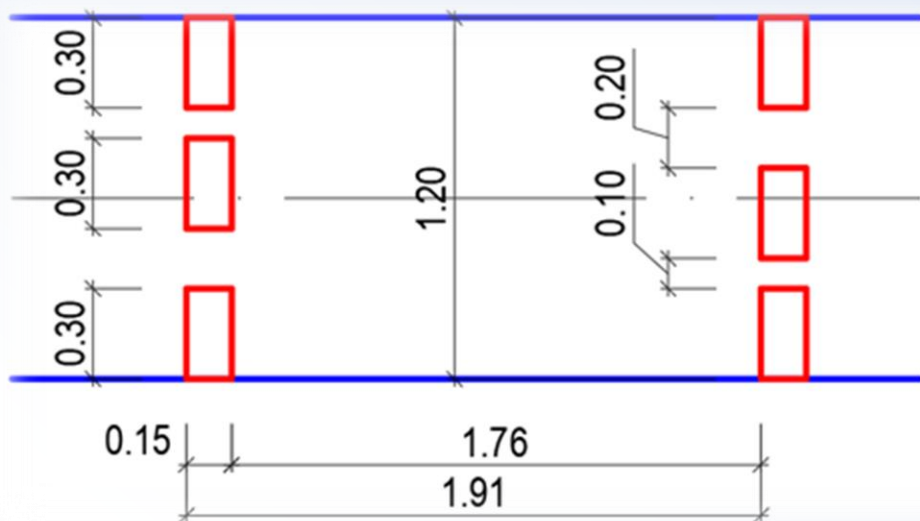


Obr. 5: Výsledek verifikační matematické simulace.

Verifikace 2D modelu



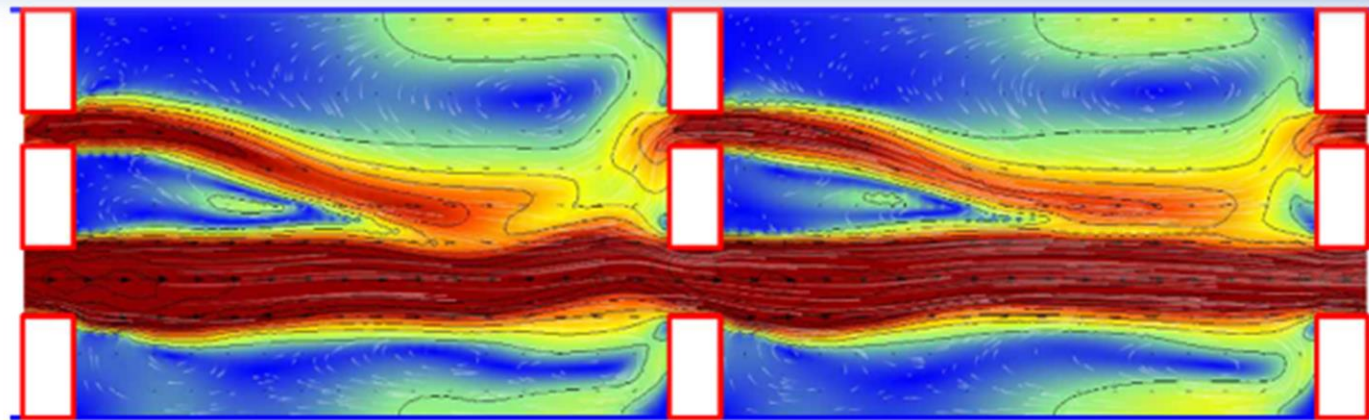
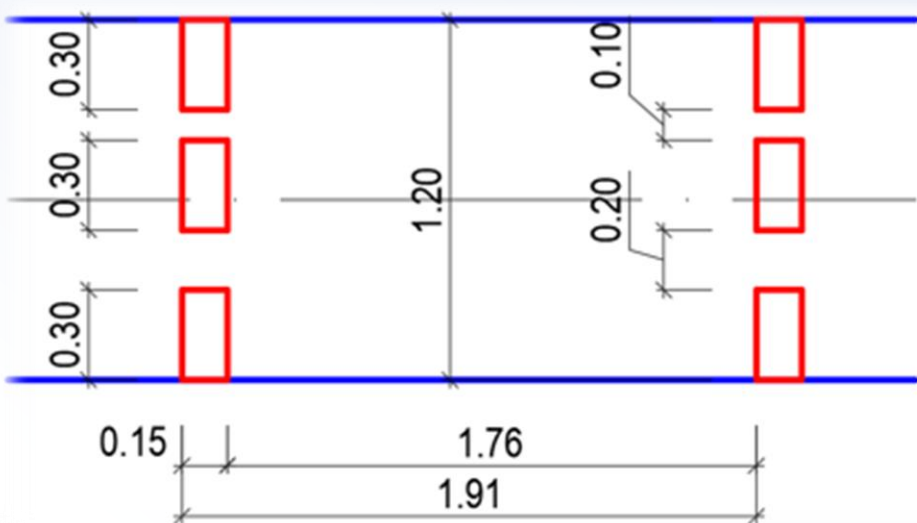
Posuzované varianty



