

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV VODNÍCH STAVEB

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF WATER STRUCTURES

POSOUZENÍ KAPACITY KORYTA VRAŽENSKÉHO POTOKA V ÚSEKU KM 2,0 AŽ KM 4,0

ASSESSMENT OF CHANEL CAPACITY OF VRAŽENSKÝ POTOK IN RIVER SECTION
KM 2,0 TO KM 4,0

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MICHAL HRABOVSKÝ

VEDOUČÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. ZBYNĚK ZACHOVAL, Ph.D.

BRNO 2015



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor 3647R015 Vodní hospodářství a vodní stavby
Pracoviště Ústav vodních staveb

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student Michal Hrabovský

Název Posouzení kapacity koryta Vraženského potoka v úseku km 2,0 až km 4,0

Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Zbyněk Zachoval, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce 30. 11. 2014

Datum odevzdání bakalářské práce 29. 5. 2015

V Brně dne 30. 11. 2014

.....
prof. Ing. Jan Šulc, CSc.
Vedoucí ústavu

.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

Digitální model terénu úseku toku.

Hydrologická data.

Raplík M., Výbora P., Mareš K., 1989. Úprava tokov. Alfa. ISBN 80-05-00128-2.

HEC-RAS, 2010. User's Manual. Version 4.1.

TNV 75 2102, 2010. Úpravy potoků.

Zásady pro vypracování

Rešerše materiálů zabývajících se 1D numerickým modelováním proudění vody o volné hladině.

Vytvoření 1D numerického modelu úseku toku.

Vyhodnocení kapacity úseku koryta toku.

Návrh řešení pro zvýšení úrovně protipovodňové ochrany obce Vražné.

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

.....
doc. Ing. Zbyněk Zachoval, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá posouzením kapacity Vraženského potoka v intravilánu obce Vražné. Řešený úsek se nachází v úseku ř. km 2,000-4,000. Jedná se o přirozenou meandrující vodoteč. V práci je posouzena kapacita koryta stávajícího stavu. Výpočty kapacity koryta byly provedeny pomocí programu HEC - RAS 4.1.0. Na základě posouzení byla navržena a výpočtově ověřena opatření na zvětšení protipovodňové ochrany.

Klíčová slova

kapacita koryta, HEC-RAS, potok, návrhový průtok, protipovodňová ochrana, profil, hráz, betonová zeď, břeh, příkop

Abstract

The bachelor thesis deals the assessment of capacity Vraženského stream in the urban of village Vražné. Solved section is located in river section km 2,0 to km 4,0. This is a natural meandering watercourse. Capacity of channel of existing state is assessed in the thesis. Program HEC-RAS 4.1.0 performed the calculation capacity of the stream. Results were evaluated after calculation. Flood protection was designed after assessment results.

Keywords

capacity of channel, HEC-RAS, stream, design flow, flood protection, profile, levee, concrete wall, bank, ditch

Bibliografická citace VŠKP

HRABOVSKÝ, Michal.: *Posouzení kapacity koryta Vraženského potoka v úseku km 2,0 až km 4,0*. Brno, 2015. 48 s., 16 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodních staveb. Vedoucí práce doc. Ing. Zbyněk Zachoval, Ph.D.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 20. 5. 2015

.....
podpis autora
Michal Hrabovský

Poděkování:

Chtěl bych poděkovat panu doc. Ing. Zbyňku Zachovalovi, Ph.D. za pomoc, ochotu, trpělivost a cenné rady při zpracování této bakalářské práce. Také bych chtěl poděkovat panu Ing. Pavlu Golíkovi, Ph.D. za poskytnutí podkladů a členu JSDH Vražné Martinu Šťastnému za poskytnutí informací ohledně povodní.

Rovněž mé poděkování patří mým rodičům za vytrvalou psychickou i materiální podporu a trpělivost po dobu mých studií na vysoké škole.

Obsah

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | ÚVOD..... | 3 |
| 2 | CÍL A METODA ŘEŠENÍ..... | 4 |
| 3 | POPIS ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ..... | 5 |
| 3.1 | SPRÁVNÍ ÚDAJE | 5 |
| 3.2 | POPIS VRAŽENSKÉHO POTOKA..... | 6 |
| 3.3 | ÚDAJE O SPRÁVCI..... | 8 |
| 3.4 | POMĚRY GEOLOGICKÉ..... | 10 |
| 3.5 | POMĚRY PEDOLOGICKÉ..... | 10 |
| 3.6 | POMĚRY KLIMATICKÉ | 10 |
| 3.7 | ČISTOTA VOD | 10 |
| 3.8 | REKREAČNÍ VYUŽITÍ | 12 |
| 3.9 | ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ | 12 |
| 3.10 | POVODNĚ..... | 12 |
| 4 | NUMERICKÝ MODEL..... | 13 |
| 4.1 | POPIS PROGRAMU HEC-RAS | 13 |
| 4.2 | ŘÍDÍCÍ ROVNICE..... | 14 |
| 5 | 1D MODEL PROUDĚNÍ ZA STÁVAJÍCÍHO STAVU | 16 |
| 5.1 | PODKLADY | 16 |
| 5.2 | REKOGNOSKACE TERÉNU..... | 16 |
| 5.3 | GEOMETRIE KORYTA..... | 20 |
| 5.4 | OBJEKTY NA TOKU | 20 |
| 5.5 | DRSNOST KORYTA A INUNDAČNÍHO ÚZEMÍ | 20 |
| 5.6 | OKRAJOVÉ PODMÍNKY | 22 |
| 5.7 | VÝPOČET | 22 |
| 5.8 | VÝSLEDKY | 23 |
| 6 | 1D SÍŤOVÝ MODEL PROUDĚNÍ ZA STÁVAJÍCÍHO STAVU..... | 23 |
| 6.1 | GEOMETRIE | 23 |
| 6.2 | BOČNÍ PŘELIV..... | 23 |
| 6.3 | DRSNOST KORYTA UMĚLÉHO PŘÍKOPU A INUNDAČNÍHO ÚZEMÍ | 23 |
| 6.4 | OKRAJOVÉ PODMÍNKY | 24 |
| 6.5 | VÝPOČET | 24 |
| 6.6 | VÝSLEDKY | 24 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 6.7 | VYHODNOCENÍ KAPACITY KORYTA | 25 |
| 7 | 1D SÍŤOVÝ MODEL PROUDĚNÍ ZA NÁVRHOVÉHO STAVU | 28 |
| 7.1 | GEOMETRIE | 28 |
| 7.2 | VÝPOČET | 28 |
| 7.3 | VÝSLEDKY | 29 |
| 8 | PRVKY PROTIPOVODŇOVÉ OCHRANY | 30 |
| 8.1 | SO1.1.1 OCHRANNÁ ZÍDKA | 30 |
| 8.2 | SO1.2.1 OCHRANNÁ ZÍDKA | 30 |
| 8.3 | SO1.2.2 MOBILNÍ HRAZENÍ | 30 |
| 8.4 | SO1.2.3 MOBILNÍ HRAZENÍ | 31 |
| 8.5 | SO1.2.4 MOBILNÍ HRAZENÍ | 31 |
| 8.6 | SO1.3.1 TERÉNNÍ ÚPRAVA | 31 |
| 8.7 | SO2.1.1 OCHRANNÁ ZÍDKA | 31 |
| 8.8 | SO2.1.2 MOBILNÍ HRAZENÍ | 31 |
| 8.9 | SO2.2.1 ZEMNÍ HRÁZ | 32 |
| 8.10 | SO2.3.1 ZEMNÍ HRÁZ | 32 |
| 8.11 | SO2.4.1 OCHRANNÁ ZÍDKA | 32 |
| 8.12 | SO2.4.2 2xZPĚTNÁ Klapka DN500 | 32 |
| 9 | ZÁVĚR A ZHODNOCENÍ..... | 34 |
| 10 | SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ..... | 36 |
| 10.1 | INTERNETOVÉ ZDROJE..... | 36 |
| 10.2 | LITERATURA..... | 37 |
| 10.3 | PŘEDPISY | 37 |
| 10.4 | PODKLADY | 38 |
| 11 | SEZNAMY | 38 |
| 11.1 | SEZNAM VELIČIN | 38 |
| 11.2 | SEZNAM ZKRATEK..... | 39 |
| 11.3 | SEZNAM OBRÁZKŮ | 40 |
| 11.4 | SEZNAM TABULEK..... | 41 |
| 12 | PŘÍLOHY | 41 |
| 12.1 | FOTODOKUMENTACE | 41 |
| 12.2 | DATA | 41 |
| 12.3 | VÝKRESY..... | 41 |

1 ÚVOD

Intravilánem obce Vražné protéká Vraženský potok, místními také nazýván „Vraženka“. Vraženský potok se při povodňových situacích vylévá z koryta a zaplavuje značnou část údolí. V roce 2009 zasáhla sousední Jeseník nad Odrou blesková povodeň, která zde napáchala značné škody. Obdobné následky by mohly vzniknout i v případě Vraženského potoka, proto znalost kapacity koryta a rozsahu záplavového území při určitém průtoku je vhodným podkladem pro plánování protipovodňové ochrany obce a jejího rozvoje.

Posuzovaný úsek Vraženského potoka se nachází v ř. km 2,00 - 4,00, což je střední část toku. Koryto v posuzovaném úseku má přírodní charakter. Dolní část koryta toku ř. km 0,00 - 2,00 je upravena a má opevněné břehy a dno. Horní část koryta toku ř. km 4,00 - 8,79 protéká extravilánem. Pozemky v extravilánu jsou využívány k zemědělské výrobě, což vytváří rychlý odtok vody z relativně malého povodí a to obvykle způsobuje větší kulminační průtok povodňové vlny. Proto je obec Vražné ohrožena především bleskovými povodněmi, které způsobuje relativně krátkodobá, avšak intenzivní srážka.

2 CÍL A METODA ŘEŠENÍ

Cílem bakalářské práce bylo vypracovat studii, ve které byla posouzena kapacita koryta Vraženského potoka a bylo určeno záplavové území při vybraných N-letých průtocích. Na základě rozsahu záplavového území bylo vyhodnoceno povodňové ohrožení obce, které následně umožnilo návrh technických opatření ke zvětšení protipovodňové ochrany Vražného.

Pro stanovení rozsahu záplavového území byl zhotoven numerický model proudění. Vzhledem k jednorozměrnému (1D) charakteru proudění byl vypracován 1D model, který byl zhotoven v programu HEC-RAS. Byl proveden výpočet ustáleného proudění při kulminačním průtoku, který zohledňuje největší možný rozsah zaplaveného území. Vstupní data pro zhotovení 1D modelu byla podkladem pro řešení. Jednalo se o geodetické zaměření a N-leté průtoky. Drsnost povrchu inundačního území a svahů koryta byla stanovena po rekognoskaci terénu z tabulek a katalogů a drsnost dna koryta výpočtem ze zrnitosti sedimentu krycí vrstvy dna.

Po provedení výpočtu byly vykresleny rozlivy posuzovaných průtoků Q_5 , Q_{20} a Q_{100} . Pro přehledné zobrazení velikosti rozlivů byla vypracována situace stávajícího stavu v měřítku 1:500 a přehledný podélný profil v měřítku 1:1000/100.

3 POPIS ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ

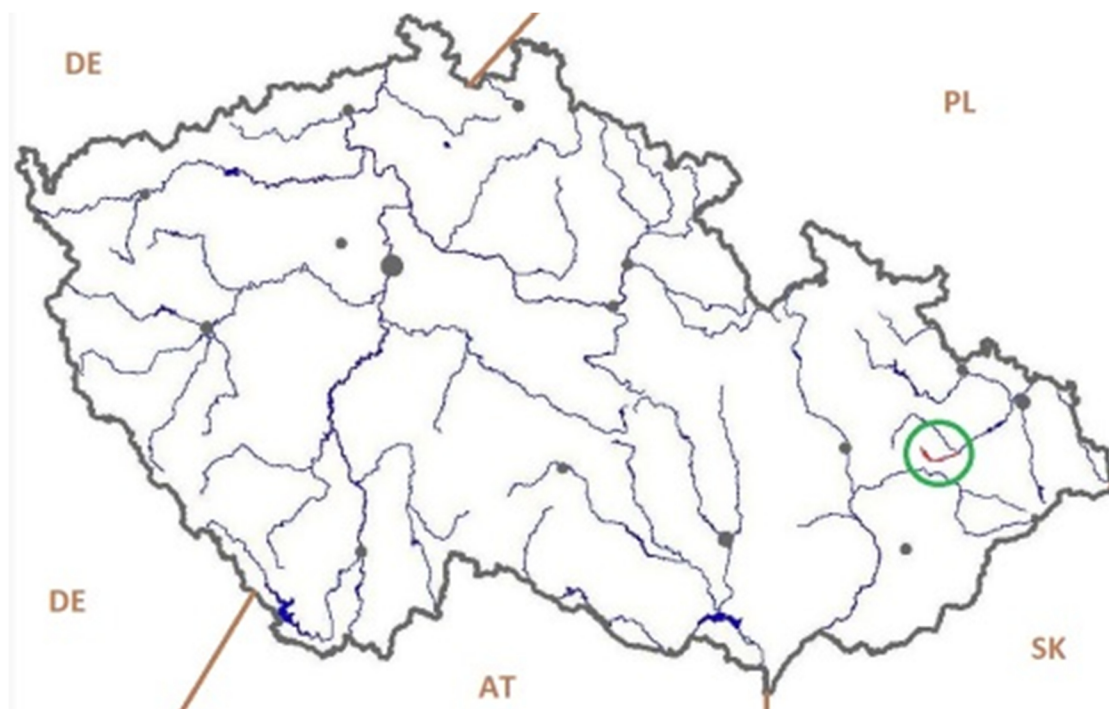
3.1 Správní údaje

Zájmová oblast se nachází v intravilánu obce Vražné v Moravskoslezském kraji a to konkrétně v části Horní Vražné a Hynčice. Staničení posuzované části toku začíná pod kostelem sv. Petra a Pavla v ř. km 2,000 a končí 315 metrů před rodným domem J. G. Mendela v ř. km 4,000 km. Vražné leží u hranice Moravskoslezského a Olomouckého kraje. Obec se skládá z částí Dolní Vražné, Horní Vražné, Hynčice a Emauzy (Obr. 1 a Obr. 3).

| | |
|-------------------------------|---|
| Název obce: | Vražné |
| Kraj: | Moravskoslezský |
| Okres: | Nový Jičín |
| Obec s rozšířenou působností: | Odry |
| Katastrální území: | Hynčice u Vražného (okres Nový Jičín); kód katastrálního území 785792 Vražné u Oder (okres Nový Jičín); kód katastrálního území 785768 |
| Kód obce: | 554910 |
| Identifikační číslo obce: | 18576 |
| Katastrální výměra: | 1521 ha |
| Počet obyvatel: | 853 |
| Adresa obecního úřadu: | Vražné 37; Odry; 742 35 [1],[2] |
| Název vodního toku: | Vraženský potok |
| Správa toku: | Povodí Odry, s. p. Varenská 49; Ostrava; 701 26 [3] |
| Číslo vodohospodářské mapy: | 25-12 |
| Číslo hydrologického pořadí: | 2-01-01-0471 [4] |



