

Analýza vplyvu opevnenia koryta pod haťou VD Hričov na tvorbu výmoľov

Ing. Martin Pavúček, Ing. Ján Rumann, PhD.

Abstrakt

Výskum sa zaoberá problematikou vodného diela Hričov, kde sa vplyvom vybudovaného skráteného vývaru tvoria pri prepúšťaní prietokov výmole. Po povodni bolo rozhodnuté vytvorenie opatrenia, ktoré má zmierniť vytváranie výmoľov. Aj napriek tomuto sanačnému opatreniu sa vytvárajú v podhatí výmole odhaľujúce základy vývaru spoločne s piliermi haťového telesa. Výskum sleduje vplyv navrhnutých variantov riešenia, ktorými by bolo možné vymieľanie dna eliminovať v čo najväčšej miere. Tento výskum bol skúmaný na dvojrozmernom modeli v hydrotechnickom laboratóriu. Výskum vychádzal z výskumu (Orfánus a kol.,2018), ktorý preveril všetky scenáre z manipulačného poriadku spoločne s matematickým modelovaním. Navrhlo sa 5 variantných riešení opevnenia koryta s dĺžkami 11, 18, 20, 22, 24 m. Kombinovalo sa to spoločne aj so zahĺbeniami týchto variantov. Posúdené boli tieto opevnenia na hĺbku výmoľov, vzdialenosti výmoľa od existujúceho prahu vývaru, plochu odnášaného materiálu. Popri tom sa na základe fotodokumentácie vyhodnotil aj vlnový režim tvorený na opevneniach.

Analýza preukázala, že vodorovná doska zarovnaná s existujúcim prahom vývaru sa javí najvhodnejšie pri jednotlivých sledovaných parametroch. Akékoľvek iné riešenia (zahĺbenia) zhoršujú jednotlivé výsledky.

Kľúčové slová: Vývar, výmoľ, tlenie energie, vodné dielo Hričov

Anotácia:

Táto analýza je založená na výskume a celkovej problematike na vodnom diele Hričov. Vplyvom povodní a následnom prepúšťaní týchto prietokov dochádza k odnášaniu materiálu z dna koryta pod haťou. Výsledkom toho môže dôjsť k nebezpečnému narušeniu stability haťového telesa. Preto je potrebné navrhnuť opatrenia, ktoré dostatočne utlmia energiu dopadajúcej vody na dno a analyzovať ich účinky.

The research deals with the issue of the Hričov waterworks, where, due to the built-up shortened stilling basin, scours are formed during leakage flows. After the flood, it was decided to create a measure to mitigate the formation of scour. Despite this remediation measure, a scour revealing the foundation of the stilling basin together with the pillars of the weir are formed in the downstream. The research monitors the impact of the proposed variants of the solution, which could eliminate the creating scours as much as possible. This research was investigated on a two-dimensional model in a hydrotechnical laboratory. The research was based on research (Orfanus et al., 2018), which examined all scenarios from the manipulation order together with mathematical modeling. Five alternative solutions of channel lining with lengths of 11, 18, 20, 22, 24 m were proposed. It was combined with the recesses of these variants. These fortifications were assessed for the depth of the scour, the distance of the scour from the existing stilling basin, the area of the material to be carried away. In addition, on the basis of photodocumentation was also evaluated wave mode formed on fortifications.

The analysis showed that a horizontal lining aligned with the existing stilling basin appears to be most appropriate for the individual endpoints. Any other solutions (recesses) worsen individual results.

Key words: Stilling basin, scour, energy dissipation, Hričov waterwork

Anotation:

This analysis is based on research and the overall issue of the Hričov waterworks. Due to floods and subsequent discharge of these flows, the material is carried away from the riverbed under the weir. As a result, the stability of the weir may be dangerous. It is therefore necessary to propose measures that adequately dissipate the energy of the incident water to the riverbed and analyze their effects.

1 Úvod

Upravovanie a udržiavanie prirodzených korýt si vyžaduje zväčša práce, ktoré majú chrániť riečne koryto a blízke územie pred škodlivými dôsledkami spôsobovanými mechanickou činnosťou tečúcej vody alebo tieto vplyvy zmierniť prípadne odstrániť. Obzvlášť sa takéto vplyvy vytvárajú pri umelých stavbách, kde bolo zanedbané zachovanie prirodzených zásad prúdenia vody a tvorbu korýt. Na vodných dielach sa navrhuje opevnenie pod priepadom na utlmenie energie. (Mäsiar, 1968)

