



# Černohorský potok v km 0,100 – 2,400 Dokumentace k provádění stavby



## D.1.1.1 Hydrotechnické výpočty

2014



**Vodohospodářský rozvoj a výstavba  
akciová společnost  
Nábřeží 4, Praha 5, 150 56**



VODOHOSPODÁŘSKÝ ROZVOJ A VÝSTAVBA  
akciová společnost  
150 56 Praha 5 - Smíchov, Nábřežní 4  
DIVIZE 02

tel: 257 110 354,  
e-mail: [holecek@vrv.cz](mailto:holecek@vrv.cz)

fax: 257 319 398

## **Černohorský potok v km 0,100 – 2,400**

### **Dokumentace k provádění stavby.**

#### **D.1.1.1 Hydrotechnické výpočty**

Zpracoval:

Ing. Miroslav Holeček, Ph.D.

Schválil:

Ing. Jan Cihlář  
ředitel divize 02

V Praze, dne 28. 4. 2014



## **OBSAH**

A	Úvod.....	1
B	Hydrotechnické a stabilitní výpočty .....	2
B.1	Současný stav Černohorského potoka .....	2
B.2	Návrhový průtok .....	2
B.3	Stabilní sklon vodního toku (bystřiny) .....	3
B.4	Posouzení kapacity koryta pro jednotlivé $Q_n$ včetně stanovení rozlivů.....	6
B.4.1	Kapacita koryta .....	6
B.4.2	Manningovy drsnosti .....	12
B.4.3	Rozlivy .....	12
B.5	Návrhové parametry rekonstrukcí .....	13
B.6	Nevymílací rychlosti .....	14

## A Úvod

Tato příloha je zpracována jako příloha k dokumentaci k ohlášení vodního díla. V níže uvedeném textu jsou uvedeny informace, které souvisí s hydraulickými a hydrotechnickými vlastnostmi obnovovaného vodního díla, jakož i základní informace o vlivu stavby na stabilitu vodního díla, na nakládání s vodami a na životní prostředí.

*Tab. 1 Seznam zkratk a použitých symbolů*

LB, PB	levý břeh, pravý břeh
VT, VD	vodní tok, vodní dílo
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
KLRNAP	Správa Krkonošského národního parku
SZÚ	studie záplavových území
DUR, DSP, DPS	stupně projektů: k územnímu řízení (DUR), ke stavebnímu řízení (DSP), k provádění stavby (DPS)
PPO	protipovodňová ochrana, protipovodňové opatření
ř. km, rel. ř. km	říční kilometr, relativní říční kilometr
k-ce	konstrukce
MK	místní komunikace
B n., v	šířka (v hladině, styk v terénu)
b	šířka (ve dně)
A(S)	průtočná plocha
n	Manningova drsnost
v	Rychlost (střední profilová rychlost)
L,	délka
VPR; PF (PR)	Vzorový příčný řez; Příčný profil (příčný řez)
SO	Stavební objekt
DOSS	Dotčené orgány státní správy
OPŠ	Oprava povodňových škod
LK na MC	Lomový kámen na maltu cementovou
Zdivo z MK	Zdivo z místního kamene
RP	Retenční přehrážka (přepážka)
M10	Třída malty (číslo označuje pevnost tlaku v MPa dle ČSN EN 998-2)

### Související legislativa

- Zákon 254/2001 Sb., o vodách
- Zákon 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny
- Zákon 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu
- Vyhláška 470/2001 Sb., seznam významných vodních toků
- Vyhláška 471/2001 Sb., o technickobezpečnostním dohledu nad vodními díly
- Vyhláška 590/2002 Sb., o technických požadavcích na vodní díla

### Použité podklady a literatura

- Hydraulika. Kolář V., Patočka C., Bém, SNTL, Praha, 1983
- Hydraulika 10, 20. Havlík V., Marešová, Vydavatelství ČVUT, Praha, 1. vydání, 1994.
- Hydraulika pre stavebných inžinierov. Masiar E., Kamenský J., ALFA Bratislava, 1985.
- Hrazení bystřin, J. Zuna, ČVUT, Praha, 2008. ISBN 978-80-1-04010-2
- Mareš K.: Úpravy toků (Navrhování koryt), vydavatelství ČVUT, Praha 1993

- ČSN 75 2106 Hrazení bystřin a strží, ČNI, 1998
- TNV 75 2102 Úpravy potoků, Hydroprojekt CZ a.s., Praha

## **B Hydrotechnické a stabilitní výpočty**

### **B.1 Současný stav Černohorského potoka**

Koryto Černohorského potoka bylo v minulosti systematicky zahrazeno (upraveno), dle dostupných podkladů již ve druhém desetiletí 20. století a již tato úprava pravděpodobně navazovala na předchozí technická opatření. Dostupné projektové dokumentace uvádějí šířku toku ve dně  $b = \text{cca } 4 \text{ m}$ , dle zaměření aktuálního stavu se pohybuje  $b$  od 3 – 4, místy 5 m (v místech destrukce břehů, někdy i více). Vodní tok po prošlé povodni 2013 je zahloubený, což je destrukce většiny příčných stupňů a „vyrovnání dna a sklonu“ v těchto místech. Vodní tok je prakticky napřímený.

Směrové vedení determinují tyto skutečnosti:

- zástavba
- Svoboda nad Úpou
- areál DUNCAN (PB)
- souběh s dopravní infrastrukturou (LB silnice II/297)
- souběhy a křížení s technickou infrastrukturou (např. souběh s VN na LB podél silnice II/297 nad hlavní zástavbou města Svobody, souběh se sdělovacím vedením a přivaděčem MVE na levém břehu pod mostem 297-008)
- soukromé pozemky (soukromí pobřežníci)
- plánované záměry cizích investorů (developerský projekt Zlatý Hamr na soukromých pozemcích, obnova lesní cesty), prodloužení přivaděče MVE až ke garážím ve Svobodě nad Úpou

### **B.2 Návrhový průtok**

Návrhový průtok doporučuje ČSN 75 2106. Jedná se však o hodnotu doporučenou, volba návrhového průtoku je do určité míry „politickým“ rozhodnutím, které je ovlivněno zejména ekonomickými ukazateli. V moderních přístupech je návrhový průtok stanoven na základě porovnání nákladů na investiční opatření užitků plynoucích z ochrany (přílehlého území).

V případě Černohorského potoka byl jako návrhový průtok dohodnut průtok doby opakování  **$N = 50$  let**, pro šterkové přehrážky potom  $N=100$  let. 50 letý průtok je doporučován např. při ochraně silnic II. třídy a vesnické zástavbě, to znamená je v tomto konkrétním případě odůvodnitelný.

Jak bylo uvedeno v předchozím odstavci, v případě oprav poškozených opevnění je kapacita toku (a další hydraulické charakteristiky) dána předchozími návrhy a realizací. I tak je např. nad mostem ř. km 0,5381 (poblíž garáží na PB) ve Svobodě nad Úpou, kde došlo po povodni ke zvýšení břehu, tohoto zvýšení využito v tomto projektu a je navrženo zvýšení břehového opevnění, aby byla omezena možnost vylití z vody z koryta a „vytvoření“ nového koryta po silnici II/297.

V případě rekonstrukce zcela zničených opevnění je po dohodě s investorem navržena těžká kamenná rovnanina. Ačkoliv se jedná o stejný typ materiálu jako pro opěrné kamenné zdi a dlažby, rozdílem v konstrukci je velikost použitých prvků (min. 500 kg, při patě svahu 1 000 kg) a nepotřeba pojiva (malty popř. betonu). Podstatným rozdílem je též konstrukční uspořádání kamenné rovnaniny (viz vzorový řez) důsledkem čehož je vyšší drsnost konstrukce a tedy i nižší rychlosti.

