



## **A. SOUHRNNÁ ZPRÁVA**

**Akce:**           **Posouzení ovlivnění odtokových poměrů  
Kněžné, Bělé a Štědrého potoka**

**Objednatel:**     **M - PROJEKCE s.r.o.**

**Datum:**         **Leden 2021**

# OBSAH

1	ÚVOD .....	3
1.1	Smluvní náležitosti a náplň posouzení .....	3
1.2	Identifikační údaje objednatele a zhotovitele .....	3
1.3	Koncepce posouzení.....	3
2	PODKLADY .....	4
2.1	Literatura.....	4
2.2	Obecné podklady .....	4
2.3	Seznam použitých veličin a zkratek.....	6
3	POPIS ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ.....	7
3.1	Historické povodně.....	8
4	PŘEHLED PODKLADŮ .....	9
4.1	Geodetická zaměření .....	9
4.2	Digitální model reliéfu 5. generace .....	9
4.3	Hydrologické údaje.....	9
4.4	Ortofoto zájmového území .....	9
4.5	Místní šetření .....	9
5	NÁVRHOVÝ STAV .....	10
6	DVOUROZMĚRNÝ NUMERICKÝ MODEL SOUTOKU BĚLÉ A KNĚŽNÉ .....	14
6.1	Programový prostředek.....	14
6.2	Sestavení hydrodynamického modelu.....	15
7	JEDNOROZMĚRNÝ NUMERICKÝ MODEL ŠTĚDRÉHO POTOKA .....	20
7.1	Programový prostředek.....	20
7.2	Sestavení hydrodynamického modelu.....	21
8	VÝSLEDKY NUMERICKÝCH MODELŮ.....	24
8.1	Soutok Bělé a Kněžné.....	24
8.2	Štědrý potok.....	27
9	VYHODNOCENÍ ODTOKOVÝCH POMĚRŮ.....	29
9.1	Soutok Bělé a Kněžné.....	29
9.2	Štědrý potok.....	30
10	ZÁVĚR.....	30
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	31
	SEZNAM TABULEK.....	32
	PŘÍLOHA A - FOTODOKUMENTACE .....	33

## 1 ÚVOD

### 1.1 Smluvní náležitosti a náplň posouzení

Posouzení je zpracováno na základě smlouvy o dílo s číslem smlouvy objednatele 19-090-03-SUB-05 uzavřené dne 25. 9. 2020. Náplní je posouzení vlivu stavby „II/318 Častolovice, obchvat – zpracování projektové dokumentace a výkon autorského dozoru v rámci akce Rozšíření strategického průmyslové zóny Solnice – Kvasiny a zlepšení infrastruktury v Královéhradeckém regionu“ na odtokové poměry vodních toků Kněžné, Bělé a Štědrého potoka.

### 1.2 Identifikační údaje objednatele a zhotovitele

<b>Objednatel:</b>	<b>M - PROJEKCE s.r.o.</b>
Sídlo:	Resslova 956/13, 500 02 Hradec Králové
IČ:	05061415
DIČ:	CZ05061415
Kontaktní osoba:	Ing. Martin Stejskal, tel.: 724 511 471,
- v technických věcech	<a href="mailto:martin.stejskal@m-projekce.cz">martin.stejskal@m-projekce.cz</a>
<b>Zhotovitel:</b>	<b>VHRoušar, s.r.o.</b>
Provozovna:	Rybitví 294, 533 54 Rybitví
IČ:	05968551
DIČ:	CZ05968551
Web:	<a href="http://www.vhrousar.cz">www.vhrousar.cz</a>
Kontaktní osoba:	Ing. Ladislav Roušar, Ph.D.
Telefon:	773 085 535
E-mail:	<a href="mailto:rousar@vhrousar.cz">rousar@vhrousar.cz</a>
Číslo ČKAIT:	0701532

### 1.3 Koncepce posouzení

Pro zájmovou lokalitu byl sestaven dvourozměrný (2D) numerický model soutoku vodních toků Kněžné a Bělé. Byly provedeny variantní výpočty proudění pro stávající stav (SS) a pro průtokový scénář  $Q_{100}$  v Bělé nebo v Kněžné. Dle předaného návrhu stavby „II/318, Častolovice, obchvat“ byla zhotovena geometrie návrhové stavu (NS) a byly provedeny výpočty proudění s okrajovými podmínkami shodnými s výpočty ve stávajícím stavu. Výsledky výpočtů návrhových a stávajících stavů byly vzájemně porovnány a byly vyhodnoceny vlivy stavby na odtokové poměry. Výsledky jsou dokládány mapami hloubek, rychlostí, úrovní hladiny a rozdílovými mapami hloubek a rychlostí.

Vliv stavby na odtokové poměry Štědrého potoka je vyhodnocen z výsledků výpočtů proudění jednorozměrným (1D) numerickým modelem. Výsledky v podobě úrovní hladiny jsou dokládány schematickým podélným profilem.

## 2 PODKLADY

### 2.1 Literatura

- [1] Boor, B., Kunštátský, J., Patočka, C. Hydraulika pro vodohospodářské stavby. SNTL, Praha, 1968, str. 517.
- [2] ČSN 73 6201 Projektování mostních objektů.
- [3] ČSN 73 6820 Úpravy vodních toků.
- [4] HEC-RAS. River Analysis System. 2D Modeling User's Manual, Version 5.0. US Army Corps of engineers, Hydrologic Engineering Center. February 2016.
- [5] HEC-RAS. River Analysis System. Hydraulic Reference Manual. US Army Corps of engineers, Hydrologic Engineering Center. 2010, p. 411.
- [6] Kolář, V., Patočka, B., Bém, J. Hydraulika. SNTL, Praha, 1983, str. 475.
- [7] Kunštátský, J. 1956. Hydraulické výpočty propustků a mostů.
- [8] TNV 75 2103 Úpravy řek.
- [9] Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i. Hydrotechnické posouzení mostních objektů na vodních tocích. Technické podmínky, TP 204, 2009. Ministerstvo dopravy.
- [10] Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i. Metodika tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik. Praha, červen 2011.

### 2.2 Obecné podklady

- [20] Déšť na Rychnovsku zatopil sklepy, častolovický zámek evakuoval zvěřinec. Dostupné 14. 1. 2021 na [https://www.idnes.cz/hradec-kralove/zpravy/povoden-rychnovsko-rychnov-bourka-privalovy-dest-tutleky-lupenice-hasici-skody-kralovehradecky.A200619\\_093304\\_hradec-zpravy\\_tuu](https://www.idnes.cz/hradec-kralove/zpravy/povoden-rychnovsko-rychnov-bourka-privalovy-dest-tutleky-lupenice-hasici-skody-kralovehradecky.A200619_093304_hradec-zpravy_tuu)
- [21] Digitální model reliéfu České republiky 5. generace. Český úřad zeměměřičský a katastrální, rok aktualizace 2013.
- [22] Elektronický digitální povodňový portál. Dostupné 14. 1. 2021 na <https://www.edpp.cz/>
- [23] Fotodokumentace z terénního šetření ze dne 5. 12. 2020.
- [24] Geodetické zaměření koryta Bělé a Kněžné. Geodetická kancelář GEOXYZ, Vanický, 11/2020.
- [25] Hrozba záplav po dlouhotrvajících deštích. Dostupné 14. 1. 2021 na <https://hasicicastolovice.webnode.cz/products/hrozba-zaplav-po-dlouhotrvajicich-destich/>
- [26] Hydrologické údaje povrchových vod, Bělá. Profil nad Kněžnou. ČHMÚ, 10/2020.
- [27] Hydrologické údaje povrchových vod, Bělá. Profil pod Kněžnou. ČHMÚ, 10/2020.
- [28] Hydrologické údaje povrchových vod, Kněžná. Profil ústí do Bělé. ČHMÚ, 10/2020.
- [29] Hydrologické údaje povrchových vod, Štědrý potok. Profil ústí do Bělé. ČHMÚ, 10/2020.
- [30] Katastrofální povodeň v podhůří Orlických, červenec 1998. Český hydrometeorologický ústav, pobočka Hradec Králové. Prosinec 1998. Dostupné 14. 1. 2021 na [https://www.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/CB/pruvodce/povodnove\\_zpravy/hk\\_1998\\_07.pdf](https://www.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/CB/pruvodce/povodnove_zpravy/hk_1998_07.pdf)
- [31] Ortofota zájmového území. Český úřad zeměměřičský a katastrální, období náletu 7. 8. 2018.
- [32] Povodňový plán městyse Častolovice. Dostupné 14. 1. 2021 na [https://www.edpp.cz/cas\\_prirozena-povoden/](https://www.edpp.cz/cas_prirozena-povoden/)



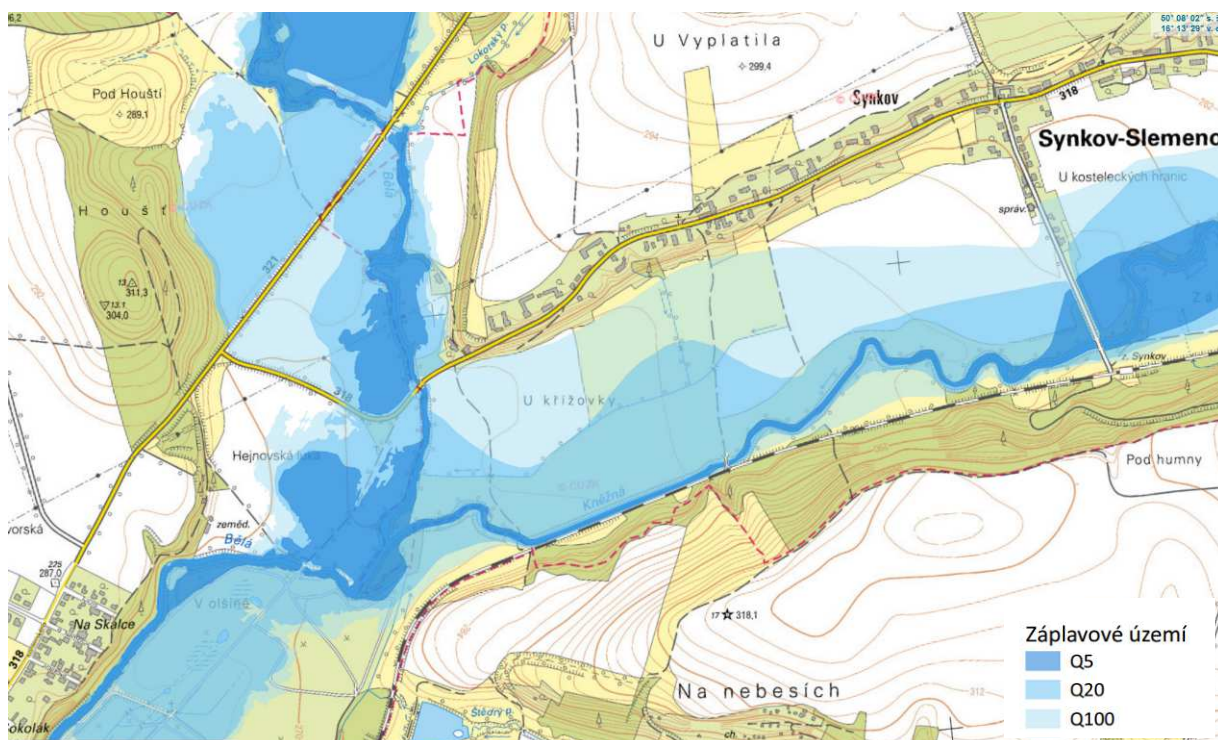
- [33] Projektová dokumentace „II/318 Častolovice, obchvat“, stupeň DÚR. B. Souhrnná technická zpráva. M – PROJEKCE s. r. o., Ing. Stejskal, 09/2020.
- [34] Projektová dokumentace „II/318 Častolovice, obchvat“, stupeň DÚR. C.3.1. Koordinační situace stavby – část 1. M – PROJEKCE s. r. o., Ing. Stejskal, 09/2020
- [35] Projektová dokumentace „II/318 Častolovice, obchvat“, stupeň DÚR. C.3.2. Koordinační situace stavby – část 2. M – PROJEKCE s. r. o., Ing. Stejskal, 09/2020.
- [36] Projektová dokumentace „II/318 Častolovice, obchvat“, stupeň DÚR. SO 202 – most přes Štědrý potok, D1.2.2., příloha 2, dispozice. M – PROJEKCE s. r. o., Ing. Stejskal, 09/2020.
- [37] Projektová dokumentace „II/318 Častolovice, obchvat“, stupeň DÚR. SO 202 – most přes Štědrý potok, D1.2.2., příloha 1, technická zpráva. M – PROJEKCE s. r. o., Ing. Stejskal, 09/2020.
- [38] Projektová dokumentace „II/318 Častolovice, obchvat“, stupeň DÚR. SO 203 – most přes řeku Kněžná, D1.2.3., příloha 1, technická zpráva. M – PROJEKCE s. r. o., Ing. Stejskal, 09/2020.
- [39] Projektová dokumentace „II/318 Častolovice, obchvat“, stupeň DÚR. SO 203 – most přes řeku Kněžná, D1.2.3., příloha 2, dispozice. M – PROJEKCE s. r. o., Ing. Stejskal, 09/2020.
- [40] Projektová dokumentace „II/318 Častolovice, obchvat“, stupeň DÚR. SO 204 – most přes řeku Bělá, D1.2.4., příloha 1, technická zpráva. M – PROJEKCE s. r. o., Ing. Stejskal, 09/2020.
- [41] Projektová dokumentace „II/318 Častolovice, obchvat“, stupeň DÚR. SO 204 – most přes řeku Bělá, D1.2.4., příloha 2, dispozice. M – PROJEKCE s. r. o., Ing. Stejskal, 09/2020.
- [42] Projektová dokumentace „II/318 Častolovice, obchvat“, stupeň DÚR. Navržená zemní tělesa v 3D křivkách. M – PROJEKCE s. r. o., Ing. Stejskal, 09/2020.
- [43] Projektová dokumentace „II/318 Častolovice, obchvat“, stupeň DÚR. SO 101 – II/318 – přeložka silnice 1. úsek, D1.1.1., příloha 3, podélný profil. M – PROJEKCE s. r. o., Ing. Stejskal, 09/2020.
- [44] Projektová dokumentace „II/318 Častolovice, obchvat“, stupeň DÚR. SO 102 – II/318 – přeložka silnice 2. úsek, D1.1.2., příloha 3, podélný profil. M – PROJEKCE s. r. o., Ing. Stejskal, 09/2020.
- [45] Projektová dokumentace „II/318 Častolovice, obchvat“, stupeň DÚR. SO 104 – II/318 napojení na stávající komunikaci, D1.1.4., příloha 3, podélný profil. M – PROJEKCE s. r. o., Ing. Stejskal, 09/2020.
- [46] Projektová dokumentace „II/318 Častolovice, obchvat“, stupeň DÚR. SO 150 – II/318 napojení polní cesty do parku, D1.1.10., příloha 3, podélný profil. M – PROJEKCE s. r. o., Ing. Stejskal, 09/2020.
- [47] Říční kilometráž vodního toku. GISyPonet, verze 4.31. Povodí Labe, s. p., dne 20. 1. 2021.
- [48] Vyhodnocení povodňové situace v červenci 1997. Souhrnná zpráva projektu. Český hydrometeorologický ústav. Červen 1998. Dostupné 14. 1. 2021 na <http://voda.chmi.cz/pov97/tab34.html>
- [49] Základní mapa, M 1:10 000.
- [50] Zaměření mapové podkladu „II/318 Častolovice, obchvat“. Geodézie Východní Čechy spol. s r.o., ing. Černý, 12/2019. Předáno objednatelem.