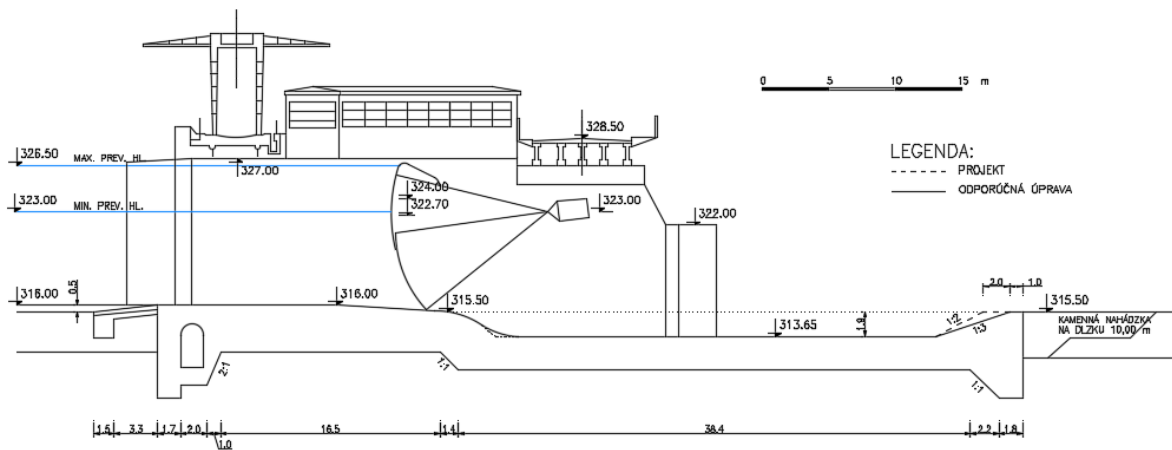
Vodné dielo Hričov je špecifické v tom, pretože z pôvodného návrhu vývaru sa nakoniec vybudoval tzv. technický vývar. Toto má za následok nežiadúce vymieľanie dna riečného koryta. Po nečakanej povodni roku 1965 boli zistené príliš veľké hĺbky výmoľov za vývarom. Preto sa navrhlo vytvoriť opatrenie, ktoré dočasne zamedzí vymieľaniu dna koryta. Vytvorila sa nahádzka ťažkého kameniva za vývarom spoločne s priehradovou konštrukciou, ktorá má zmenšiť vytvorenie výmoľa. Napriek tomu sa vytvárajú výmole dosť veľké nato, aby odkrývali základy hate spoločne s piliermi. (VS Hričov, 2014)

Výskum sa zaoberá analyzovaním niekoľkých navrhovaných variantných riešení na opevnenie dna koryta pod haťou. Na modeli bolo sledované tlmenie energie vo vývare vodnej stavby. Spoločne s tlmením energie prepadajúcej vody sa sledovalo aj tvorenie vlnového režimu vo vývare a v koryte za ním. V rámci riešenia sa nadväzuje na výskum tvorby výmoľov pod haťou vodného diela Hričov (Dušička a kol., 2018), v ktorom sa preverili prevádzkové scenáre v zmysle manipulačného poriadku a boli preverené dva navrhované varianty opevnenia podhatia. Na základe tohto výskumu sa navrhli ďalšie možné varianty opevnenia podhatia s predpokladom zlepšiť tlmiace účinky prepadajúcej vody.

2 Vodné dielo Hričov

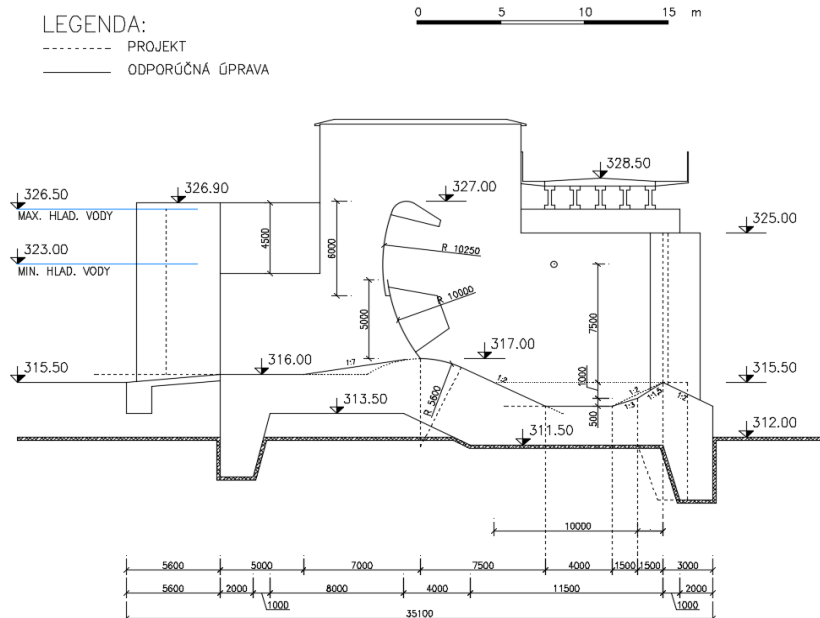
Vodné dielo Hričov je vybudované na rieke Váh pod vodným dielom Žilina. Vytvorená zdrž na vodnom diele akumuluje vodu, z ktorej je využívaná na výrobu elektrickej energie. V čase vyšších prítokov je voda prepúšťaná cez haťové polia. Tu nastáva problém, keď prepadajúca voda ponad uzáver alebo vytekajúca pod uzávermi dosahuje veľkú kinetickú energiu, ktorú je potrebné utlmiť. Účelným objektom je vytvorenie tzv. vývaru za priepadovou plochou.