### B.3 Stabilní sklon vodního toku (bystřiny)

Rovnováhu mezi hydrologickou energií povodí a stabilitou potočního koryta lze vyjádřit tzv. vyrovnávacím (kompenzačním) sklonem. Kompenzační sklon je ten, při kterém má voda právě tolik síly (energie), že nesené splaveniny a plaveniny ještě neukládá, ale další již nepřibírá. Tento sklon odpovídá sklonu podélného profilu v trati, kde koryto přechází z erozního do akumulacího úseku koryta a závisí na hydraulických podmínkách a na fyzikálních vlastnostech splavenin.

Na rozdíl od kompenzačního sklonu, při kterém bude dno koryta stabilní za průtoku vody, nesoucí splaveniny, nebude totéž koryto narušeno stejným průtokem vody bez splavenin při tzv. stabilním sklonu  $i_s$ , který je menší než sklon kompenzační. Přesné stanovení hodnoty  $i_s$  není možné, jelikož je funkcí mnoha proměnných (odolnost splavenin proti uvedení do pohybu, tvar koryta, průběh tečného napětí po obvodu koryta, stupeň nasycenosti proudící vody splaveninami).

Úprava dna koryta ve stabilním sklonu, při kterém nebude nutné dno opevňovat, je základní metodou zahrazovacích úprav. Je založena na zrnitostním rozboru splaveninového materiálu dna a na návrhu tvaru průtočného koryta s nízkou hodnotou hydraulického poloměru. V podmínkách České republiky je výhodné použití rovnice odvozené Novákem (Zuna, 2008):

$$i_s = \frac{0.0035 \times c^2 \times d_m}{R}$$

$i_s$ ...stabilní sklon dna

$c$ ...regionální konstanta

$d_m$ ...efektivní zrno splaveninové směsi (m)

$R$ ...hydraulický poloměr (m)

#### Regionální konstanta $c$

Hodnota regionální konstanty  $c$  je funkcí fyzikálních vlastností splavenin, jejíž hodnotu stanovil Novák rozsáhlým výzkumem charakteristik splavenin v ČR. hodnoty této konstanty viz Zuna (2008). Pro Povodí Černohorského potoka bylo těchto hodnot využito, s využitím rešerše inženýrsko-geologických podkladů viz příloha B.2 dokumentace. Hodnoty konstanty pro vybrané typy hornin resp. oblastí uvádí Tab. 2. Z uvedených podkladů vyplívá:

- Dle geologické mapy ČR 1: 25 000 (viz portál České geologické služby),
  - V horní části povodí se nachází středně až hrubě zrnitá, místy okatá až plástevná biotit-muskovitická ortorula
  - Nad Janskými Lázněmi se nachází kvarcit (metamorfovaný křemenec)
  - ve spodní části povodí se nachází svor



- podél toku se nachází eluvium popř. antropogenní navážky („Smeták“)
- Podrobnější geologické podklady (geofond, IGP 1968, 1993):
  - ve spodní části toku (řešené území) skalní podloží tvoří fylit (převážně muskoviticko grafitický – ne svory)

OBLAST ČESKÉ REPUBLIKY	c	GEOLOGICKÝ PŮVOD SPLAVENIN	c	GEOLOGICKÝ PŮVOD SPLAVENIN	c
Krkonošský a jizerský žulový masiv		žula	5.58	svor	5.24
- krystalické břidlice (Labe, Červená, Mumlava)	5.58	křemenný porfýr	4.98	fylit	5.19
- svory (Petrský p., Huťský p.)	5.24	migmatit	5.38	pískovce permokarbon	4.96
- ortoruly (Kotelský p., Čistá)	5.26	rula	4.91	pískovce flyš	4.77
- železnobrodské krystalinikum (Jizerka, Cedron)	5.19	granodiorit	5.05	pískovce křída	4.15
		granulit	4.83	droba	4.60
		čedič	5.63	slínovce	4.55
		břidlice	4.20		

Tab. 2 Hodnoty regionální konstanty c

Dle uvedených informací lze pro ortoruly krkonošského masivu (resp. krystalinika) uvažovat hodnotu  $c_{\text{ortorula}} = 5,26$ , pro svory pak hodnotu  $c_{\text{svor}} = 5,19$ . Pro kvarcity hodnoty uvedeny nejsou, dle vlastností těchto hornin (poměrně houževnaté) nebude hodnota c nižší než pro fylity.

**Z uvedeného lze pro povodí Černohorského potoka uvažovat hodnotu c = 5,2.**

### Efektivní zrno $d_m$

Efektivní (střední) zrno  $d_e$  je jedním z charakteristických čísel zrnitosti. Efektivní zrno je (nejčastěji) definováno jako:

$$d_e = \frac{\sum d_i p_i}{\sum p_i}$$

$d_i$ ... je aritmetický průměr mezních velikostí jedné frakce

$p_i$ ... procentuální obsah uvažované frakce z celkové hmotnosti daného vzorku.

Stanovení efektivního zrna je podstatně jednodušší na tocích s menší velikostí dnového substrátu než na bystřinných tocích, kde dno je tvořeno většími kameny a balvany. Obecně se uvádí, že pro korektní stanovení efektivního zrna velikosti v řádech decimetrů je potřeba až několik tun materiálu. Aby nebylo toto nutné, je pro balvanité toky k dispozici několik metodik, které více nebo méně minimalizují subjektivitu. Jednou z metod je též expertní odhad, který byl použit i pro Černohorský potok. Nutno podotknout, že stávající stav toku je ovlivněn i kameny a balvany ze zničených břehových opevnění (dlažby z lomového a místního kamene).

Velikost efektivního zrna je na Č. potoce ve shodě s obecnými zákonitostmi – v horním úseku (nad mostem 297-008, kde je průměrný sklon toku cca 8,5 %, je dno tvořeno i balvany průměru mnoha decimetrů. Ve spodním úseku je dno tvořeno menšími balvany až kameny. V korytě je samozřejmě přítomen i štěrkopísek, v některých místech (např. prohlubně po poškozeném opevnění v patě svahu) byl zaznamenán i naplavený jemný písčitého materiálu (při „došlapu“ neúnosný).

**Efektivní zrno bylo expertním odhadem stanoveno na 0,2 m – 0,3 m (0,2 ve spodní části, 0,25 ve střední části, 0,3 v horní části nad mostem 297-008).**

## Hydraulický poloměr R

Hydraulický poloměr je základní hydraulickou veličinou a je definován jako poměr průtočné plochy ku omočenému obvodu (pro daný průtok). Hodnota hydraulického poloměru je jednou ze tří veličin, determinujících rychlost proudění v Manningově rovnici, která je pro svou jednoduchost jednou z nejpoužívanějších rovnic při hydrotechnických výpočtech. Jak vyplývá z definice, je dána geometrií (průřezem) koryta. Lze konstatovat:

V případě oprav stávajícího opevnění, kdy se zachovává geometrie průřezu, je jeho hodnota dána.

V případě nových návrhů je tato hodnota předmětem návrhu. Pro tento záměr, kdy je ovšem již koryto směrově i výškově v terénu „determinováno“, je možnost ovlivnění omezená.

Z hlediska redukce průtočných rychlostí (a tedy stability) je žádoucí co nejmenší hodnota hydraulického poloměru. To je žádoucí při vysokých rychlostech (vysoké podélné sklony) – primární je stabilita toku při co nejmenší nutnosti opevnění.

Z hlediska průtočnosti je žádoucí naopak co nejvyšší hodnota R (vyšší rychlosti => menší průtočná plocha => nižší hladina). To je žádoucí v intravilánech, kde je přípustné těžké opevnění vodního toku – primární je ochrana majetku.

## Stabilní sklon $i_s$

V souladu s výše uvedeným je stabilní sklon  $i_s = f(c, R, d_e)$ , přičemž hydraulický poloměr a obecně i  $d_e$  je funkcí prostoru a času. Níže uvedená tabulka shrnuje hodnoty  $i_s$  pro různé hodnoty R a  $d_e$ . Pro návrhový průtok  $Q_{50}$  dosahuje hodnota hydraulického poloměru v závislosti na ostatních hydraulických parametrech (podélný sklon, šířka ve dně, sklon svahů, drsnost) hodnoty cca 0,9 - 1,0 m, pro opevnění kamenným zdivem nebo kamennou dlažbou hodnot kolem 0,8 m.