## **2.3 Seznam použitých veličin a zkratk**

1D	jednorozměrným
2D	dvourozměrným
Bpv	Balt po vyrovnání
DMR5G	digitální model reliéfu 5. generace
DMT	digitální model terénu
DOP	dolní okrajová podmínka
GNSS	globální družicový polohový systém
GROUND	dno
HOP	horní okrajová podmínka
JTSK	jednotná trigonometrická síť katastrální
KN	katastr nemovitostí
LB (LOB)	levý břeh
MVN	malá vodní nádrž
NS	návrhový stav
PB (ROB)	pravý břeh
PD	projektová dokumentace
SS	stávající stav
VT	vodní tok

### 3 POPIS ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ

Soutok řek Bělé a Kněžné se nachází severovýchodně od městyse Častolovice. Bělá teče od severu k jihu, Kněžná od východu na západ. Území je rovinaté, terén se výrazně zvyšuje až při okrajích nivy. Přirozené rozlivy toků jsou ovlivněny zemními tělesy silnice II/321 Častolovice – Solnice, silnice II/318 Častolovice – Synkov a železnice Častolovice – Rychnov nad Kněžnou. V inundačním území se nachází zemědělsky obhospodařované pozemky (pole, louky), lesy, nezpevněné polní cesty a na levém břehu Bělé tři rodinné domy. Pod soutokem toků přechází zemědělské pozemky do parkových úprav zámeckého parku. Koryta řek se přirozeně vyvíjí, opevněna jsou pouze v místech objektů. Podrobná fotodokumentace terénního šetření je doložena v příloze A.



Obr. 1 Přehledná mapa zájmového území s aktuálně stanovenými rozlivy [22]

Předmětem řešení je Bělá v ř. km od 2,2 do 3,7 a Kněžná v ř. km od 0,0 do 1,3. Na Bělé jsou umístěny 3 mosty a stupeň ve dně. Na Kněžné je umístěn jeden most. Paralelně s Kněžnou je v pravobřežní inundaci veden otevřený meliorační příkop, který v místech přejezdů je zatrubněn DN1000. Potrubí je následně vyvedeno do Bělé. Ostatní propustky malých průměrů umístěné pod silničními tělesy jsou v pohledu ovlivnění průběhu povodně nevýznamné - nekapacitní.

Tok: Bělá

IDVT: 10100100

Číslo hydrologického pořadí: 1-02-01-0660, 1-02-01-0800

Tok: Kněžná

IDVT: 10100210

Číslo hydrologického pořadí: 1-02-01-0790

Posuzovaný úsek Štědrého potoka se nachází jižně od soutoku Bělé a Kněžné a teče od východu na západ. Před železničním násypem v ř. km 0,6 tok vtéká do bezejmenné MVN ve vlastnictví spolku ŠTĚDRÁ NEBESA. Odtok z nádrže je zajištěn odtokovým korytem od spodní výpusti a skluzem bezpečnostního přelivu. Odtokové koryto a skluz jsou pod hrází propojeny. Odtokové koryto včetně navazujícího koryta Štědrého potoka jsou opevněny kamennou dlažbou až za profil železničního mostu. Za mostem je tok systémem stavítek a propustků dělen do několika samostatných ramen protékajících zámeckým parkem. Štědrý potok se vlévá do Bělé v ř. km 2,5. Štědrý potok je řešen v úseku od bezpečnostního přelivu MVN do profilu pod železničním mostem, tzn. v délce 150 m.

Tok: Štědrý potok

IDVT: 10185388

Číslo hydrologického pořadí: 1-02-01-0810

### 3.1 Historické povodně

Městys Častolovice zasáhly nejvíce povodně v roce 1997 a 1998. V roce 1997 kulminovala nejvíce Divoká Orlice [48], červencovou povodeň z roku 1998 způsobila Bělá. Ze záznamu stanice Častolovice byla vyhodnocena hodnota kulminačního průtoku Bělé 131 m<sup>3</sup>/s [30]. Průtok Kněžné v Rychnově nad Kněžnou odpovídal kulminačnímu průtoku 1-2 leté povodni (11,8 m<sup>3</sup>/s).

V červenci 2011 na žádost povodňové komise zasahovala výjezdová jednotka sboru dobrovolných hasičů Častolovice kvůli dlouhotrvajícím deštům, které zvedaly hladiny řek Kněžné a Bělé. Kulminační průtok Bělé dosáhl 91 m<sup>3</sup>/s [25].

Poslední zaznamenaná povodeň je z června 2020, kde v Rychnově nad Kněžnou byl zaznamenan denní srážkový úhrn 120 mm. Voda ze Štědrého potoka zaplavila zámecký park v Častolovicích [20].



Obr. 2 Odstraňování spláví na lávce u zámeckého parku (povodeň 24. 6. 1997) [32]



Obr. 3 Silnice Častolovice - Synkov (povodeň 22. 7. 2011) [25]



## 4 PŘEHLED PODKLADŮ

### 4.1 Geodetická zaměření

V prostoru posuzované stavby bylo objednatelem předáno geodetické zaměření území z prosince 2019 [50].

Koryta Bělé a Kněžné včetně objektů byly doměřeny v listopadu 2020 [24] příčnými profily po vzdálenostech od 20 do 50 m. Příčnými profily byly změřeny břehy koryta, střed koryta a terén za břehovou hranou ve vzdálenosti 10 m. Měření bylo provedeno ve 3. třídě přesnosti se střední souřadnicovou polohovou chybou 0,14 m a se střední chybou v určení výšky 0,12 m. Výškový systém je balt po vyrovnání (Bpv), souřadnicový systém JTSK.

### 4.2 Digitální model reliéfu 5. generace

Digitálním modelem reliéfu [21] ČR 5. generace (DMR 5G) jsou doplněny nezaměřené úseky inundace. DMR představuje zobrazení přirozeného nebo lidskou činností upraveného zemského povrchu v digitálním tvaru ve formě výšek diskrétních bodů v nepravidelné trojúhelníkové síti (TIN) bodů s úplnou střední chybou výšky 0,18 m v odkrytém terénu a 0,30 m ve vegetací pokrytém terénu. DMR je polohově určený v systému JTSK, výškově v Bpv.

### 4.3 Hydrologické údaje

Uvedené hodnoty N-letých průtoků [26], [27], [28] a [29] jsou pro Štědrý potok stanoveny ve III. třídě přesnosti, pro Bělou a Kněžnu ve II. třídě přesnosti. Datum pořízení údajů 13. 10. 2020.

Tab. 1 N-leté průtoky [ $m^3 \cdot s^{-1}$ ]

Tok, profil	Plocha povodí ( $km^2$ )	$Q_1$	$Q_2$	$Q_5$	$Q_{10}$	$Q_{20}$	$Q_{50}$	$Q_{100}$
Štědrý potok, ústí do Bělé	11,28	1,69	2,86	5,06	7,27	10,0	14,4	18,5
Kněžná, ústí do Bělé	94,20	10,3	16,2	26,0	35,1	45,3	61,0	74,5
Bělá, nad Kněžnou	107,37	12,4	19,1	31,2	42,7	56,3	78,0	97,3
Bělá, pod Kněžnou	201,56	21,5	31,7	47,6	61,4	76,7	99,1	118

### 4.4 Ortofoto zájmového území

Pixel rastrového obrazu ortofota ČR zobrazuje přibližně 0,20 m území ve střední rovině terénu. Polohová přesnost charakterizovaná střední souřadnicovou chybou v rovinatém terénu je 0,25 m, ve členitých terénech dosahuje hodnoty 0,5 m.

### 4.5 Místní šetření

Místní šetření proběhlo 5. 12. 2020 s cílem určit a zaměřit parametry objektů (mostní profily, propustky) ovlivňujících charakter proudění. Prošetřeno bylo také území ve vazbě na zastavěnost, výrazné překážky v podobě neprůtočných plotů nebo zdí a druh vegetačního pokryvu. Z terénního průzkumu vznikla rozsáhlá fotodokumentace [23], která mimo uvedených fotografií ve zprávě je uložena v archivu zpracovatele.

## 5 NÁVRHOVÝ STAV

Projektová dokumentace stavby obchvatu Častolovice řeší návrh východního obchvatu městyse Častolovice v rozsahu přeložky silnice II/318 s napojením na silnice I/11, II/318 a II/321. Součástí stavby je výstavba 4 úrovněvých křižovatek, 4 nových mostních objektů a souvisejících přeložek dopravní a technické infrastruktury. Vizualizace návrhového stavu je patrná z titulní strany posudku, koncepce stavby je zobrazena na Obr. 4.



Obr. 4 Situační výkres širších vztahů [33]

Směrové vedení přeložky silnice SO 101 je vedeno podél železniční trati, kde je umístěno mezi železniční tratí a hrází bezjmenné vodní nádrže. Zde přemostňuje SO 202 Štědrý potok. Na konci úseku se napojuje na novou okružní křižovatku SO 111, která bude v budoucnu sloužit pro odpojení na I/11 obchvat Kostelce nad Orlicí.

Směrové vedení přeložky silnice SO 102 překračuje estakádou SO 203 železniční trať a řeku Kněžná, pokračuje násypem nad záplavovým územím na most přes řeku Bělá (SO 204), poté se novou stykovou křižovatkou napojuje na stávající silnici II/318 a pokračuje v její stávající trase až do nové okružní křižovatky SO 112, kde se napojuje na II/321.

