

 HG partner s.r.o. Smetanova 200, 250 82 Úvaly www.hgpartner.cz		Tel/fax: 246 082 015 777/161 198 email: vrzak@hgpartner.cz		Paré č.:	
Investor: Povodí Labe, státní podnik, Víta Nejedlého 951/8, Hradec Králové				Počet A4:	5
Odpovědný projektant:	Ing. Jaroslav Vrzák		Datum:	03/2023	
Vypracoval:	Ing. Jindřich Honner		Změna:	-	
Akce: VD Kostomlátky - rekonstrukce dělicích zdí PK			Účel:	DSJ	
			Č. zakázky	H 23/008	
Název části: HYDROTECHNICKÉ VÝPOČTY			Část:	D	
Část: DOKUMENTACE OBJEKTŮ			Měřítko: -	C. přílohy: D.11	

D.11 Hydrotechnické posouzení

Obsah

D.11.1 Použité podklady	2
a) Výkresová dokumentace	2
b) Vlastní průzkum	2
c) Hydrologické podklady.....	2
d) Literární podklady.....	2
D.11.2 Teoretický základ provedených výpočtů.....	3
a) Rovnice spojitosti	3
b) Chézyho rovnice	3
D.11.3 Dosažené výsledky a jejich závěry.....	3
a) Provedené výpočty a postup výpočetních prací.....	3
b) Posouzení rozšíření dělicí zdi	4
c) Závěr	6

D.11.1 Použité podklady

a) Výkresová dokumentace

Pro projektové práce byla k dispozici projektová dokumentace, jež je přílohou platného manipulačního řádu. Dále pak byla k dispozici výkresová dokumentace stávajícího stavu plavební komory a PD „VD Kostomlátky – rekonstrukce dělicích zdí PK“ včetně geodetického zaměření. Polohopis byl v souřadnicovém systému S-JTSK, výškopis byl ve výškovém systému Bpv.

b) Vlastní průzkum

V dané lokalitě byly provedeny prohlídky. Během pochůzky byla pořízena fotodokumentace a uceleny představy obecně o úseku toku. V rámci projektové přípravy byl proveden potápěčský a inženýrsko-geologický průzkum, které byly v tomto případě využity pro lepší představu o tvaru a materiálu přírodního dna a potažmo i lepšímu odhadu

c) Hydrologické podklady

Součástí zapracovaných podkladů byly řady N-letých a m-denních průtoků, poskytnuté ČHMÚ, pobočkou Hradec Králové v roce 2017.

Tok:	Labe
Profil:	jez Kostomlátky
Hydrologické číslo povodí:	1-04-05-0690
Plocha povodí:	9 743,62 km ²
Průměrná dlouhodobá roční výška srážek (Pa):	722 mm
Průměrný dlouhodobý roční průtok (Qa), tř. II:	73,8 m ³ /s

m-denní průtoky (Q_{md}) v m³/s:

m	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	355	364
Qmd	162	115	90,9	72,7	60,2	50,7	43,5	37,1	32,4	28,0	23,7	19,3	14,9

N-leté průtoky (Q_N) v m³/s:

N	1	2	5	10	20	50	100
QN	350	460	612	731	854	1020	1150

d) Literární podklady

KOLÁŘ, Václav, Cyril PATOČKA a Jiří BÉM. Hydraulika. Praha: SNTL, 1983.
 Manipulační řád pro vodní dílo Kostomlátky, Labe ř.km 891,440, Povodí Labe, říjen 2017
 Výkresy stávajícího stavu PK, Ing. Petr Vávra, listopad 2016
 Geodetické zaměření, Ing. Jiří Vančura, září 2019
 PD „VD Kostomlátky – rekonstrukce dělicích zdí PK“, HG Partner s.r.o., květen 2020
 R. L. Mott: Applied Fluid Mechanics, 5th Edition, Prentice-Hall, New Jersey, 2000
 GABRIEL, P. Jezy. Praha SNTL, 1989