Pôvodne sa navrhol bežný vývar dosahujúci dĺžku 39,0 m s hĺbkou 1,85 m. Modelový výskum preukázal, že je vhodné predĺžiť vývar na hodnotu 41,0 m a navýšiť hĺbku na 2,0 m. (Obr. 1) Avšak vplyvom niekoľkých zmien bol upravený návrh vývaru na tzv. technický vývar. Ten dosahoval parametre dĺžku 10,0 m s hĺbkou 1,5 m. (Obr. 2) Taktiež ako v pôvodnom návrhu, tento typ bol vymodelovaný a preskúmaný na dvojrozmernom modeli. Výskumníci sa spoliehali na odolnosť skaly nachádzajúcej sa na dne Váhu pod vývarom. Zamerali sa aj na zošíknenie protiprahu na sklon 1:2. Zošíknenie protiprahu malo dosiahnuť usmernenie vodného valca s vodorovnou osou a povrchovým režimom ktorý sa vytváral pod vývarom. Týmto návrhom sa malo zabrániť odkrývaniu hrany protiprahu vývaru a odnášaný materiál sa bude spätne nahadzovať na prah. (Doležal a kol., 1969)



Obr. 1 Pozdĺžny rez pôvodného projektu VD Hričov (Doležal a kol., 1969)

Hať je vybudovaná zo železobetónovej konštrukcie a je rozdelená na 4 haťové polia. Každé pole dosahuje šírku 18,0 m. V pôvodnom návrhu sa rátaťo so šírkou 20,0 m. Hradiaca výška siaha do výšky 9,5 m. Zmenila sa aj kóta prahu hate na hodnotu 316,60 m n.m. Piliere sú oddielované od vývarovej dosky. Keďže je hať rozdelená na 4 polia, delia ich 3 stredové piliere s dĺžkou 28 m. Šírka piliera v najužšom mieste dosahuje 3,0 m a v najširšom 5,0 m. V základovej škáre je navrhnuté potrubie slúžiace ako drén. Tie slúžia na odľahčovanie vztlaku, ktorý vzniká pod haťovým telesom. Tento drén je vyvedený do vývaru hate. (Chládek, 2014)



Obr. 2 Pozdĺžny rez skráteného vývaru (Doležal a kol. 1969)

3 Výskum

Na vodnom diele v čase prepúšťania prietokov, najmä pod vyhradenými segmentami dochádza k vymieľaniu podhatia. Vplyvom toho sú odhaľované základy haťového telesa. V roku 1965 sa vodným dielom prehnala územím Hričova povodeň. Povodeň dosiahla prietok totožný s 10-ročnou vodou (1740 m³/s). Povodeň trvala necelú hodinu a po jej pretrvaní sa namerali pod vývarom výmole s priemernými hĺbkami 4 – 4,5 m. Ako bezpečnostné opatrenie bol za vývar nanosený ťažký kamenný zához spoločne s priehradovou konštrukciou uloženou v dne koryta. Priehradová konštrukcia bola osadená približne vo vzdialenosti 20 m od prahu vývaru. Ďalšie povodne boli zaznamenané aj počas rokov 1996, 1997, 2000, 2001. Každá z týchto povodní sa pohybovala v rozmedzí Q₁₀ a Q₂₀. Po každej povodni bolo potrebné odnesený materiál (ťažký kamenný zához) dosypať a zarovnať dno. (Kijovský, 1968)

Od roku 2017 až 2019 bol zadaný projekt, ktorý má navrhnúť trvalé sanačné opatrenie aby v dostatočnej miere eliminovalo odhaľovanie základov vodného diela. Na základe manipulačného poriadku bola vytvorená *Tabuľka 1*. V tejto tabuľke je vytvorených 16 scenárov približujúcich sa manipulácii na hati, ktoré boli preverené matematickým a dvojrozmerným fyzikálnym modelom. (Dušička a kol., 2018). Pre analýzu vplyvu opevnenia koryta bol vybraný z daných 16 scenárov, scenár č. 9. Prietok je približný 10-ročnej vode a spôsobuje veľké výmole za vývarom. Dôvodom je výtok pod segmentom kedy voda dosahuje vysoké rýchlosti a veľkou kinetickou energiou dopadá na dno koryta. Ďalší scenár bol vybraný č. 14 predstavujúci 100-ročný prietok avšak s nesymetrickou manipuláciou. Posledným prevereným bol scenár č. 16. V tomto prípade prepadá voda cez segment a nespôsobuje veľké vymieľanie dna ale taktiež s nesymetrickou manipuláciou.