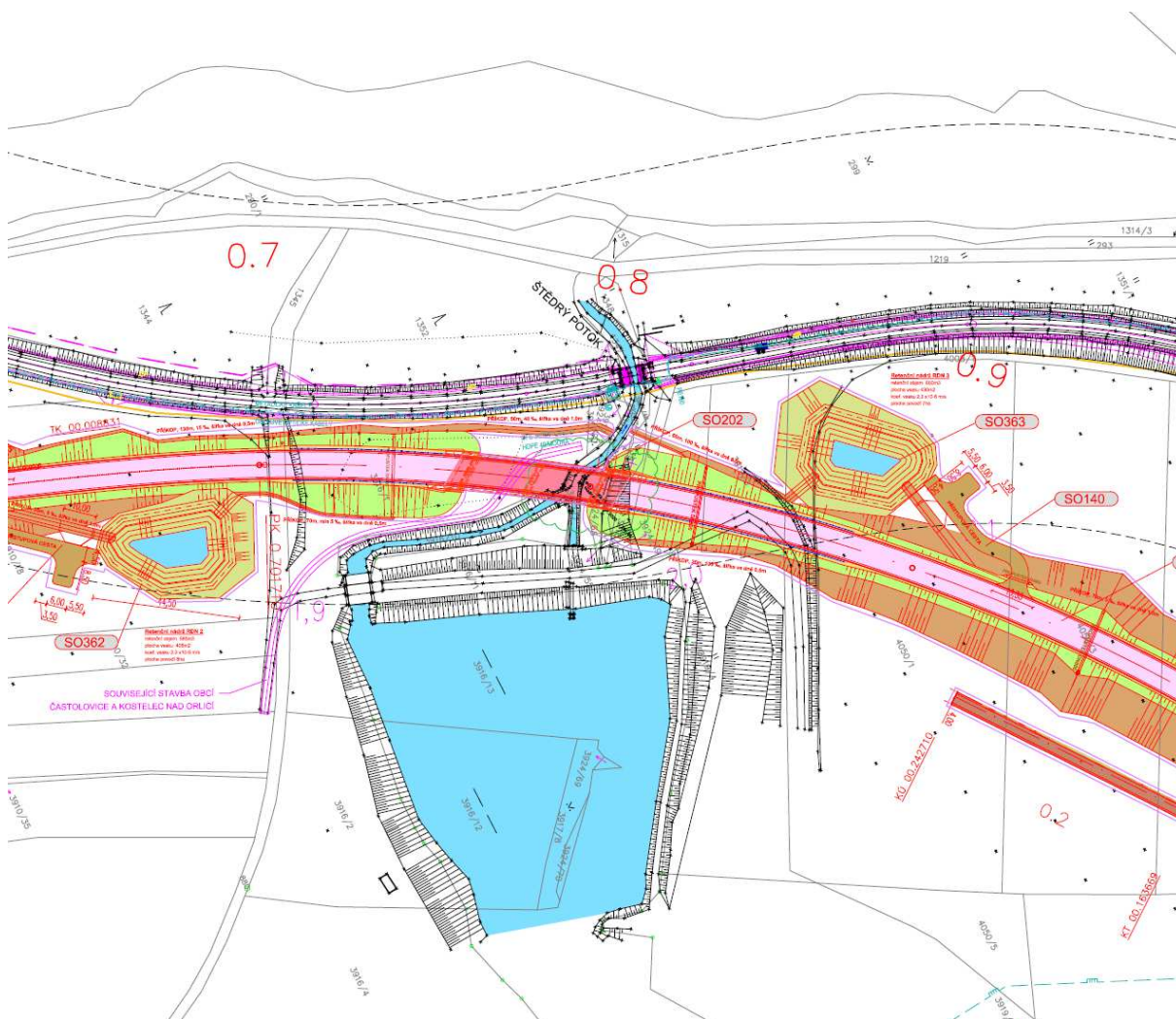
### SO 202 – Most přes Štědrý potok

Počet polí: 2

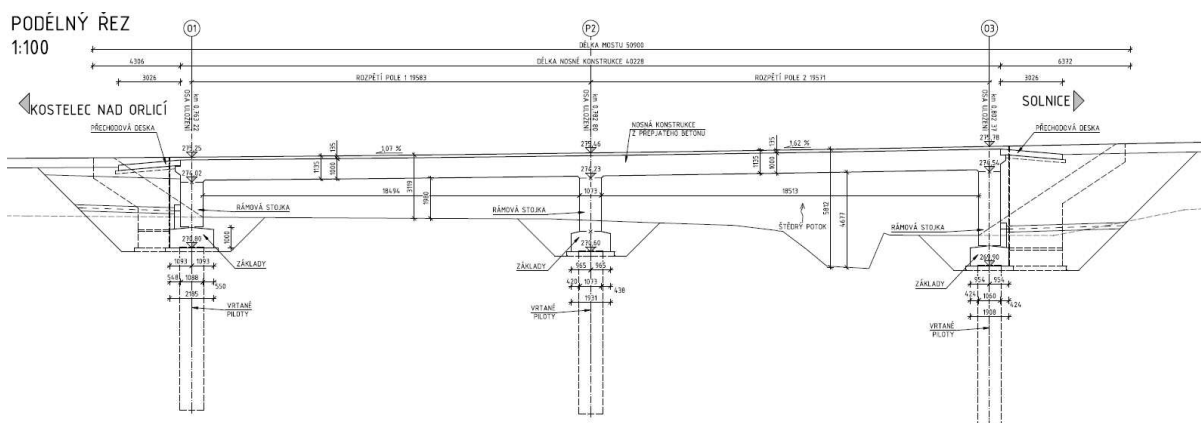
Délka přemostnění: 38,08 m

Délka rozpětí pole:  $19,58 + 19,58 = 39,16$  m

Popis mostu: Účelem mostu je převedení nové silnice I/11 přes vodní tok Štědrý potok. Most je navržen jako rámová konstrukce s 2 poli. Vlastní nosná konstrukce je navržena jako deska z dodatečně předpjatého betonu vetknutá do pilíře a krajních opěr. Na koncích mostu jsou navržena rovnoběžná křídla. U obou opěr je navrženo služební schodiště, terén před opěrami je vysvahován a opevněn lomovým kamenem, ostatní plochy pod mostem se obnoví do původního stavu.



Obr. 5 Situační výkres přemostění Štědrého potoka [33]



Obr. 6 Příčný řez přemostění SO202 [36]

**SO 203 – Most přes řeku Kněžná**

Počet polí: 6

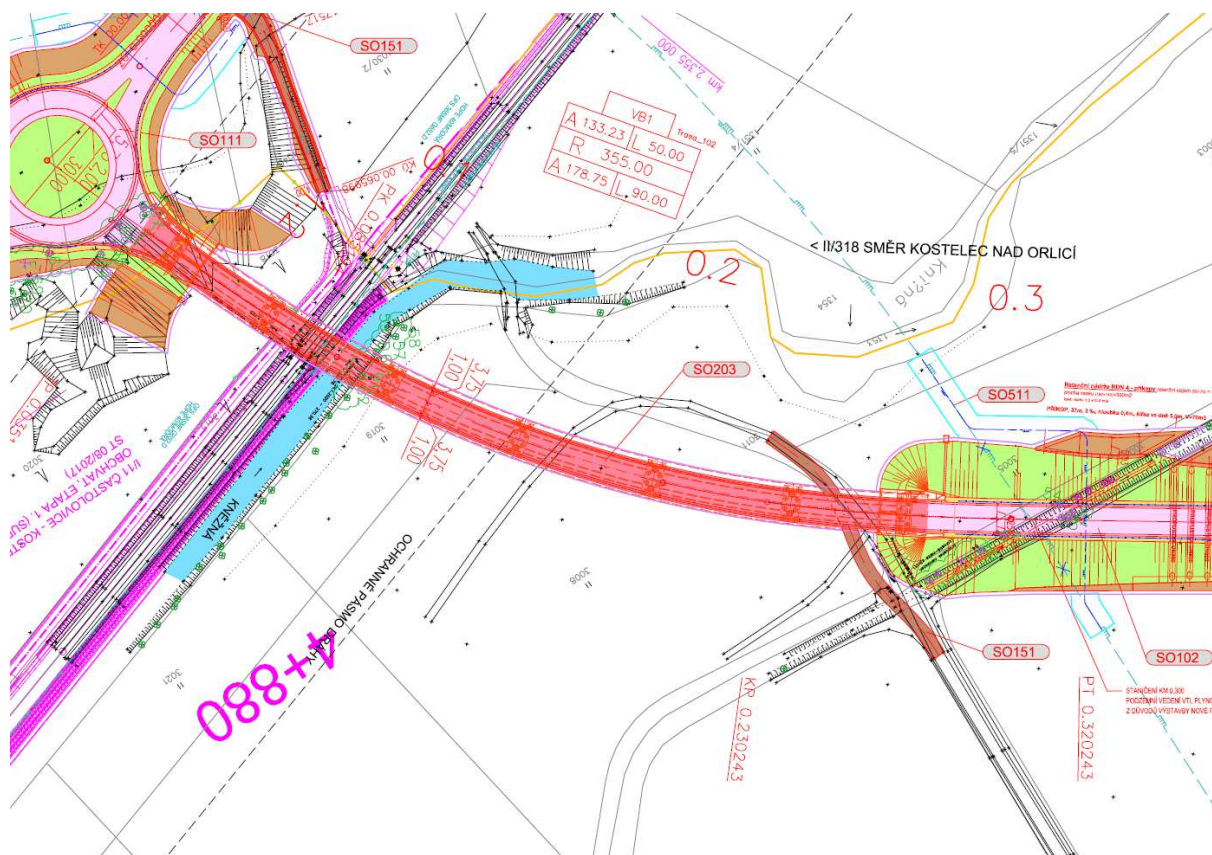
Délka přemostění: 222,00 m

Délka rozpětí pole:  $32,00 + 4 \times 40,00 + 32,00 = 224,00$  m

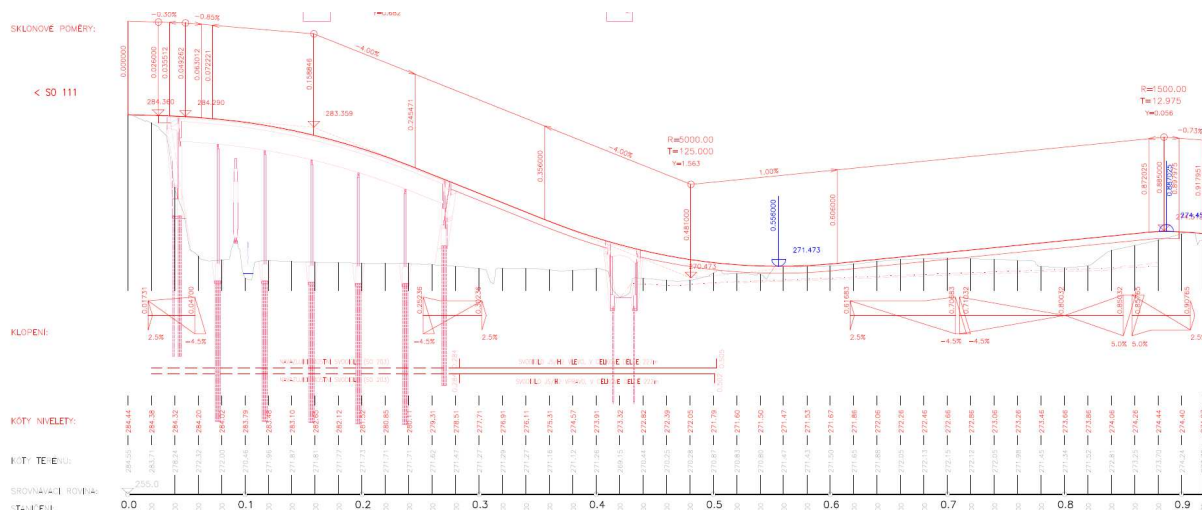
Popis mostu: Účelem mostu je převedení přeložky silnice II/318 přes železniční trať č. 022 Častolovice – Solnice a vodní tok Kněžná s inundačním územím. Most je navržen jako



spojitý nosník o 7 polích. Vlastní nosná konstrukce je navržena jako dvourámová z dodatečně předpjatého betonu uložena na masivních železobetonových opěrách a štíhlých železobetonových pilířích. U obou opěr je navrženo služební schodiště, terén před opěrami je vysvahován a opevněn lomovým kamenem, ostatní plochy pod mostem se obnoví do původního stavu.