Obr. 1 Vlajka a znak obce Vražné [6]

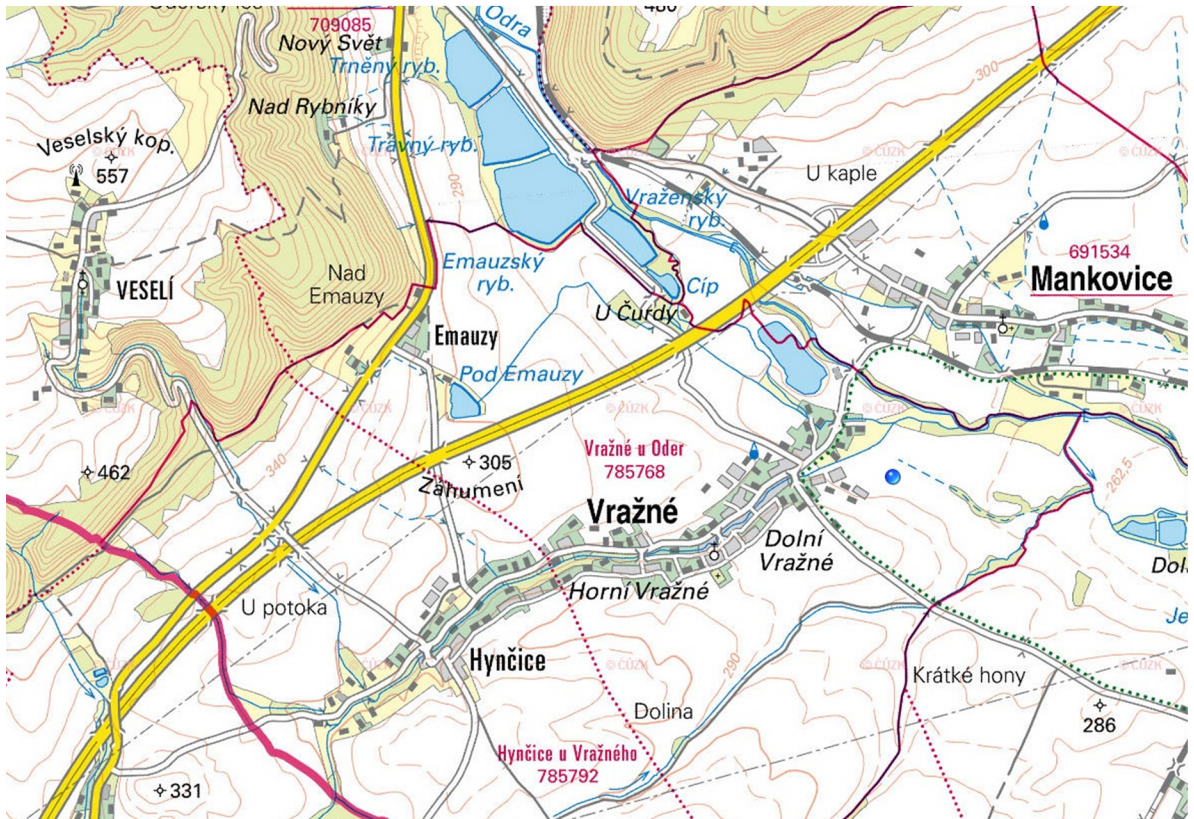


Obr. 2 Poloha Vraženského potoka v ČR [17]

3.2 Popis Vraženského potoka

Vraženský potok, je pravostranný přítok řeky Odry (Obr. 2 a Obr. 3). Pramen potoka se nachází v intravilánu obce Veselí u kostela Nejsvětější Trojice (Obr. 4). Z Veselí protéká do Hynčic extravilánem, kde se křížuje se silnicí II. třídy č. 47 a dálnicí D1. V části Hynčice a Horní Vražné protéká potok jejich centrální částí. Zde je přirozenou meandrující vodotečí s kvalitními doprovodnými porosty. V části Dolní Vražné je potok upraven a břehy koryta jsou zpevněny.

Následně koryto toku prochází extravilánem, kde se vlévá do řeky Odry. V extravilánu je koryto toku upraveno, je neopevněno a bez doprovodných porostů. Zde je bezejmenný levostranný přítok z rybníků Vraženský, Emauzský, Cíp a Pod Emauzy. Celková délka Vraženského potoka od prameniště až po ústí do řeky Odry je 8,789 km a s průměrným sklonem 2,776%.



Obr. 3 Oblast obce Vražné a jejího okolí [2]



Obr. 4 Kostel Nejsvětější Trojice ve Veselí [11]

3.3 Údaje o správci

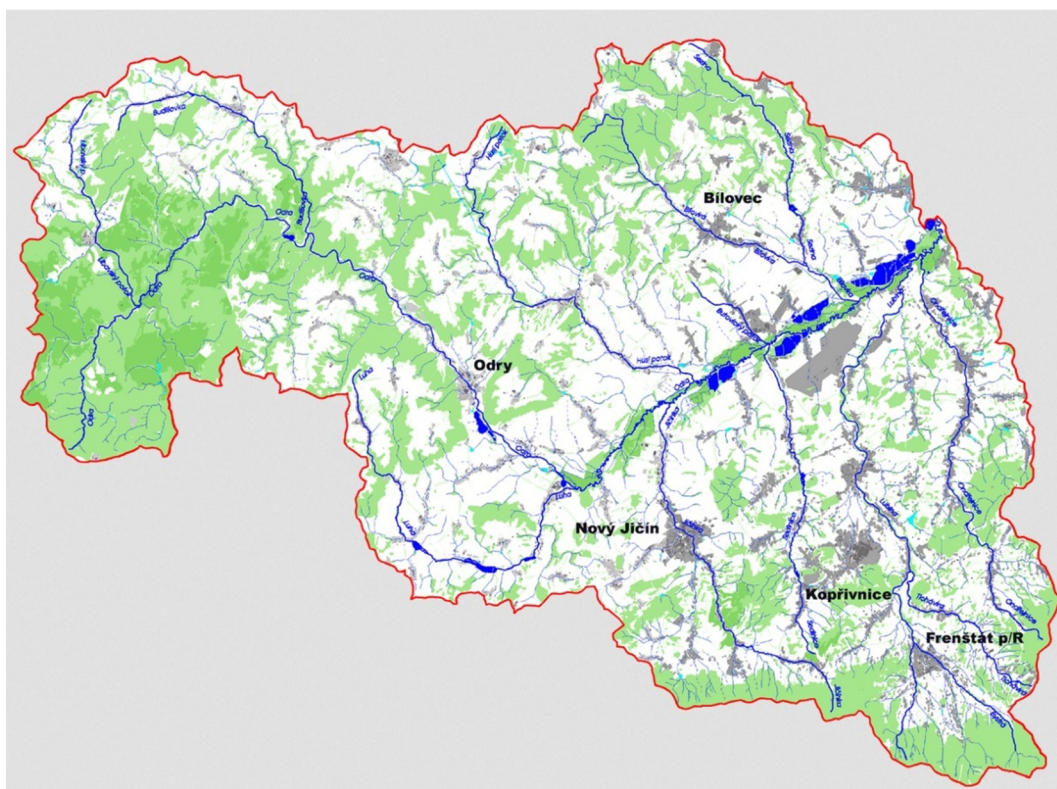
Řešený potok spadá pod Povodí Odry, s. p. (Obr. 5), jelikož je významným pravostranným přítokem řeky Odry. Potok je spravován vodohospodářským provozem (VHP) Skotnice (Obr. 7), spadající pod Závod Opava (Obr. 6) [3].



Obr. 5 Území pod správou povodí Odry [3]



Obr. 6 Území pod správou Závodu Opava [3]



Obr. 7 Oblast VHP Skotnice [3]

3.4 Poměry geologické

Vražné se nachází v oblasti Moravské brány. Dnešní podoba její krajiny je výsledkem dlouhodobého geologického vývoje. Vývoj trval více než 350 milionů let. Oblast leží na hranici Českého masivu a Karpat, což jsou významné evropské geograficko-geologické celky. Nachází se zde horniny prvohorního stáří, stály za zrodem Českého masivu, příkladem jsou Oderské vrchy, Tršická pahorkatina a Maleník. Kromě prvohorních hornin se zde také nachází horniny z třetihor, které daly vzniknout pohoří Karpat. Moravská brána vznikla v mladších třetihorách, kdy došlo k poklesu jedné části Českého masivu a došlo k zalití mořem, což dokládají usazené nezpevněné horniny. Při ústupu moře došlo k nasunutí nejmladších karpatských příkrovů. S obdobím čtvrtohor je spjat vznik pokryvu, který tvoří různé typy půd a hlín, šterkopískové náplavy řek a v některých místech návěje spraší [5].

3.5 Poměry pedologické

V okolí obce Vražné se vyskytuje velmi produktivní půda. Jsou zde převážně hnědozemní černozemě na spraších a slínech. Díky kvalitní půdě je okolí obce považováno za zemědělsky příhodný region, což potvrzuje intenzivní zemědělská výroba v této oblasti [6].

3.6 Poměry klimatické

Z klimatického hlediska patří území do mírně teplé oblasti, vlhké, s mírnou zimou. Roční úhrn srážek se pohybuje mezi 651-1163 mm, průměrně 809 mm. Průměrná roční teplota se pohybuje od 7°C do 8°C [7].

3.7 Čistota vod

Obec Vražné nemá vybudovanou čistírnu odpadních vod (ČOV). Splaškové a dešťové vody jsou částečně sváděny do Vraženského potoka, který plní funkci recipientu, nebo se splaškové vody vyvážejí. V budoucnosti se neplánuje výstavba centrální ČOV, neboť hustota obyvatelstva v obci je velmi nízká a nepočítá se s nárůstem počtu obyvatelstva v obci. V místech s malou rychlostí proudu lze vizuálně zaznamenat přítomnost splaškových vod (Obr. 8). Podél břehu toku jsou založené černé skládky ze stavebního a biologického odpadu (Obr. 9). Nejčastější výskyt těchto skládek je v těsné blízkosti rodinných domů. Nešvarem místního obyvatelstva je kompostování posečené trávy na březích toku. V některých místech tvoří dno pouze stavební suť.



Obr. 8 Přítomnost splaškových vod [22]



Obr. 9 Černá skládka [22]

3.8 Rekreační využití

V blízkosti potoka stojí dětské hřiště, břehy potoka slouží k schůzkám místních obyvatel, čemuž napovídají vybudovaná ohniště a posezení. Vraženský potok není rybářským revírem a není splavný.

3.9 Životní prostředí

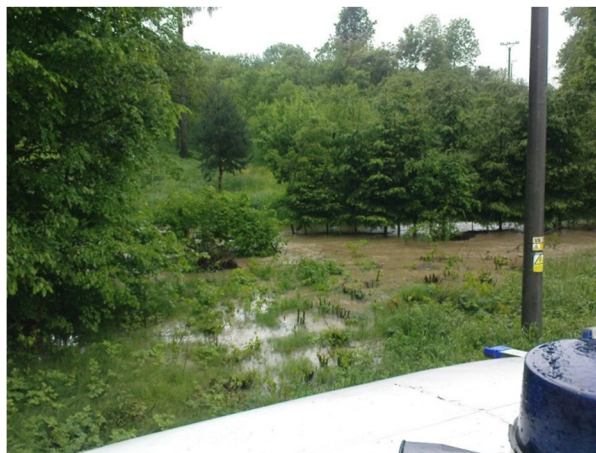
Potok je v daném úseku přírodní meandrující vodotečí s kvalitním doprovodným porostem. V porostu nacházejí útočiště, zde volně žijící živočichové. Mezi nimi jsou často chránění - obojživelníci, ptáci, savci i plazi. Toto prostředí pro ně vytváří vhodný biotop. Les podél potoka vytváří biokoridor.

3.10 Povodně

V roce 1997 zasáhla Vražné velká povodeň, stejně jako zbytek celé Severní Moravy a Slezska. Informace a fotografie se nedochovaly.

V roce 2009 vtrhla do Vražného lokální blesková povodeň (Obr. 10). Příčinou povodně byly velmi intenzivní přívalové lijáky, které způsobily lokální přívalové povodně. Povodněmi byl také zasažen Jeseník nad Odrou, protéká jím Luha, která v důsledku obrovského náporu vody vyběžila ze svého koryta. Povodeň napáchala v obci obrovské škody a vybrala si oběti na životech. Ve Vražném také došlo k vylití vody z koryta, ale škody zde nebyly takové jako v případě Jeseníku nad Odrou a nebyly zde ztráty na životech. V řešeném úseku Vraženského potoka došlo k zaplavení nemovitostí (Obr. 11 a Obr. 12).

V květnu roku 2010 byl vyhlášen 2. povodňový stupeň, jelikož jarními dešti došlo ke zvýšení hladiny toku. Potok zůstal ve svém korytě a nenapáchal škody. Od té doby už k ničemu velkému nedošlo, kromě zvýšené hladiny vody po vydatném dešti.



Obr. 10 Povodeň v roce 2009 [13]



Obr. 11 Povodeň v roce 2009 [13]



Obr. 12 Normální stav 2014 [22]

4 NUMERICKÝ MODEL

4.1 Popis programu HEC-RAS

Program HEC-RAS byl zvolen pro ověření kapacity řešeného úseku Vraženského potoka. Jedná se o jednorozměrný matematický model. Program byl vyvinut společností United States Department of Defense, Army Corps of Engineers, což je hydrologické centrum, které spadá pod sbor armádních inženýrů ministerstva obrany USA. Program se neustále doplňuje a aktualizuje. První verze HEC-RAS 1.0

byla vytvořena roku 1995. HEC-RAS 4.1.0. je v současnosti nejnovější verzí, která je na stránkách společnosti zdarma ke stažení.

HEC-RAS je rozdělen na několik modulů: proudění ustálené, proudění neustálené, transport sedimentů a jakost vody. Program pomocí výpočtu založeného na „metodě po úsecích“ určí úroveň hladiny ve změřených příčných profilech koryta toku. Program umožňuje počítat proudění říční, bystřinné, nebo jejich kombinaci a podle těchto typů proudění upravuje výpočet. Metoda po úsecích vychází z Bernoulliho rovnice (energetické řešení proudění) a ze zákona zachování objemu (rovnice spojitosti). Program počítá také proudění objekty, jako jsou mosty, propustky, přelivy atd.