Tabuľka 1 Prevádzkové scenáre na fyzikálnom modeli

Scenár	Poloha hornej hladiny	Prietok 1 haťovým poľom	Celkový prietok haťou	Počet haťových pólí	Poloha dolnej hladiny	Spustenie horného segmentu	Zdvih dolného segmentu	Typ prepúšťania
	[m n.m.]	[m ³ .s ⁻¹]	[m ³ .s ⁻¹]	[-]	[m n.m.]	[m]	[m]	
1	326.10	99.50	99.50	1	315.50	1.90	-	prepad cez horný segment
2	326.10	155.00	465.00	3	317.37	2.50	-	prepad cez horný segment
3	326.10	155.00	620.00	4	317.89	2.50	-	prepad cez horný segment
4	326.10	226.00	916.00	4	318.81	1.90	0.60	prepad cez horný segment + výtok pod dolným segmentom
5	325.60	232.25	929.00	4	318.85	1.00	1.00	prepad cez horný segment + výtok pod dolným segmentom
6	325.60	322.50	1202.00	4	319.53	0.40	1.60	prepad cez horný segment + výtok pod dolným segmentom
7	325.10	335.00	1245.00	4	319.62	-	1.80	výtok pod dolným segmentom
8	324.60	338.00	1251.00	4	319.63	-	1.90	výtok pod dolným segmentom
9	324.60	405.75	1623.00	4	320.34	-	2.60	výtok pod dolným segmentom
10	323.60	405.75	1623.00	4	320.34	-	2.90	výtok pod dolným segmentom
11	323.10	525.00	2100.00	4	321.07	-	?	výtok pod dolným segmentom
12	322.24	525.00	2100.00	4	321.07	-	-	voľný prepad cez vyhradenú hať
13	322.85	612.50	2450.00	4	321.52	-	-	voľný prepad cez vyhradenú hať
14	323.26	816.70	2450.00	3	321.52	-	-	voľný prepad cez vyhradenú hať
15	323.74	777.50	3110.00	4	322.17	-	-	voľný prepad cez vyhradenú hať
16	326.60	155.00	465.00	3	317.37	2.5	-	prepad cez horný segment

4 Model a metodika

Dvojrozmerný fyzikálny model vodného diela Hričov bol konštruovaný v sklopnom žľabe hydrotechnického laboratória (*Obr. 3*). Modelom je sledovaná časť výseku haťového poľa (segment, priepad, vývar, podhatie). Nad haťou je vytvorená časť zdrže predstavujúca približne 100 m v skutočnosti. Je vytvorená tak, aby dno dosahovalo kótu 315,60 m n. m. Spodná časť stavby, kde sa

nachádza pohyblivé dno je vytvorené do dĺžky zodpovedajúcej 100 m v skutočnosti. Nadmorská výška dna koryta zodpovedá hodnote 315,10 m n. m.

Rozmery výsekového modelu sú nasledovné:

- Šírka modelu – 0,20 m,
- Dĺžka modelu – približne 7,50 m,
- Výška modelu – 0,50 m.



Obr. 3 Výsekový model v hydrotechnickom laboratóriu

Výsekový model hate a podhatia VD Hričov je navrhnutý pomocou Froudovho zákona, v ktorom sa uvažuje mechanická podobnosť a vyjadruje dynamická podobnosť hydrodynamických javov z výhradného pôsobenia gravitačných síl. Základnými hydraulickými javmi bol sledovaný prepad cez pevnú haň, prepad cez pohyblivý uzáver, výtok pod uzáverom, vodný skok a tlmenie kinetickej energie. Každý z týchto javov je ovplyvnený gravitačnou silou. Ak však je potrebné zachovať mechanické podobnosti medzi modelom a skutočnosťou je nutné zachovať geometrickú a dynamickú podobnosť. Režim prúdenia v tomto prípade musí byť rovnaký ako v skutočnosti. Základná mierka od ktorej sa odvíja model je mierka dĺžok (M_l). Na základe tejto hodnoty sú dopočítané ďalšie geometrické, kinematické a hydraulické veličiny (Tabuľka 2). (Dušička a kol., 2018)

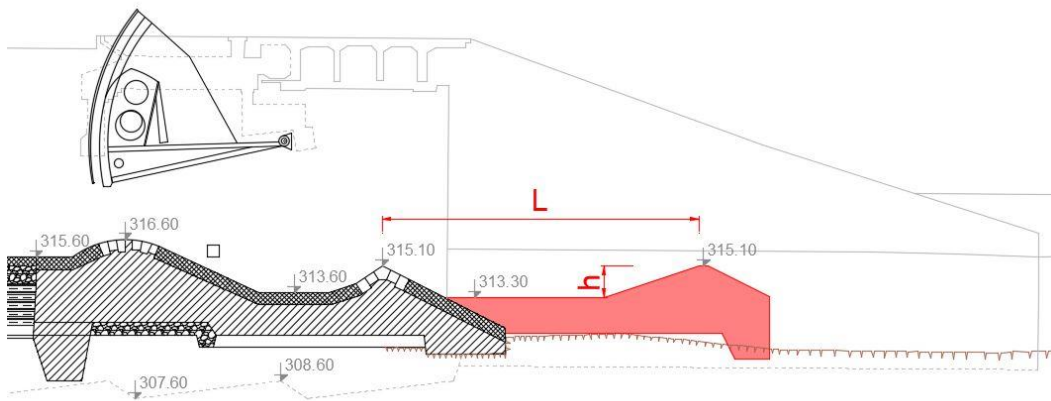
Tabuľka 2 Mierka fyzikálneho modelu

Mierka dĺžok	M_l	1:	40
Mierka plôch	M_s	1:	1 600
Mierka prietokov	M_Q	1:	10 119
Mierka špecifických prietokov	M_q	1:	253
Mierka rýchlostí	M_v	1:	6.325
Mierka drsností	M_n	1:	1 849
Mierka tlakov	M_p	1:	40
Mierka času	M_t	1:	6.325