Obr. 7 Situační výkres přemostění Kněžné [35]



Obr. 8 Podélný profil přeložky silnice SO 102 s mosty SO 203 a SO 204 [44]



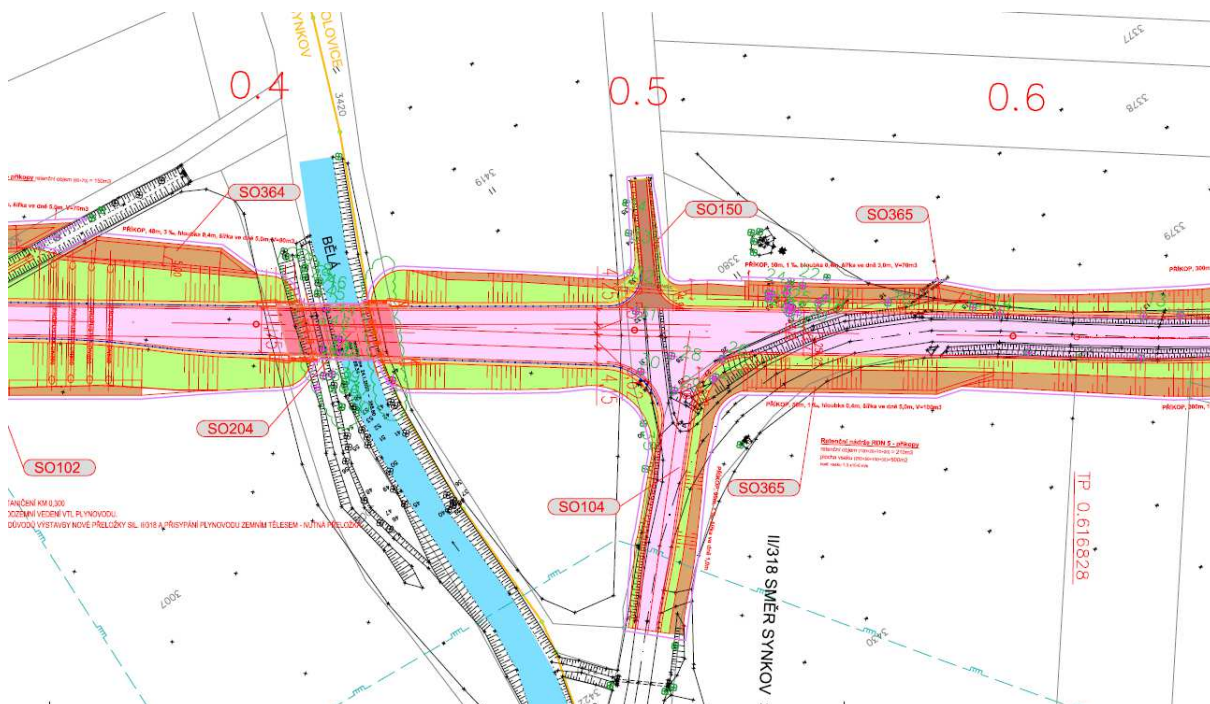
**SO 204 – Most přes řeku Bělá**

Počet polí: 1

Délka přemostění: 19,67 m

Délka rozpětí pole: 20,91 m

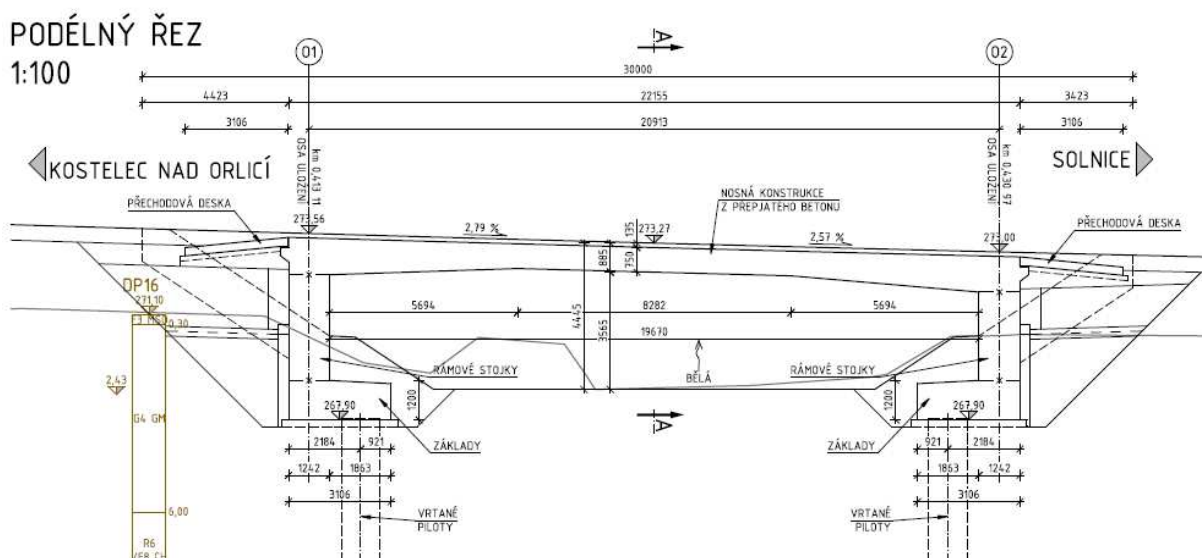
Popis mostu: Účelem mostu je převedení přeložky silnice II/318 přes vodní tok Bělá. Most je navržen jako polorámová konstrukce o jednom poli. Vlastní nosná konstrukce je navržena jako deska z dodatečně předpjatého betonu vetknutá do krajních opěr. U obou opěr je navrženo služební schodiště, terén před opěrami je vysvahován a opevněn lomovým kamenem, ostatní plochy pod mostem se obnoví do původního stavu.



Obr. 9 Situační výkres přemostění Bělé a napojení komunikací [35]

**PODÉLNÝ ŘEZ**

1:100



Obr. 10 Příčný řez přemostění SO204 [41]

## 6 DVOUROZMĚRNÝ NUMERICKÝ MODEL SOUTOKU BĚLÉ A KNĚŽNÉ

Proudění v zájmovém území bylo simulováno 2D numerickým modelem, který pro plošný charakter a soutok dvou řek dokáže věrohodně simulovat proudění při všech průtokových stavech.

### 6.1 Programový prostředek

Programový prostředek použitý pro výpočty byl HEC-RAS 5.0.7. Jedná se o prostředek, který umožňuje vytvářet výpočetní síť, vyhodnocovat a zobrazovat vypočítané výsledky.

Programový prostředek využívá při řešení 2D proudění vody v ortogonálním souřadném systému  $x, y$  rovnici spojitosti

$$\frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial(hv_x)}{\partial x} + \frac{\partial(hv_y)}{\partial y} + q = 0,$$

kde  $H$  je úroveň hladiny,  $t$  je čas,  $h$  je hloubka vody,  $v_x$  je rychlost ve směru  $x$ ,  $v_y$  je rychlost ve směru  $y$  a  $q$  je odběr nebo zdroj vody.

Navier-Stokesovy rovnice se zanedbáním vertikální složky rychlosti jsou popsány rovnicemi mělkého proudu

$$\frac{\partial v_x}{\partial t} + v_x \frac{\partial v_x}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_x}{\partial y} = -g \frac{\partial H}{\partial x} + \nu_t \left( \frac{\partial^2 v_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_x}{\partial y^2} \right) - c_f v_x + f v_y,$$

$$\frac{\partial v_y}{\partial t} + v_x \frac{\partial v_y}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_y}{\partial y} = -g \frac{\partial H}{\partial y} + \nu_t \left( \frac{\partial^2 v_y}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_y}{\partial y^2} \right) - c_f v_y + f v_x,$$

kde  $g$  je tíhové zrychlení,  $\nu_t$  je turbulentní kinematická viskozita,  $c_f$  je třecí součinitel a  $f$  je Coriolisův parametr.

Turbulentní kinematická viskozita  $\nu_t$  je definována

$$\nu_t = D h u_*,$$

kde  $D$  je izotropní součinitel modelu turbulence, použito bylo  $D = 0,5$ . Uvedený model dobře popisuje proudění, které je dominantně ovlivněno třením o dno.  $u_*$  je třecí rychlost.

Třecí součinitel  $c_f$  je

$$c_f = \frac{n^2 g |\mathbf{v}|}{R^{4/3}},$$

v němž  $n$  je součinitel drsnosti (Manning),  $\mathbf{v}$  je hodnota vektoru rychlosti a  $R$  je hydraulický poloměr.

Coriolisův parametr  $f$  zahrnuje Coriolisovy síly v horizontální rovině, kde v důsledku rotace Země dochází k zakřivení trajektorie pohybu tělesa. V modelu byl parametr zanedbán. Jeho vliv lze připustit u nádrží, pokud je hloubka vody v porovnání k ploše velká.

$$f = 2\omega \sin \varphi,$$

kde  $\omega$  je úhlová rychlost zemské rotace a  $\varphi$  je zeměpisná šířka.

K diskretizaci řídicích rovnic je použita metoda konečných objemů, což umožňuje použití strukturované i nestrukturované výpočetní sítě od čtyřúhelníkových až po osmiúhelníkové prvky. Program pro zkrácení výpočetního času využívá přístup subgridní batymetrie dna, kdy lze použít hrubší výpočetní síť. Pro výpočetní prvky sítě jsou předem

stanoveny závislosti hydraulického poloměru, průřezové plochy a objemu na hloubce zaplavení.

## 6.2 Sestavení hydrodynamického modelu

### 6.2.1 Rozsah modelu

Podélný rozsah modelu je od ř. km Bělé 2,2 do 3,7 a Kněžné od ř. km 0,0 do 1,3. Nátok Bělé je ohraničen silničním tělesem a mostem. Nátok Kněžné je určen šířkou inundace. Konec modelu je ukončen v zámeckém parku.

### 6.2.2 Schematizace výpočtové sítě

Celá výpočtová oblast je tvořena sítí 33 531 prvků od čtyřúhelníkových tvarů po osmiúhelníkové. Pro koryta toků, většinu cest a inundační území byla použita strukturovaná síť, pro ostatní území byla použita nestrukturovaná síť. Proudění mosty a příčnými prahy bylo rovněž řešeno 2D, přičemž byly posuzovány vypočtené úrovně hladiny v pohledu na vznik tlakového proudění. Tlakové proudění mostními profily je zahrnuto zvětšenou hodnotou součinitele drsnosti. 2D byly zohledněny mostní pilíře a mostní opěry. Proudění hydraulicky málo významnými propustky nebylo řešeno, uvažovalo se s jejich ucpáním plávkami. Síť byla v oblasti rodinných domů zhuštěna.