Pro výpočet ustáleného proudění jsou potřeba geometrická data, materiálová data a okrajové podmínky. Geometrická data jsou staničení osy koryta toku a zaměřené příčné profily. Materiálové vlastnosti jsou drsnosti povrchu. Okrajové podmínky jsou úroveň hladiny a průtok.

Při vkládání vstupních dat je vhodné použít program Excel z balíčku Microsoft Office, usnadní práci s HEC-RASem. Po vložení vstupních dat, program vypočítá úroveň hladiny v jednotlivých příčných profilech. Na základě úrovně hladiny a geometrických vlastností koryta program umožňuje dopočítat celou řadu dalších veličin, např. průřezovou rychlost, hloubku vody, Froudovo kritérium atd. Výstup je prezentován v grafické a tabelární formě. V grafické formě se jedná o podélný profil, příčný profil a trojrozměrné zobrazení. Tabelární i grafický výstup lze tisknout přímo z programu, nebo ho exportovat [8].

4.2 Řídící rovnice

Základní rovnice použité při výpočtu jsou rovnice kontinuity a Bernoulliho rovnice.

Rovnice kontinuity (také je označována jako rovnice spojitosti) za předpokladu 1D ustáleného proudění nestlačitelné kapaliny profily 1 a 2 má tvar

$$Q = v_1 \cdot S_1 = v_2 \cdot S_2 = \text{konst.}, \quad (2.1)$$

kde v značí průřezovou rychlost proudění [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$], S je průtočný průřez [m^2] a Q je objemový průtok [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]. Index 1 se vztahuje k hornímu profilu a index 2 se vztahuje k dolnímu profilu. Pomocí této rovnice je možné řešit nerovnoměrné proudění metodou po úsecích. Rovnice umožňuje výpočet průběhu hladiny v obecném korytě.

Bernoulliho rovnice pro výše uvedené profily má tvar

$$z_1 + h_1 + \frac{\alpha_1 \cdot v_1^2}{2 \cdot g} = z_2 + h_2 + \frac{\alpha_2 \cdot v_2^2}{2 \cdot g} + h_z, \quad (2.2)$$

kde h je hloubka vody, z je výška dna profilu nad srovnávací rovinou [m], g je tíhové zrychlení [$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$], h_z je ztrátová výška [m], α je součinitel kinetické energie (Coriolisovo číslo) [-].

Ztrátová výška h_z se stanoví sečtením ztrátové výšky místní h_m a ztrátové výšky třením h_t .

$$h_z = h_m + h_t \quad (2.3)$$

Třecí ztrátová výška se vypočítá z rovnice

$$h_t = i \cdot L, \quad (2.4)$$

kde L je vzdálenost mezi horním a dolním profilem [m], i je sklon čáry mechanické energie [-] získaný z rovnice

$$i = \frac{Q^2}{K^2}, \quad (2.5)$$

kde K je modul průtoku [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$] vypočítaný z rovnice

$$K = S \cdot C \cdot \sqrt{R}, \quad (2.6)$$

kde C je Chézyho (rychlostní) součinitel [$\text{m}^{0.5} \cdot \text{s}^{-1}$] vypočítaný z rovnice

$$C = \frac{1}{n} \cdot R^{1/6}, \quad (2.7)$$

kde n je součinitel drsnosti [-], R je hydraulický poloměr [m] vypočítaný z rovnice

$$R = \frac{S}{O}, \quad (2.8)$$

kde O je omočený obvod [m]

Místní ztrátová výška vzniká v místech, kde dochází k deformaci rychlostního pole. Deformaci může vyvolat řada aspektů, jako je změna směru proudění, rozšíření, zúžení, dělení a spojení proudu. Místní ztrátová výška se určí z rovnice

$$h_m = \xi \cdot \left| \frac{\alpha_1 \cdot v_1^2}{2 \cdot g} - \frac{\alpha_2 \cdot v_2^2}{2 \cdot g} \right|, \quad (2.9)$$

kde ξ je součinitel místních ztrát [-].

Důležité pro postup výpočtu při metodě po úsecích je rozlišení o jaký režim proudění se jedná. Rozlišení umožňuje **Froudovo kritérium**

$$Fr = \frac{\sqrt{\alpha} \cdot v}{\sqrt{g \cdot h_s}}, \quad (2.10)$$

kde h_s je střední hloubka průřezu [m] vypočítaná z rovnice

$$h_s = \frac{S}{B}, \quad (2.11)$$

kde B je šířka v hladině [m].

Na základě jeho hodnoty se rozlišuje [8],[9],[18]:

- $Fr=1$ kritické proudění,
- $Fr>1$ bystřinné proudění,
- $Fr<1$ říční proudění.

5 1D MODEL PROUDĚNÍ ZA STÁVAJÍCÍHO STAVU

5.1 Podklady

Pro zhotovení 1D modelu koryta potoka byl použit digitální model terénu úseku toku [20]. Pro nastavení okrajových podmínek byla použita hydrologická data [21]. Během rekognoskace terénu byly pořízeny fotografie [22].

5.2 Rekognoskace terénu

Součástí zadání bakalářské práce byla situace Vraženského potoka [20] a hydrologická data [21]. Situace byla získána geodetickým zaměřením potoka a jeho nejbližšího okolí. V situaci byla trasována osa toku, která sloužila k definici staničení. Osa byla vedena od ústí (potoka do řeky Odry) proti proudu až do vzdálenosti 4,0 km. Na ose byl vyznačen příčný profil v km 2,0 a popsán jako „začátek úseku“, a v km 4,0 popsán jako „konec úseku“. Důležitým orientačním bodem byl kostel svatého Petra a Pavla (Obr. 13, Obr. 14 a Obr. 15) pod, kterým začínalo staničení řešeného úseku. Dalším orientačním bodem byl rodný dům Johanna Gregora Mendela (Obr. 16 a Obr. 17), jelikož ve vzdálenosti 315 metrů od domu byl konec řešeného úseku. Studium situace Vraženského potoka a map na serveru www.mapy.cz byla udělána představa o terénu a byly vybrány objekty k bližšímu prozkoumání. Po

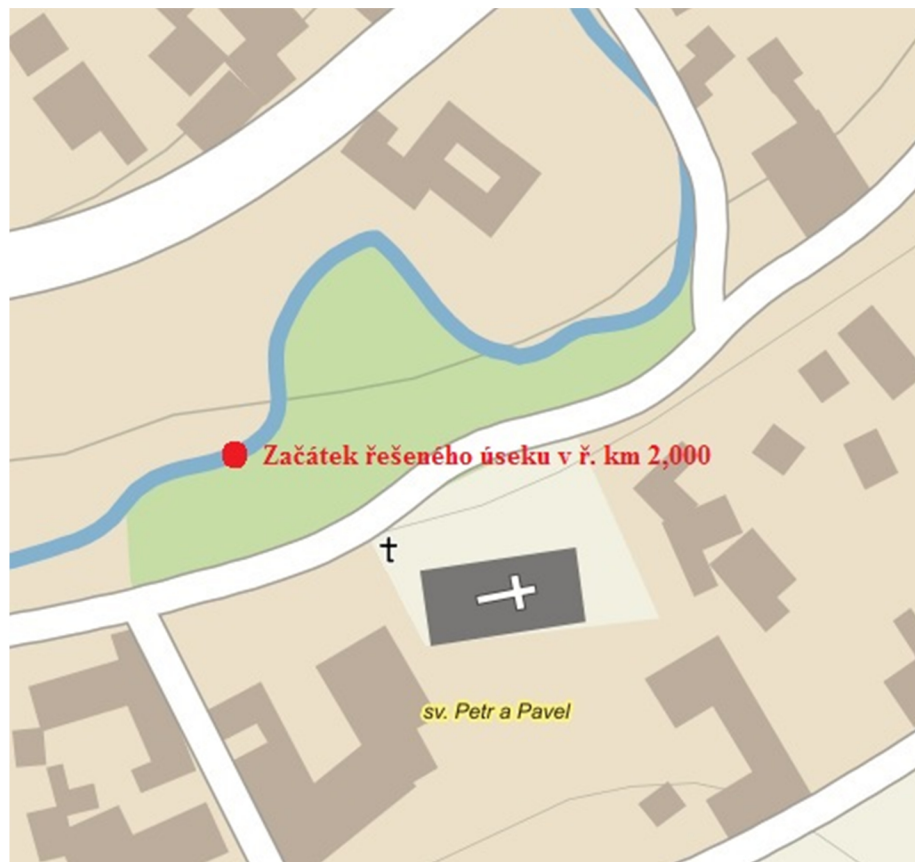
prostudování situace a map, byl uskutečněn samotný průzkum terénu. Pochůzka terénu byla prováděna v jarních měsících, kdy byl nepravděpodobný výskyt bujné vegetace. Na průzkum terénu zájmového úseku byl vybrán slunečný den. V terénu byla zhotovena fotodokumentace Vraženského potoka. Byl kladen důraz především na dno koryta a jeho břehy, dále pak objekty na toku (mostní objekty, vyústní objekty a vedení inženýrských sítí). Na místě byly zaznamenány civilizační excesy v podobě černých skládek. Ve většině případů černých skládek se jednalo o stavební odpad (zbytky zdiva, střešní tašky, obkládačky, izolační materiály z polystyrenu a skelných vláken) a biologický odpad (posečená tráva, spadané listí, shnilé ovoce). Odpad ležel v těsné blízkosti břehů koryta a v některých případech ležel přímo v korytě, což by mohlo při zvýšeném průtoku způsobit ucpávku na některém níže ležícím mostním objektu. V obci není vybudována veřejná kanalizace, proto některé domácnosti řeší tuto situaci vypouštěním splaškových vod do potoka. To šlo zaznamenat v místech s nízkou rychlostí proudu, či v místech uměle vytvořených přelivů. Na hladině se vyskytovala lesknoucí matná skvrna, která se místy měnila na pěnu s citelným zápachem. V těsné blízkosti koryta se vyskytovaly nemovitosti (rodinné domy, technické budovy). V úseku bylo zaznamenáno 8 mostních objektů, byly to 4 silniční betonové mosty a 4 ocelové lávky pro pěší. V korytě bylo 9 vyústních objektů, jednalo se o odvodňovací kanál a 8 potrubí (beton, PVC). Tyto objekty byly označeny v podélném profilu. Pochůzka v terénu umožnila doplnění potřebných znalostí pro stanovení součinitelů drsnosti koryta a břehů.



Obr. 13 Kostel sv. Petra a Pavla [6]



Obr. 14 Kostel sv. Petra a Pavla (pohled z koryta potoka) [22]



Obr. 15 Umístění začátku řešeného úseku [12]



Obr. 16 Rodný dům Johanna Gregora Mendela [6]



Obr. 17 Umístění konce řešeného úseku [12]

5.3 Geometrie koryta

Po rekognoskaci terénu, bylo provedeno modelování tvaru koryta. Situace potoka byla obdržena v digitální formě ve formátu dwg. Jednalo se o geodetické zaměření stavu z roku 2014. Úpravy situace byly prováděny v programu SMS 11.2 od společnosti AQUAVEO. Byla upravena trigonometrická síť, která modelovala skutečný povrch terénu. V situaci pomocí programu AutoCAD byly vytvořeny příčné profily v nové hladině. Příčné profily tvořily křivky v pravidelném pořadí ve směru protiproudním. Byla snaha o dodržení rovnoměrné vzdálenosti mezi profily a to v rozestupech přibližně 20 metrů. Celkový počet příčných profilů byl 96. Dále byly vytvořeny příčné profily před a za mostními objekty. Příčné profily byly vygenerovány pomocí programu SMS 11.2. Program vygeneroval staničení a výšku bodů v příčných profilech. Data byla vložena do souboru programu MS Excel a uložena ve formátu xlsx. Pro kontrolu byly vygenerovány schématické grafy. Podélné staničení a vzdálenosti mezi jednotlivými profily, byly odměřeny ze situace v programu Auto-CAD. Změřené vzdálenosti byly zapisovány do tabulky v MS Excelu. Takto byla připravena data pro následné vkládání do programu HEC-RAS. Vkládáním dat z Excelu do HEC-RASu bylo vymodelováno koryto potoka a jeho inundační území.

5.4 Objekty na toku

Dále se musely vložit mostní objekty, které byly vkládány obdobně jako příčné profily v samostatné hladině v AutoCADu. V situaci byly vytvořeny křivky. Vedly se osou mostního objektu, nebo v jeho nejvyšších místech. Křivky se také vedly pozemní komunikací, která vedla k mostním objektům. Po vygenerování mostních profilů v programu SMS 11.2 byly objekty vloženy do tabulky v HEC-RASu. V příčných profilech před a za objekty byla v programu HEC-RAS definována neefektivní plocha proudění.

5.5 Drsnost koryta a inundačního území

Byly určeny specifické úseky toku s přibližně stejnými vlastnostmi koryta. V daných úsecích byly vytvořeny synoptické příčné profily z příčných profilů (Obr. 8). Součinitel drsnosti dna koryta n_d byl pro všechny synoptické příčné profily stanoven dle průměru drsnosti vyjádřené efektivní d_e a 90ti procentní d_{90} velikostí zrna

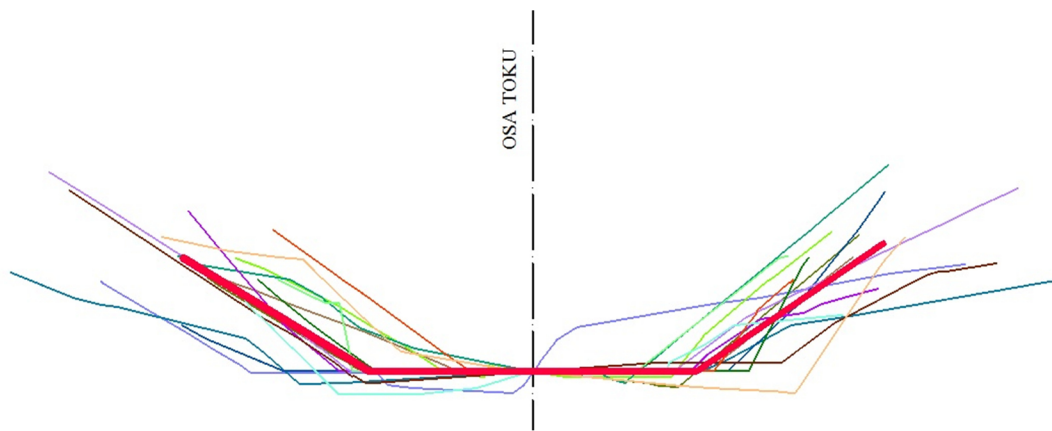
$$n_1 = \frac{d_e^{1/6}}{21,1}; \quad n_2 = \frac{d_{90}^{1/6}}{26}; \quad n_d = \frac{n_1 + n_2}{2}. \quad (4.1)$$

Ze synoptického příčného profilu byl pomocí prostého váženého průměru stanoven součinitel drsnosti koryta (Obr. 9).