Varianta 1 „Střídavá hlavní mezera“

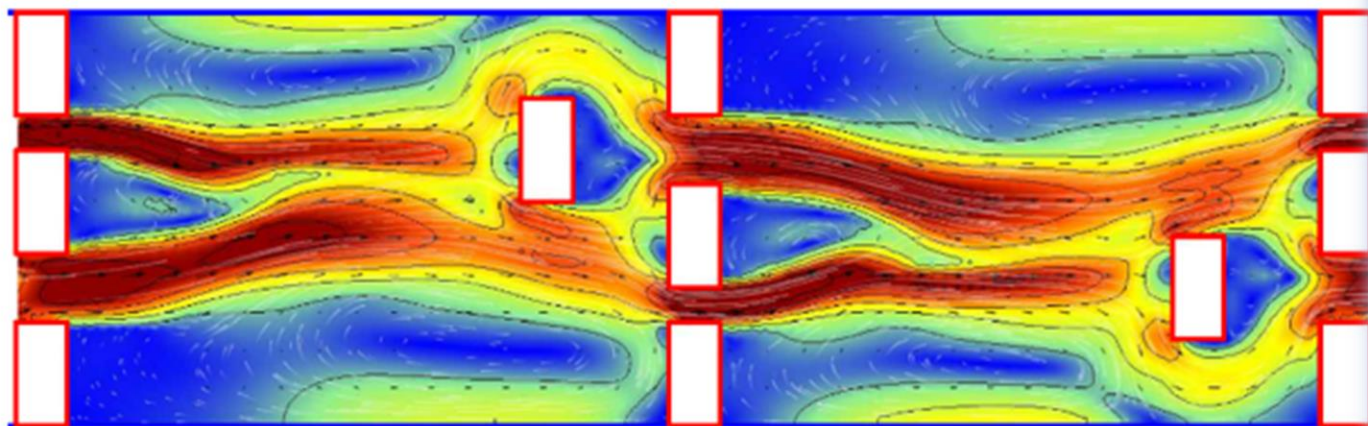
Parametr	zkratka	jednotka	typ limitu	limit	1:15	1:20	1:25
rozdíl navazující úrovně hladin	Δh	[m]	max	0.15	0.20	0.14	0.12
			min	0.5	0.27	0.36	0.42
hloubka vody bazén	h	[m]	opt	0.8	0.47	0.50	0.54
rychlost migrační štěrbina	v	$[m.s^{-1}]$	max	1.2	1.71	1.47	1.30
disipace energie	P	$[W.m^{-3}]$	max	135	349	210	161