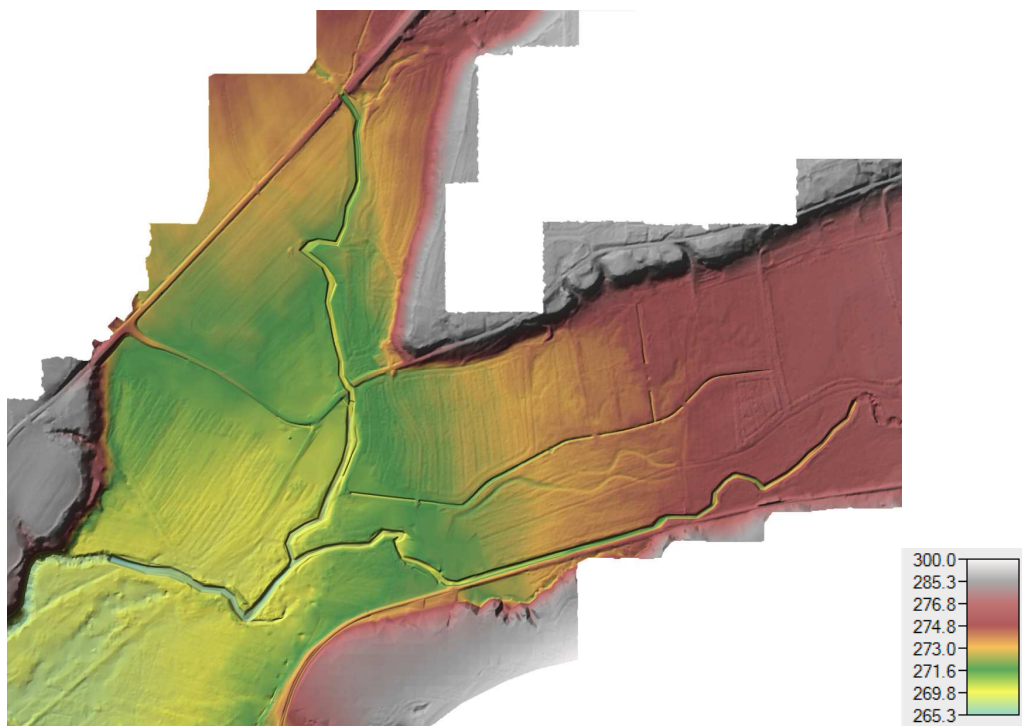
Obr. 11 Schematizace výpočetní sítě – SS



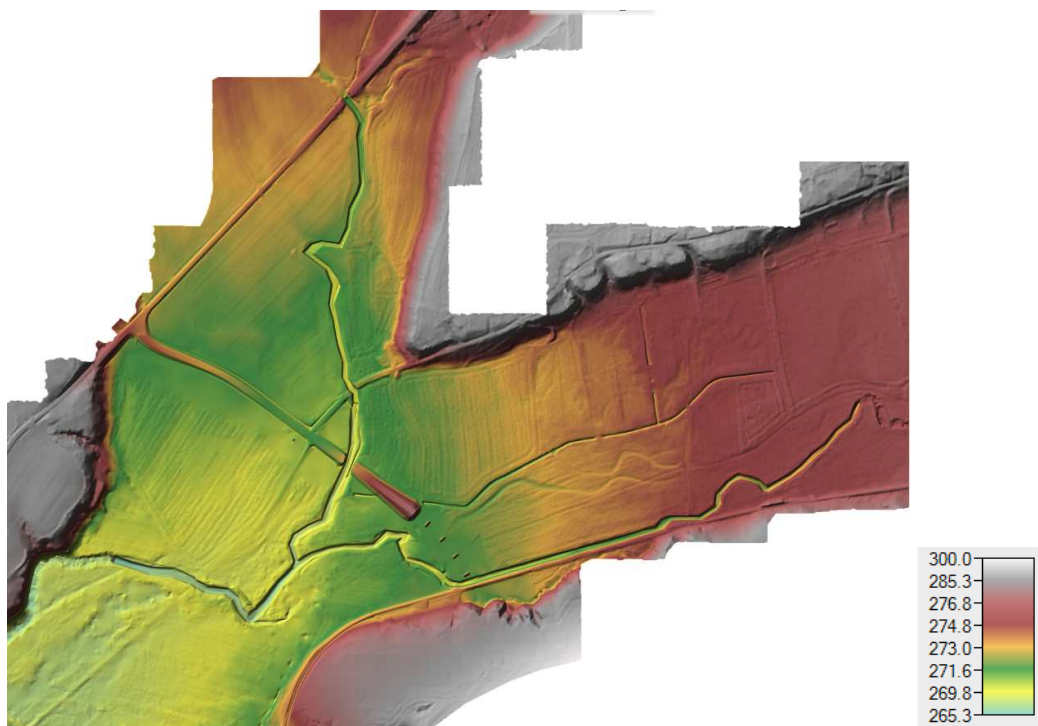
### 6.2.3 Geometrie

Podkladem pro sestavení numerických modelů je digitální model terénu (DMT). DMT stávajícího stavu (SS) byl vyhotoven sloučením geodetických zaměření [24], [50] a DMR 5G [21], viz Obr. 12. V místech sloučení byla provedena úprava sítě, aby přechod byl plynulý.

DMT návrhového stavu (NS) byl zhotoven zahrnutím návrhových opatření v podobě 3D křivek do DMT stávajícího stavu, viz Obr. 13.



Obr. 12 DMT – SS



Obr. 13 DMT – NS



### 6.2.4 Materiálové vlastnosti

Rozdělení oblasti dle typu drsnosti povrchu a hodnoty součinitele drsnosti byly stanoveny dle ortofoto snímku a pochůzky terénu. Plošné rozdělení typů drsností je zobrazeno na následujících obrázcích. V případě stavebních objektů, které jsou zaplaveny a nedochází k proudění vody, byl zadán součinitel drsnosti  $n = 99$ . Hodnoty součinitelů drsností jsou konstantní, nejsou proměnné v závislosti na hloubce zaplavení.



Obr. 14 Materiálové vlastnosti – SS



Obr. 15 Materiálové vlastnosti – NS

Tab. 2 Hodnoty součinitelů drsnosti uvažovaných ve výpočtech

Typ povrchu (označení v modelu)	Hodnota
Břehy Bělá (beh bela levy, breh bela pravy)	0,060
Břehy Kněžná (breh kněžna levy, breh kněžna pravy)	0,070
Dno Bělá (dno bela)	0,032
Dno Kněžná (dno knezna)	0,036
Les (les)	0,120
Louka (louka)	0,045
Pole (pole)	0,050
Příkop (prikop)	0,080
Přítok (pritok)	0,060
Silnice (komunikace - asfalt)	0,018
Štěrková cesta (cesta - sterk)	0,036
Zastavěné území (zastavene uzemi)	0,500
Železnice (zeleznice)	0,030

### 6.2.5 Podmínky jednoznačnosti

Za horní okrajové podmínky byly brány hodnoty N-letých průtoku (kap. 4.3) pro  $Q_{100}$ . S ohledem na hydrologické stanovení hodnot průtoku a malou pravděpodobnost souběžného výskytu povodní stejné N-letosti byly simulovány dva scénáře:

- Bělá: průtok v Bělé  $Q_{100} = 97,3 \text{ m}^3/\text{s}$ , průtok v Kněžné doplněk  $20,7 \text{ m}^3/\text{s}$  do průtoku  $Q_{100}$  pod soutokem;
- Kněžná: průtok v Kněžné  $Q_{100} = 74,5 \text{ m}^3/\text{s}$ , průtok v Bělé doplněk  $43,5 \text{ m}^3/\text{s}$  do průtoku  $Q_{100}$  pod soutokem.

Za dolní okrajovou podmínku (DOP) byl zadán sklon čáry energie, který byl aproximován sklonem hladiny při říčním proudění. Sklon čáry energie byl ověřen citlivostní analýzou změny hodnoty sklonu na úroveň hladiny a tedy určení vlivu dosahu DOP.

Počítáno bylo ustálené proudění s využitím řešiče simulujícího neustálené proudění. Počáteční podmínkou proto byl suchý terén.

### 6.2.6 Parametry simulace

V zadání parametrů výpočtu byl specifikován způsob výpočtu, vlastnosti hranic, vstupní soubory dat, konvergenční kritéria, výstupní soubory dat atd. Délka výpočtového kroku použitá při výpočtech byla nastavena tak, aby výpočet byl stabilní. Uvedené definuje hodnota Courantova kritéria pro stabilitu výpočtu, a aby rezidua byla dostatečně malá. Hodnota časového kroku byla v průběhu výpočtu automaticky nastavována v závislosti na aktuálním Courantově kritériu a základním časovém kroku. Na základě testů stability bylo stanoveno, že vhodným základním časovým krokem pro řešení rovnic mělkého proudu, tzv. full momentum, je  $0,5 \text{ s}$ .

Na základě testů ustálenosti proudění bylo stanoveno, že celková doba výpočtu pro ustálený stav byla 3 hodiny. Po 3 hodinách se nemění úroveň hladiny a rozsah rozlivu v celé oblasti.

### 6.2.7 Kalibrace a verifikace modelu

Kalibrace modelu nebyla z důvodu chybějících povodňových značek provedena. Verifikace modelu byla ověřena pouze vizuálně dle rozsahu a průběhu historických záplav. V inundacích je vytvářeno více proudnic, dochází k přelévání silnice II/318 Častolovice – Synkov, vyběžená voda z Kněžné zaplavuje celé inundační území. Výsledky modelu odpovídají rozsahu historických záplav.

## 7 JEDNOROZMĚRNÝ NUMERICKÝ MODEL ŠTĚDRÉHO POTOKA

Pro výpočet proudění a určení úrovně hladiny byl použit jednorozměrný (1D) numerický model. Aproximace 1D prouděním je dostatečně přesná, jelikož v posuzované lokalitě se nejedná o prostorové proudění a podélná složka vektoru je převládající. Výsledné hydraulické veličiny jsou průřezová rychlost a konstantní úroveň hladiny v daném příčném profilu.

### 7.1 Programový prostředek

Programový prostředek použitý pro výpočty byl HEC-RAS 5.0.7. Jedná se o prostředek, který v rámci řešení 1D úloh umožňuje vytvářet schematizace výpočtových sítí, vyhodnocovat a zobrazovat vypočítané výsledky. Mimo výpočtů nerovnoměrné ustáleného a neustáleného proudění lze řešit transport splavenin, modelovat ledové jevy nebo kvalitu vody.

Výpočtové rovnice jsou odvozené z rovnice spojitosti a rovnice pohybové, tzv. Saint-Venantovy rovnice. Pro neustálené proudění lze zapsat jako:

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0,$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial (Q^2 / A)}{\partial x} + g \cdot A \left( \frac{\partial h}{\partial x} - J_D + J_E \right) = 0,$$

kde  $A$  je průtočný profil,  $Q$  je průtok,  $h$  je hloubka vody,  $J_D$  je sklon dna koryta,  $J_E$  je sklon čáry mechanické energie a  $g$  je tíhové zrychlení.

Řídící rovnice jsou doplněny stavovými rovnicemi, počátečními a okrajovými podmínkami. Sklon čáry mechanické energie je možné určit pro postupně se měnící neustálený pohyb vody obdobně jako pro ustálený rovnoměrný pohyb pomocí Chézyho vztahu:

$$J_E = \frac{Q \cdot |Q|}{K^2}, \quad R = \frac{A}{O},$$

kde  $R$  je hydraulický poloměr,  $O$  je omočený obvod a  $K$  je modul průtoku. Chézyho rychlostní součinitel  $C$  je stanoven podle Manninga vztahem:

$$C = \frac{1}{n} \cdot R^{1/6}.$$

Počáteční podmínky jsou:

$$Q(x, t_0) = \overline{Q_0}(x), \quad h(x, t_0) = \overline{h_0}(x),$$

kde  $Q_0(x)$  a  $h_0(x)$  jsou známé zadané funkce prostorové proměnné  $x$  charakterizující stav v čase  $t_0 = 0$ .

Okrajové podmínky mají tvar:

$$Q(x_0, t) = Q_p(t), \quad h(x_L, t) = \overline{h_L}(t),$$

jsou předepsané časové průběhy průtoku a hloubky vody v krajních příčných profilech se staničením  $x_0$  a  $x_L$ .



### 7.1.1 Řešení objektů na vodním toku

#### Výpočet proudění mostním objektem

Výpočet proudění mostním objektem je závislý na průběhu hladiny v mostním profilu a jeho okolí. Celkem je v modelu zahrnuto 5 režimů proudění mostním profilem:

- A) proudění o volné hladině (říční, bystřinné proudění);
- B) proudění se zatopeným vtokem a neovlivněným (nebo ovlivněným dolní vodou) výtokem;
- C) tlakové proudění (zatopený vtok a výtok);
- D) tlakové proudění s přeléváním mostovky;
- E) proudění o vysokém stupni zatopení.

Výpočet proudění o volné hladině (A) mostním profilem lze stanovit 4 přístupy s ohledem na způsob výpočtu ztrát mechanické energie: standardní přístup dle Bernoulliho rce, rovnice hybnosti, empirické Yarnellovi rce nebo metodou FHWA WSPRO. Jako výsledná byla zvolena metoda dosahující nejvyšší úrovně energetické výšky vypočtené z rovnice hybnosti s případným zahrnutím ztráty vyvolané pilíři a standardního přístupu se zahrnutím Manningova součinitele drsnosti a součiniteli kontrakce a expanze.

V případě režimů proudění (B, C, D) je možné výpočet provést dle standardního přístupu (Bernoulliho rovnice) nebo hydraulických vztahů (se součiniteli průtoku), např. pro přelévání komunikace. Pro výpočet byl zvolen standardní přístup.

Pro režim proudění (E) o vysokém stupni zatopení (0,95) model automaticky nastavuje standardní přístup.

#### Výpočet proudění přes přeliv (vozovku komunikace)

Výpočet průtoku přes přeliv je v modelu stanoven podle vztahu:

$$Q = CbH^{3/2},$$

kde  $C$  je součinitel průtoku,  $b$  je délka přelivné hrany a  $H$  je energetická výška horní vody.

Součinitel průtoku lze dle standardních hydraulických vztahů zapsat jako:

$$C = m\sqrt{2g},$$

kde  $m$  je součinitel přepadu.