Metodika merania vyžadovala niekoľko krokov pred každým meraním. Meranie bolo opakované 3-krát pre každý scenár a navrhnuté opatrenie. Z týchto hodnôt bol vytvorený aritmetický priemer ako výsledná hodnota. Všetky simulácie začínali zarovnaním dna koryta na rovnakú nadmorskú výšku ako je prah vývaru. Následne sa zavodnilo odpadové koryto aby sa zamedzilo okamžitému odnosu materiálu. Meranie jednej simulácie trvalo 15 minút (v reálnom čase približne 90 min.) Po uplynutí času sa model vypoľ a nechala sa voda odtečť. Na modeli vodného diela Hričov sa zaznamenávali veličiny: prietok (Q), hladiny (m n. m.) a poloha dna (m n. m.). Prietok bol zaznamenávaný magneticko-indukčným prietokomerom. Hladina bola zameriavaná ultrazvukovými snímačmi s presnosťou až na 1 mm. Pre bezkontaktné merania bol využívaný laserový diaľkometer taktiež s presnosťou na 1 mm. Meranie výmoľov bolo vykonávané v osi modelu.

Opevnenie podhatia je navrhnuté na základe vzniku vodného skoku za prahom existujúceho vývaru. Tento vodný skok spôsobuje vyhodenie vody a spätný dopad na dno koryta, ktorý vytvára erozívne účinky. Vzhľadom na konštrukčné riešenie pilierov a samotného vývaru bolo hľadané také riešenie, ktoré najviac utlmí kinetickú energiu dopadajúcej vody. Aby sa nezasahovalo do základov týchto konštrukcií, bolo navrhnutých niekoľko variantných riešení opevnenia koryta pod haťovým telesom.

Pri jednotlivých návrhoch bol postupne menený parameter L (dĺžka) spoločne aj s parametrom h (zahĺbenie) vychádzajúc podľa *Tabuľka 3 a Obr. 4*. Opevnenie sa uvažuje upraviť tak, že sa bude dotýkať existujúceho vývaru.



Obr. 4 Návrh opevnenia podhatia za vývarom

Tabuľka 3 Rozdelenie navrhnutých variantných riešení opevnenia podhatia

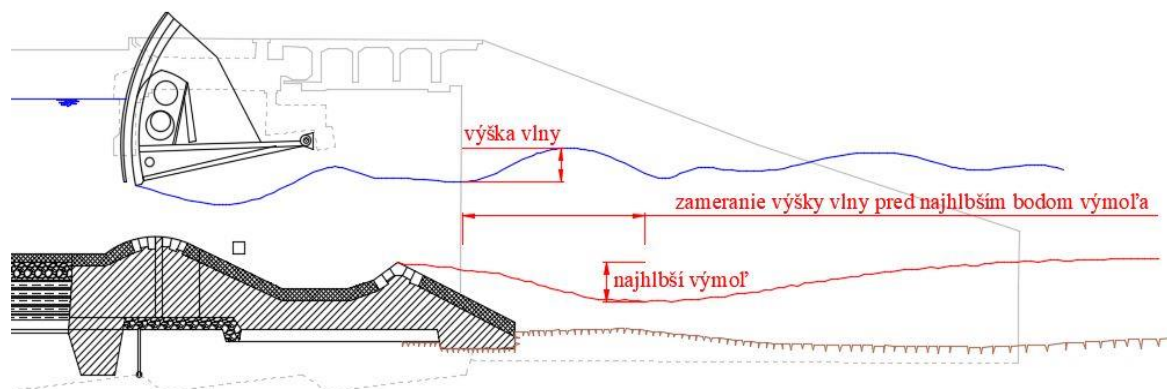
		Dĺžka "L" [m]				
		11	18	20	22	24
Hĺbka "h" [m]	0	A	B	C	D	E
	0.9	-	B ₁	C ₁	D ₁	-
	1.8	-	B ₂	C ₂	D ₂	-

5 Výsledky

Navrhované varianty vývarov (opevnenia) budú posudzované na základe veľkosti vzniknutého výmoľa. Keďže podklady k podhatiu na vodnom diele Hričov nie sú dostatočné (úroveň nepriepustného podložja, krivka zrnitosti, uľahnutosť atď.), nedá sa presne určiť hĺbku vytvorenia výmoľa. Pre výsledok merania je dôležité zameranie sa na kvantitatívny výsledok.

Preverované varianty sledovali tvorenie aký veľký výmoľ vznikol na jednotlivých opevneniach. Ďalším sledovaným údajom, je tvorenie vlnového režimu nad opevneniami. Po simulácii boli vyhodnocované parametre výmoľa (hĺbka, vzdialenosť od prahu existujúceho vývaru, plocha odneseného materiálu) pre jednotlivé scenáre. Vlnový režim sa zaznamenával z fotografií vyhotovených počas priebehu simulácie v rovnakých časových intervaloch jednotlivých simulácií. Následne sa toto vlnenie vyhodnotilo v programe AutoCad s odčítaním parametrov vlny Obr. 5 (výška vlny, amplitúda voči najhlbšiemu miestu výmoľa). Popri analýze sa zameriavala aj poloha hladiny z ktorej je možné posúdiť priaznivosť účinku sekundárneho opevnenia.