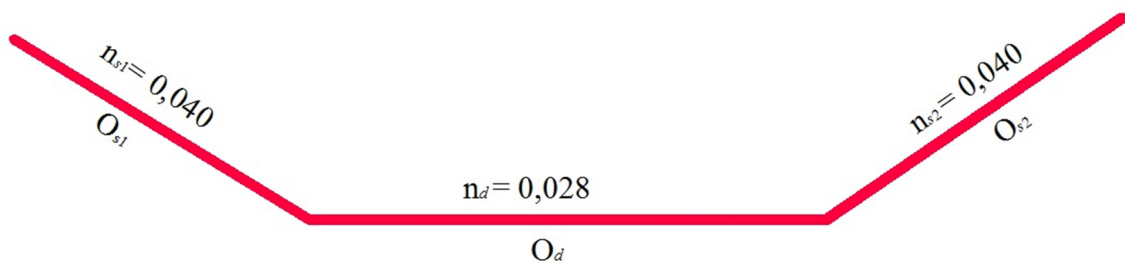
$$n = \frac{n_{s1} \cdot O_{s1} + n_d \cdot O_d + n_{s2} \cdot O_{s2}}{O_{s1} + O_d + O_{s2}}, \quad (4.2)$$

kde n_{s1} je součinitel drsnosti pro levý svah koryta [-], n_{s2} je součinitel drsnosti pro pravý svah koryta [-], O_{s1} je omočený obvod levého svahu koryta[m], O_{s2} je omočený obvod pravého svahu koryta[m], O_d je omočený obvod dna[m],

Vypočtená drsnost pro koryto potoka byla u všech dílčích úseků prakticky stejná, proto byla zvolena jednotně $n = 0,035$.



Obr. 18 Synoptický příčný profil



Obr. 19 Synoptický příčný profil - součinitel drsnosti „n“

Drsnost pro levý a pravý břeh byla stanovena v rozmezí $n = 0,08 - 0,1$. Vycházelo se z fotodokumentace pořízené při rekognoskaci terénu [22], fotografického katalogu drsností [15] a tabulek [16]. Velká hodnota součinitele drsnosti byla stanovena také z bezpečnostních důvodů. Břehy jsou hodně zarostlé vegetací a na březích se nachází černé skládky.

Na základě geometrie příčných profilů byl stanoven levý a pravý břeh koryta.

5.6 Okrajové podmínky

Pro okrajovou podmínku s výpočtem úrovně hladiny při rovnoměrném proudění koncovým profilem bylo potřeba stanovit podélný sklon koryta toku. Ten se vypočítal pomocí po délce váženého průměru ze sklonů ve třech krajních úsecích. Sklon po proudu byl označen kladným znaménkem a sklon proti proudu byl označen naopak záporným znaménkem.

$$i = \frac{i_1 \cdot L_1 + i_2 \cdot L_2 + i_3 \cdot L_3}{L_1 + L_2 + L_3}. \quad (4.3)$$

Vypočtená hodnota pro průměrný podélný sklon byla $i = 5,48\text{‰}$

Do situace byly zakresleny dva měrné profily, ve kterých byl stanoven průtok. Poloha měrných profilů byla určena pomocí souřadnic, které byly získány z hydrologických dat. Staničení měrných profilů bylo zjištěno ze studie a vloženo do HEC-RASu pro následný výpočet. Pro jednotlivý měrný profil byly zadány N-leté průtoky Q_1 , Q_2 , Q_5 , Q_{10} , Q_{20} , Q_{50} a Q_{100} . N-leté průtoky byly stanoveny ČHMÚ [7]. Byla zadána dolní okrajová podmínka.

Tab. 1 : Navrhované průtoky

| Návrhové průtoky | | | | | | | |
|------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| PF | Q_1 | Q_2 | Q_5 | Q_{10} | Q_{20} | Q_{50} | Q_{100} |
| [-] | $[\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$ | $[\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$ | $[\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$ | $[\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$ | $[\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$ | $[\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$ | $[\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$ |
| 96-79 | 1.78 | 3.11 | 5.11 | 6.77 | 8.56 | 11.10 | 13.20 |
| 78-1 | 2.15 | 3.74 | 6.13 | 8.13 | 10.30 | 13.40 | 15.90 |

5.7 Výpočet

Po vložení vstupních dat, byla zadána konvergenční kritéria výpočtu, typ proudění a byl proveden první výpočet. Z jeho výsledků byl stanoven sklon čáry mechanické energie v dolním profilu, který byl zadán pro výpočet úrovně hladiny při rovnoměrném proudění v profilu s dolní okrajovou podmínkou. Byl proveden druhý výpočet.

5.8 Výsledky

Výsledky byly vygenerovány pro všechny zadané průtoky a to ve formě tabulky a grafických schémat. Po přezkoumání výsledků bylo zjištěno, že bude nutná úprava modelu. V dolní části toku se voda z koryta vylévala do blízkého umělého příkopu. V některých místech se voda vracela zpátky z příkopu do koryta. Proto bylo nutné vytvořit 1D síťový model.

6 1D síťový model proudění za stávajícího stavu

6.1 Geometrie

Od profilu č. 24 byla upravena geometrie modelu. Byl zvlášť vymodelován umělý příkop a koryto potoka. Příkop a potok byl spojen vloženým bočním přelivem.

V situaci byla mezi potokem a příkopem vyhotovena křivka, která spojovala nejvyšší body terénu. Křivka představovala přelivnou hranu bočního přelivu. Křivka oddělovala od sebe potok a koryto. Posloužila jako základ pro nový model potoka a příkopu. V HEC-RASu bylo ve stávajícím modelu ponecháno pouze koryto potoka až po hranici kterou tvořila křivka. Vše co se nacházelo za hranicí, bylo vymazáno. Tento úkon byl proveden na všech profilech v upravované části.

Následně bylo v geometrických datech vloženo další koryto, které představovalo umělý příkop. Do koryta byly vloženy příčné profily. Příčné profily se vkládaly od začátku jejich staničení po již zmiňovanou hranici. V profilech se určil levý a pravý břeh.

6.2 Boční přeliv

Vložením bočního přelivu do modelu, bylo vodě umožněno přelití z potoka do příkopu a případně její navrácení zpět do koryta potoka. Trasování bočního profilu představovala již zmiňovaná vložená křivka. Pomocí ní byla stanovena výška přelivné hrany.

6.3 Drsnost koryta umělého příkopu a inundačního území

Součinitel drsnosti koryta potoka zůstal beze změny z předchozího zadání. Ovšem bylo nutné stanovit nový součinitel drsnosti pro umělý příkop a jeho inundační území. Pro koryto umělého příkopu byl stanoven součinitel drsnosti $n = 0,06$, pro levý a pravý břeh byla drsnost stanovena na $n = 0,1$. Velká hodnota

součinitele drsnosti pro levý a pravý břeh byla stanovena z bezpečnostních důvodů. Hodnoty zde uvedených součinitelů drsnosti byly stanoveny na základě dříve zmíněných fotografií [22], fotografického katalogu drsností [15] a tabulek [16].

6.4 Okrajové podmínky

Pro koryto potoka se okrajové podmínky nezměnily. Okrajové podmínky pro umělý příkop byly stejné. Za nízkých stavů se voda do umělého příkopu nedostala. Voda se do něj vlévala jen za zvýšeného stavu hladiny v potoce.

6.5 Výpočet

Po vložení vstupních dat, byla zadána konvergenční kritéria výpočtu, typ proudění a byl proveden první výpočet. Z jeho výsledků byl stanoven sklon čáry mechanické energie v dolním profilu, který byl zadán pro výpočet úrovně hladiny při rovnoměrném proudění v profilu s dolní okrajovou podmínkou. Byl proveden druhý výpočet.

6.6 Kalibrace a verifikace

Z důvodu neexistence vhodných kalibračních dat nebylo možné provést kalibraci ani verifikaci modelu.

6.7 Výsledky

Výsledky byly vygenerovány pro všechny zadané průtoky a to ve formě tabulky a grafických schémat. Pro přehlednější vyhodnocení byla vyhotovena situace (A.1, A.2, A.3, A.4, A.5, A.6) a podélný profil (A.7, A.8) řešeného úseku na Vraženském potoce. Jednalo se o zakreslení stávajícího stavu. Pro přehlednost byla situace vykreslena v měřítku 1:500. Do situace se vykreslovaly pouze rozlivy návrhových průtoků Q_5 , Q_{20} a Q_{100} . Pro jednotlivé průtoky byly vytvořeny zvláštní hladiny, jak pro břehovou čáru, tak i pro šrafu rozlivu. Barva a typ čáry, či šrafy byly voleny dle příručky „Metodika tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik“ [10]. V situaci byly dále vykresleny osy příčných profilů, mostních profilů a samotná osa toku. Pro komunikace a budovy byly voleny barvy čar v odstínech šedi. Také vrstevnice byly barevně rozlišeny.

Podélný profil byl vykreslen v měřítku 1:1000/100 i zde bylo kladeno na přehlednost. Proto byly vykresleny hladiny návrhových průtoků Q_5 , Q_{20} a Q_{100} modrou barvou. Pro jednotlivé návrhové průtoky byla odstupňována tloušťka čar. Do podélného

profilu byly zakresleny vyústění a mostní objekty. Zbývající výsledky byly vloženy a následně upraveny v MS Excel.

Tab. 2 : Posuzované průtoky

| Posuzované průtoky | | | |
|--------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| PF | Q ₅ | Q ₂₀ | Q ₁₀₀ |
| [-] | [m ³ ·s ⁻¹] | [m ³ ·s ⁻¹] | [m ³ ·s ⁻¹] |
| 96-79 | 5,11 | 8,56 | 13,20 |
| 78-1 | 6,13 | 10,30 | 15,90 |

6.8 Vyhodnocení kapacity koryta

Po upravení a následném pečlivém prozkoumání výsledků, bylo provedeno vyhodnocení kapacity koryta. Bylo posuzováno podle návrhových průtoků Q₅, Q₂₀ a Q₁₀₀.

U pětiletého průtoku nedošlo k nijak citelným rozlivům. Voda se v některých místech vylila a opět vrátila zpátky do koryta potoka. Od profilu č24 byl rozliv větší a docházelo k přelévání vody z koryta potoka do umělého příkopu. Příkop vede podél silnice III. třídy a těleso samotné pozemní komunikace tvoří zábranu proti dalšímu rozlití. Voda umělým příkopem odtéká zpátky do potoka. Ústí umělého příkopu do Vraženského potoka se nachází u Huvarova mostu (Obr. 19) a nenachází se v řešeném úseku. Ze všech mostních objektů byly během průtoku zatopeny pouze ocelové lávky pro pěší M3 a M7. Také byla zatopena autobusová zastávka a budova energetických služeb (Obr. 20).



Obr. 20 Ústí umělého příkopu u Huvarova mostu [22]



Obr. 21 Autobusová zastávka a budova energetických služeb [22]

Kapacita koryta nestačila na průtok dvacetileté vody. Hlavním důkazem bylo rozsáhle inundační území převážně v meandrujících úsecích potoka. Nejen v meandrech, ale také u rybníční nádrže byl velký rozliv. V horní části úseku pronikla voda betonovými vyústmi (Obr. 21) za těleso pozemní komunikace (silnice III. třídy) a následně zaplavila přilehlý prostor. Ovšem ke kritickým rozlivům došlo od profilu č. 24 až po profil č. 16. Na levém břehu došlo k vylití do umělého příkopu. Příkop nepojmul veškeré množství přepadlé vody z potoka. To mělo za následek jeho vylití. Těleso pozemní komunikace neudrželo vodu v příkopu. Voda se přes těleso přelila a zaplavila přilehlý prostor u silnice. Na této straně nedošlo k zatopení rodinného domu, či jiné usedlosti. Pouze již zmiňovaná autobusová zastávka a budova energetických služeb byly zaplaveny. Na pravém břehu profilu č. 22 došlo k zaplavení technické budovy a rodinného domu č. p. 150. Těleso místní komunikace vodu neudrželo. Voda se poté vrátila zpět do koryta. Od profilu č. 16 tekla voda v korytě. Místy se mírně vylila a opět vrátila zpátky. Dvacetiletá voda zaplavila ocelové lávky pro pěší M3 a M7.



Obr. 22 Betonové vyústí [22]

Rozliv sto leté vody byl mnohem rozsáhlejší, než rozliv vody dvaceti leté. V úseku mezi profilem č. 76 a profilem č. 73 dosahovala voda až po střed vozovky. Voda také pronikla betonovými vyústmi (Obr. 21) za těleso pozemní komunikace (silnice III. třídy), kde následně zaplavila přilehlý prostor a. Rybniční nádrž a její přilehlé okolí bylo zcela zatopené. Mezi profilem č. 61 až č. 56 došlo na levém břehu k vylití vody z koryta a následnému zaplavení prostoru za ochrannou hrází. Důvodem tohoto rozlivu byla stržená hráz u profilu č. 60 a otvor v hrázi u profilu č. 57. Otvor v hrázi slouží jako přístupová cesta k brodu. Nejvíce postiženou oblastí byl úsek mezi profilem č. 24 až č. 3. Kapacita potoka nestačila stoletému průtoku. Scénář byl stejný jako u dvacetiletého průtoku. Záplavové území bylo o mnoho větší než u předešlého průtoku. Byly zaplaveny již dříve zmiňované objekty, ke kterým přibyl navíc rodinný dům č. p. 44. a č. p. 56. Silniční betonové mosty (M6, M8) a ocelové lávky pro pěší (M3, M5, M7) byly zaplaveny.

Pětiletý průtok místy způsobil rozliv, nikoliv však škody. Prakticky tedy určuje kapacitu koryta posuzovaného úseku toku. Z toho důvodu není potřeba navrhovat a provádět na tento průtok protipovodňová opatření. Dvacetiletý průtok již způsobil citelný rozliv a zaplavení nemovitostí. Proto je potřeba na tento průtok navrhnout a provést protipovodňová opatření. U stoletého průtoku jsou očekávatelné škody ještě větší než u průtoku dvacetiletého. Vzhledem k relativně málo finančně a technicky náročným opatřením pro dosažení ochrany obce na stoletý průtok, byl právě stoletý průtok zvolen návrhovým průtokem. Po pečlivém uvážení byly zvoleny typy konstrukcí protipovodňové ochrany. Jednalo se ve většině případů o betonové zídky, zemní hráze, zpětné klapky na vyústích a v jednom případě o zvýšení ochranného násypu okolo nemovitosti. Podle podélného profilu stávajícího stavu byla stanovena výška protipovodňových opatření a podle situace jejich půdorysné situování.