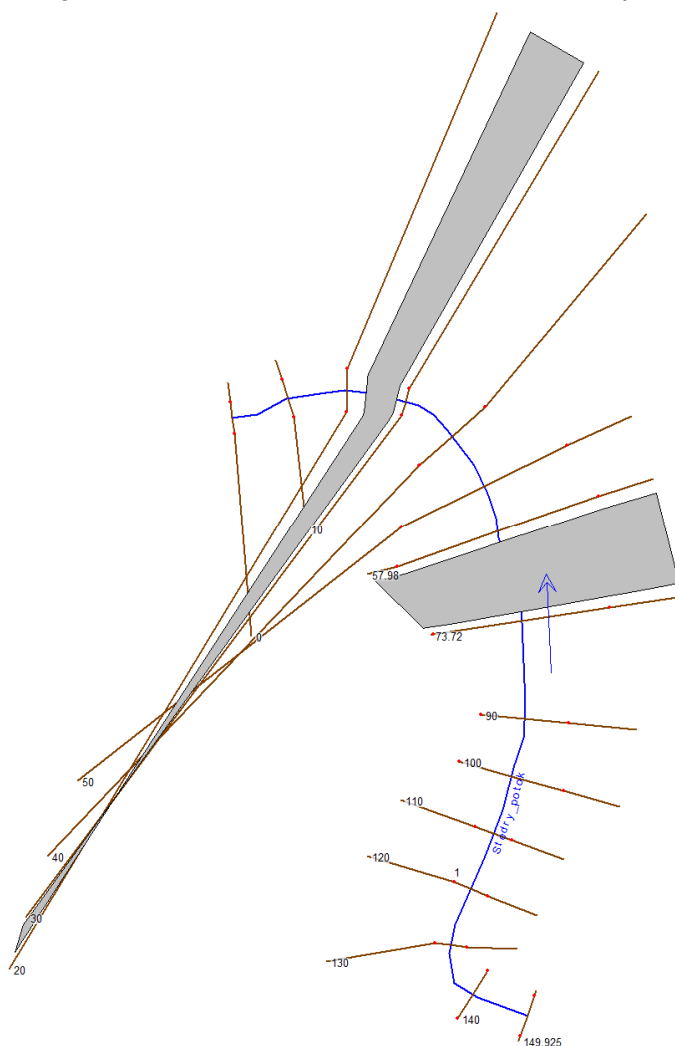
V případě vyšších průtokových stavů dochází k ovlivnění přepadu úrovní hladiny dolní vody a jedná se o nedokonalý přepad. Tento jev je zahrnut, když hloubka dolní vody nad přelivem  $h_z$  v poměru k energetické výšce horní vody  $H$  je větší než 0,67 (pro přeliv se širokou korunou 0,76). Ve výpočetním vztahu pro průtok je následně zaveden součinitel zatopení, kterým je snižována hodnota součinitele průtoku a energetická výška horní vody je nahrazena rozdílem energetické výšky horní vody  $H$  a hloubkou dolní vody  $h_d$ . Dle typu přelivu (široká koruna, proudnicová plocha nebo přeliv s ostrou hranou) a stupně zatopení je zahrnut odpovídající součinitel zatopení. Pokud se jedná o vysoký stupeň zatopení (0,95) je hladina v nadjezí stanovena z rovnice energie (Bernoulliho rce).

## 7.2 Sestavení hydrodynamického modelu

### 7.2.1 Schematizace výpočtové sítě

Vodní tok včetně objektů byl schematizován příčnými profily, které tvoří výpočtovou síť numerického modelu (viz Obr. 16). Příčné profily byly vyhodnoceny z předaného geodetického zaměření [50]. Vzdálenost příčných profilů je volena s ohledem na ovlivnění proudění vlivem změny trasy, nivelety dna, překážek, významných terénních nerovností

a druhu povrchu. Vzdálenosti příčných profilů se pohybují od 8 m do 16 m. Geometrie mostů byla vložena dle geodetického zaměření, místního šetření a podkladu [36], [37].



Obr. 16 Výpočtová síť numerického modelu - NS

### 7.2.2 Materiálové vlastnosti

Materiálové vlastnosti jsou specifikovány hodnotami součinitelů drsnosti, které byly ohodnoceny na základě fotografií, místního šetření, ortofot a odborného odhadu zhotovitele pro vyskytující se povrchy. Hodnoty jsou zadávány proměnné po šířce koryta.

Tab. 3 Hodnoty součinitelů drsnosti uvažovaných ve výpočtech

Komentář	Hodnota
dno koryta – zdrsňené, přítomnost volných kamenů	0,035
dno koryta – nezdrsňené	0,030
svahy koryta – zemní s travním drnem, občasné opevnění z kamene	0,040
svahy koryta – dlažba	0,017

### **7.2.3 Dolní a horní okrajové podmínky**

Za horní okrajovou podmínku (HOP) byla nastavena hodnota 100-letého průtoku  $18,5 \text{ m}^3/\text{s}$ . HOP je stanovena v profilu bezpečnostního přelivu MVN.

Za dolní okrajovou podmínku (DOP) byl zadán sklon čáry energie, který byl aproximován sklonem hladiny při říčním proudění. Sklon hladiny byl dále ponížen z důvodu navazujícího nekapacitního a částečně zborceného obloukového kamenného mostu, který nebyl zaměřen a lze předpokládat, že kapacitně nevyhovuje a tvoří tak překážku proudu včetně propagace zpětného vzduší. Sklon čáry energie byl ověřen citlivostní analýzou změny hodnoty sklonu na úroveň hladiny a tedy určení vlivu dosahu DOP.

Byl proveden výpočet ustáleného nerovnoměrného proudění pro říční proudění pro SS a NS.

### **7.2.4 Kalibrace a verifikace modelu**

Z důvodu chybějících dat nebyl model kalibrován a verifikován.

## 8 VÝSLEDKY NUMERICKÝCH MODELŮ

### 8.1 Soutok Bělé a Kněžné

Výsledky v podobě map hloubek, map rychlostí a úrovní hladin jsou dokládány v mapových přílohách. Mapy byly vyhotoveny pro stávající a návrhový stav. S ohledem na hydrologické stanovení hodnot průtoku a malou pravděpodobnost souběhu povodní stejné N-letosti byly simulovány dva scénáře:

- Bělá: průtok v Bělé  $Q_{100}$ , průtok v Kněžné doplněk;
- Kněžná: průtok v Kněžné  $Q_{100}$ , průtok v Bělé doplněk.

Pro vyhodnocení vlivu stavby obchvatu na odtokové poměry Bělé a Kněžné byly zpracovány rozdílové mapy hloubek a rychlostí.

#### Seznam mapových příloh:

B.1.	Stávající stav - Bělá	
B.1.1.	Mapa hloubek - Bělá, $Q_{100}$	M 1 : 5 000
B.1.2.	Mapa rychlostí - Bělá, $Q_{100}$	M 1 : 5 000
B.1.3.	Mapa úrovní hladiny - Bělá, $Q_{100}$	M 1 : 5 000
B.2.	Stávající stav - Kněžná	
B.2.1.	Mapa hloubek - Kněžná, $Q_{100}$	M 1 : 5 000
B.2.2.	Mapa rychlostí - Kněžná, $Q_{100}$	M 1 : 5 000
B.2.3.	Mapa úrovní hladiny - Kněžná, $Q_{100}$	M 1 : 5 000
B.3.	Návrhový stav - Bělá	
B.3.1.	Mapa hloubek - Bělá, $Q_{100}$	M 1 : 5 000
B.3.2.	Mapa rychlostí - Bělá, $Q_{100}$	M 1 : 5 000
B.3.3.	Mapa úrovní hladiny - Bělá, $Q_{100}$	M 1 : 5 000
B.4.	Návrhový stav - Kněžná	
B.4.1.	Mapa hloubek - Kněžná, $Q_{100}$	M 1 : 5 000
B.4.2.	Mapa rychlostí - Kněžná, $Q_{100}$	M 1 : 5 000
B.4.3.	Mapa úrovní hladiny - Kněžná, $Q_{100}$	M 1 : 5 000
B.5.	Rozdílové mapy - Bělá	
B.5.1.	Rozdílová mapa hloubek - Bělá, $Q_{100}$	M 1 : 5 000
B.5.2.	Rozdílová mapa rychlostí - Bělá, $Q_{100}$	M 1 : 5 000
B.6.	Rozdílové mapy - Kněžná	
B.6.1.	Rozdílová mapa hloubek - Kněžná, $Q_{100}$	M 1 : 5 000
B.6.2.	Rozdílová mapa rychlostí - Kněžná, $Q_{100}$	M 1 : 5 000



### 8.1.1 Záplavová čára pro průtok $Q_{100}$

Záplavová čára tvoří obalovou křivku mapám hloubek, rychlostí a úrovní hladiny. Zobrazuje maximální rozsah povodně pro daný průtok.



Obr. 17 Definice záplavové čáry rozlivu  $Q_{100}$

### 8.1.2 Mapy hloubek pro průtok $Q_{100}$

Podstatou zpracování map hloubek je určení prostorového rozdělení hloubek uvnitř záplavového území. Mapy hloubek jsou doplněny o příslušnou záplavovou čáru a jsou zobrazeny na podkladě ortofoto mapy v měřítku 1 : 5 000.

Hloubka vody [m]

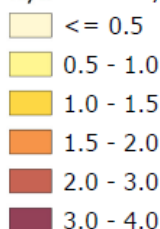


Obr. 18 Definice barev a intervalů pro mapy hloubek

### 8.1.3 Mapy rychlostí pro průtok $Q_{100}$

Podstatou zpracování map rychlostí je určení prostorového rozdělení rychlostí uvnitř záplavového území. Mapa je doplněna vektory rychlosti, které naznačují směr proudění a poměrovou hodnotu rychlosti. Vektory jsou vyobrazeny pro rychlosti větší než 0,3 m/s. Mapy rychlostí jsou doplněny o příslušnou záplavovou čáru a jsou zobrazeny na podkladě ortofoto mapy v měřítku 1 : 5 000.

Rychlost vody [m/s]

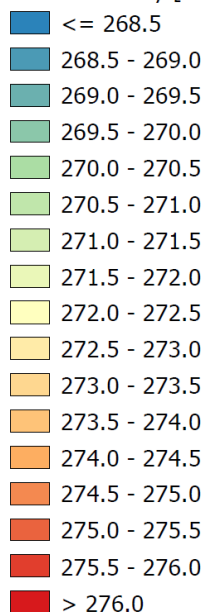


Obr. 19 Definice barev a intervalů pro mapy rychlostí

### 8.1.4 Mapy úrovní hladiny pro průtok $Q_{100}$

Podstatou zpracování map úrovní hladiny je určení prostorového rozdělení úrovní hladiny uvnitř záplavového území. Mapy úrovní hladiny jsou doplněny o příslušnou záplavovou čáru a jsou zobrazeny na podkladě ortofoto mapy v měřítku 1 : 5 000.

Úroveň hladiny [m n. m.]

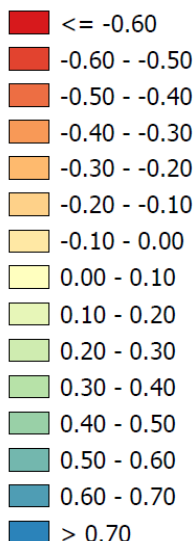


Obr. 20 Definice barev a intervalů pro mapy úrovní hladiny

### 8.1.5 Rozdílové mapy hloubek pro průtok $Q_{100}$

Podstatou zpracování rozdílových map hloubek je určení prostorové změny hloubek vyvolané návrhovým stavem. Rozdíl hloubek byl vyhodnocen jako rozdíl hloubek návrhového a stávajícího stavu. Kladná hodnota rozdílu hloubky představuje zvětšení hloubky oproti stávajícímu stavu. Záporná hodnota rozdílu hloubky představuje zmenšení hloubky oproti stávajícímu stavu. Rozdílové mapy hloubek jsou doplněny o záplavovou čáru stávajícího stavu, kde lze přímo porovnat změny rozsahu záplavy. Mapy jsou zobrazeny na podkladě ortofoto mapy v měřítku 1 : 5 000.