Tab. 3 Výpočet stabilního sklonu

$d_m$ (m)	R (m)	$i_s$ (%)	$d_m$ (m)	R (m)	$i_s$ (%)	$d_m$ (m)	R (m)	$i_s$ (%)	$d_m$ (m)	R (m)	$i_s$ (%)
0.15	0.7	2.0	0.2	0.7	2.7	0.25	0.7	3.4	0.3	0.7	4.0
0.15	0.8	1.8	<b>0.2</b>	<b>0.8</b>	<b>2.4</b>	0.25	0.8	3.0	0.3	0.8	3.5
0.15	0.9	1.6	<b>0.2</b>	<b>0.9</b>	<b>2.1</b>	<b>0.25</b>	<b>0.9</b>	<b>2.6</b>	<b>0.3</b>	<b>0.9</b>	<b>3.1</b>
0.15	1.0	1.4	<b>0.2</b>	<b>1.0</b>	<b>1.9</b>	<b>0.25</b>	<b>1</b>	<b>2.4</b>	<b>0.3</b>	<b>1</b>	<b>2.8</b>
0.15	1.1	1.3	0.2	1.1	1.7	0.25	1.1	2.1	0.3	1.1	2.6

Hodnota stabilního sklonu se tedy pohybuje v rozmezí 1,9 – 2,4 % pro  $d_e = 0,2$  m, 2,4 – 3,0 % pro  $d_e = 0,25$  m popř. 2,8 – 3,1(3,5) % pro  $d_e = 0,3$  m (horní úsek). Jako návrhový sklon byl, v úsecích nového návrhu nivelety (vzorový řez 3 a tam, kde došlo k destrukci stupňů) zvolen **jednotný sklon cca 2,5 %**. Z uvedeného plyne, že jsou přípustné odchylky v řádech jednotek desetin procenta, jelikož stabilní sklon nelze nikdy zcela přesně stanovit. Ve stávajících úsecích je samozřejmě ponechán stávající sklon. Delší úseky mimo to budou stabilizovány dnovými kamennými stabilizačními pasy, které podélný sklon lépe stabilizují. Na toku tohoto charakteru nelze požadovat úplné zamezení vymílání dna, je však nutné toto omezit. Dalším důvodem volby tohoto sklonu je posouzení režimu proudění, kdy v případě sklonu kolem 2 % je již proudění velmi mírně říční (v případě vzorového řezu 3 – kamenné rovnaniny), viz následující odstavce.

## B.4 Posouzení kapacity koryta pro jednotlivé $Q_n$ včetně stanovení rozlivů

Hydrologická data uvádí příloha A. (Průvodní zpráva). Pro rekapitulaci:

N	1	2	5	10	20	50	100
$Q_n$	3.04	5.21	9.2	13	18	25.7	32.7

### B.4.1 Kapacita koryta

Kapacita koryta pro jednotlivé  $Q_n$  byla stanovena pro jednotlivé vzorové příčné řezy s uvážením variability geometrických charakteristik (sklon dna, šířka ve dně popř. sklon svahů), které se v řešeném úseku reálně vyskytují. Z důvodu rozměrů koryta a velkého počtu proměnných nejsou řešeny průtoky dob opakování  $N = 10$  let a nižší, jelikož tyto průtoky koryto toku převede. Kapacity koryta pro  $N = 20, 50, 100$  viz Tab. 4, Tab. 5 a Tab. 6.

Význam symbolů:

i...podélný sklon

b...šířka koryta ve dně

m...sklon svahu

VPR...vzorový řez:

- VPR 1.1 zdi z LK na MC, dno dlažba
- VPR 1.2 zdi na sucho z místního kamene, dno dlažba
- VPR 2 dlažba z LK na MC (tloušťka 25 cm popř. 40 cm), dno neupravené
- VPR 3 těžká kamenná rovinanina, dno neupravené
- VPR 4 nové opěrné zdi z LK na MC, dno neupravené
- ST. okolí stupňů (svislé pilíře z LK na MC)

n...Manningova drsnost (dno, svahy)

h...hloubka při daném průtoku

$y_k$ ...kritická hloubka

Fr...Froudovo číslo

R...hydraulický poloměr

v...střední profilová rychlost

RŽ...režim proudění:

- B...bystřinné proudění
- Ř...říční proudění
- E...energetická výška průřezu (tlaková plus rychlostní = hladina +  $v^2/2g$ )
- 0,45E...45 % energetické výšky = cca snížená hladina na stupni ve dně
- $v_{0,45E}$ ...orientační výška na stupni ve dně

Tab. 4 Kapacity koryta pro vybrané charakteristiky pro  $N = 20$

i	b	1:m	VPR	$n_{\text{dno}}$	$n_{\text{svahy}}$	$h_{Q20}$	$y_{k,Q20}$	$Fr_{Q20}$	$R_{Q20}$	$v_{s,Q20}$	$Rž_{Q20}$
(%)	(m)	(-)		(-)	(-)	(m)	(m)	(-)	(m)	(m/s)	
2	4	0.2	1.1	0.025	0.025	1.09		1.50		4.50	B
2.5	4	0.2	1.1	0.025	0.025	1.02		1.68		4.86	B
3	4	0.2	1.1	0.025	0.025	0.97		1.84		5.18	B
5	4	0.2	1.1	0.025	0.025	0.84		2.37		6.16	B
2	4	0	1.2	0.025	0.033	1.10	1.27	1.25	0.71	4.09	B
2.5	4	0	1.2	0.025	0.033	1.01	1.27	1.41	0.67	4.43	B

i	b	1:m	VPR	n <sub>dno</sub>	n <sub>svahy</sub>	h <sub>Q20</sub>	y <sub>k,Q20</sub>	Fr <sub>Q20</sub>	R <sub>Q20</sub>	v <sub>s,Q20</sub>	R <sub>žQ20</sub>
(%)	(m)	(-)		(-)	(-)	(m)	(m)	(-)	(m)	(m/s)	
3	4	0	1.2	0.025	0.033	0.95	1.27	1.55	0.64	4.74	B
2	3	1.5	2	0.045	0.025	1.08	1.26		0.72	3.62	B
2	4	1.5	2	0.045	0.025	0.97	1.11		0.71	3.40	B
2	5	1.5	2	0.045	0.025	0.89	1.00		0.69	3.23	B
2.5	3	1	2	0.045	0.025	1.10	1.34		0.74	3.99	B
2.5	4	1	2	0.045	0.025	0.97	1.17		0.71	3.73	B
2.5	5	1	2	0.045	0.025	0.87	1.04		0.68	3.50	B
2.5	3	1.5	2	0.045	0.025	1.02	1.26		0.69	3.90	B
2.5	4	1.5	2	0.045	0.025	0.92	1.11		0.68	3.67	B
2.5	5	1.5	2	0.045	0.025	0.83	1.00		0.65	3.45	B
2	3	0.75	3	0.045	0.04	1.43	1.39		0.89	3.08	Ř
2	4	0.75	3	0.045	0.04	1.23	1.20		0.86	2.98	Ř
2	5	0.75	3	0.045	0.04	1.09	1.06		0.82	2.86	Ř
2	3	1	3	0.045	0.04	1.36	1.34		0.87	3.05	Ř
2	4	1	3	0.045	0.04	1.19	1.17		0.84	2.94	Ř
2	5	1	3	0.045	0.04	1.05	1.04		0.80	2.82	Ř
2.5	3	0.75	3	0.045	0.04	1.35	1.39		0.85	3.34	B
2.5	4	0.75	3	0.045	0.04	1.15	1.20		0.81	3.21	B
2.5	5	0.75	3	0.045	0.04	1.02	1.06		0.78	3.08	B
2.5	3	1	3	0.045	0.04	1.28	1.34		0.83	3.30	B
2.5	4	1	3	0.045	0.04	1.11	1.17		0.79	3.17	B
2.5	5	1	3	0.045	0.04	0.99	1.04		0.76	3.05	B
3	3	0.75	3	0.05	0.04	1.32	1.39		0.84	3.43	B
3	4	0.75	3	0.05	0.04	1.14	1.20		0.81	3.27	B
3	5	0.75	3	0.05	0.04	1.01	1.06		0.77	3.12	B
3	3	1	3	0.05	0.04	1.25	1.34		0.81	3.38	B
3	4	1	3	0.05	0.04	1.10	1.17		0.79	3.23	B
3	5	1	3	0.05	0.04	0.98	1.04		0.75	3.08	B
4.2	4	0	4	0.045	0.025	1.07	1.27	1.31	0.69	4.23	B
4.2	5	0	4	0.045	0.025	0.91	1.10	1.32	0.67	3.95	B
2.5	3.6	0	ST.	0.04	0.025	1.29	1.37		0.75	3.87	B
2.5	4.6	0	ST.	0.04	0.025	1.07	1.16		0.73	3.63	B
2.5	5	0	ST.	0.04	0.025	1.01	1.10		0.72	3.56	B
2.5	5.6	0	ST.	0.04	0.025	0.94	1.02		0.70	3.44	B