D.11.2 Teoretický základ provedených výpočtů

a) Rovnice spojitosti

Rovnice spojitosti vychází ze zákona zachování hmoty a v tomto případě se jedná o její tvar:

$$Q = v S,$$

kde $Q...$ objemový průtok [m^3/s]
 $v...$ rychlost proudění vody [m/s]
 $S...$ průtočná plocha [m^2]

b) Chézyho rovnice

Rovnice se užívá pro výpočet rychlosti při rovnoměrném proudění v otevřeném korytě. Její tvar je:

$$v = C \sqrt{R i},$$

kde $C...$ Chézyho rychlostní součinitel [$\text{m}^{0.5}/\text{s}$]
 $R...$ hydraulický poloměr [m]
 $i...$ sklon čáry energie [-]

V ní vystupující Chézyho rychlostní součinitel lze vypočíst dle *Manninga*:

$$C = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}},$$

kde $n...$ součinitel drsnosti [-]

D.11.3 Dosažené výsledky a jejich závěry

a) Provedené výpočty a postup výpočetních prací

Posouzení bylo provedeno pro profil v nadjezí, cca na konci horní dělicí zdi. Posouzení bylo provedeno při uvažování předpokladů odpovídajících skutečnosti:

1) Uvažován byl stav, kdy v nadjezí je nominální hladina (181,29 m n. m.), ale jezové uzávěry jsou vyhrazeny, resp. vliv jezu není vůbec uvažován.

2) Malá vodní elektrárna u levého břehu je odstavena a voda tak v oblasti za nornou stěnou na jejím nátoku neproudí. (V případě, že by proudila, tak by byla průtočná plocha větší a vliv na výšku hladiny tak menší).

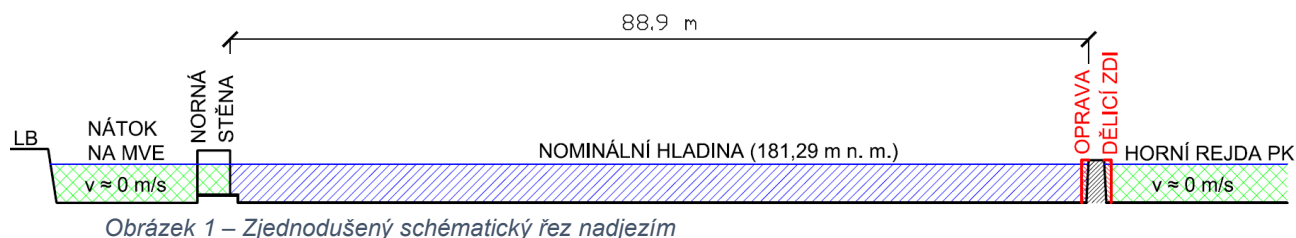
3) Vrata plavební komory jsou uzavřena, nedochází k jejímu plnění ani prázdnění a voda tak v oblasti horní rejdy neproudí

4) Oblasti s nulovou rychlostí (horní rejda PK a nátok na MVE) nejsou uvažovány

5) Součinitel drsnosti byl odhadnut jako $n = 0,025$ (dle *Manninga*)

6) Proudění je považováno za rovnoměrné ustálené. Sklon čáry energie je tak roven sklonu dna. Tento sklon je uvažován 0,05 %.

Výsledná průtočná plocha (na obrázku vyznačena modře) je nadále uvažována ve výpočtech. Obrázek je pouze zjednodušené schématické zobrazení průtočné plochy. Skutečná plocha byla stanovena na základě výkresů stávajícího stavu a geodetického zaměření.