Posuzované varianty



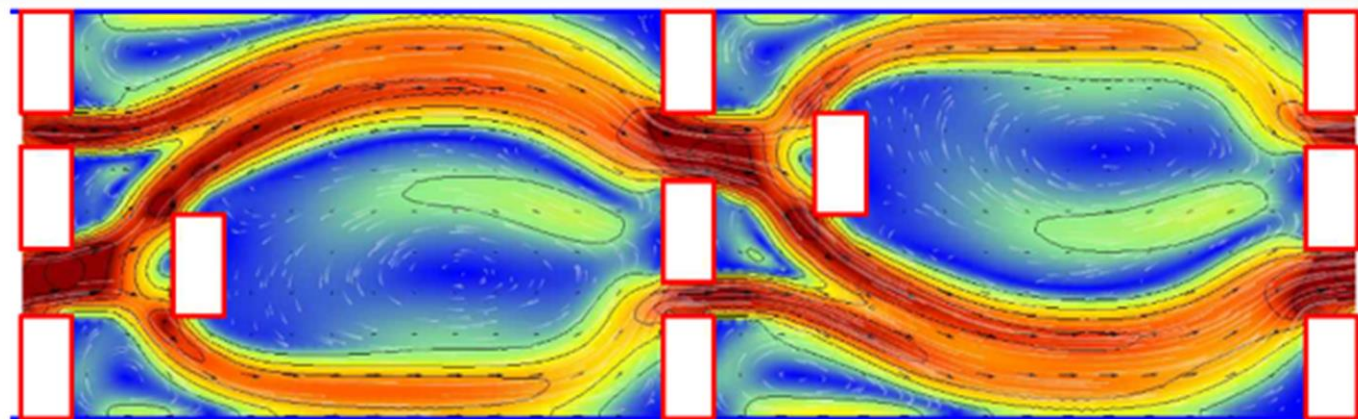
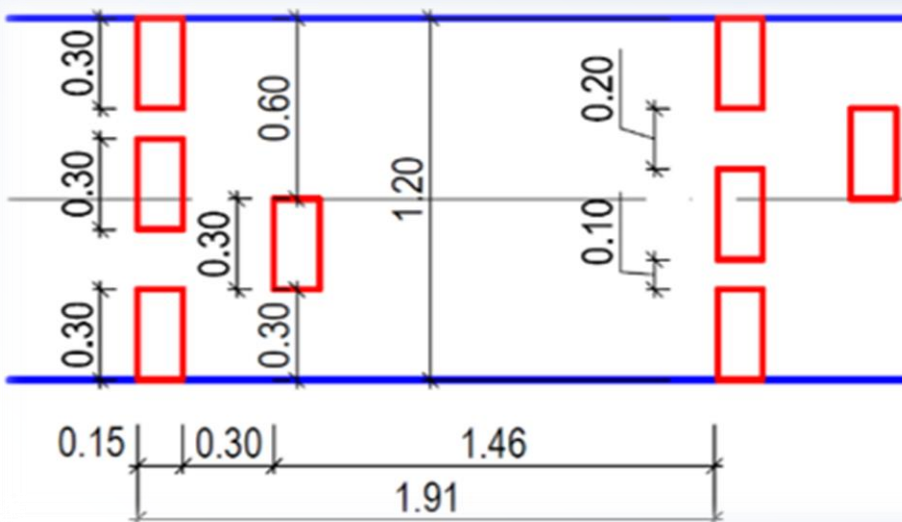
Varianta 2 „Průběžná hlavní mezera“

Parametr	zkratka	jednotka	typ limitu	limit	1:15	1:20	1:25
rozdíl navazující úrovně hladin	Δh	[m]	max	0.15	0.17	0.13	0.12
hloubka vody bazén	h	[m]	min	0.5	0.21	0.29	0.33
			opt	0.8	0.38	0.42	0.45
rychlost migrační štěrbina	v	[m.s ⁻¹]	max	1.2	2.29	1.96	1.78
disipace energie	P	[W.m ⁻³]	max	135	372	236	199



Parametr	zkratka	jednotka	typ limitu	limit	1:15	1:20	1:25
rozdíl navazující úrovně hladin	Δh	[m]	max	0.15	0.17	0.10	0.10
hloubka vody bazén	h	[m]	min	0.5	0.33	0.44	0.50
			opt	0.8	0.50	0.54	0.60
rychlost migrační štěrbina	v	[m.s ⁻¹]	max	1.2	1.35	1.22	1.08
disipace energie	P	[W.m ⁻³]	max	135	264	132	117