Tab. 5 Kapacity koryta pro vybrané charakteristiky pro návrhový průtok N = 50

i	b	1:m	VPR	n <sub>dno</sub>	n <sub>svahy</sub>	h <sub>Q50</sub>	y <sub>k,Q50</sub>	Fr <sub>Q50</sub>	R <sub>Q50</sub>	v <sub>s,Q50</sub>	R <sub>žQ50</sub>	E <sub>50</sub>	0.45.E <sub>50</sub>	V <sub>0.45.E50</sub>
(%)	(m)	(-)		(-)	(-)	(m)	(m)	(-)	(m)	(m/s)		(m)	(m)	(m/s)
2	4	0.2	1.1	0.025	0.025	<b>1.35</b>		1.48		<b>5.00</b>	B	2.62		
2.5	4	0.2	1.1	0.025	0.025	<b>1.29</b>		1.66		<b>5.47</b>	B	2.82		
3	4	0.2	1.1	0.025	0.025	<b>1.25</b>		1.82		<b>5.91</b>	B	3.03		
5	4	0.2	1.1	0.025	0.025	<b>1.03</b>		2.37		<b>6.91</b>	B	3.46		
2	4	0	1.2	0.025	0.033	1.43	1.61	1.20	0.83	4.49	B	2.46		

i	b	1:m	VPR	n <sub>dno</sub>	n <sub>svahy</sub>	h <sub>Q50</sub>	y <sub>k,Q50</sub>	Fr <sub>Q50</sub>	R <sub>Q50</sub>	V <sub>s,Q50</sub>	RŽ <sub>Q50</sub>	E <sub>50</sub>	0.45.E <sub>50</sub>	V <sub>0.45.E50</sub>
(%)	(m)	(-)		(-)	(-)	(m)	(m)	(-)	(m)	(m/s)		(m)	(m)	(m/s)
2.5	4	0	1.2	0.025	0.033	1.32	1.61	1.36	0.80	4.88	B	2.53		
3	4	0	1.2	0.025	0.033	1.23	0.61	1.50	0.76	5.22	B	2.62		
2	3	1.5	2	0.045	0.025	<b>1.29</b>	1.54		0.83	<b>4.05</b>	B	2.13		
2	4	1.5	2	0.045	0.025	<b>1.17</b>	1.37		0.82	<b>3.83</b>	B	1.92		
2	5	1.5	2	0.045	0.025	<b>1.07</b>	1.24		0.80	<b>3.64</b>	B	1.75		
2.5	3	1	2	0.045	0.025	<b>1.33</b>	1.64		0.85	<b>4.49</b>	B	2.36		
2.5	4	1	2	0.045	0.025	<b>1.18</b>	1.45		0.83	<b>4.22</b>	B	2.09		
2.5	5	1	2	0.045	0.025	<b>1.07</b>	1.30		0.80	<b>3.97</b>	B	1.87		
2.5	3	1.5	2	0.045	0.025	<b>1.22</b>	1.54		0.80	<b>4.37</b>	B	2.19		
2.5	4	1.5	2	0.045	0.025	<b>1.10</b>	1.37		0.78	<b>4.18</b>	B	1.99		
2.5	5	1.5	2	0.045	0.025	<b>1.01</b>	1.24		0.76	<b>3.91</b>	B	1.79		
2	3	0.75	3	0.045	0.04	<b>1.75</b>	1.71		1.02	<b>3.42</b>	Ř	2.35		
2	4	0.75	3	0.045	0.04	<b>1.51</b>	1.50		1.00	<b>3.31</b>	Ř	2.07		
2	5	0.75	3	0.045	0.04	<b>1.34</b>	1.33		0.96	<b>3.20</b>	Ř	1.86		
2	3	1	3	0.045	0.04	<b>1.65</b>	1.64		1.00	<b>3.37</b>	Ř	2.23		
2	4	1	3	0.045	0.04	<b>1.48</b>	1.44		0.99	<b>3.31</b>	Ř	2.04		
2	5	1	3	0.045	0.04	<b>1.29</b>	1.30		0.94	<b>3.16</b>	B	1.80		
2.5	3	0.75	3	0.045	0.04	<b>1.64</b>	<b>1.71</b>		0.98	<b>3.70</b>	B	<b>2.34</b>		
2.5	4	0.75	3	0.045	0.04	<b>1.42</b>	<b>1.50</b>		0.95	<b>3.58</b>	B	<b>2.07</b>		
2.5	5	0.75	3	0.045	0.04	<b>1.25</b>	<b>1.33</b>		0.91	<b>3.46</b>	B	<b>1.86</b>		
2.5	3	1	3	0.045	0.04	<b>1.55</b>	<b>1.64</b>		0.96	<b>3.64</b>	B	<b>2.23</b>		
2.5	4	1	3	0.045	0.04	<b>1.36</b>	<b>1.44</b>		0.93	<b>3.54</b>	B	<b>2.00</b>		
2.5	5	1	3	0.045	0.04	<b>1.21</b>	<b>1.30</b>		0.89	<b>3.41</b>	B	<b>1.80</b>		
3	3	0.75	3	0.05	0.04	<b>1.61</b>	1.71		0.96	<b>3.81</b>	B	2.34		
3	4	0.75	3	0.05	0.04	<b>1.39</b>	1.50		0.94	<b>3.66</b>	B	2.07		
3	5	0.75	3	0.05	0.04	<b>1.29</b>	1.33		0.94	<b>3.60</b>	B	1.95		
3	3	1	3	0.05	0.04	<b>1.52</b>	1.64		0.94	<b>3.76</b>	B	2.24		
3	4	1	3	0.05	0.04	<b>1.34</b>	1.44		0.92	<b>3.62</b>	B	2.00		
3	5	1	3	0.05	0.04	<b>1.20</b>	1.30		0.88	<b>3.47</b>	B	1.81		
4.2	4	0	4	0.045	0.025	1.34	1.61	1.32	0.80	4.79	B			
4.2	5	0	4	0.045	0.025	1.14	1.39	1.34	0.78	4.49	B			
2.5	3.6	0	ST.	0.04	0.025	<b>1.64</b>	<b>1.73</b>		0.86	4.34	B	<b>2.60</b>	<b>1.17</b>	<b>6.10</b>
2.5	4.6	0	ST.	0.04	0.025	<b>1.36</b>	<b>1.47</b>		0.85	4.13	B	<b>2.22</b>	<b>1.00</b>	<b>5.58</b>
2.5	5	0	ST.	0.04	0.025	<b>1.27</b>	<b>1.39</b>		0.84	4.03	B	<b>2.10</b>	<b>0.94</b>	<b>5.44</b>
2.5	5.6	0	ST.	0.04	0.025	<b>1.17</b>	<b>1.29</b>		0.83	3.91	B	<b>1.95</b>	<b>0.88</b>	<b>5.23</b>