Tab. 3 : Ohrožené nemovitosti

| Ohrožené nemovitosti | |
|-----------------------------|------------------------------------|
| Nemovitost | N-leté průtoky |
| č. p. 242 | Q ₁₀₀ |
| č. p. 150 | Q ₁₀₀ , Q ₂₀ |
| č. p. 44 | Q ₁₀₀ |
| Tech. budova | Q ₁₀₀ , Q ₂₀ |

Tab. 4 : Výpis mostních objektů

| Výpis mostních objektů | | | |
|------------------------|------------------------|-------|---|
| Ozn. | Popis | ř. km | Zaplavení |
| M1 | Silniční betonový most | 2,125 | --- |
| M2 | Ocelová lávka pro pěší | 2,147 | --- |
| M3 | Ocelová lávka pro pěší | 2,357 | Q ₁₀₀ , Q ₂₀ , Q ₅ |
| M4 | Silniční betonový most | 2,440 | Q ₁₀₀ |
| M5 | Ocelová lávka pro pěší | 2,658 | Q ₁₀₀ |
| M6 | Silniční betonový most | 2,876 | Q ₁₀₀ , Q ₂₀ |
| M7 | Ocelová lávka pro pěší | 3,297 | Q ₁₀₀ , Q ₂₀ , Q ₅ |
| M8 | Silniční betonový most | 3,480 | Q ₁₀₀ |

7 1D síťový model proudění za návrhového stavu

7.1 Geometrie

Podle vypracované studie stávajícího stavu bylo navrženo v příslušných místech protipovodňové opatření. Ve větší míře se jednalo o betonové zídky, ale byly navrženy i zemní hráze. V místech, kde potřebovala být zajištěna průchodnost či průjezdnost, bylo vybudováno mobilní hliníkové hrazení. Pro ověření návrhu zda opatření zabránilo nechtěnému rozlivu a zatopení, bylo nutné provést výpočet v HEC-RASu. V HEC-RASu byla využita funkce, která umožnila vložení ochranných opatření. Bylo potřeba zadat v příčném profilu staničení a výšku ochranného opatření, to vše bylo stanoveno na základě situace a podélného profilu stávajícího stavu. Model zůstal beze změny a přibyly pouze prvky protipovodňové ochrany. V korytě potoka nebyly prováděny změny, jelikož nebyly pokládány za nutné.

7.2 Výpočet

Jelikož součinitel drsnosti a okrajové podmínky zůstaly beze změny, bylo možné rovnou přejít k samotnému výpočtu. Po provedení prvního výpočtu bylo zjištěno, že výška ochranných prvků, byla nedostatečná. Výška byla navýšená podle právě vyhodnocených výsledků. Následovně byl proveden druhý výpočet. Po provedení druhého výpočtu bylo zjištěno, že předchozí úprava výšky protipovodňového opatření byla dostačující, neboť na žádném místě nedošlo k jeho přelití.

7.3 Výsledky

Jako u předešlých výpočtů byly výsledky vygenerovány pro všechny zadané průtoky a to ve formě tabulky a grafických schémat. Zde také byly výsledky převedeny pro přehlednost do výkresové podoby (A. 1 - A. 8) a upravených tabulek (B. 1 - B. 5). Rozlivy a hladiny byly vykresleny pro obdobné návrhové průtoky jako u předešlých výkresů. Jednalo se tedy o návrhové průtoky Q_5 , Q_{20} a Q_{100} . Zároveň byla do výkresů zakreslena navržená protipovodňová opatření ve své finální podobě. Jednalo se o výkresy tzv. návrhového stavu.

Pro situaci návrhového stavu bylo použito stejné měřítko a formát výkresu jako u situace stávajícího stavu. Do situace byly zakresleny navržené prvky protipovodňové ochrany. Jednalo se o liniové stavby. Proto byl začátek a konec konstrukce označen a popsán kilometrží, která se vztahovala na kilometrží potoka. Pouze u mobilního hrazení se staničení vztahovalo k jeho středu konstrukce. Všechny navržené konstrukce byly popsány výškovými body. Nově navrhované konstrukce byly zakreslovány červenou barvou. Po vložení ochranných konstrukcí byly vykresleny rozlivy pro jednotlivé návrhové průtoky. Čáry a šrafy rozlivu byly opět vykreslovány podle dříve zmiňované metodické příručky [10]. Výkres situace byl doplněn schématem kladu listů, severkou a legendou. Stejný úkon byl proveden u situace stávajícího stavu. Pro komunikace, budovy a vrstevnice byly použity stejné barvy jako v předchozí situaci.

Pro podélný profil bylo také použité stejné měřítko a formát jako u předešlého podélného profilu stávajícího stavu. Do podélného profilu stávajícího stavu byly zakresleny navrhované konstrukce protipovodňového opatření. Navržené konstrukce byly zakresleny červenou barvou. Typ čáry byl volen podle toho, jestli se vyskytovaly na levém, či pravém břehu. Byl popsán začátek a konec konstrukce, ale také všechny výškové změny. Popis obsahoval staničení, výšku konstrukce, výšku obou břehů, výšku dna a výšku hladiny při návrhových průtocích. Staničení se vztahovalo na kilometrží potoka. Mobilní hrazení bylo popsáno odkazovou čarou, na níž bylo uvedeno popisné označení konstrukce a kilometrží. Hladiny se vykreslovaly pro stejné návrhové průtoky, jako u předešlého podélného profilu. Hladiny byly vykreslovány modrou barvou. Pro jednotlivé průtoky byla odstupňována tloušťka čar.

8 Prvky protipovodňové ochrany

Za prvky protipovodňové ochrany byly navrženy ochranné zídky, mobilní hliníková hrazení, zemní hráze a terénní úpravy. Protipovodňové opatření bylo navrženo na Q₁₀₀. Ochranné prvky byly navrženy ze železobetonu, hliníkových konstrukcí a hutněné zeminy. Pro jednotlivé prvky bylo navrženo bezpečnostní převýšení v rozptylu 0,05 až 0,60 m (s ohledem na nejistotu stanovení hladiny v jednotlivých profilech).

8.1 SO1.1.1 Ochranná zídka

Jedná se o železobetonovou liniovou stavbu. Bezpečnostní převýšení bylo voleno v rozmezí 0,25 - 0,30 m. Tloušťka zdi byla 0,3 m. Ochranná zídka začíná v ř. km 2,037 a končí v ř. km 2,116. Ochranná zídka zabrání rozlivu vody z umělého příkopu za pozemní komunikací (silnice III. třídy).

8.2 SO1.2.1 Ochranná zídka

Jedná se o železobetonovou liniovou stavbu. Bezpečnostní převýšení bylo voleno v rozmezí 0,05 - 0,50 m. Tloušťka zdi byla 0,3 m. V místech, kde bylo potřeba ponechat otvor pro vjezd na pozemek, byla zídka upravena pro případné vložení mobilního hliníkového hrazení. Ochranná zídka začíná v ř. km 2,119 a končí v ř. km 2,435. Ochranná zídka zabrání rozlivu vody z umělého příkopu za pozemní komunikací (silnice III. třídy).

8.3 SO1.2.2 Mobilní hrazení

Jedná se o hradidlovou hliníkovou hradicí konstrukci. Délka konstrukce je 2,0 m. Konstrukce se sestává z typových hliníkových profilů obdélníkových průřezu 150 mm x 80 mm s tloušťkou stěny 4 mm. Mezi profily se vkládá gumové těsnění. Profily se zasouvají do slupic zabudovaných v ochranné zídce. Staničení je vztažené na střed konstrukce. Konstrukce leží v ř. km 2,179. Mobilní hrazení zabrání rozlivu vody z umělého příkopu za pozemní komunikací (silnice III. třídy).

Jak z názvu vyplývá, uvažuje se instalace mobilního hrazení na pokyn krizového štábu obce. Hradicí prvky budou uloženy v místní požární zbrojnici. Na daný pokyn krizového štábu budou instalovány na patřičných místech. Instalace bude prováděna Jednotkou sboru dobrovolných hasičů z Vražného a obecními pracovníky technických služeb. Jedná se o hliníkovou konstrukci, která nevyžaduje náročnou údržbu.

8.4 SO1.2.3 Mobilní hrazení

Jedná se o hradidlovou hliníkovou hradicí konstrukci. Délka konstrukce je 4,0 m. Konstrukce bude sestavena z typových hliníkových profilů obdélníkových průřezu 150 mm x 80 mm s tloušťkou stěny 4 mm. Mezi profily se vkládá gumové těsnění. Profily se zasouvají do slupic zabudovaných v ochranné zídce. Staničení je vztažené na střed konstrukce. Konstrukce leží v ř. km 2,249. Mobilní hrazení zabrání rozlivu vody z umělého příkopu za pozemní komunikaci (silnice III. třídy).

8.5 SO1.2.4 Mobilní hrazení

Jedná se o hradidlovou hliníkovou hradicí konstrukci. Délka konstrukce je 2,0 m. Konstrukce bude sestavena z typových hliníkových profilů obdélníkových průřezu 150 mm x 80 mm s tloušťkou stěny 4 mm. Mezi profily se vkládá gumové těsnění. Profily se zasouvají do slupic zabudovaných v ochranné zídce. Staničení je vztažené na střed konstrukce. Konstrukce leží v ř. km 2,341. Mobilní hrazení zabrání rozlivu vody z umělého příkopu za pozemní komunikaci (silnice III. třídy).

8.6 SO1.3.1 Terénní úprava

Pro zvýšení protipovodňové ochrany rodinného domu, byla navržena úprava terénu okolo budovy. Jednalo se o nasypání a zhutnění zeminy s následným osetím. Zemní val chrání nemovitost proti rozlivu z umělého příkopu. Terénní úprava začíná v ř. km 2,127 a končí v ř. km 2,141.

8.7 SO2.1.1 Ochranná zídka

Jedná se o železobetonovou liniovou stavbu. Bezpečnostní převýšení bylo voleno v rozmezí 0,04 - 0,50 m. Tloušťka zdi byla 0,3 m. Ochranná zídka začíná v ř. km 2,333 a končí v ř. km 2,385. V místech, kde bylo potřeba ponechat otvor pro vjezd na pozemek, byla zídka upravena pro případné vložení mobilního hliníkového hrazení. Ochranná zídka zabrání rozlivu vody z koryta potoka za místní komunikaci a následnému zaplavení nemovitosti č. p. 150 .

8.8 SO2.1.2 Mobilní hrazení

Jedná se o hradidlovou hliníkovou hradicí konstrukci. Délka konstrukce je 2,0 m. Konstrukce bude sestavena z typových hliníkových profilů obdélníkových průřezu 150 mm x 80 mm s tloušťkou stěny 4 mm. Mezi profily se vkládá gumové těsnění. Profily se zasouvají do slupic zabudovaných v ochranné zídce. Staničení je

vztažené na střed konstrukce. Konstrukce leží v ř. km 2,357. Mobilní hrazení zabrání rozlivu vody z koryta potoka za místní komunikaci a následnému zaplavení nemovitosti.

8.9 SO2.2.1 Zemní hráz

Otvor ve hrázi sloužil k průjezdu brodem, v současnosti není využíván a jeho existence je neopodstatněná, proto bylo rozhodnuto zasypat otvor a vybudovat na jeho místě ochrannou hráz. Bylo navrženo sypané, hutněné zemní těleso, následně oseté travní směsí. Bezpečnostní převýšení bylo voleno v rozmezí 0,23 - 0,32 m. Zemní hráz začíná v ř. km 3,117 a končí v ř. km 3,127. Délka hráze je 10 m. Zemní hráz zabrání rozlivu vody z koryta potoka za současnou ochrannou hrází a následnému zaplavení nemovitosti č. p. 56.

8.10 SO2.3.1 Zemní hráz

Bylo navrženo sypané, hutněné zemní těleso, následně oseté travní směsí. Bezpečnostní převýšení bylo voleno v rozmezí 0,15 - 0,25 m. Zemní hráz začíná v ř. km 3,167 a končí v ř. km 3,198. Délka hráze je 31 m. Zemní hráz zabrání rozlivu vody z koryta potoka za současnou ochrannou hrází a následnému zaplavení nemovitosti č. p. 56.

8.11 SO2.4.1 Ochranná zídka

Jedná se o železobetonovou liniiovou stavbu. Bezpečnostní převýšení bylo voleno v rozmezí 0,18 - 0,80 m. Tloušťka zdi byla 0,3 m. Ochranná zídka začíná v ř. km 3,479 a končí v ř. km 3,543. Ochranná zídka zabrání rozlivu vody z koryta potoka na pozemní komunikaci (silnice III. třídy).

8.12 SO2.4.2 2xZpětná klapka DN500

Jedná se o ochranné zpětné klapky osazené na dvou betonových vyústí (Obr. 22) o průměru 500 mm. Ochranné zpětné klapky jsou osazené v ř. km 3,505. Zpětné klapky zabrání rozlivu vody z koryta potoka za těleso pozemní komunikace (silnice III. třídy).



Obr. 23 Betonová ochranná zídka [3]



Obr. 24 Mobilní hliníkové hrazení [3]



Obr. 25 Zpětná klapka [14]

9 Závěr a zhodnocení

Cílem práce bylo posouzení kapacity Vraženského potoka. Posuzovaný úsek se nachází v ř. km 2,00 - 4,00, což je střední část toku. Ze začátku nebyl brán v potaz umělý příkop, který vede souběžně s pozemní komunikací (silnice III. třídy), a nachází se blízko koryta potoka. Prvním výpočtem bylo zjištěno, že příkop byl už při malých průtocích zaplaven vodou z koryta. Bylo usouzeno, že příkop zde hraje důležitou roli. Proto musel být stávající model upraven na model 1D síťový. Ke korytu potoka byl zvlášť vymodelován umělý příkop a mezi ně vložen boční přeliv. V modelu bylo vodě umožněno volné přelévání mezi korytem potoka a umělým příkopem. Úpravou byly získány výsledky, které lépe odpovídaly realitě.

Kapacita koryta v řešeném úseku byla vyhodnocením označena za nedostačující. Byly posuzovány návrhové průtoky Q_5 , Q_{20} a Q_{100} .

U pětiletého průtoku došlo v horní části úseku k značnému vybřežení, ale voda se udržela v údolní nivě. To se nedalo říct o dolní části úseku, zde se již voda přelávala mezi korytem a umělým příkopem. Přestože byl velký rozliv, nebyly zde tak značné škody.

Při dvacetiletém průtoku došlo k velkým rozlivům. Voda ve většině případů vybřežila z koryta. V horní části úseku protekla voda betonovými vyústmi přes těleso pozemní komunikace a zaplavila přilehlý prostor, jinak byla situace obdobná jako u pětiletého průtoku. V dolní části došlo k vylití z koryta a následnému zaplavení nemovitostí, ani umělý příkop nevydržel kapacitně a voda z něj přetekla přes cestu a zaplavila přilehlé pozemky.