Porovnanie výsledkov meraní a ich parametre boli vzťahované k existujúcemu vývaru. Výsledky bez sekundárneho opevnenia predstavujú 100% hodnoty od ktorej budú posudzované výsledky simulácií so sekundárnym opatrením. Údaje namerané vo výsekovom modeli boli zostavené do tabuliek a grafov. (Tabuľka 4, Tabuľka 5, Tabuľka 6) a (Obr. 6, Obr. 7, Obr. 8)

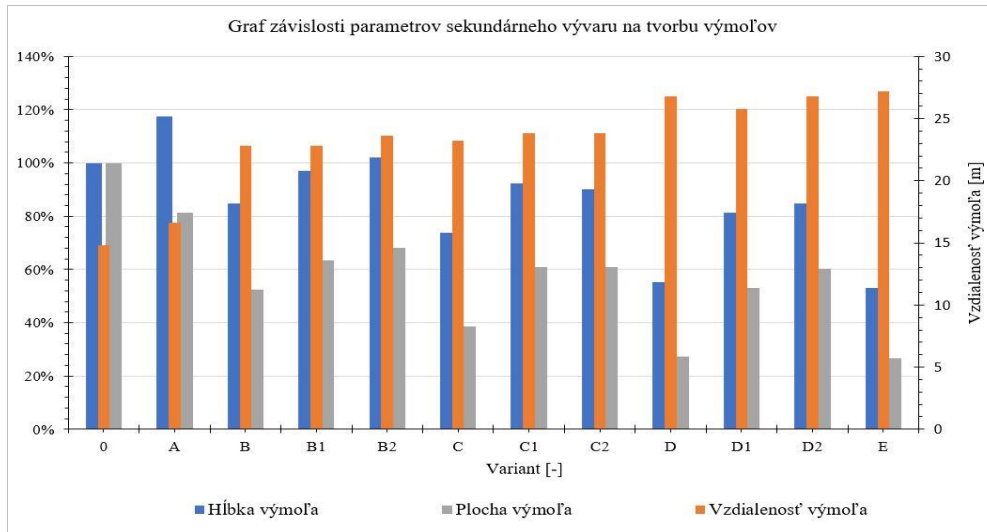


Obr. 5 Meranie hĺbky výmoľa a zameranie vlnového režimu

SCENÁR č. 9

Tabuľka 4 Výsledky simulácie Scenára 9

Variant	Dĺžka vývaru	Hĺbka vývaru	Hĺbka výmoľa		Vzdialenosť výmoľa	Plocha výmoľa		Výška vlny	Poloha hladiny v koryte (zadaná)	Meraná horná hladina	Meraná dolná hladina
			[m]	[%]		[m ²]	[%]				
0	0	0	2.26	100%	14.8	40.7	100%	1.96	320.34	323.98	320.38
A	11	0	2.66	117%	16.6	33.1	81%	1.93	320.34	-	-
B	18	0	1.92	85%	22.8	21.3	52%	1.93	320.34	323.74	320.41
B ₁	18	0.9	2.20	97%	22.8	25.8	64%	3.13	320.34	323.87	320.45
B ₂	18	1.8	2.31	102%	23.6	27.8	68%	3.07	320.34	323.97	320.42
C	20	0	1.67	74%	23.2	15.7	39%	1.19	320.34	323.75	320.45
C ₁	20	0.9	2.09	92%	23.8	24.8	61%	0.65	320.34	323.89	320.42
C ₂	20	1.8	2.04	90%	23.8	24.7	61%	0.74	320.34	323.97	320.45
D	22	0	1.25	55%	26.8	11.1	27%	0.81	320.34	-	-
D ₁	22	0.9	1.84	81%	25.8	21.6	53%	1.01	320.34	323.89	320.35
D ₂	22	1.8	1.92	85%	26.8	24.5	60%	1.67	320.34	324.05	320.43
E	24	0	1.20	53%	27.2	10.8	27%	0.67	320.34	323.85	320.42