Rozdíl hloubek vody [m]

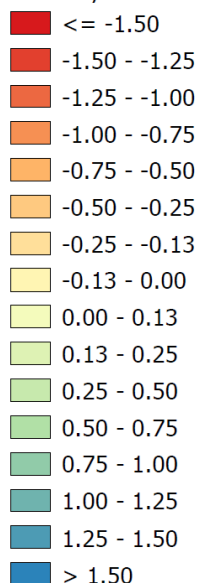


Obr. 21 Definice barev a intervalů pro rozdílové mapy hloubek

### 8.1.6 Rozdílové mapy rychlostí pro průtok $Q_{100}$

Podstatou zpracování rozdílových map rychlostí je určení prostorové změny rychlostí vyvolané návrhovým stavem. Rozdíl rychlostí byl vyhodnocen jako rozdíl rychlostí návrhového a stávajícího stavu. Kladná hodnota rozdílu rychlosti představuje zvětšení rychlosti oproti stávajícímu stavu. Záporná hodnota rozdílu rychlosti představuje zmenšení rychlosti oproti stávajícímu stavu. Rozdílové mapy rychlostí jsou doplněny o záplavovou čáru stávajícího stavu, kde lze přímo porovnat změny rozsahu záplavy. Mapy jsou zobrazeny na podkladě ortofoto mapy v měřítku 1 : 5 000.

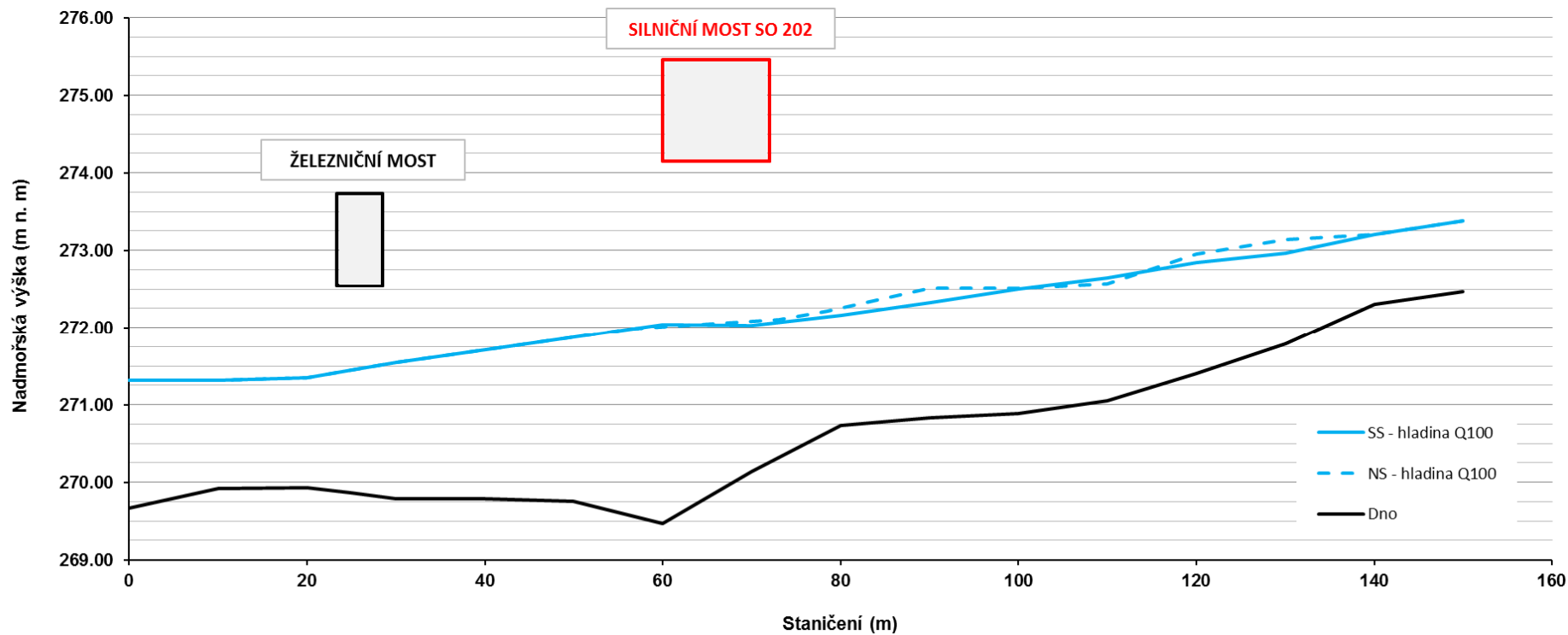
Rozdíl rychlosti vody [m/s]



Obr. 22 Definice barev a intervalů pro rozdílové mapy rychlostí

## 8.2 Štědrý potok

Výsledné úrovně hladiny SS a NS jsou pro  $Q_{100}$  vyneseny do schematického podélného profilu na Obr. 23.



Obr. 23 Schematický podélný profil Štědrého potoka – SS, NS



## 9 VYHODNOCENÍ ODTOKOVÝCH POMĚRŮ

### 9.1 Soutok Bělé a Kněžné

S ohledem na hydrologické stanovení hodnot průtoku a malou pravděpodobnost souběhu povodní stejné N-letosti byly simulovány dva scénáře:

- Bělá: průtok v Bělé  $Q_{100}$ , průtok v Kněžné doplněk;
- Kněžná: průtok v Kněžné  $Q_{100}$ , průtok v Bělé doplněk.

Při povodňovém průtoku  $Q_{100}$  v Bělé jsou ve stávajícím stavu mezi silnicemi II/318 a II/321 zaplaveny přilehlé zemědělské pozemky. Proudění v silničním mostu silnice II/318 Častolovice - Synkov je tlakové a v pravé inundaci dochází k přelévání vozovky. Rodinné domy u silnice jsou ochráněny zídou plotu až na výjimku zahradních domků. Rodinný dům umístěný v levé inundaci Bělé je zaplaven. Za mostem voda proudí v korytě toku a v pravé inundaci souběžně s cestou k zámeckému parku. Rozsah záplavy Kněžné není výrazný, voda je udržována převážně v korytě a v pravé inundaci je vytvořeno několik drobných proudů pravděpodobně v místech historické tresy toku. Pod soutokem Bělé a Kněžné se voda z pravé inundace Bělé vlévá zpět do koryta a je vytvořen proud směrem do zámeckého parku. Most pod soutokem u zámeckého parku je v tlakovém režimu proudění. Výsledky viz mapové přílohy B.1.

V návrhovém stavu je dosaženo téměř totožných rozlivů jako v případě stávajícího stavu. Vlivem navrženého obchvatu je sice posunuto místo přelévání vozovky, ale vozovky obchvatu a silnice II/318 jsou stále přelévány. Po přelití silnice II/318 voda proudí podél silničního tělesa do profilu mostu SO 204. Úroveň hladiny v profilu mostu je 270,98 m n. m., proudění je o volné hladině. Mezi mosty obchvatu a silnicí II/318 je oproti stávajícímu stavu zvýšena úroveň hladiny o 0,6 m, na výtoku z mostu silnice II/318 o 0,2 m. V korytě je vlivem zvětšené hloubky zmenšena rychlost proudění a kapacita mostu se snížila o 17%. Kromě míst za silničním tělesem, kde voda oproti stávajícímu stavu neproudí, jsou rozdíly úrovně hladiny v porovnání se stávajícím stavem v rozmezí hodnot od +0,02 m do -0,05 m. Rozdíly úrovně hladiny v inundaci Kněžné jsou od +0,02 do -0,02 m. Výsledky viz mapové přílohy B.3. a B.5.

Při povodňovém průtoku  $Q_{100}$  v Kněžné voda proudí po celé šířce inundace s hloubkou vody do 0,5 m. Silnice II/318 je přelévána v menším rozsahu než v případě scénáře  $Q_{100}$  v Bělé. Charakter proudění pod soutokem je obdobný jako v případě scénáře  $Q_{100}$  v Bělé. Výsledky viz mapové přílohy B.2.

V návrhovém stavu je dosaženo totožných rozlivů jako v případě stávajícího stavu, došlo pouze k nepatrnému zmenšení rozlivu Bělé nad silnicí II/318. Rozdíly úrovně hladiny v inundaci Kněžné jsou oproti stávajícímu stavu totožné, rozdíly jsou do  $\pm 0,01$  m. Nejvýraznější změny jsou dosaženy u silničního tělesa obchvatu, mostu SO 204 a prostoru mezi mostem SO 204 a mostem na silnici II/318. V inundaci Bělé jsou dosaženy rozdíly úrovně hladiny v rozsahu hodnot od +0,02 do -0,09 m. V prostoru mezi mostem SO 204 a mostem silnice II/318 došlo ke zvýšení hladiny o 0,45 m. Je zde pozorovatelný stejný trend jako ve scénáři  $Q_{100}$  v Bělé, kde je zmenšena rychlost proudění a snížena kapacita mostu. V okolí soutoku je úroveň hladiny zvýšena o +0,03 m. V předpolí estakády SO 203 je rozdíl úrovně hladiny od +0,08 do -0,06 m. Změny rychlostí jsou patrné pouze v úplavech pilířů. Výsledky viz mapové přílohy B.4. a B.6.

## 9.2 Štědrý potok

Štědrý potok byl řešen od přelivu MVN po profil za železničním mostem. Ve stávajícím stavu dochází při posuzovaném průtoku  $Q_{100}$  k přelévání levého břehu skluzu, odkud voda proudí k železničnímu násypu a podél něho se vrací zpět do koryta před železničním mostem. V řešeném úseku Štědrého potoka se značným sklonem dna (skluz od bezpečnostního přelivu MVN) je dosahováno nadkritické proudění s hodnotami průřezových rychlostí až 3,1 m/s.

Výstavbou mostního objektu SO 202 nedochází k ovlivnění odtokových poměrů. Most je dostatečně široký i po zahrnutí oblasti úplavu, který bude vznikat za levým pilířem mostu.

K částečnému ovlivnění dochází vlivem násypu silničního tělesa, kde je zamezeno proudění k železničnímu násypu a voda proudí podél silničního násypu k silničnímu mostu. Je tak ochráněn železniční násyp. Zvýšení hladiny je dosaženo ve skluzu v průměru o 0,1 m. Přeliv zpětně zatopen není, a proto lze očekávat, že jeho funkce nebude ovlivněna. Nedochází ke zpětnému přelití koruny hráze MVN.

Z důvodu přelévání levého břehu skluzu a směru proudu kolmo a podél silničního násypu je zemní těleso značně namáháno. Průřezové rychlosti se pohybují kolem hodnoty 3 m/s a při absenci opevnění svahu tělesa lze předpokládat vznik nátrží. Nátrž levého břehu skluzu byla pozorována při terénní prohlídce.

Schématický podélný profil s úrovněmi hladin SS a NS viz Obr. 23.

## 10 ZÁVĚR

Pro posouzení vlivu stavby „II/318, Častolovice, obchvat“ na odtokové poměry vodních toků Bělé, Kněžné byl zhotoven 2D numerický model stávajícího s návrhového stavu. Posouzení vlivu stavby na odtokové poměry Štědrého potoka bylo provedeno 1D numerickým modelem stávajícího a návrhového stavu. Vzájemným porovnáním výsledků byly vyhodnoceny odtokové poměry.

Odtokové poměry Bělé a Kněžné nebudou stavbou negativně ovlivněny. Změna úrovně hladiny nebude výrazná. Nedojde ke zvětšení rozsahu záplavy. Negativně lze vnímat pouze snížení průtočné kapacity mostu na silnici II/318 Častolovice – Synkov. To je ale eliminováno přerozdělením průtoku z mostního profilu do profilů přeléváných vozovek. Bude docházet k přelévání navrhovaných vozovek. Nejedná se o velké hloubky, na obchvatu max. 0,5 m, ale vlivem proudění po strmém svahu zemního tělesa bude svah značně namáhán. Rychlost proudění je až 3 m/s a pokud nebude svah náležitě opevněn, bude svah erodován.

Odtokové poměry Štědrého potoka nebudou stavbou ovlivněny. Bude ochráněno železniční zemní těleso. Stávající skluz MVN není kapacitní a změna úrovně hladiny v pohledu na nadkritický režim proudění (provzdušnění proudu, příčný náklon hladiny) nebude rozhodující. Zemní tělesa vystavená účinku proudu budou erodována, je proto doporučeno svahy min. do úrovně hladiny náležitě opevnit. Při terénní prohlídce byla na levém břehu skluzu pozorována začínající nátrž, která se časem může propagovat až do silničního tělesa a ohrožovat jeho stabilitu. Bylo by vhodné skluz, případně návodní svah hráze MVN opevnit.