Stoletý průtok měl pochopitelně největší rozliv. V horní části měla voda tendenci vytékat na pozemní komunikaci. Stejně jako u dvacetiletého průtoku protekla voda za těleso pozemní komunikace a zaplavila přilehlý prostor. Voda zde přetekla za ochranné hráze a zatopila nemovitost. Došlo zde k zatopení rybníční nádrže. V dolní části úseku opět jako u dvacetiletého průtoku došlo k vybřežení vody z koryta a zaplavení nemovitosti. Vybřežená voda z umělého příkopu, která přetekla přes pozemní komunikaci, ohrožovala přilehlou nemovitost. Proto bylo nutné provést návrh protipovodňové ochrany, která byla navržena na Q_{100} .

Byla navržena protipovodňová ochrana skládající se z 12 ochranných objektů. Betonová zídka byla nejvíce zastoupeným objektem. Protipovodňová ochrana nebránila rozliti vody pouze z koryta, ale také měla zabránit vybřežení z umělého příkopu. Byly

navrženy opravy stávajících ochranných hrází, aby dále plnily svoji funkci. V jednom případě byla navržena úprava terénu okolo nemovitosti, neboť ji ohrožovala kulminační hladina stoletého průtoku.

Provedené úpravy byly vloženy do modelu. Po provedení výpočtu bylo potvrzeno, že navržené prvky jsou schopné odolat stoletému průtoku. Výsledky výpočtů byly zpracovány formou tabulek a výkresů. Výkresy byly zhotoveny pro stávající a návrhový stav. Jednalo se o výkres situace a přehledného podélného profilu.

Již výše bylo zmiňováno, že se jedná o oblast s intenzivní zemědělskou výrobou. Prudké intenzivní deště mohly v poslední době za to, že došlo k náhlému zvýšení hladiny v korytě. Pochopitelně k prudkému zvýšení hladiny nepomohl pouze přívalový déšť. Značnou roli zde hraje také to, jak je v povodí využívána zemědělská půda, neboť ta nejvíce převládá ve zdejších okolí. Zmenšení kulminačního průtoku lze dosáhnout i jinými opatřeními v povodí, než navrženými protipovodňovými opatřeními v posuzovaném úseku toku. Jedná se především o změnu hospodaření v povodí, např. se nedoporučuje pěstování širokořádkových plodin, ale i možnou výstavbu technických objektů např. suchých nádrží, vsakovacích průlehub atd.

Během rekognoskace terénu byly zaznamenány okolo potoka černé skládky a v samotném potoce byly přítomny splaškové vody. V tomto směru by měla být mezi veřejnost vštěpena osvěta, že se musí k potoku a jeho okolí chovat šetrně. Odpad uložený na březích potoka, může během povodně způsobit na mostním objektu ucpávku, čímž dojde k následnému přelití vody, v horším případě může být mostní objekt stržen. Doporučuje se, ať se v jarních měsících provádí prořezávky doprovodných dřevin potoka. V letních měsících by nemělo být opomenuto sečení a následné odstranění vysoké trávy na březích potoka včetně umělého příkopu.

Je třeba si uvědomit, že povodně jsou zcela přirozený jev, vždyť starobylý Egypt byl závislý na pravidelných jarních povodních. Člověk se často zlobí na přírodu a svaluje na ni vinu. Neuvědomuje si, že sám svým přičiněním pomáhá ke vzniku povodní. Půda má sama o sobě značnou retenční kapacitu, aby pohltila velké množství vody, ale jestli travnaté plochy, či lesy nahradí nevhodně obdělávaná zemědělská půda, zpevněné plochy obchodních center a dálnic, není se pak čemu divit.

10 Seznam použitých zdrojů

10.1 Internetové zdroje

- [1] Města obce [online], [cit 17-2-2015]
dostupné z: <http://mesta.obce.cz/zsu/vyhledat-18576.htm>
- [2] Český úřad zeměměřický a katastrální [online], [cit 17-2-2015]
dostupné z: <http://www.cuzk.cz/>
- [3] Povodí Odry [online], [cit 17-2-2015]
dostupné z: <http://www.pod.cz/>
- [4] Hydroekologický informační systém VÚV TGM [online], [cit 17-2-2015]
dostupné z: <http://heis.vuv.cz/default.asp?typ=00>
- [5] Statutární město Přerov [online], [cit 17-2-2015], dostupné z:
http://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=6&ved=0CD4QFjAF&url=http%3A%2F%2Fwww.prerov.eu%2Ffilemanager%2Ffiles%2Ffile.php%3Ffile%3D906&ei=-1BcVau8KuP5ywO56YCICw&usg=AFQjCNG7eHo9beeakU5HQwve_-dyG5BU7w&bvm=bv.93756505,d.bGQ
- [6] Stránky obce Vražné [online], [cit 17-2-2015]
dostupné z: <http://www.vrazne.cz/>
- [7] Český hydrometeorologický ústav [online], [cit 17-2-2015], dostupné z:
http://www.chmi.cz/portal/dt?portal_lang=cs&nc=1&menu=JSPTabContainer/P4_Historicka_data/P4_1_Pocasi/P4_1_5_Uzemni_srazky&last=false
- [8] HEC-RAS, 2010 User's Manual. Version 4.1. [online], [cit 10-5-2015],
dostupné z: http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/documentation/HEC-RAS_4.1_Users_Manual.pdf
- [9] USBR [online], [cit 10-5-2015], dostupné z:
<https://www.usbr.gov/uc/albuq/envdocs/techreports/flowDepthReport/flowDepthMeander.pdf>
- [10] DRBAL, K., ŠTĚPÁNKOVÁ, P., LEVITUS, V., ŘÍHA, J., DRÁB, A., SATRAPA, L., HORSKÝ, M., VALENTA, P., VALENTOVÁ, J., FRIEDMANNOVÁ, L., 2009. Metodika tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik. Poslední aktualizace 13. 3. 2012. [cit. 2015-05-5].
dostupné z : http://cds.chmi.cz/dokumentace/Metodika_mapovani_2012-03-13.pdf

- [11] Římskokatolická farnost Odry [online], [cit 10-5-2015]
dostupné z: <http://farnostodry.cz/>
- [12] Server Mapy.cz [online], [cit 10-5-2015]
dostupné z: <https://www.mapy.cz/>
- [13] Jednotka sboru dobrovolných hasičů Vražné [online], [cit 14-5-2015]
dostupné z: <https://cs-cz.facebook.com/pages/JSDH-Vra%C5%BEn%C3%A9/289676692540>
- [14] Stránky města Zruč nad Sázavou [online], [cit 14-5-2015]
dostupné z: <http://www.mesto-zruc.cz/mesto/projekty/zrealizovane-projekty/2013/protipovodnova-opatreni-ve-zruc-nad-sazavou/>
- [15] UHMANNŮVA, Hana a Lukáš SMELÍK. *Fotografický katalog drsností* [online]. 2014 [cit. 2015-01-20]. dostupné z: <http://www.utok.cz/sites/default/files/data/USERS/u24/Drsnost%20koryt.pdf>
- [16] SMELÍK, Lukáš, Hana UHMANNŮVÁ a Lucie FOLTÝNOVÁ. *Katalog drsností* Poslední aktualizace 29. 12. 2011. [online]. 2011 [cit. 2015-01-20]. dostupné z: <https://sites.google.com/site/katalogdrsnosti/home>
- [17] Geografický portál ZEMEPIS.COM. [online]. [cit. 2015-17-02]. dostupné z: <http://www.zemepis.com/reky4.php>

10.2 Literatura

- [18] JANDORA, Jan a Jan ŠULC. *Hydraulika: modul 01*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2007, 178 s. Studijní opory pro studijní programy s kombinovanou formou studia. ISBN 978-80-7204-512-9.
- [19] RAPLÍK M., VÝBORA P., MAREŠ K., 1989. Úprava tokov. Alfa. ISBN 80-05-00128-2

10.3 Předpisy

- ČSN 01 3469, HANZL Arnošt, Leoš MANN a Radek ŠPAČEK. HYDROPROJEKT CZ A.S.; ELDESIGN BRNO; ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT. *Výkresy inženýrských staveb - Výkresy hydrotechnických a hydroenergetických staveb - Stavební část*. 1989. Praha: Český normalizační institut, 2007.

TNV 75 2102, HAVLÍK, Aleš, Lenka FREMROVÁ a Karel SEDLÁK. ČVUT,
FAKULTA STAVEBNÍ, KATEDRA HYDRAULIKY A
HYDROLOGIE; HYDROPROJEKT CZ A.S.; MINISTERSTVO
ZEMĚDĚLSTVÍ ČR. *Úprava potoků*. 1995. Praha: Hydroprojekt CZa.s.,
2010.

10.4 Podklady

- [20] Digitální model terénu úseku toku.
[21] Hydrologické data
[22] Fotografie pořízené při rekognoskaci terénu dne 4. 4. 2014.

11 Seznamy

11.1 Seznam veličin

| | | |
|----------|--------------------------------------|--|
| α | [-]. | součinitel kinetické energie (Coriolisovo číslo) |
| ζ | [-] | součinitel místních ztrát |
| B | [m]. | šířka v hladině |
| d_e | [m] | velikost efektivního zrna |
| d_{90} | [m] | velikost 90ti procentního zrna |
| Fr | [-] | Froudovo kritérium (číslo) |
| g | [m·s ⁻²] | tíhové zrychlení |
| h | [m] | hloubka vody |
| h_m | [m] | místní ztrátová výška |
| h_S | [m] | střední hloubka průřezu |
| h_t | [m] | třecí ztrátová výška |
| h_z | [m] | ztrátová výška |
| i | [-] | sklon čáry mechanické energie |
| K | [m ³ ·s ⁻¹] | modul průtoku |
| L | [m] | vzdálenost mezi horním a dolním profilem |
| C | [m ^{0.5} ·s ⁻¹] | Chézyho (rychlostní) součinitel |
| n | [-] | součinitel drsnosti |
| n_1 | [-] | součinitel drsnosti vypočítaný z velikosti efektivního zrna |
| n_2 | [-] | součinitel drsnosti vypočítaný z velikosti 90ti procentního zrna |
| n_d | [-] | součinitel drsnosti dna koryta |

| | | |
|----------|------------------------------------|--|
| n_{s1} | [-] | součinitel drsnosti levého svahu koryta |
| n_{s2} | [-] | součinitel drsnosti pravého svahu koryta |
| O | [m] | omočený obvod |
| O_d | [m] | omočený obvod dna |
| O_{s1} | [m] | omočený obvod levého svahu koryta |
| O_{s2} | [m] | omočený obvod pravého svahu koryta |
| Q | [m ³ ·s ⁻¹] | objemový průtok |
| R | [m] | hydraulický poloměr |
| S | [m ²] | průtočný průřez |
| v | [m·s ⁻¹] | průřezová rychlost |
| z | [m] | výška dna nad srovnávací rovinou |

11.2 Seznam zkratek

| | |
|---------|---|
| 1D | jednorozměrný |
| CAD | computer-aided design |
| č. | číslo |
| č. p. | číslo popisné |
| ČHMÚ | Český hydrometeorologický úřad. |
| ČOV | Čistírna odpadních vod |
| dwg | formát souborů výkresů programu AutoCAD |
| Excel | software z balíčku Microsoft Office |
| HEC-RAS | The Hydrologic Engineering Center's River Analysis System |
| JSDH | jednotka sboru dobrovolných hasičů |
| M | mostní objekt |
| MS | Microsoft |
| Ozn. | označení |
| PF | profil |
| PVC | Polyvinylchlorid |
| Q_N | N-letý průtok |
| ř. km | říční kilometr |
| SMS | Surface-water Modeling System |
| St. | staničení |
| USA | United States of America |
| VHP | Vodohospodářský provoz |

11.3 Seznam obrázků

| | | |
|---------|--|----|
| Obr. 1 | Vlajka a znak obce Vražné [6]..... | 5 |
| Obr. 2 | Poloha Vraženského potoka v ČR [17]..... | 6 |
| Obr. 3 | Oblast obce Vražné a jejího okolí [2] | 7 |
| Obr. 4 | Kostel Nejsvětější Trojice ve Veselí [11] | 7 |
| Obr. 5 | Území pod správou povodí Odry [3] | 8 |
| Obr. 6 | Území pod správou Závodu Opava [3]..... | 9 |
| Obr. 7 | Oblast VHP Skotnice [3] | 9 |
| Obr. 8 | Přítomnost splaškových vod [22] | 11 |
| Obr. 9 | Černá skládka [22] | 11 |
| Obr. 10 | Povodeň v roce 2009 [13]..... | 12 |
| Obr. 11 | Povodeň v roce 2009 [13]..... | 13 |
| Obr. 12 | Normální stav 2014 [22] | 13 |
| Obr. 13 | Kostel sv. Petra a Pavla [6]..... | 17 |
| Obr. 14 | Kostel sv. Petra a Pavla (pohled z koryta potoka) [22] | 18 |
| Obr. 15 | Umístění začátku řešeného úseku [12] | 18 |
| Obr. 16 | Rodný dům Johanna Gregora Mendela [6]..... | 19 |
| Obr. 17 | Umístění konce řešeného úseku [12] | 19 |
| Obr. 18 | Synoptický příčný profil | 21 |
| Obr. 19 | Synoptický příčný profil - součinitel drsnosti „n“ | 21 |
| Obr. 20 | Ústí umělého příkopu u Huvarova mostu [22] | 25 |
| Obr. 21 | Autobusová zastávka a budova energetických služeb [22] | 26 |
| Obr. 22 | Betonové vyústí [22]..... | 26 |
| Obr. 23 | Betonová ochranná zídka [3] | 33 |
| Obr. 24 | Mobilní hliníkové hrazení [3]..... | 33 |
| Obr. 25 | Zpětná klapka [14] | 33 |

11.4 Seznam tabulek

| | | |
|----------|------------------------------|----|
| Tab. 1 : | Navrhované průtoky | 22 |
| Tab. 2 : | Posuzované průtoky | 25 |
| Tab. 3 : | Ohrožené nemovitosti | 27 |
| Tab. 4 : | Výpis mostních objektů | 28 |

12 Přílohy

12.1 Fotodokumentace

12.2 Data

| | | |
|-----|---------------------------|--------------------------------|
| B.1 | Porovnání průtoků a břehů | |
| B.2 | Vraženský potok | Síťový model stávajícího stavu |
| B.3 | Vraženský potok | Síťový model návrhového stavu |
| B.4 | Umělý příkop | Síťový model stávajícího stavu |
| B.5 | Umělý příkop | Síťový model návrhového stavu |