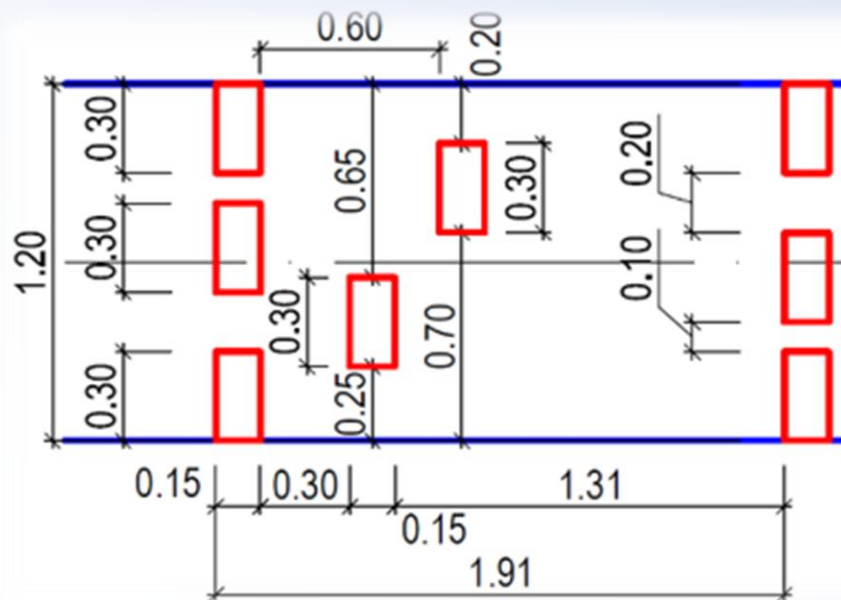
Posuzované varianty



Varianta 4a
„Rozražeč za štěrbinou“

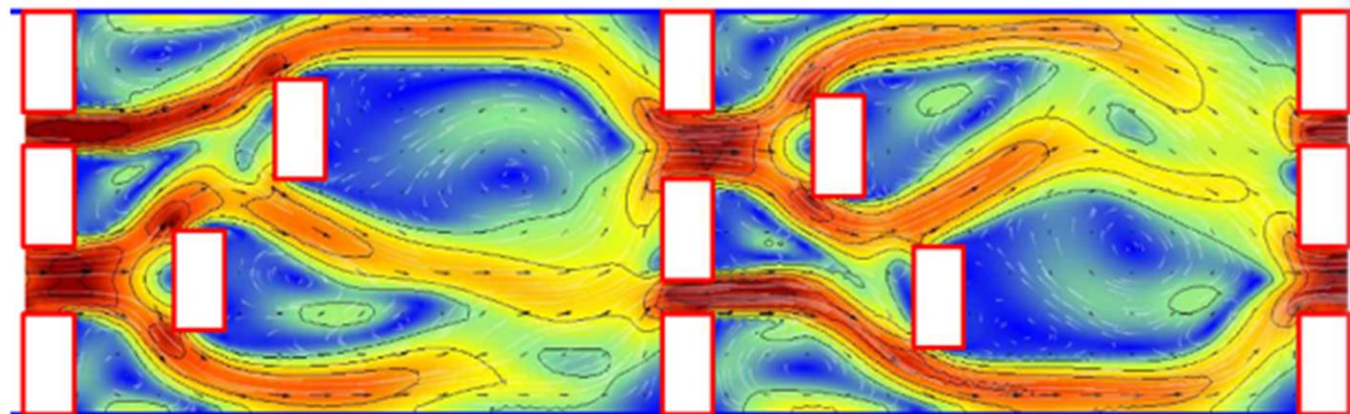
Parametr	zkratka	jednotka	typ limitu	limit	1:15	1:20	1:25
rozdíl navazující úrovně hladin	Δh	[m]	max	0.15	0.13	0.09	0.07
hloubka vody bazén	h	[m]	min	0.5	0.35	0.44	0.50
			opt	0.8	0.48	0.53	0.57
rychlost migrační štěrbina	v	[m.s ⁻¹]	max	1.2	1.58	1.40	1.27
disipace energie	P	[W.m ⁻³]	max	135	202	120	84

Posuzované varianty



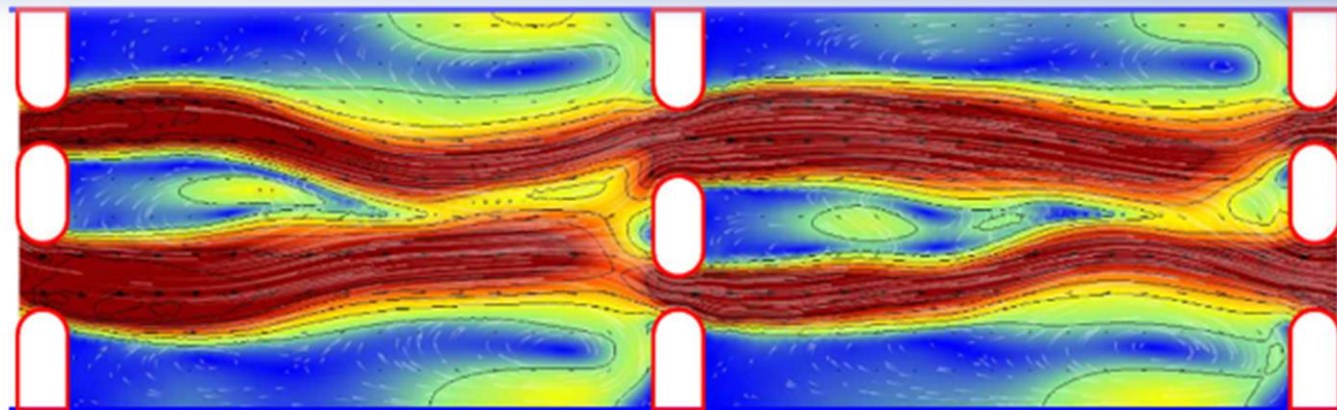
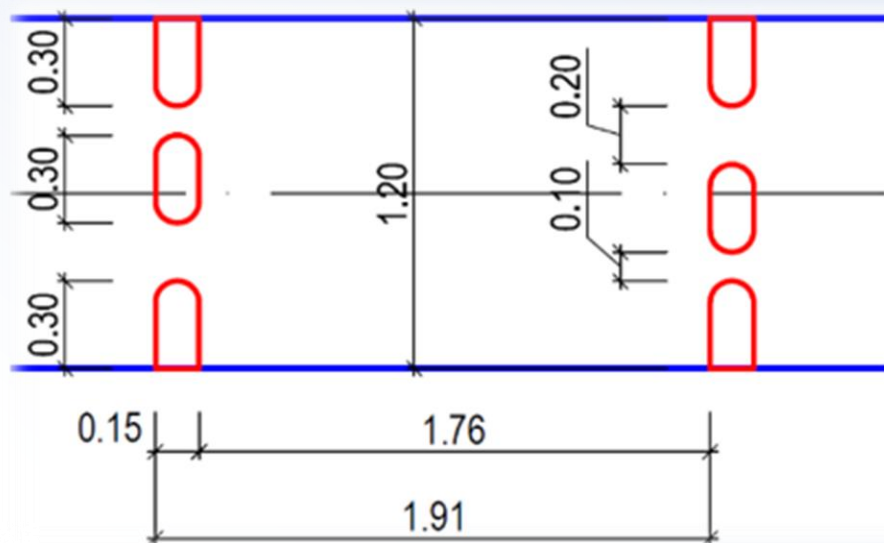
Varianta 4b