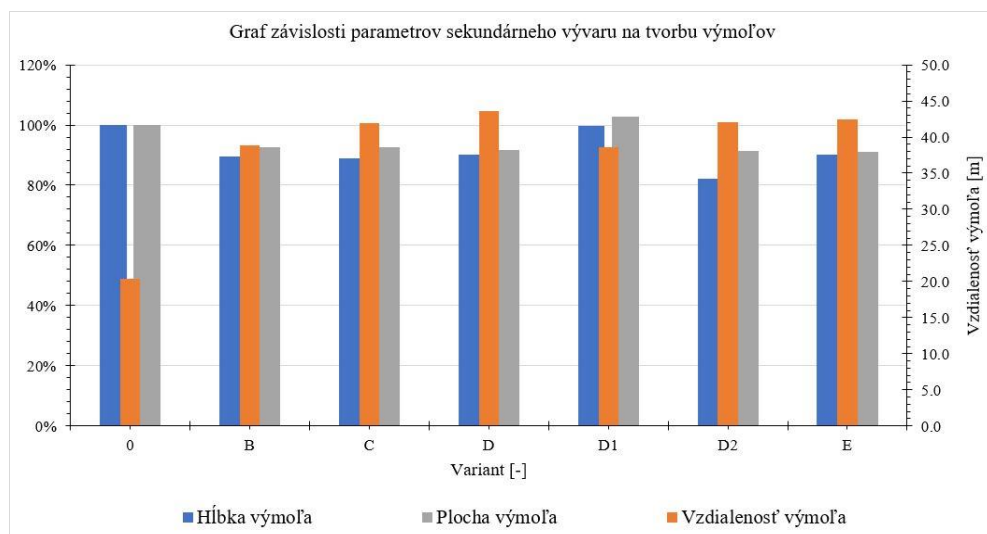


Obr. 6 Graf výsledných hodnôt simulácie Scenára 9

SCENÁR č. 14

Tabuľka 5 Výsledky simulácie Scenára 14

Variant	Dĺžka vývaru [m]	Hĺbka vývaru [m]	Hĺbka výmoľa		Vzdialenosť výmoľa [m]	Plocha výmoľa		Výška vlny [m]	Poloha hladiny v koryte (zadaná) [m n.m.]	Meraná horná hladina [m n.m.]	Meraná dolná hladina [m n.m.]
			[m]	[%]		[m ²]	[%]				
			[-]	[m]		[m]	[%]				
0	0	0	4.78	100%	20.4	170.4	100%	0.25	321.52	-	-
A	11	0	-	-	-	-	-	-	321.52	-	-
B	18	0	4.28	90%	38.9	157.9	93%	0.94	321.52	322.57	321.62
B ₁	18	0.9	-	-	-	-	-	-	321.52	-	-
B ₂	18	1.8	-	-	-	-	-	-	321.52	-	-
C	20	0	4.24	89%	41.9	158.0	93%	0.35	321.52	322.55	321.70
C ₁	20	0.9	-	-	-	-	-	-	321.52	-	-
C ₂	20	1.8	-	-	-	-	-	-	321.52	-	-
D	22	0	4.31	90%	43.6	156.1	92%	0.25	321.52	322.53	321.62
D ₁	22	0.9	4.76	100%	38.6	175.2	103%	0.97	321.52	322.53	321.62
D ₂	22	1.8	3.93	82%	42.1	155.7	91%	0.44	321.52	322.54	321.66
E	24	0	4.31	90%	42.4	155.2	91%	0.92	321.52	322.55	321.59

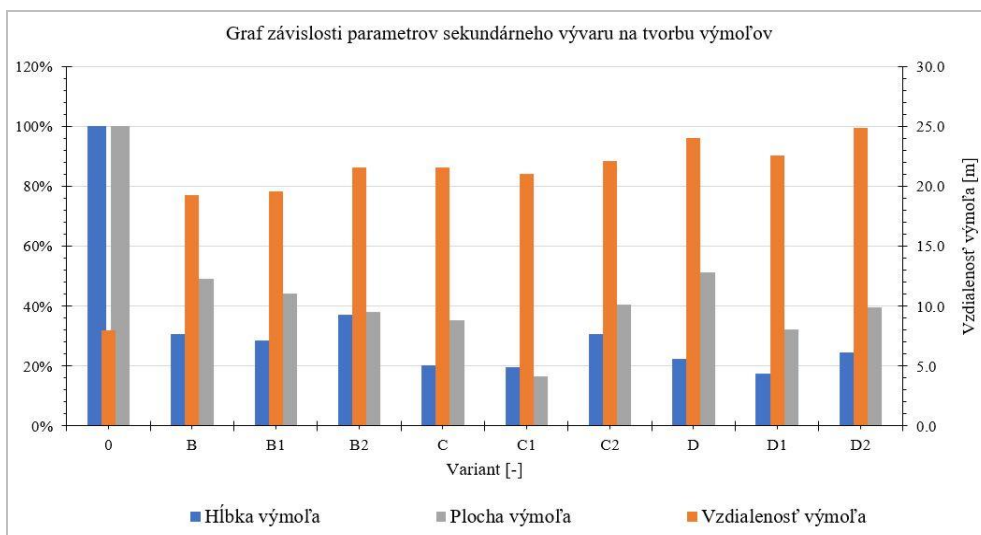


Obr. 7 Graf výsledných hodnôt simulácie Scenára 14

SCENÁR č. 16

Tabuľka 6 Výsledky simulácie Scenáru 16

Variant	Dĺžka vývaru	Hĺbka vývaru	Hĺbka výmoľa		Vzdialenosť výmoľa	Plocha výmoľa		Výška vlny	Poloha hladiny v koryte (zadaná)	Meraná horná hladina	Meraná dolná hladina
			[m]	[%]		[m ²]	[%]				
			[m]	[%]		[m ²]	[%]				
0	0	0	1.43	100%	8.0	13.2	100%	0.86	317.37	-	-
A	11	0	-	-	-	-	-	-	317.37	-	-
B	18	0	0.44	31%	19.3	6.5	49%	0.32	317.37	326.06	317.38
B ₁	18	0.9	0.41	29%	19.6	5.9	44%	0.49	317.37	326.06	317.38
B ₂	18	1.8	0.53	37%	21.6	5.0	38%	1.08	317.37	326.06	317.38
C	20	0	0.29	20%	21.6	4.7	35%	0.74	317.37	326.06	317.38
C ₁	20	0.9	0.28	20%	21.0	2.2	16%	1.00	317.37	326.06	317.38
C ₂	20	1.8	0.44	31%	22.1	5.4	41%	0.55	317.37	326.06	317.38
D	22	0	0.32	22%	24.0	6.8	51%	0.49	317.37	326.06	317.38
D ₁	22	0.9	0.25	17%	22.6	4.3	32%	0.36	317.37	326.06	317.38
D ₂	22	1.8	0.35	24%	24.9	5.3	40%	0.07	317.37	326.06	317.38
E	24	0	-	-	-	-	-	-	317.37	-	-