Tab. 6 Kapacity koryta pro vybrané charakteristiky pro N = 100

i	b	1:m	VPR	n <sub>dno</sub>	n <sub>svahy</sub>	h <sub>100</sub>	y <sub>k,Q100</sub>	Fr <sub>Q100</sub>	R <sub>Q100</sub>	V <sub>s,Q100</sub>	RŽ <sub>Q100</sub>	E <sub>100</sub>	0.45.E <sub>100</sub>	V <sub>0.45.E100</sub>
(%)	(m)	(-)		(-)	(-)	(m)	(m)		(m)	(m/s)		(m)	(m)	(m/s)
2	4	0.2	1.1	0.025	0.025	1.57		1.47		5.34	B			

i	b	1:m	VPR	n <sub>dno</sub>	n <sub>svahy</sub>	h <sub>100</sub>	y <sub>k,Q100</sub>	Fr <sub>Q100</sub>	R <sub>Q100</sub>	V <sub>s,Q100</sub>	R <sub>ž,Q100</sub>	E <sub>100</sub>	0.45.E <sub>100</sub>	V <sub>0.45.E100</sub>
(%)	(m)	(-)		(-)	(-)	(m)	(m)		(m)	(m/s)		(m)	(m)	(m/s)
2.5	4	0.2	1.1	0.025	0.025	1.46		1.65		5.79	B			
3	4	0.2	1.1	0.025	0.025	1.45		1.68		5.86	B			
5	4	0.2	1.1	0.025	0.025	1.19		2.36		7.43	B			
2	4	0	1.2	0.025	0.033	1.72	1.90	1.16	0.92	4.75	B			
2.5	4	0	1.2	0.025	0.033	1.58	1.90	1.32	0.88	5.18	B			
3	4	0	1.2	0.025	0.033	1.47	1.89	1.46	0.85	5.54	B			
2	3	1.5	2	0.045	0.025	1.45	1.76		0.91	4.36	B			
2	4	1.5	2	0.045	0.025	1.32	1.57		0.90	4.14	B			
2	5	1.5	2	0.045	0.025	1.22	1.43		0.89	3.96	B			
2.5	3	1	2	0.045	0.025	1.50	1.88		0.93	4.83	B			
2.5	4	1	2	0.045	0.025	1.34	1.67		0.92	4.56	B			
2.5	5	1	2	0.045	0.025	1.22	1.50		0.90	4.34	B			
2.5	3	1.5	2	0.045	0.025	1.38	1.76		0.88	4.72	B			
2.5	4	1.5	2	0.045	0.025	1.25	1.57		0.86	4.47	B			
2.5	5	1.5	2	0.045	0.025	1.15	1.43		0.85	4.46	B			
2	3	0.75	3	0.045	0.04	2.00	1.97		1.12	3.65	Ř			
2	4	0.75	3	0.045	0.04	1.74	1.73		1.10	3.56	Ř			
2	5	0.75	3	0.045	0.04	1.54	1.55		1.07	3.46	B			
2	3	1	3	0.045	0.04	1.87	1.88		1.10	3.60	B			
2	4	1	3	0.045	0.04	1.65	1.67		1.08	3.51	B			
2	5	1	3	0.045	0.04	1.48	1.50		1.04	3.40	B			
2.5	3	0.75	3	0.045	0.04	1.88	1.97		1.07	3.95	B			
2.5	4	0.75	3	0.045	0.04	1.63	1.73		1.05	3.85	B			
2.5	5	0.75	3	0.045	0.04	1.44	1.55		1.02	3.73	B			
2.5	3	1	3	0.045	0.04	1.76	1.88		1.05	3.90	B			
2.5	4	1	3	0.045	0.04	1.55	1.67		1.03	3.79	B			
2.5	5	1	3	0.045	0.04	1.39	1.50		0.99	3.68	B			
3	3	0.75	3	0.05	0.04	1.83	1.97		1.06	4.08	B			
3	4	0.75	3	0.05	0.04	1.60	1.73		1.04	3.94	B			
3	5	0.75	3	0.05	0.04	1.42	1.55		1.01	3.80	B			
3	3	1	3	0.05	0.04	1.72	1.88		1.03	4.04	B			
3	4	1	3	0.05	0.04	1.52	1.67		1.01	3.89	B			
3	5	1	3	0.05	0.04	1.35	1.50		0.97	3.71	B			
4.2	4	0	4	0.045	0.025	1.57	1.89	1.32	0.88	5.20	B			
4.2	5	0	4	0.045	0.025	1.33	1.63	1.36	0.87	4.90	B			
2.5	3.6	0	ST.	0.04	0.025	1.94	2.04		0.93	4.69	B	3.06	1.38	6.59
2.5	4.6	0	ST.	0.04	0.025	1.59	1.73		0.94	4.48	B	2.61	1.18	6.05
2.5	5	0	ST.	0.04	0.025	1.49	1.63		0.93	4.39	B	2.47	1.11	5.88
2.5	5.6	0	ST.	0.04	0.025	1.37	1.52		0.92	4.26	B	2.29	1.03	5.65

V tabulkách uvedené hodnoty jsou počítány pro rovnoměrné ustálené proudění (Manningova rovnice). Tyto hodnoty pro rámcové posouzení kapacity postačují, samozřejmě ve skutečnosti není na toku takového charakteru rovnoměrné, ale nerovnoměrné proudění.

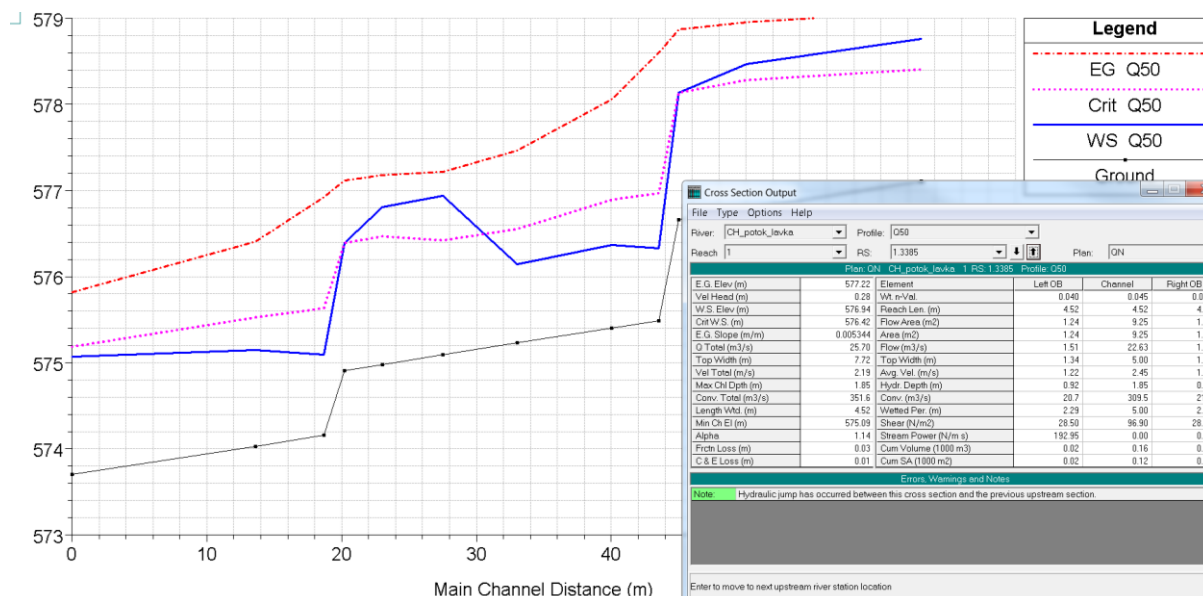
V tabulkách jsou uvedeny orientační hodnoty pro stupně ve dně. Kapacita stupňů pro bystřinné proudění je vždy vyšší než kapacita koryta nad (při přibližně shodném průřezu koryta nad stupněm, z tohoto důvodu je navrženo rozšíření obdélníkového průřezu stupňů o cca 0,3+0,3 m). Vlivem snížení hloubky vody na přelivné hraně se zvětší její rychlost. Hloubka vody na přelivné hraně závisí především na energii vodního proudu nad stupněm a na profilu přepadové sekce stupně a dosahuje obvykle 40-50 % hodnoty energie (energetické výšky) přepadu. Úsek snížené hloubky vody a zvýšené rychlosti proudění má délku přibližně trojnásobku přepadové hloubky nad přelivnou hranou (Zuna, 2008). Vypočtené hodnoty pro stupně uvádí výše uvedené tabulky.