„Dva rozražeče za štěrbinami“



Parametr	zkratka	jednotka	typ limitu	limit	1:15	1:20	1:25
rozdíl navazující úrovně hladin	Δh	[m]	max	0.15	0.09	0.08	0.06
hloubka vody bazén	h	[m]	min	0.5	0.41	0.48	0.56
			opt	0.8	0.50	0.56	0.62
rychlost migrační štěrbina	v	[m.s ⁻¹]	max	1.2	1.29	1.14	1.00
disipace energie	P	[W.m ⁻³]	max	135	128	99	66

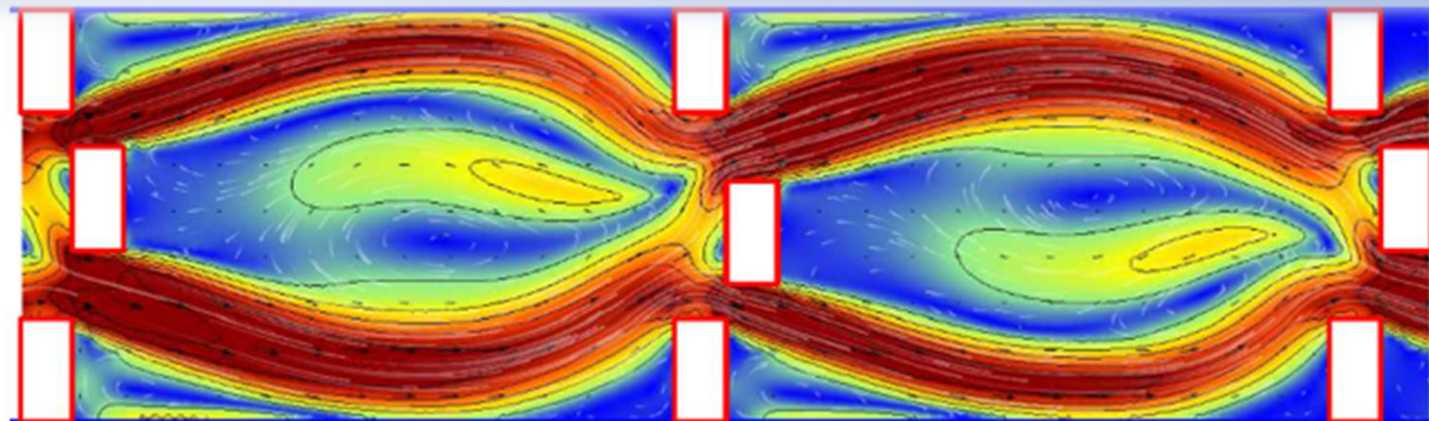
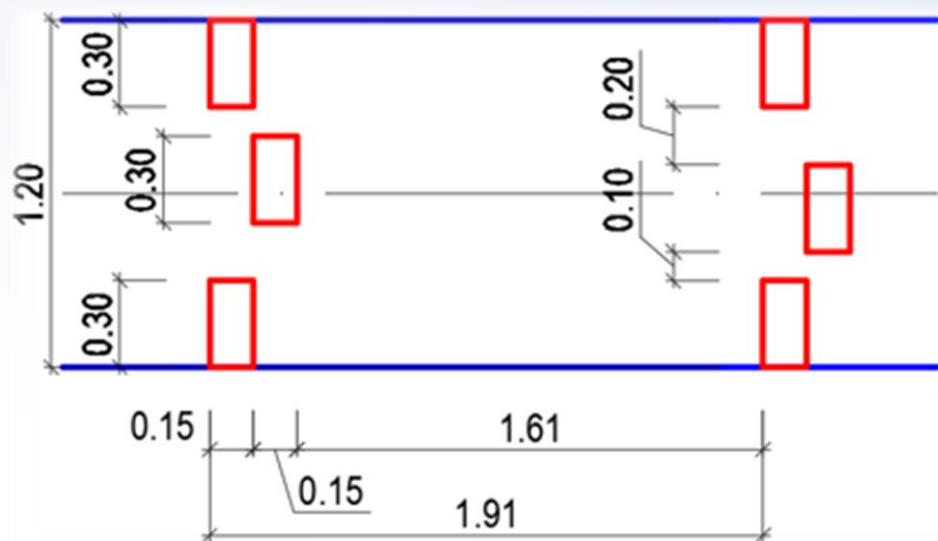
Posuzované varianty