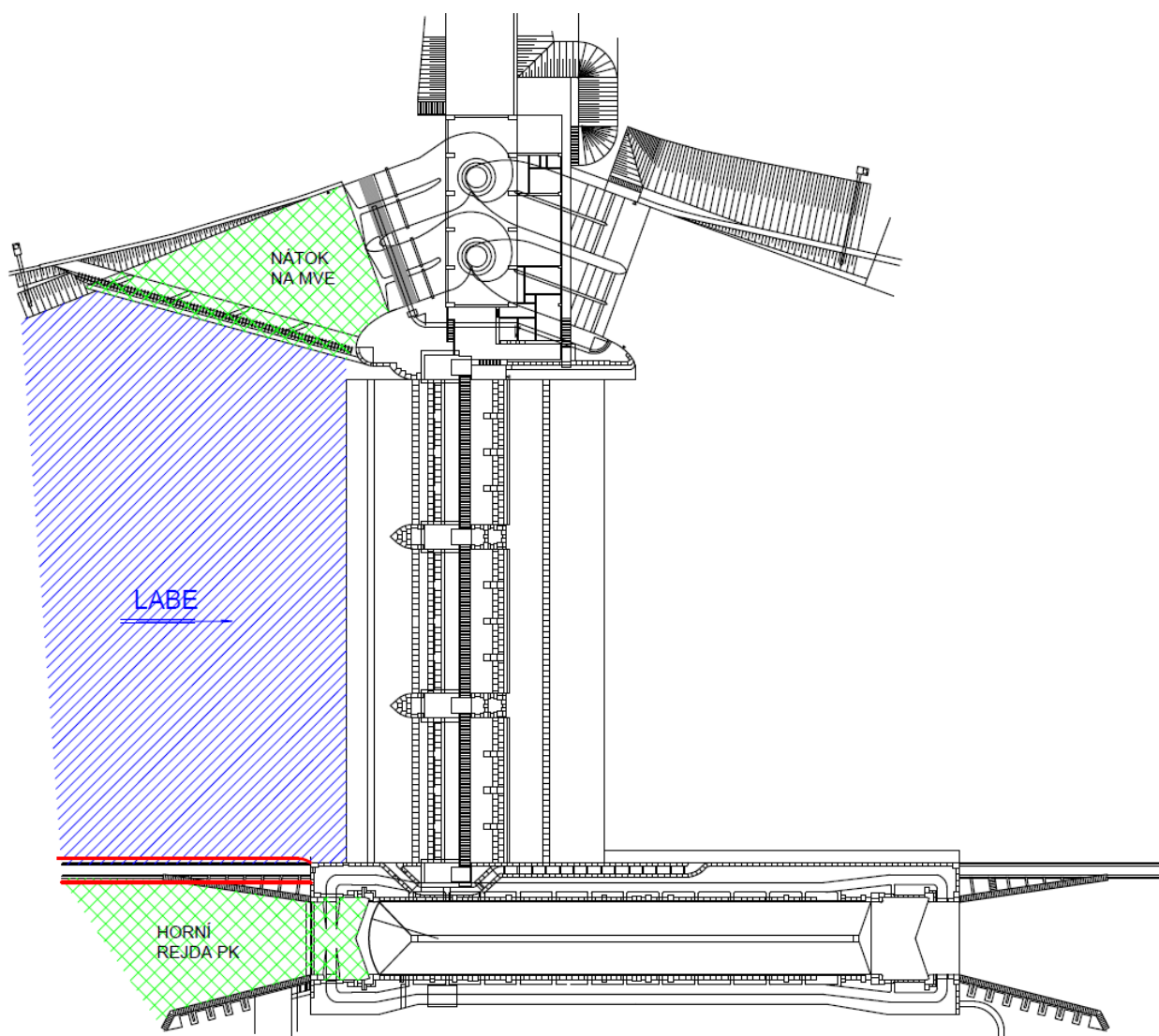
Obrázek 1 – Zjednodušený schématický řez nadjezím

b) Posouzení rozšíření dělicí zdi

Pro stávající stav, při uvažování hladiny v nadjezí na kótě 181,29 m n. m. (nominální hladina), má uvažovaná průtočná plocha velikost 354,45 m². Po dosazení do *Chézyho* rovnice a rovnice spojitosti je stanoven průtok $Q=753,81 \text{ m}^3/\text{s}$.