Tyto skutečnosti byly analyzovány na vzorovém úseku v okolí stávající dřevěné lávky ř. km 1,31 -1,37 (cca 80 m). Zde je navržen 1 stupeň výšky 1,15 m a 1 stupeň výšky 0,75 m. Mimo to mezi stupni dochází k rozšíření koryta toku ze 4 na 5 m (napojení na torza pilířů původního mostu, který by měl být v budoucnu obnoven. Vzorový úsek byl řešen s využitím 2 modelových prostředků:

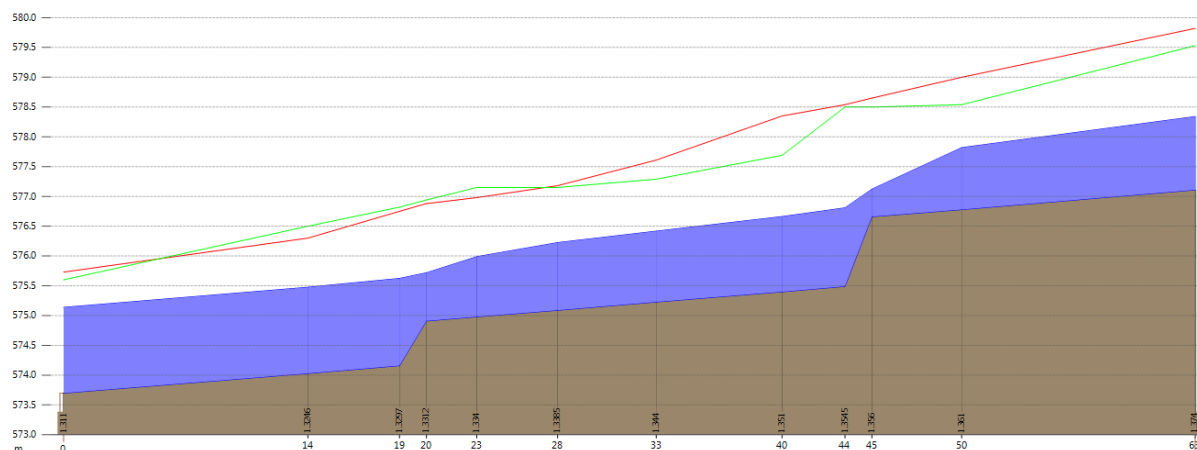
- HEC RAS 4.1
  - Rozšířený hydraulický 1D (1D+) model pro výpočet nerovnoměrného proudění
- InfoWorks ICM (Integrated Catchment Modelling)
  - hydraulický model schopný 1D, a 2D modelování

V případě HEC-RASU bylo zjištěno, že výstupy z modelu nejsou uspokojivé. Ačkoliv lze „ručně“ ověřit, že režim proudění je bystřinný, výstupem modelu byl vznik vodního skoku mezi stupni (Obr. 1)..

V případě modelu Innovyze bylo potvrzeno výše uvedeného teoretického konstatování (pro průtoky  $N = 5, 20, 50, 100$ ) s tím, že v důsledku schematizace koryta jen několik příčnými řezy došlo k poněkud vyšším rychlostem proudění na přelivu stupně.



Obr. 1 Výstupy modelového úseku – HEC-RAS. Vodní skok mezi stupni (fialově je kritická hloubka). Výpočet pro  $Q_{50}$



Obr. 2 Výstupy modelového úseku – InfoWorks ICM (Integrated Catchment Modelling).  
Výpočet pro  $Q_{50}$

Tab. 7 Výstupy modelového úseku – InfoWorks ICM (Integrated Catchment Modelling)-  
hladiny

Staničení (ř. km)	$\Delta L$ (m)	Kóta dna (m n. m.)	$\Delta H$ (m)	$n_{\text{prům.}}$ (-)	$h_{Q100}$ (m)	$h_{Q50}$ (m)	$h_{Q20}$ (m)	$h_{Q50}$ (m n. m.)	$Fr_{Q100}$ (-)	$Fr_{Q50}$ (-)
1.374	13	577.11	0.33	0.045	1.40	1.23	1.01	578.34	1.077	1.041
1.361	5	576.78	0.12	0.045	1.18	1.04	0.87	577.82	1.791	1.717
1.356	1.5	576.66	1.17	0.035	0.59	0.46	0.35	577.12	4.853	5.499
1.3545	3.5	575.49	0.09	0.045	1.51	1.32	1.08	576.81	1.211	1.165
1.351	7	575.4	0.17	0.045	1.44	1.26	1.04	576.66	1.264	1.238
1.344	5.5	575.23	0.14	0.045	1.36	1.19	0.97	576.42	1.159	1.137
1.3385	4.5	575.09	0.11	0.045	1.31	1.13	0.93	576.22	1.248	1.231
1.334	2.8	574.98	0.07	0.045	1.19	1.01	0.81	575.99	1.737	1.776
1.3312	1.5	574.91	0.75	0.035	1.02	0.81	0.55	575.72	2.165	2.409
1.3297	5.1	574.16	0.13	0.045	1.68	1.46	1.18	575.62	1.028	0.996
1.3246	13.6	574.03	0.33	0.045	1.66	1.45	1.17	575.48	1.017	1.004
1.311		573.7		0.045	1.65	1.44	1.16	575.14	1.006	0.997

Tab. 8 Výstupy modelového úseku – Innovyze InfoWorksCZ – rychlosti. Vysoké rychlosti na  
přelivu stupně jsou způsobeny schematizací

Staničení (ř. km)	$\Delta L$ (m)	Kóta dna (m n.m.)	$V_{Q100}$ (m/s)	$V_{Q50}$ (m/s)	$V_{Q20}$ (m/s)	$V_{Q5}$ (m/s)
1.374	13	577.11	3.66	3.35	2.93	2.26
1.361	5	576.78	5.61	5.10	4.38	3.23
1.356	1.5	576.66	11.79	11.83	10.82	8.27
1.3545	3.5	575.49	4.67	4.20	3.58	2.67
1.351	7	575.4	4.28	3.96	3.50	2.75
1.344	5.5	575.23	3.91	3.61	3.18	2.45
1.3385	4.5	575.09	4.16	3.85	3.39	2.55
1.334	2.8	574.98	5.42	5.16	4.68	3.57
1.3312	1.5	574.91	6.88	6.82	6.99	7.14
1.3297	5.1	574.16	4.19	3.78	3.27	2.50
1.3246	13.6	574.03	3.68	3.43	3.08	2.49



1.311		573.7	3.61	3.37	3.07	2.55
-------	--	-------	------	------	------	------

V rámci DPS bylo provedeno detailní posouzení z hlediska rozlivů a ohrožení nejhroženějšího úseku – přítok do Svobody nad Úpou a odtokové poměry v okolí hotelu PROM. tyto jsou uvedeny v samostatné příloze D.1.1.2

### B.4.2 Manningovy drsnosti

Drsnost je významným vstupním parametrem do hydraulických výpočtů, přičemž je tento parametr pravděpodobně nejvíce zatížen nejistotou a subjektivitou. Běžné hydraulické texty uvádějí zpravidla minimální, střední a maximální hodnotu pro daný typ konstrukce a rozptýl v min. a max. hodnotě je nezanedbatelný.