Varianta 5 „Zaoblené prefabrikáty“

Parametr	zkratka	jednotka	typ limitu	limit	1:15	1:20	1:25
rozdíl navazující úrovně hladin	Δh	[m]	max	0.15	0.18	0.15	0.12
hloubka vody bazén	h	[m]	min	0.5	0.20	0.26	0.33
			opt	0.8	0.38	0.41	0.45
rychlost migrační štěrbina	v	[m.s ⁻¹]	max	1.2	1.90	1.62	1.41
disipace energie	P	[W.m ⁻³]	max	135	401	289	199

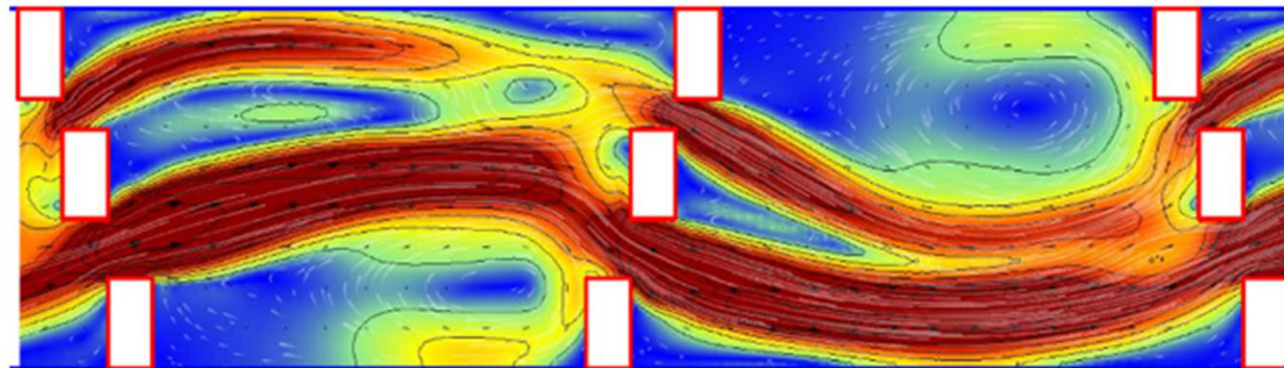
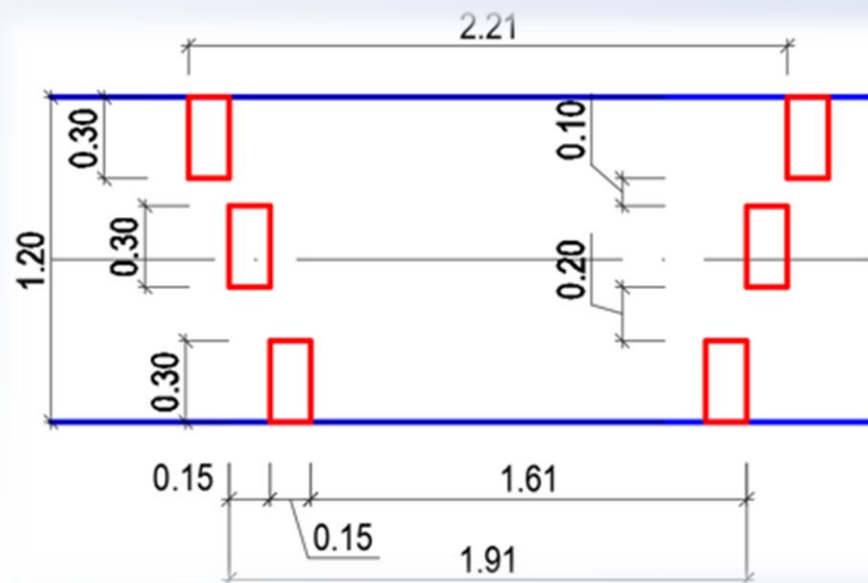
Posuzované varianty