12.3 Výkresy

| ozn. | Název výkresu | Klad výkresů | Měřítko |
|------|--|--------------|------------|
| A.1 | Situace Vraženského potoka - stávající stav | 1/3 | 1:500 |
| A.2 | Situace Vraženského potoka - stávající stav | 2/3 | 1:500 |
| A.3 | Situace Vraženského potoka - stávající stav | 3/3 | 1:500 |
| A.4 | Situace Vraženského potoka - návrhový stav | 1/3 | 1:500 |
| A.5 | Situace Vraženského potoka - návrhový stav | 2/3 | 1:500 |
| A.6 | Situace Vraženského potoka - návrhový stav | 3/3 | 1:500 |
| A.7 | Podélný profil Vraženského potoka - stávající stav | | 1:1000/100 |
| A.8 | Podélný profil Vraženského potoka - návrhový stav | | 1:1000/100 |

12.1 FOTODOKUMENTACE



Začátek řešeného úseku ř. km 2,000



Ústí odvodňovacího kanálu ř. km 2,122



M1 silniční betonový most ř. km 2,125

12.1 FOTODOKUMENTACE



M2 ocelová lávka pro pěší ř. km 2,147



M2 ocelová lávka pro pěší ř. km 2,147



Koryto potoka ř. km 2,180

12.1 FOTODOKUMENTACE



M3 ocelová lávka pro pěší ř. km 2,357



M4 silniční betonový most ř. km 2,440



Odpadní výust' PVC DN200 ř. km 2,616

12.1 FOTODOKUMENTACE



M5 ocelová lávka pro pěší ř. km 2,658



M6 silniční betonový most ř. km 2,876



Rybniční nádrž ř. km 3,364

12.1 FOTODOKUMENTACE



M8 silniční betonový most ř. km 3,480



Konec řešeného úseku ř. km 4,000

12.2 Data

| B.1 | | Porovnání průtoků a břehů | | | | | |
|------|---------|---------------------------|-----------|-----------------|-----------|------------------|-----------|
| | | Q ₅ | | Q ₂₀ | | Q ₁₀₀ | |
| | | LOB | ROB | LOB | ROB | LOB | ROB |
| PF54 | 1071.06 | nevybřeží | nevybřeží | nevybřeží | nevybřeží | nevybřeží | nevybřeží |
| PF53 | 1053.15 | nevybřeží | nevybřeží | nevybřeží | nevybřeží | nevybřeží | nevybřeží |
| PF52 | 1030.75 | nevybřeží | nevybřeží | vybřeží | nevybřeží | vybřeží | nevybřeží |
| PF51 | 1006.02 | vybřeží | nevybřeží | vybřeží | vybřeží | vybřeží | vybřeží |
| PF50 | 976.62 | nevybřeží | nevybřeží | nevybřeží | vybřeží | vybřeží | vybřeží |
| PF49 | 959.63 | nevybřeží | vybřeží | nevybřeží | vybřeží | vybřeží | vybřeží |
| PF48 | 927.36 | nevybřeží | vybřeží | nevybřeží | vybřeží | vybřeží | vybřeží |
| PF47 | 901.39 | nevybřeží | nevybřeží | vybřeží | nevybřeží | vybřeží | vybřeží |
| PF46 | 879.94 | nevybřeží | nevybřeží | vybřeží | vybřeží | vybřeží | vybřeží |
| PF45 | 872.48 | nevybřeží | nevybřeží | nevybřeží | nevybřeží | vybřeží | vybřeží |
| PF44 | 860.35 | nevybřeží | nevybřeží | nevybřeží | nevybřeží | vybřeží | vybřeží |
| PF43 | 846.58 | nevybřeží | nevybřeží | vybřeží | vybřeží | vybřeží | vybřeží |
| PF42 | 821.96 | nevybřeží | nevybřeží | vybřeží | vybřeží | vybřeží | vybřeží |
| PF41 | 804.60 | vybřeží | vybřeží | vybřeží | vybřeží | vybřeží | vybřeží |
| PF40 | 782.92 | vybřeží | nevybřeží | vybřeží | vybřeží | vybřeží | vybřeží |
| PF39 | 763.32 | vybřeží | nevybřeží | vybřeží | vybřeží | vybřeží | vybřeží |
| PF38 | 740.22 | vybřeží | nevybřeží | vybřeží | nevybřeží | vybřeží | vybřeží |
| PF37 | 719.47 | nevybřeží | nevybřeží | vybřeží | nevybřeží | vybřeží | nevybřeží |
| PF36 | 691.64 | nevybřeží | nevybřeží | vybřeží | nevybřeží | vybřeží | vybřeží |
| PF35 | 661.34 | nevybřeží | nevybřeží | nevybřeží | nevybřeží | vybřeží | vybřeží |
| PF34 | 656.18 | nevybřeží | nevybřeží | nevybřeží | nevybřeží | vybřeží | vybřeží |
| PF33 | 641.66 | nevybřeží | nevybřeží | nevybřeží | nevybřeží | vybřeží | vybřeží |
| PF32 | 617.16 | nevybřeží | nevybřeží | vybřeží | vybřeží | vybřeží | vybřeží |
| PF31 | 597.35 | nevybřeží | nevybřeží | vybřeží | vybřeží | vybřeží | vybřeží |
| PF30 | 546.43 | nevybřeží | vybřeží | vybřeží | vybřeží | vybřeží | vybřeží |
| PF29 | 520.38 | nevybřeží | vybřeží | vybřeží | vybřeží | vybřeží | vybřeží |
| PF28 | 497.22 | nevybřeží | nevybřeží | vybřeží | vybřeží | vybřeží | vybřeží |
| PF27 | 468.43 | nevybřeží | nevybřeží | nevybřeží | nevybřeží | vybřeží | vybřeží |
| PF26 | 444.61 | nevybřeží | nevybřeží | nevybřeží | nevybřeží | vybřeží | nevybřeží |
| PF25 | 436.88 | vybřeží | nevybřeží | vybřeží | nevybřeží | vybřeží | nevybřeží |
| PF24 | 425.31 | vybřeží | nevybřeží | vybřeží | nevybřeží | vybřeží | vybřeží |
| PF23 | 402.21 | vybřeží | nevybřeží | vybřeží | nevybřeží | vybřeží | vybřeží |
| PF22 | 378.07 | vybřeží | vybřeží | vybřeží | vybřeží | vybřeží | vybřeží |
| PF21 | 359.99 | vybřeží | vybřeží | vybřeží | vybřeží | vybřeží | vybřeží |
| PF20 | 355.58 | vybřeží | nevybřeží | vybřeží | vybřeží | vybřeží | vybřeží |
| PF19 | 333.84 | vybřeží | vybřeží | vybřeží | vybřeží | vybřeží | vybřeží |
| PF18 | 315.67 | vybřeží | vybřeží | vybřeží | vybřeží | vybřeží | vybřeží |
| PF17 | 298.63 | vybřeží | nevybřeží | vybřeží | vybřeží | vybřeží | vybřeží |
| PF16 | 276.84 | nevybřeží | nevybřeží | nevybřeží | nevybřeží | vybřeží | vybřeží |
| PF15 | 258.92 | nevybřeží | nevybřeží | nevybřeží | nevybřeží | nevybřeží | nevybřeží |
| PF14 | 248.55 | nevybřeží | nevybřeží | nevybřeží | nevybřeží | nevybřeží | nevybřeží |
| PF13 | 230.13 | nevybřeží | nevybřeží | nevybřeží | nevybřeží | vybřeží | nevybřeží |

12.2 Data

| B.1 | | Porovnání průtoků a břehů | | | | | |
|------|--------|---------------------------|-----------|-----------------|-----------|------------------|-----------|
| | | Q ₅ | | Q ₂₀ | | Q ₁₀₀ | |
| | | LOB | ROB | LOB | ROB | LOB | ROB |
| PF12 | 205.19 | nevybřeží | nevybřeží | vybřeží | nevybřeží | vybřeží | vybřeží |
| PF11 | 187.46 | vybřeží | nevybřeží | vybřeží | nevybřeží | vybřeží | vybřeží |
| PF10 | 168.30 | nevybřeží | nevybřeží | nevybřeží | nevybřeží | nevybřeží | vybřeží |
| PF9 | 148.12 | nevybřeží | nevybřeží | nevybřeží | nevybřeží | nevybřeží | nevybřeží |
| PF8 | 146.05 | nevybřeží | nevybřeží | nevybřeží | nevybřeží | nevybřeží | vybřeží |
| PF7 | 129.46 | nevybřeží | nevybřeží | nevybřeží | nevybřeží | nevybřeží | nevybřeží |
| PF6 | 117.19 | nevybřeží | nevybřeží | nevybřeží | nevybřeží | vybřeží | vybřeží |
| PF5 | 88.14 | nevybřeží | nevybřeží | nevybřeží | nevybřeží | vybřeží | vybřeží |
| PF4 | 68.96 | nevybřeží | nevybřeží | vybřeží | nevybřeží | vybřeží | vybřeží |
| PF3 | 41.54 | nevybřeží | nevybřeží | nevybřeží | nevybřeží | nevybřeží | nevybřeží |
| PF2 | 20.09 | nevybřeží | nevybřeží | nevybřeží | nevybřeží | nevybřeží | nevybřeží |
| PF1 | 0.00 | nevybřeží | nevybřeží | vybřeží | nevybřeží | vybřeží | nevybřeží |

12.2 Data

| Vraženský potok ř. km 2.00 - ř. km 4.00 | | | | | | B.2 | | |
|---|----|--------|------------------------------------|--------|------------------------------------|--------|------------------------------------|--------|
| Síťový model stávajícího stavu | | | | | | | | |
| St. | PF | Dno | Q ₅ | h | Q ₂₀ | h | Q ₁₀₀ | h |
| [km] | - | [m] | [m ³ ·s ⁻¹] | [m] | [m ³ ·s ⁻¹] | [m] | [m ³ ·s ⁻¹] | [m] |
| 4.000 | 96 | 284.40 | 5.11 | 285.41 | 8,56 | 285,62 | 13,2 | 285,82 |
| 3.958 | 95 | 284.39 | 5.11 | 285.26 | 8.56 | 285.50 | 13.20 | 285.73 |
| 3.937 | 94 | 284.20 | 5.11 | 285.11 | 8.56 | 285.37 | 13.20 | 285.62 |
| 3.928 | 93 | 284.19 | 5.11 | 285.08 | 8.56 | 285.33 | 13.20 | 285.56 |
| 3.915 | 92 | 284.00 | 5.11 | 285.01 | 8.56 | 285.26 | 13.20 | 285.47 |
| 3.881 | 91 | 283.64 | 5.11 | 284.96 | 8.56 | 285.19 | 13.20 | 285.37 |
| 3.851 | 90 | 283.80 | 5.11 | 284.88 | 8.56 | 285.10 | 13.20 | 285.29 |
| 3.835 | 89 | 283.79 | 5.11 | 284.77 | 8.56 | 284.96 | 13.20 | 285.11 |
| 3.818 | 88 | 283.61 | 5.11 | 284.76 | 8.56 | 284.98 | 13.20 | 285.14 |
| 3.775 | 87 | 283.60 | 5.11 | 284.60 | 8.56 | 284.86 | 13.20 | 285.02 |
| 3.767 | 86 | 283.59 | 5.11 | 284.47 | 8.56 | 284.65 | 13.20 | 284.87 |
| 3.757 | 85 | 283.41 | 5.11 | 284.34 | 8.56 | 284.59 | 13.20 | 284.88 |
| 3.745 | 84 | 283.40 | 5.11 | 284.32 | 8.56 | 284.60 | 13.20 | 284.85 |
| 3.708 | 83 | 283.01 | 5.11 | 284.23 | 8.56 | 284.50 | 13.20 | 284.76 |
| 3.684 | 82 | 283.00 | 5.11 | 284.18 | 8.56 | 284.45 | 13.20 | 284.70 |
| 3.643 | 81 | 282.99 | 5.11 | 284.00 | 8.56 | 284.24 | 13.20 | 284.51 |
| 3.625 | 80 | 282.80 | 5.11 | 283.96 | 8.56 | 284.23 | 13.20 | 284.51 |
| 3.605 | 79 | 282.60 | 5.11 | 283.93 | 8.56 | 284.19 | 13.20 | 284.48 |
| 3.592 | 78 | 282.80 | 6.13 | 283.83 | 10.30 | 284.06 | 15.90 | 284.41 |
| 3.562 | 77 | 282.79 | 6.13 | 283.70 | 10.30 | 283.99 | 15.90 | 284.40 |
| 3.511 | 76 | 282.40 | 6.13 | 283.45 | 10.30 | 283.75 | 15.90 | 284.19 |
| 3.502 | 75 | 282.39 | 6.13 | 283.41 | 10.30 | 283.72 | 15.90 | 284.18 |
| 3.488 | 74 | 282.21 | 6.13 | 283.35 | 10.30 | 283.64 | 15.90 | 284.21 |
| 3.471 | 73 | 282.19 | 6.13 | 283.16 | 10.30 | 283.41 | 15.90 | 283.59 |
| 3.457 | 72 | 282.15 | 6.13 | 283.06 | 10.30 | 283.36 | 15.90 | 283.54 |
| 3.421 | 71 | 281.80 | 6.13 | 282.58 | 10.30 | 282.81 | 15.90 | 283.21 |
| 3.386 | 70 | 281.42 | 6.13 | 282.53 | 10.30 | 282.80 | 15.90 | 283.03 |
| 3.367 | 69 | 281.40 | 6.13 | 282.42 | 10.30 | 282.65 | 15.90 | 282.73 |
| 3.345 | 68 | 281.39 | 6.13 | 282.08 | 10.30 | 282.35 | 15.90 | 282.61 |
| 3.321 | 67 | 281.20 | 6.13 | 282.05 | 10.30 | 282.26 | 15.90 | 282.52 |
| 3.300 | 66 | 281.01 | 6.13 | 281.99 | 10.30 | 282.22 | 15.90 | 282.51 |
| 3.296 | 65 | 280.83 | 6.13 | 281.87 | 10.30 | 282.20 | 15.90 | 282.51 |
| 3.282 | 64 | 280.80 | 6.13 | 281.75 | 10.30 | 282.06 | 15.90 | 282.39 |
| 3.269 | 63 | 280.79 | 6.13 | 281.55 | 10.30 | 281.82 | 15.90 | 282.12 |
| 3.244 | 62 | 280.41 | 6.13 | 281.36 | 10.30 | 281.65 | 15.90 | 281.94 |
| 3.219 | 61 | 280.40 | 6.13 | 281.24 | 10.30 | 281.54 | 15.90 | 281.84 |
| 3.186 | 60 | 280.20 | 6.13 | 281.09 | 10.30 | 281.41 | 15.90 | 281.72 |
| 3.152 | 59 | 279.80 | 6.13 | 281.03 | 10.30 | 281.34 | 15.90 | 281.65 |
| 3.139 | 58 | 279.60 | 6.13 | 281.02 | 10.30 | 281.33 | 15.90 | 281.63 |
| 3.125 | 57 | 279.82 | 6.13 | 280.97 | 10.30 | 281.26 | 15.90 | 281.56 |
| 3.101 | 56 | 279.81 | 6.13 | 280.77 | 10.30 | 281.04 | 15.90 | 281.31 |
| 3.087 | 55 | 279.80 | 6.13 | 280.65 | 10.30 | 280.92 | 15.90 | 281.17 |