Pro výše uvedené výpočty rovnoměrného i nerovnoměrného proudění byly uvažovány tyto hodnoty (v literatuře zpravidla uváděny jak cca střední hodnoty Manningovy drsnosti):

Konstrukce	VPR	n (-)
kamenné zdivo z LK na MC	1.1, 4	0,025
kamenné zdivo z MK na sucho	1.2	0,033
Kamenná dlažba	2	0,025
Těžká kamenná rovinanina – svahy + dno nad stupněm	3	0,04
<b>Pozn.:</b> k obvyklé drsnosti 0,035 je přičteno 0,05 vlivem vyššího omočeného obvodu dle konstrukčního řešení (balvany na stojato). Průtočný průřez vstupuje do výpočtu jako lichoběžník		
Těžká kamenná rovinanina – dopadiště (rovinanina na „štět“)		0,05
Dno $d_e \approx 0,25$ (pod mostem ev. č. 297-008)	2, 3	0,045
Dno $d_e \approx 0,3$ (nad mostem ev. č. 297-008)	2,3	0,05

### B.4.3 Rozlivy

V místech oprav stávajícího opevnění (zajímavý z pohledu škod na okolním majetku je především zastavěný terén) je koryto kapacitní přibližně na  $Q_{20} - Q_{50}$  s tím, že nad přítokem do hlavní zastavěné části je kapacita nejnižší, silnice je zde v některých místech pouhých cca 0,7 m nad úrovní dna, což odpovídá kapacitě cca  $Q_{10} - Q_{20}$ . Zde byl po povodni provizorně zvýšen břeh násypem. Tento násyp byl použit pro přídlažbu/přizdívku břehu. Přítok do města Svoboda nad Úpou (již s uvažováním násypů a dodláždění levého svahu) byl předmětem detailního posouzení, viz příloha D.1.1.2. S využitím hydrodynamického modelu bylo zjištěno, že koryto při přítoku do Svobody pojme cca  $Q_{100}$ , ovšem za předpokladu nesnížení kapacity toku splaveninami. To hrozí zejména v profilu nekapacitního mostu v ř. km 0,538 (u garáží), v provozu lze očekávat kapacitu nižší, cca  $Q_{50}$ , pokud nedojde k významným bariérám v profilu mostu ke garážím. Problém nastává z důvodu zastropení toku poblíž hřiště (parkoviště) a nad hotelem PROM. Zde dochází v důsledku vzduší vody k rozlivům na silnici 2. třídy a dál směrem do Svobody – vytvoří se 2. řečiště. Situaci může dále zhoršit ucpání objektů splaveninami. Ostatně povodňová značka z června 2013 na objektu hotelu je dostatečně vypovídající.

Mimo intravilán Svobody nad Úpou je ohroženo několik staveb v okolí areálu DUNCAN, zde je ovšem koryto dostatečně kapacitní.

V ostatních částech není řešení rozlivů zajímavé, jelikož se koryto nachází v údolí a v okolí se nenacházejí podstatněji zranitelné objekty. V budoucnu se plánuje zástavba na levém

břehu („Zlatý Hamr“, případné poškození svahu při mimořádně silné povodni může potenciálně tyto nemovitosti ohrozit.

Problémy s průtočností mohou při povodni samozřejmě způsobit zejména ucpání objektů (mostky, zatrubněné části).

## B.5 Návrhové parametry rekonstrukcí

Při návrhu výšky opevnění se vychází z návrhového průtoku (kapitola B.2) a z hladiny vody při návrhovém průtoku. V praxi je vhodné výšku opevnění zjednodušit na několik hodnot, z důvodu provádění stavby a použitých materiálů.

- v případě VPR 1 (zdivo z LK na MC nebo zdivo z MK na sucho) je geometrie dána, jedná se o opravu.
- v případě VPR 2 (stávající dlažby) je rovněž geometrie dána. Zvýšení je možné na levém břehu nad přítokem do Svobody nad Upou, kde byl provizorně zvýšen břeh.
- v případě VPR 3 (rovnanina) vychází návrh výšky konstrukce z provedených hydraulických výpočtů, viz tabulka Tab. 9. V souladu s kapitolou B.3 jsou uváděny hodnoty pro hodnotu  $i = 2,5 \%$ , který je v 95 % délky v rekonstruovaných částech navržen. Po zjednodušení je tedy výška opevnění funkcí vzorového řezu a šířky koryta ve dně. V případě kamenné rovnaniny je navrženo, tam kde tomu nebrání jiné důvody, např. hranice pozemků, bezpečnostní rezerva 0,2 m (důvodem je vlnění při povodních a robustnost prvků konstrukce – balvany rozměrů mnoha decimetrů se nepodaří „lícovat“ s předepsanou výškou).
- V případě VPR 4 jsou zdi vysoké z důvodu stísněných poměrů a převyšují hladinu  $h_{Q50}$ .

Tab. 9 Návrh výšky konstrukcí (opevnění)

VPR	i (%)	b (m)	$h_{\text{opevnění}} \text{ (m)}$
3	2.5	3	1.8
3	2.5	4	1.6
3	2.5	5	1.4
2	2.5	3	1.4
2	2.5	4	1.2
2	2.5	5	1.1

Hydraulické výpočty v předchozím textu byly dále využity pro stanovení výšky pilířů stupňů. Dílčí a celkové výšky stupňů jsou uvedeny v Tab. 10.

Tab. 10 Orientační výšky pilířů stupňů

$b_{\text{koryto}}$ (m)	$b_{\text{stupně}}$ (m)	$h_{\text{založení}}$ (m)	$h_{\text{stupně}}$ (m)	$h_{\text{nadzemní}} = h_{\text{opevnění}} - 0.2^*$ (m)	$h_{\text{pilíře}}$ (m)	$L_{\text{pilíře}}$ (m)
3	3.6	1.2	0.75	1.6	3.55	3.75
3	3.6	1.2	0.95	1.6	3.75	3.95
3	3.6	1.2	1.15	1.6	3.95	4.15
3.5	3.6	1.2	0.5	1.5	3.2	3.5
3.5	4.1	1.2	0.75	1.5	3.45	3.75
3.5	4.1	1.2	0.95	1.5	3.65	3.95
3.5	4.1	1.2	1.15	1.5	3.85	4.15

4	4.6	1.2	0.75	1.4	3.35	3.75
4	4.6	1.2	0.95	1.4	3.55	3.95
4	4.6	1.2	1.15	1.4	3.75	4.15
Pokud $h_{pilíře} < h_{opevnění}$ v korytě nad stupněm, potom $h_{pilíře} = h_{opevnění}$						
* Dle VPR, uvedené údaje platí pro kamennou rovnalinu. Dále je třeba přihlížet ke tvaru okolního terénu – stupeň nebude vyzděn nad povrch terénu, ale ukončen v cca jeho úrovni (nižší výška). Min. výška stupně je 1 m						

Výše uvedené hodnoty byly upraveny dle skutečných dispozičních a výškových poměrů (viz podrobná situace a příčné řezy objektů).

## B.6 Nevymílací rychlosti

Posouzení stability toku se v praxi nejčastěji provádí, pro svou jednoduchost, metodou nevymílacích rychlostí. Pro určité typy konstrukcí je známá nevymílací rychlost, která se porovná s vypočtenými rychlostmi.