Varianta 6
„Střední prefabrikáty
horizontálně posunuty“

Parametr	zkratka	jednotka	typ limitu	limit	1:15	1:20	1:25
rozdíl navazující úrovně hladin	Δh	[m]	max	0.15	0.15	0.12	0.09
hloubka vody bazén	h	[m]	min	0.5	0.24	0.33	0.38
			opt	0.8	0.39	0.45	0.47
rychlost migrační štěrbina	v	[m.s ⁻¹]	max	1.2	1.57	1.35	1.27
disipace energie	P	[W.m ⁻³]	max	135	307	199	137

Posuzované varianty



Varianta 7

„Prefabrikáty šikmo k ose“

Parametr	zkratka	jednotka	typ limitu	limit	1:15	1:20	1:25
rozdíl navazující úrovně hladin	Δh	[m]	max	0.15	0.15	0.14	0.09
hloubka vody bazén	h	[m]	min	0.5	0.20	0.24	0.29
			opt	0.8	0.35	0.38	0.38
rychlost migrační štěrbina	v	[m.s ⁻¹]	max	1.2	2.08	1.86	1.74
disipace energie	P	[W.m ⁻³]	max	135	352	291	173

Zhodnocení a doporučení

Sklon 1:20	Hloubka v bazénu		Rozdíl hladin	Rychlost ve štěrbině	Disipace energie
	$h_{\min}$ [m]	$h_{\max}$ [m]	Δh [m]	v [m/s]	P [W/m ³]
Limit	min 0.50	-	max 0.15	max 1.20	max 135
Varianta 1	0.36	0.50	0.14	1.47	210
Varianta 2	0.29	0.42	0.13	1.96	236
Varianta 3	0.44	0.54	0.10	1.22	132
Varianta 4a	0.44	0.53	0.09	1.40	120
Varianta 4b	0.48	0.56	0.08	1.14	99
Varianta 5	0.26	0.41	0.15	1.62	289
Varianta 6	0.33	0.45	0.12	1.35	199
Varianta 7	0.24	0.38	0.14	1.86	291

Hodnoty přepočtených kritických veličin při podélném sklonu 1:20 a průtoku 150 l/s