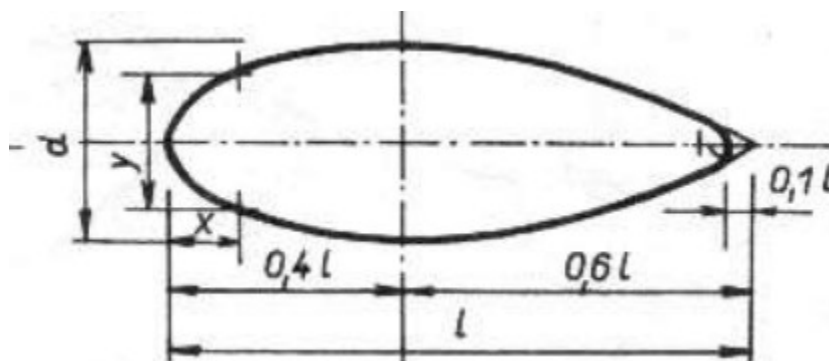
Nový stav pro uvažovanou nominální hladinu vykazuje průtočnou plochu 352,09 m². Provedením výpočtu je stanoven průtok $Q=747,97 \text{ m}^3/\text{s}$.

Rozšířením stávající dělicí zdi plavební komory tedy dojde k navýšení hladiny při převádění průtoku Q_{10} (731 m³/s) o 0,79 cm.



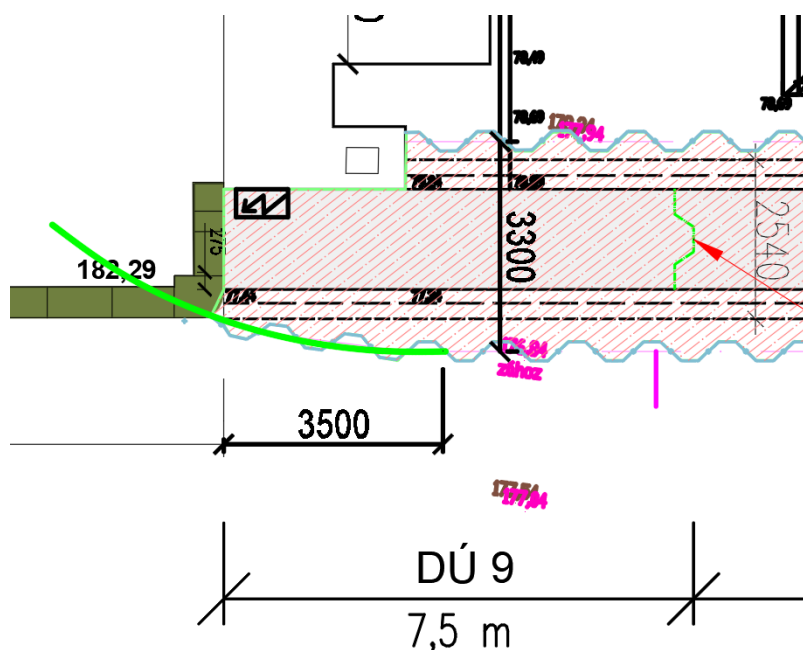
Obrázek 2 – Zjednodušená schematická situace

Z hlediska vlivu na kapacitu jezu je vhodné se zabývat rovněž boční kontrakcí proudů. Ostrým napojením (odskočením) na stávající konstrukci by mohlo dojít k silnému zakřivení proudnic, což by vedlo ke vzniku úplavů. Tyto jevy samozřejmě snižují kapacitu celého jezu, neboť narušují plynulé proudění.