SPLAVENINOVÝ MATERIÁL DNA KORYTA		HLOUBKA VODY (m)		
Popis	$d_m$	0.4	1.0	2.0
	mm	Nevymílací rychlost ( $ms^{-1}$ )		
Drobný štěrč	5 – 10	0.90	1.05	1.15
Střední štěrč	10 – 15	1.10	1.20	1.35
Střední štěrč	15 – 25	1.25	1.45	1.65
Střední štěrč	25 – 40	1.50	1.85	2.10
Hrubý štěrč	40 – 75	2.00	2.40	2.75
Hrubý štěrč	75 – 100	2.45	2.80	3.20
Hrubý štěrč	100 – 150	3.00	3.55	3.75
Štěrk s valouny	150 – 200	3.50	3.8	4.30
Valouny	200 – 300	3.85	4.35	4.70
Velké valouny	300 – 400		4.75	4.95
Balvany	400 – 500		5.50	

Tab. 11 Nevymílací rychlosti – dno koryta  
(Zuna, 2008)

ZPŮSOB OPEVNĚNÍ	TLOUŠŤKA	HLOUBKA VODY (m)		
		0.4	1.0	2.0
	mm	Nevymílací rychlost ( $ms^{-1}$ )		
Travní porost zapojený		1.0	1.5	2.0
Vrbová krytina	200 – 250	2.0	2.2	2.5
Haťový pokryt	500	2.5	3.0	3.5
Zához z kamene – koeficient *)	1 vrstva	0.90	0.90	0.90
Zához z kamene – koeficient *)	2 vrstva	1.10	1.10	1.10
Štětování	200	2.5	3.0	3.5
Drátošterkové prvky 0.5x1.0 m	500	4.0	5.0	5.5
Dlažba z kamene na sucho	250	3.0	3.5	4.0
Dlažba z kamene na sucho	300	3.2	4.0	4.5
Dlažba z kamene na sucho	400	3.5	4.5	5.0
Dlažba z kopáků na sucho	300	4.0	5.0	5.5
Dlažba z kopáků na sucho	400	4.5	5.5	6.0
Dlažba z kamene na cem. maltu	250	4.0	5.0	5.5
Dlažba z kamene na cem. maltu	300	5.0	6.0	6.5
Dlažba z kamene na cem. maltu	400	5.5	6.5	7.5
Polovegetační tvárnice	150 – 200	2.5	3.0	3.5
Kamenná rovnalinu		4.5	5.5	6.0
Zdivo z vápence		3.0	3.5	4.0
Zdivo z pevných hornin		6.5	8.00	10.00

Tab. 12 Nevymílací rychlosti – konstrukce  
(Zuna, 2008)

Druh opevnění		$v_{vs} / m.s^{-1} /$ při hloubce /m/			
		0,4	1,0	2,0	3,0
Kamenné zdivo a rovnalinu	s min. pevností v tlaku $100 \text{ kg.cm}^{-2}$	3,0	3,5	4,0	4,5
	$300 \text{ kg.cm}^{-2}$	6,5	8,0	10,0	12,0
Betonové zdivo	s min. pevností $100 \text{ kg.cm}^{-2}$	10,0	12,0	13,0	14,0

Tab. 13 Nevymílací rychlosti – kamenné zdivo a rovnalinu (Mareš, 1993)

Kamenné dlažby	na sucho z lomového kamene do štěrop.lože 10 cm	tl.20 cm	2,5	3,0	3,25	3,5
		tl.25 cm	3,0	3,5	4,0	4,25
		tl.30 cm	3,25	4,0	4,25	5,0
		tl.40 cm	3,5	4,5	5,0	5,5
	na sucho z vybraných kamenů hrubě oprac. do štěrkop.lože 10cm	tl.20 cm	3,0	3,5	4,0	4,25
		tl.25 cm	3,25	4,0	4,5	5,0
		tl.30 cm	4,0	5,0	5,5	6,0
		tl.40 cm	4,5	5,5	6,0	6,5
	s vylitím spar ce- mentovou maltou do štěrkop.lože 10 cm	tl.20 cm	3,25	4,0	4,5	5,0
		tl.25 cm	3,5	4,5	5,0	5,5
		tl.30 cm	4,5	5,5	6,0	6,5
		tl.40 cm	5,0	6,0	6,5	7,0
	na cementovou maltu, spárované	tl.20 cm	3,5	4,5	5,0	5,5
		tl.25 cm	4,0	5,0	5,5	6,0
		tl.30 cm	5,0	6,0	6,5	7,0
		tl.40 cm	5,5	6,5	7,5	8,0
	do betonového lože s vyspárováním spar cementovou maltou	tl.20 cm	4,5	5,5	6,0	6,5
		tl.25 cm	5,0	6,0	6,5	7,0
		tl.30 cm	5,5	6,5	7,5	8,0
		tl.40 cm	6,0	7,0	8,0	8,5

Tab. 14 Nevymílací rychlosti – kamenné dlažby (Mareš, 1993)

Posouzení nevymílacích rychlostí pro jednotlivé průřezy:

1. VPR 1.1 Dnová dlažba tl. 50 cm a zdivo z LK na MC:

Rychlosti při  $Q_{50}$  se pohybují od 5 – 7 m/s. Navržené opevnění vyhoví rychlostem 7-8 m/s.

2. VPR 1.2 Dnová dlažba tl. 50 cm a zdivo z MK na sucho:

Rychlosti při  $Q_{50}$  se pohybují mezi 4,5 – 5 m/s pro sklonu do 3 % Navržené opevnění vyhoví rychlostem 7 m/s (dnová dlažba). Zdivo z MK na sucho je speciální druh kamenné rovnaniny, které vyhoví dle Tab. 12 rychlosti 5,5 m/s.

3. VPR 2 Dlažba tl. 25 a 40 cm na březích (sklon 1:1 a nižší), dno neupraveno ( $d_e = 0,2-0,25$  m).

Rychlosti při  $Q_{50}$  se pohybují od 3,5 – 4,5 m/s. Navržená dlažba tl. 25 cm vyhoví rychlostem cca 5,5-6 m/s, dlažba tl. 40 cm vyhoví rychlostem cca 6,5-7 m/s. Dno  $d_e$  200-300 mm vyhoví rychlostem 4,35 m/s (těsně nevyhovuje, pro stabilitu dna budou navrženy balvanité pasy ve dně v místech vyšších sklonů).

4. VPR 3 Těžká kamenná rovnanina (sklon cca 1:1 -0,75 nebo nižší), dno neupraveno ( $d_e = 0,2-0,25$  m, v horním úseku 0,3 m i více).

Rychlosti při  $Q_{50}$  se pohybují od 3,2 – 3,7 m/s pro sklony do 2,5 %. Rovnanina vyhoví rychlostem 5,5 m/s (Tab. 12) popř. vyšším při kvalitním materiálu (Tab. 13). Dno  $d_e$  200-300 mm vyhoví rychlostem 4,35 m/s.

Rychlosti ve vrchním úseku (sklon 3 %) se pohybují od 3,5 – 3,8 m/s. Rovnanina vyhoví, dno  $d_e$  200-300/400 mm vyhoví rychlostem 4,5 m/s.

5. VPR 4 Nové zdi z LK na MC (režné zdivo), dno neupraveno ( $d_e = 0,2-0,25$  m). Rychlosti při  $Q_{50}$  se pohybují při vysokém sklonu úseku 4,2 % pro šířku  $b = 5$  m kolem 4,5 m/s. Zdivo bezpečně vyhoví, dno těsně nevyhovuje. Pro zajištění stability dna budou navrženy balvanité pasy.

6. VPR „stupeň“ – pilíře stupně z lomového kamene na maltu cementovou, dno opevněné rovnaninou.

Dle Tab. 5 se rychlosti na stupních ( $v_{0,45\%E50}$ ) pohybuje při nejnižší šířce stupně  $b_{\text{stupně}} = 3,6$  m kolem 6 m/s, pro stupně širší méně. Zdivo z LK na MC vyhovuje rychlostem kolem 8 m/s, kamenná rovnanina rychlostem 5,5 m/s (Tab. 12) popř. vyšším při kvalitním materiálu (Tab. 13). Protože budou použity velké balvany uložené do dna, lze považovat i v tomto případě dnovou rovnaninu za vyhovující (dle Tab. 13 vyhoví rovnanina z kvalitního materiálu, kterým žula je, až 8 m/s).