Zhodnocení a doporučení

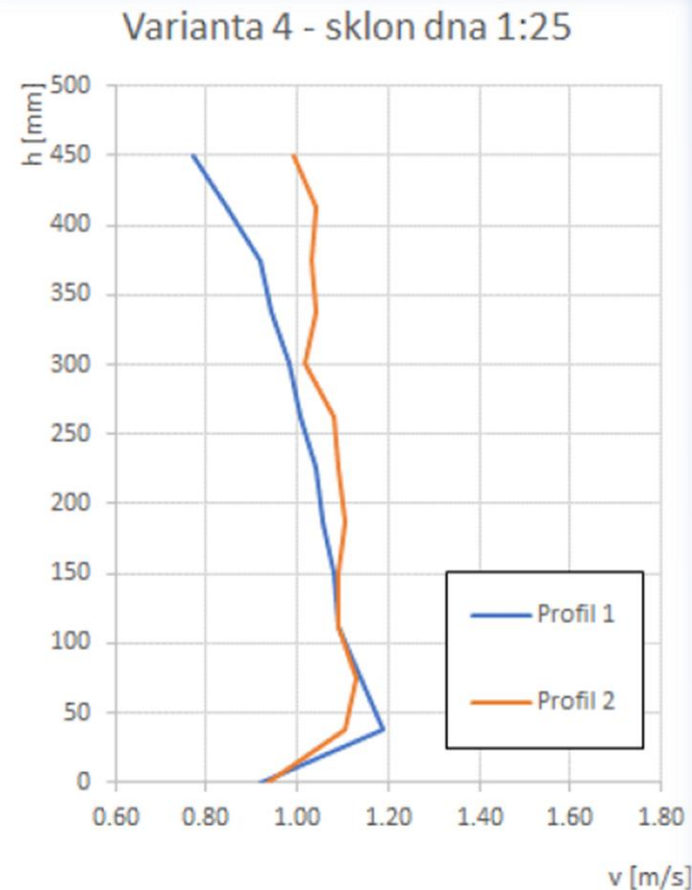
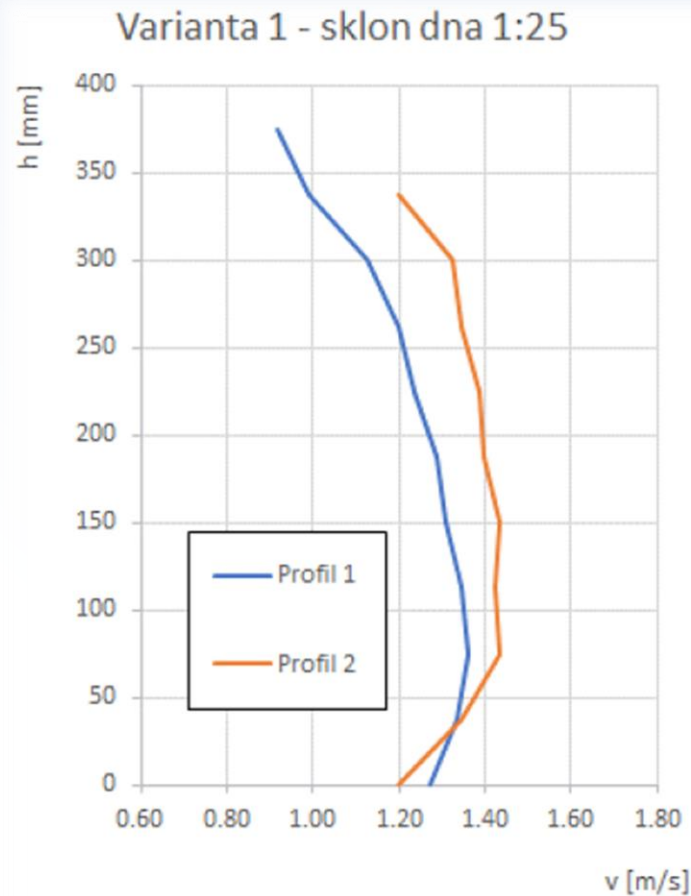
Sklon 1:25	Hloubka v bazénu		Rozdíl hladin	Rychlost ve štěrbině	Disipace energie
	$h_{\min}$ [m]	$h_{\max}$ [m]	Δh [m]	v [m/s]	P [W/m ³]
Limit	min 0.50	-	max 0.15	max 1.20	max 135
Varianta 1	0.42	0.54	0.12	1.30	161
Varianta 2	0.33	0.45	0.12	1.78	199
Varianta 3	0.50	0.60	0.10	1.08	117
Varianta 4a	0.50	0.57	0.07	1.27	84
Varianta 4b	0.56	0.62	0.06	1.00	66
Varianta 5	0.33	0.45	0.12	1.41	199
Varianta 6	0.38	0.47	0.09	1.27	137
Varianta 7	0.29	0.38	0.09	1.74	173

Hodnoty přepočtených kritických veličin při podélném sklonu 1:25 a průtoku 150 l/s

Zhodnocení a doporučení

Svislicové rychlosti

- Příznivý vliv vložením rozražečů
- Zavzduť hladiny v bazénu a snížení rozdílu hladin mezi bazény



Zhodnocení a doporučení

- 2D model ze své podstaty nezachytí vertikální proudění
- Model věrohodně zobrazuje základní veličiny
 - Maximální rychlost ve štěrbině
 - Hloubky v jednotlivých bazénech
 - Lokalizuje hlavní proudy a tůně
- Model potvrdil hypotézu zajištění předpokládaných hydraulických podmínek díky přesné a jednoduché geometrii

Zhodnocení a doporučení

- Optimální konfigurací se jeví přidání rozrážečů do okolí štěrbin
 - to vede ke vzduť hladiny a snížení rychlosti ve štěrbinách
- Pro návrh konfigurace je doporučeno využít 2D matematický model proudění (např. volně dostupný model HEC-RAS 2D)
- Sklon 1:15 je téměř pro všechny varianty příliš strmý
- Lze doporučit max. rozdíl hladin mezi bazény do 10 cm
 - místo doporučených 15 cm (dle TNV 75 2321)
 - sníží se tak i riziko provzdušněného proudění pod štěrbinou
- Nedoporučuje se realizovat zaoblené prefabrikáty
 - sníží se hydraulické ztráty, což vede ke zvýšení rychlosti

Děkuji za pozornost

Ing. Martin Král
martin.kral@pvl.cz

Povodí Vltavy, státní podnik
Holečkova 3178/8
150 00 Praha 5 – Smíchov