V Rybitví, 28. ledna 2021  
Ing. Ladislav Roušar, Ph.D.  
Ing. Magdaléna Komorová

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Přehledná mapa zájmového území s aktuálně stanovenými rozlivy [22] .....	7
Obr. 2 Odstraňování spláví na lávce u zámeckého parku (povodeň 24. 6. 1997) [32] .....	8
Obr. 3 Silnice Častolovice - Synkov (povodeň 22. 7. 2011) [25] .....	8
Obr. 4 Situační výkres širších vztahů [33] .....	10
Obr. 5 Situační výkres přemostění Štědrého potoka [33] .....	11
Obr. 6 Příčný řez přemostění SO202 [36] .....	11
Obr. 7 Situační výkres přemostění Kněžné [35] .....	12
Obr. 8 Podélný profil přeložky silnice SO 102 s mosty SO 203 a SO 204 [44] .....	12
Obr. 9 Situační výkres přemostění Bělé a napojení komunikací [35] .....	13
Obr. 10 Příčný řez přemostění SO204 [41] .....	13
Obr. 11 Schematizace výpočetní sítě – SS .....	15
Obr. 12 DMT – SS .....	16
Obr. 13 DMT – NS .....	16
Obr. 14 Materiálové vlastnosti – SS .....	17
Obr. 15 Materiálové vlastnosti – NS .....	18
Obr. 16 Výpočtová síť numerického modelu - NS .....	22
Obr. 17 Definice záplavové čáry rozlivu $Q_{100}$ .....	25
Obr. 18 Definice barev a intervalů pro mapy hloubek .....	25
Obr. 19 Definice barev a intervalů pro mapy rychlostí .....	25
Obr. 20 Definice barev a intervalů pro mapy úrovní hladiny .....	26
Obr. 21 Definice barev a intervalů pro rozdílové mapy hloubek .....	26
Obr. 22 Definice barev a intervalů pro rozdílové mapy rychlostí .....	27
Obr. 23 Schematický podélný profil Štědrého potoka – SS, NS .....	28
Obr. 24 Pohled po proudu na silniční most silnice II/321 Častolovice-Solnice, ř. km 3,7 .....	33
Obr. 25 Pohled z pravého břehu na silniční těleso II/321 Častolovice-Solnice, ř. km 3,7 .....	33
Obr. 26 Pohled po proudu, ř. km 3,68 .....	33
Obr. 27 Pohled proti proudu, ř. km 3,3 .....	33
Obr. 28 Pohled proti proudu na levou inundaci a rodinný dům, ř. km 3,16 .....	33
Obr. 29 Pohled na levou inundaci a rodinný dům, ř. km 3,05 .....	33
Obr. 30 Pohled proti proudu na levou inundaci, ř. km 3,05 .....	34
Obr. 31 Pohled na pravou inundaci od křižovatky silnic II/321 a II/318 .....	34
Obr. 32 Pohled proti proudu na most, ř. km 3,0 .....	34
Obr. 33 Pohled na levý břeh a stupeň ze štětovic, ř. km 2,98 .....	34
Obr. 34 Pohled proti proudu na levou inundaci a silnici II/318 Častolovice-Synkov, ř. km 3,01 .....	34
Obr. 35 Pohled na sjezd a cestu k zámeckému parku, ř. km 3,01 .....	34
Obr. 36 Pohled po proudu na pravou inundaci, ř. km 3,01 .....	35
Obr. 37 Pohled na levou inundaci Bělé a proti proudu Kněžné, ř. km 2,9 .....	35
Obr. 38 Pohled po proudu, ř. km 2,86 .....	35
Obr. 39 Pohled po proudu, ř. km 2,72 .....	35
Obr. 40 Pohled po proudu na soutok Bělé a Kněžné, ř. km 2,64 .....	35
Obr. 41 Pohled proti proudu na soutok Bělé a Štědrého potoka, ř. km 2,52 .....	35
Obr. 42 Pohled po proudu, ř. km 2,46 .....	36
Obr. 43 Pohled po proudu a most v parku .....	36
Obr. 44 Pohled proti proudu na pravou inundaci, ř. km 1,0 .....	36
Obr. 45 Pohled po proudu na pravou inundaci, ř. km 1,0 .....	36
Obr. 46 Pohled proti proudu, ř. km 0,94 .....	36

Obr. 47 Pohled proti proudu na most, ř. km 0,89.....	36
Obr. 48 Pohled proti proudu, ř. km 0,7 .....	37
Obr. 49 Pohled po proudu, ř. km 0,23 .....	37
Obr. 50 Pohled proti proudu na křížení toku se železničním mostem, ř. km 0,48 .....	37
Obr. 51 Pohled proti proudu, ř. km 0,5 .....	37
Obr. 52 Pohled proti proudu na skluz bezpečnostního přelivu MVN, ř. km 0,52 .....	37
Obr. 53 Pohled proti proudu na koryto v zámeckém parku, ř. km 0,35 .....	37

## SEZNAM TABULEK

Tab. 1 N-leté průtoky [ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ] .....	9
Tab. 2 Hodnoty součinitelů drsnosti uvažovaných ve výpočtech .....	18
Tab. 3 Hodnoty součinitelů drsnosti uvažovaných ve výpočtech .....	22



## PŘÍLOHA A - FOTODOKUMENTACE

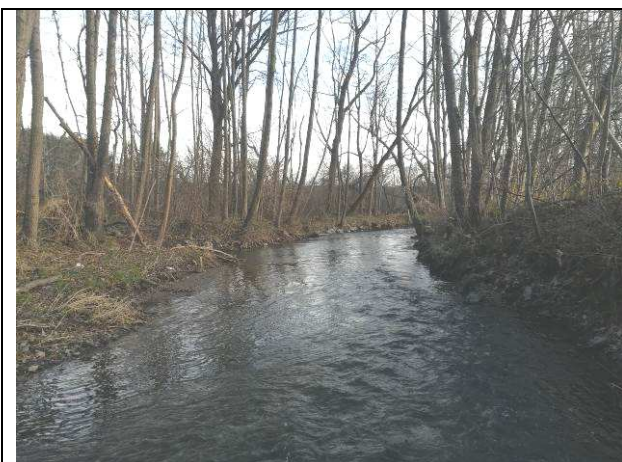
Bělá, ř. km 2,2-3,7



*Obr. 24 Pohled po proudu na silniční most silnice II/321 Častolovice-Solnice, ř. km 3,7*



*Obr. 25 Pohled z pravého břehu na silniční těleso II/321 Častolovice-Solnice, ř. km 3,7*



*Obr. 26 Pohled po proudu, ř. km 3,68*



*Obr. 27 Pohled proti proudu, ř. km 3,3*



*Obr. 28 Pohled proti proudu na levou inundaci a rodinný dům, ř. km 3,16*



*Obr. 29 Pohled na levou inundaci a rodinný dům, ř. km 3,05*





Obr. 30 Pohled proti proudu na levou inundaci, ř. km 3,05



Obr. 31 Pohled na pravou inundaci od křižovatky silnic II/321 a II/318



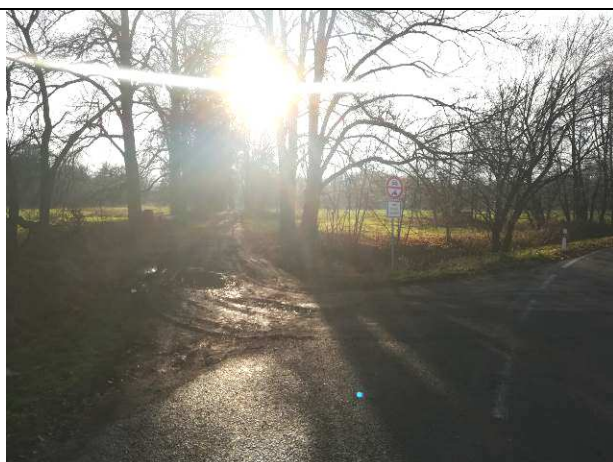
Obr. 32 Pohled proti proudu na most, ř. km 3,0



Obr. 33 Pohled na levý břeh a stupeň ze štětovic, ř. km 2,98



Obr. 34 Pohled proti proudu na levou inundaci a silnici II/318 Častolovice-Synkov, ř. km 3,01



Obr. 35 Pohled na sjezd a cestu k zámeckému parku, ř. km 3,01

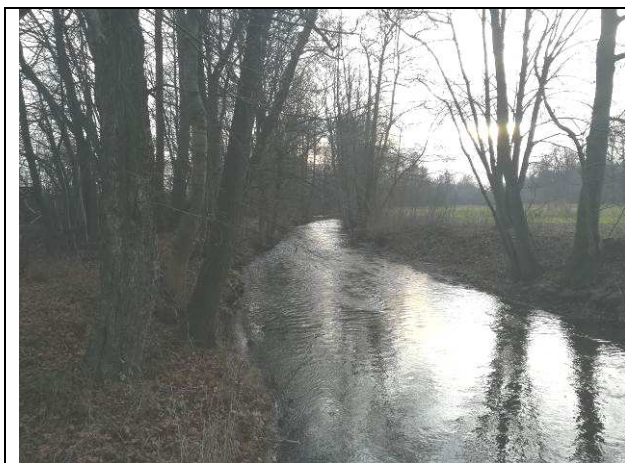




Obr. 36 Pohled po proudu na pravou inundaci,  
ř. km 3,01



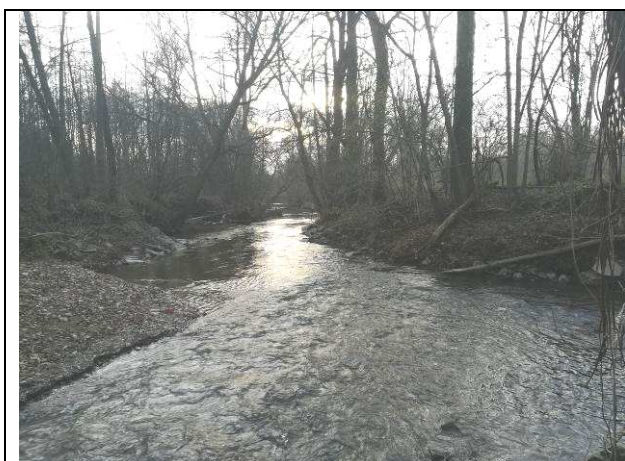
Obr. 37 Pohled na levou inundaci Bělé a proti  
proudu Kněžné, ř. km 2,9



Obr. 38 Pohled po proudu, ř. km 2,86



Obr. 39 Pohled po proudu, ř. km 2,72



Obr. 40 Pohled po proudu na soutok Bělé a  
Kněžné, ř. km 2,64



Obr. 41 Pohled proti proudu na soutok Bělé a  
Štědrého potoka, ř. km 2,52





Obr. 42 Pohled po proudu, ř. km 2,46



Obr. 43 Pohled po proudu a most v parku, ř. km 2,39

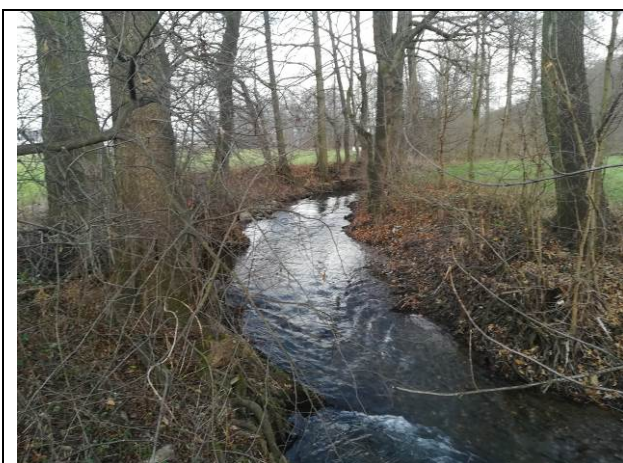
### Kněžná, ř. km 2,2-3,7



Obr. 44 Pohled proti proudu na pravou inundaci, ř. km 1,0



Obr. 45 Pohled po proudu na pravou inundaci, ř. km 1,0



Obr. 46 Pohled proti proudu, ř. km 0,94



Obr. 47 Pohled proti proudu na most, ř. km 0,89





Obr. 48 Pohled proti proudu, ř. km 0,7



Obr. 49 Pohled po proudu, ř. km 0,23

**Štědrý potok, ř. km 0,35-0,60**



Obr. 50 Pohled proti proudu na křížení toku se železničním mostem, ř. km 0,48



Obr. 51 Pohled proti proudu, ř. km 0,5



Obr. 52 Pohled proti proudu na skluz bezpečnostního přelivu MVN, ř. km 0,52



Obr. 53 Pohled proti proudu na koryto v zámeckém parku, ř. km 0,35