Obrázek 3 - Proudnicový tvar pilíře (Gabriel 1989)

Aby bylo zakřivení proudnic při obtékání dělicí zdi minimalizováno, je navrženo provedení napojení v proudnicovém tvaru, jehož odporový součinitel (součinitel boční kontrakce) má řádově nižší hodnotu. Tvar napojení je založen na klasickém proudnicovém tvaru jezového pilíře. Podle výsledků výzkumů J. Čábelky vyvolávají minimální boční kontrakce jezové pilíře proudnicového tvaru se štíhlostním poměrem (l/d) rovným 3 až 3,5. Pro účely napojení postačuje uvažovat s délkou od vodorovné tečny, tj. s délkou $0,6 l$. Uvážíme-li šířku zdi 3,3 m a štíhlostní poměr 3,5, pak délka zakřivené části pilíře je 6,9 m. Křivka proudnicového tvaru (v Obrázku 3 vyznačena zeleně) je původně určená pro jezový pilíř, a proto tečny k jejím koncům nejsou rovnoběžné, jako je tomu u předmětného úseku napojení. Aplikuje-li se tato křivka na předmětný úsek napojení, pak délka přechodného (zakřiveného) úseku bude 3,5 m.



Obrázek 4 - Napojení rozšíření zdi na stávající těleso jezu

c) Závěr

Výpočet průtoku byl proveden pro dvě průtočné plochy se zavedením několika zjednodušení. Porovnáním průtočných ploch lze dojít k závěru, že průtočná plocha se rekonstrukcí, tj. rozšířením dělicí zdi o 72-90 cm, sníží ze 354,45 m² na 352,09 m² (obě při uvažování nominální hladiny). To znamená snížení průtočné plochy o **0,67 %**. Porovnáním vypočtených průtoků zjistíme snížení průtoku profilem (při uvažování stejné hladiny) o **0,77 %**.

Je-li do obou modelů vpuštěn stejný průtok, např. Q_{10} , dojde po rozšíření dělicí zdi ke zvýšení hladiny v nadjezí o **0,79 cm**.

Napojení rozšířené dělicí zdi na stávající konstrukci jezu bude provedeno křivkou proudnicového tvaru, čímž se minimalizuje negativní vliv na součinitel boční kontrakce a kapacitu jezu. Tato křivka má délku **3,5 m**.

Při hydrotechnických výpočtech je třeba si vždy uvědomit, že výpočetní model se pouze snaží co nejvěrněji popsat a simulovat skutečnost vodního toku. Zároveň je ale prakticky nemožné dosáhnout v modelu totožných výsledků jako ve skutečnosti. Prozkoumání jevu na modelu umožňuje zavést opravné součinitele do teoreticky odvozených rovnic, jejichž řešení bylo založené na zjednodušujících předpokladech (aby se matematické řešení usnadnilo nebo zjednodušilo), které se však od skutečných poměrů částečně odchyľují. Zdrojem nepřesností jsou mnohá fyzikální zjednodušení a matematické aproximace skutečných dějů. Výsledky hydrodynamických výpočtů jsou tak vždy limitovány vstupními parametry a jejich přesnost není nikdy zcela stoprocentní a je třeba uvažovat s drobnými odchylkami od skutečnosti.

V tomto případě např. charakteristiky drsnosti a sklon dna (resp. sklon čáry energie) byly pouze odhadnuty na základě fotodokumentace, mapových podkladů a osobní pochůzky projektanta. Dlužno ovšem dodat, že při uvažování stejných součinitelů drsnosti a stejných sklonů dna v obou posuzovaných stavech, se jejich případná chyba eliminuje a na výsledný poměr ploch či průtoků (stavu před a stavu po rekonstrukci) nemají žádný vliv.

Z výše uvedeného vyplývá, že výškový rozdíl hladiny např. pro Q_{10} činí 0,79 cm, což je řádově menší, než bývá běžná odchylka výpočetních modelů od skutečnosti pro takovýto typ výpočtu. Na základě hydrotechnických výpočtů lze tedy konstatovat, že rekonstrukcí dělicí zdi dojde k navýšení hladiny v jezové zdrži, ovšem toto navýšení je vzhledem k uvažované přesnosti výpočtu v podstatě zanedbatelné.