Obr. 8 Graf výsledných hodnôt simulácie Scenáru 16

6 Záver

Cieľom analýzy bolo vyhodnotené riešenie opevnenia koryta dna pod haťou vodného diela Hričov. V hydrotechnickom laboratóriu na dvojrozmernom modeli boli preskúmané variantné riešenia opevnenia koryta. Premerané boli dĺžky opevnenia 11, 18, 20, 22, 24 m. Na základe hydraulického výpočtu sa navrhla približná hĺbka vývaru, ktorá by mohla dostatočne utlmiť energiu dopadajúcej vody. Návrh zahĺbenia bol rozdelený na polovičnú hodnotu 0,9 m a celkovú hodnotu 1,8 m. Z manipulačného poriadku prepúšťania prietokov pozostávajúci zo 16 scenárov sa vybrali 3, pre ktoré bol výskum vypracovaný. Preveril sa prietok približný náhlejši povodni roku 1965. Ďalšími boli preverené aj dve nesymetrické manipulácie segmentov, ktorého scenáre majú významný vplyv na tvorbu výmoľov v podhatí.

Meranie a vyhodnotenie údajov ukázalo, že vodorovné opevnenie za vývarom má oveľa priaznivejšie účinky pri tlmení energie ako zahĺbené varianty. Preverenie týchto variantných riešení potvrdilo, že čím sa opevnenie predlžuje, tým sa znižuje hĺbka a taktiež plocha výmoľa. Akékoľvek zahĺbenie na danej stavbe sa javí nepriaznivo. Je to spôsobené protiprahom existujúceho skráteného vývaru, ktorý vytvára povrchový režim vodného skoku a tým zvyšuje turbulenciu v prúde. Ak sa sekundárny vývar zahĺbi, znova sa vytvorí ďalší protiprah na konci vytvárajúci ďalšiu turbulenciu. Za prahom sa vytvorí menší výmoľ v porovnaní s nespevným dnom koryta ale ostáva väčší ako pri nezahĺbenej doske. Rovnako to bolo dokázané aj pri meraní vlnového režimu, že na nezahĺbenej doske sa voda rýchlejšie utlmila. V prípade, že haťou pretekal nesymetricky povodňový prietok za stavu úplne vyhradeného dvojsegmentu nebolo zistené pri žiadnom z navrhnutých opevnení výraznejšie zlepšenie. Vlny sa v tomto scenári nevytvárali nakoľko vznikol zavzdutý vodný skok. Za podmienok bežného prepúšťania cez horný segment nesymetrickou manipuláciou bol utmienený vodný skok vo všetkých variantoch. Z výsledkov sa vyhotovili grafy závislosti dĺžky opevnenia na tvorbu výmoľov, z ktorých sa dá odčítať, ktorý variant utlmil v dostatočnej miere kinetickú energiu spoločne s výškou vln.

PodĎakovanie:

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-18-0472.

7 Literatúra

- Čábelka, J., Gabriel, P., *Matematické a fyzikálne modelovanie v hydrotechnike*. ČAV PRAHA, 1987
- Doležal, L., Kijovský, A., Hubáček, Z. *Nové smery v úprave vodných tokov*. BRATISLAVA, 1969
- Dušíčka, P., Orfánus, M., Rumann, J. *Hydraulický výskum vývaru podhatia VD Hričov*. BRATISLAVA, 2018
- Grandtner, T., Furda, J., *Hate – Návrh pevnej spodnej stavby pohyblivej hate*. SVŠT v BRATISLAVE, 1984
- Chládek, P. 2014. *VS HRIČOV - STANOVENIE HLAVNÝCH PARAMETROV PODHATIA*. Bratislava: CABEX s.r.o., 2014
- Kijovský, A. *Technická správa – Vodné dielo Hričov REKONŠTRUKCIA po povodni 1965 konečný návrh rekonštrukcie – zjednodušená dokumentácia*. HYDROPROJEKT BRATISLAVA, 1968
- Mäsiar, E., Kamenský, J., *Hydraulika pre stavebných inžinierov I*. BRATISLAVA, ALFA 1968
- Mäsiar, E., Kamenský, J., *Hydraulika II*. STU v BRATISLAVE, 2001
- Novak, P., Moffat, A.I.B, Nalluri, C., Narayanan R., *Hydraulic structures fourth edition*. LONDON & NEW YORK, 2007
- Vodné dielo Hričov. *Manipulačný poriadok*. HYDROCONSULT BRATISLAVA, 1984
- VS Hričov – „Stanovenie hlavných parametrov podhatia“ *Technická správa*. CABEX s.r.o., 2014