12.2 Data

| Vraženský potok ř. km 2.00 - ř. km 4.00 | | | | | | B.2 | | |
|---|----|--------|------------------------------------|--------|------------------------------------|--------|------------------------------------|--------|
| Síťový model stávajícího stavu | | | | | | | | |
| St. | PF | Dno | Q ₅ | h | Q ₂₀ | h | Q ₁₀₀ | h |
| [km] | - | [m] | [m ³ ·s ⁻¹] | [m] | [m ³ ·s ⁻¹] | [m] | [m ³ ·s ⁻¹] | [m] |
| 3.071 | 54 | 279.61 | 6.13 | 280.61 | 10.30 | 280.86 | 15.90 | 281.08 |
| 3.053 | 53 | 279.60 | 6.13 | 280.54 | 10.30 | 280.77 | 15.90 | 281.06 |
| 3.031 | 52 | 279.59 | 6.13 | 280.40 | 10.30 | 280.58 | 15.90 | 280.68 |
| 3.006 | 51 | 279.51 | 6.13 | 280.23 | 10.30 | 280.44 | 15.90 | 280.72 |
| 2.977 | 50 | 279.00 | 6.13 | 280.08 | 10.30 | 280.35 | 15.90 | 280.63 |
| 2.960 | 49 | 279.20 | 6.13 | 279.88 | 10.30 | 280.12 | 15.90 | 280.36 |
| 2.927 | 48 | 278.80 | 6.13 | 279.68 | 10.30 | 279.99 | 15.90 | 280.27 |
| 2.901 | 47 | 278.60 | 6.13 | 279.38 | 10.30 | 279.68 | 15.90 | 280.17 |
| 2.880 | 46 | 278.21 | 6.13 | 279.37 | 10.30 | 279.68 | 15.90 | 280.13 |
| 2.872 | 45 | 278.39 | 6.13 | 279.24 | 10.30 | 279.49 | 15.90 | 279.77 |
| 2.860 | 44 | 278.20 | 6.13 | 279.14 | 10.30 | 279.42 | 15.90 | 279.71 |
| 2.847 | 43 | 278.00 | 6.13 | 279.04 | 10.30 | 279.32 | 15.90 | 279.56 |
| 2.822 | 42 | 277.80 | 6.13 | 278.94 | 10.30 | 279.22 | 15.90 | 279.47 |
| 2.805 | 41 | 277.65 | 6.13 | 278.87 | 10.30 | 279.17 | 15.90 | 279.44 |
| 2.783 | 40 | 277.44 | 6.13 | 278.82 | 10.30 | 279.11 | 15.90 | 279.35 |
| 2.763 | 39 | 277.57 | 6.13 | 278.47 | 10.30 | 278.81 | 15.90 | 279.03 |
| 2.740 | 38 | 276.80 | 6.13 | 278.30 | 10.30 | 278.62 | 15.90 | 278.88 |
| 2.719 | 37 | 277.20 | 6.13 | 278.03 | 10.30 | 278.26 | 15.90 | 278.57 |
| 2.692 | 36 | 277.01 | 6.13 | 278.02 | 10.30 | 278.31 | 15.90 | 278.63 |
| 2.661 | 35 | 277.00 | 6.13 | 277.89 | 10.30 | 278.18 | 15.90 | 278.54 |
| 2.656 | 34 | 276.99 | 6.13 | 277.88 | 10.30 | 278.17 | 15.90 | 278.49 |
| 2.642 | 33 | 276.60 | 6.13 | 277.79 | 10.30 | 278.05 | 15.90 | 278.30 |
| 2.617 | 32 | 276.80 | 6.13 | 277.63 | 10.30 | 277.83 | 15.90 | 278.02 |
| 2.597 | 31 | 276.69 | 6.13 | 277.49 | 10.30 | 277.72 | 15.90 | 277.99 |
| 2.546 | 30 | 276.20 | 6.13 | 277.29 | 10.30 | 277.61 | 15.90 | 277.93 |
| 2.520 | 29 | 276.00 | 6.13 | 277.23 | 10.30 | 277.53 | 15.90 | 277.83 |
| 2.497 | 28 | 276.20 | 6.13 | 277.13 | 10.30 | 277.43 | 15.90 | 277.71 |
| 2.468 | 27 | 275.80 | 6.13 | 277.06 | 10.30 | 277.34 | 15.90 | 277.58 |
| 2.445 | 26 | 276.00 | 6.13 | 276.99 | 10.30 | 277.27 | 15.90 | 277.50 |
| 2.437 | 25 | 275.80 | 6.13 | 276.95 | 10.30 | 277.21 | 15.90 | 277.42 |
| 2.425 | 24 | 275.50 | 6.13 | 276.93 | 10.30 | 277.21 | 15.90 | 277.47 |
| 2.402 | 23 | 275.40 | 6.13 | 276.88 | 10.30 | 277.14 | 14.58 | 277.38 |
| 2.378 | 22 | 275.56 | 6.13 | 276.82 | 9.87 | 277.10 | 16.09 | 277.35 |
| 2.360 | 21 | 275.60 | 6.13 | 276.67 | 9.43 | 277.01 | 15.29 | 277.20 |
| 2.356 | 20 | 275.41 | 6.13 | 276.61 | 9.43 | 276.75 | 15.29 | 277.00 |
| 2.334 | 19 | 275.40 | 5.90 | 276.50 | 8.75 | 276.56 | 15.06 | 276.80 |
| 2.316 | 18 | 275.38 | 5.08 | 276.48 | 6.78 | 276.56 | 10.37 | 276.76 |
| 2.299 | 17 | 275.00 | 4.91 | 276.42 | 5.75 | 276.51 | 8.35 | 276.70 |
| 2.277 | 16 | 275.06 | 4.91 | 276.29 | 5.69 | 276.38 | 7.91 | 276.61 |
| 2.259 | 15 | 275.16 | 4.91 | 275.93 | 5.69 | 276.00 | 7.91 | 276.17 |
| 2.249 | 14 | 274.88 | 4.91 | 275.93 | 5.69 | 276.00 | 7.91 | 276.15 |
| 2.230 | 13 | 274.82 | 4.91 | 275.87 | 5.69 | 275.94 | 7.91 | 276.10 |

12.2 Data

| Vraženský potok ř. km 2.00 - ř. km 4.00 | | | | | | B.2 | | |
|---|----|--------|------------------------------------|--------|------------------------------------|--------|------------------------------------|--------|
| Síťový model stávajícího stavu | | | | | | | | |
| St. | PF | Dno | Q ₅ | h | Q ₂₀ | h | Q ₁₀₀ | h |
| [km] | - | [m] | [m ³ ·s ⁻¹] | [m] | [m ³ ·s ⁻¹] | [m] | [m ³ ·s ⁻¹] | [m] |
| 2.205 | 12 | 274.81 | 4.91 | 275.78 | 5.69 | 275.85 | 7.91 | 276.00 |
| 2.187 | 11 | 274.80 | 4.91 | 275.67 | 5.69 | 275.74 | 7.91 | 275.88 |
| 2.168 | 10 | 274.79 | 4.91 | 275.52 | 5.69 | 275.59 | 7.91 | 275.77 |
| 2.148 | 9 | 274.51 | 4.91 | 275.30 | 5.69 | 275.37 | 7.91 | 275.56 |
| 2.146 | 8 | 274.38 | 4.91 | 275.34 | 5.69 | 275.41 | 7.91 | 275.60 |
| 2.129 | 7 | 274.20 | 4.91 | 275.25 | 5.69 | 275.31 | 7.91 | 275.46 |
| 2.117 | 6 | 274.23 | 4.91 | 275.07 | 5.69 | 275.14 | 7.91 | 275.30 |
| 2.088 | 5 | 274.00 | 4.91 | 274.80 | 5.69 | 274.87 | 7.91 | 275.04 |
| 2.069 | 4 | 273.99 | 4.91 | 274.74 | 5.69 | 274.81 | 7.91 | 274.98 |
| 2.042 | 3 | 273.80 | 4.91 | 274.62 | 5.69 | 274.70 | 7.91 | 274.87 |
| 2.020 | 2 | 273.60 | 4.91 | 274.49 | 5.69 | 274.55 | 7.91 | 274.70 |
| 2.000 | 1 | 273.44 | 4.91 | 274.38 | 5.69 | 274.44 | 7.91 | 274.60 |

12.2 Data

| Vraženský potok ř. km 2.00 - ř. km 4.00 | | | | | | B.3 | | |
|---|----|--------|------------------------------------|--------|------------------------------------|--------|------------------------------------|--------|
| Síťový model návrhového stavu | | | | | | | | |
| St. | PF | Dno | Q ₅ | h | Q ₂₀ | h | Q ₁₀₀ | h |
| [km] | - | [m] | [m ³ ·s ⁻¹] | [m] | [m ³ ·s ⁻¹] | [m] | [m ³ ·s ⁻¹] | [m] |
| 4.000 | 96 | 284.40 | 5.11 | 285.41 | 8.56 | 285.62 | 13.20 | 285.82 |
| 3.958 | 95 | 284.39 | 5.11 | 285.26 | 8.56 | 285.50 | 13.20 | 285.73 |
| 3.937 | 94 | 284.20 | 5.11 | 285.11 | 8.56 | 285.37 | 13.20 | 285.62 |
| 3.928 | 93 | 284.19 | 5.11 | 285.08 | 8.56 | 285.33 | 13.20 | 285.56 |
| 3.915 | 92 | 284.00 | 5.11 | 285.01 | 8.56 | 285.26 | 13.20 | 285.47 |
| 3.881 | 91 | 283.64 | 5.11 | 284.96 | 8.56 | 285.19 | 13.20 | 285.37 |
| 3.851 | 90 | 283.80 | 5.11 | 284.88 | 8.56 | 285.10 | 13.20 | 285.29 |
| 3.835 | 89 | 283.79 | 5.11 | 284.77 | 8.56 | 284.96 | 13.20 | 285.11 |
| 3.818 | 88 | 283.61 | 5.11 | 284.76 | 8.56 | 284.98 | 13.20 | 285.14 |
| 3.775 | 87 | 283.60 | 5.11 | 284.60 | 8.56 | 284.86 | 13.20 | 285.02 |
| 3.767 | 86 | 283.59 | 5.11 | 284.47 | 8.56 | 284.65 | 13.20 | 284.87 |
| 3.757 | 85 | 283.41 | 5.11 | 284.34 | 8.56 | 284.59 | 13.20 | 284.88 |
| 3.745 | 84 | 283.40 | 5.11 | 284.32 | 8.56 | 284.60 | 13.20 | 284.85 |
| 3.708 | 83 | 283.01 | 5.11 | 284.23 | 8.56 | 284.50 | 13.20 | 284.76 |
| 3.684 | 82 | 283.00 | 5.11 | 284.18 | 8.56 | 284.45 | 13.20 | 284.70 |
| 3.643 | 81 | 282.99 | 5.11 | 284.00 | 8.56 | 284.24 | 13.20 | 284.51 |
| 3.625 | 80 | 282.80 | 5.11 | 283.96 | 8.56 | 284.23 | 13.20 | 284.51 |
| 3.605 | 79 | 282.60 | 5.11 | 283.93 | 8.56 | 284.19 | 13.20 | 284.48 |
| 3.592 | 78 | 282.80 | 6.13 | 283.83 | 10.30 | 284.06 | 15.90 | 284.41 |
| 3.562 | 77 | 282.79 | 6.13 | 283.70 | 10.30 | 283.99 | 15.90 | 284.40 |
| 3.511 | 76 | 282.40 | 6.13 | 283.45 | 10.30 | 283.75 | 15.90 | 284.19 |
| 3.502 | 75 | 282.39 | 6.13 | 283.41 | 10.30 | 283.72 | 15.90 | 284.18 |
| 3.488 | 74 | 282.21 | 6.13 | 283.35 | 10.30 | 283.64 | 15.90 | 284.11 |
| 3.471 | 73 | 282.19 | 6.13 | 283.16 | 10.30 | 283.41 | 15.90 | 283.58 |
| 3.457 | 72 | 282.15 | 6.13 | 283.06 | 10.30 | 283.36 | 15.90 | 283.54 |
| 3.421 | 71 | 281.80 | 6.13 | 282.58 | 10.30 | 282.81 | 15.90 | 283.21 |
| 3.386 | 70 | 281.42 | 6.13 | 282.53 | 10.30 | 282.80 | 15.90 | 283.03 |
| 3.367 | 69 | 281.40 | 6.13 | 282.42 | 10.30 | 282.65 | 15.90 | 282.73 |
| 3.345 | 68 | 281.39 | 6.13 | 282.08 | 10.30 | 282.35 | 15.90 | 282.61 |
| 3.321 | 67 | 281.20 | 6.13 | 282.05 | 10.30 | 282.26 | 15.90 | 282.52 |
| 3.300 | 66 | 281.01 | 6.13 | 281.99 | 10.30 | 282.22 | 15.90 | 282.51 |
| 3.296 | 65 | 280.83 | 6.13 | 281.87 | 10.30 | 282.20 | 15.90 | 282.51 |
| 3.282 | 64 | 280.80 | 6.13 | 281.75 | 10.30 | 282.06 | 15.90 | 282.39 |
| 3.269 | 63 | 280.79 | 6.13 | 281.55 | 10.30 | 281.82 | 15.90 | 282.12 |
| 3.244 | 62 | 280.41 | 6.13 | 281.36 | 10.30 | 281.65 | 15.90 | 281.94 |
| 3.219 | 61 | 280.40 | 6.13 | 281.24 | 10.30 | 281.54 | 15.90 | 281.85 |
| 3.186 | 60 | 280.20 | 6.13 | 281.09 | 10.30 | 281.41 | 15.90 | 281.73 |
| 3.152 | 59 | 279.80 | 6.13 | 281.03 | 10.30 | 281.34 | 15.90 | 281.66 |
| 3.139 | 58 | 279.60 | 6.13 | 281.02 | 10.30 | 281.33 | 15.90 | 281.64 |
| 3.125 | 57 | 279.82 | 6.13 | 280.97 | 10.30 | 281.26 | 15.90 | 281.55 |
| 3.101 | 56 | 279.81 | 6.13 | 280.77 | 10.30 | 281.04 | 15.90 | 281.31 |
| 3.087 | 55 | 279.80 | 6.13 | 280.65 | 10.30 | 280.92 | 15.90 | 281.17 |

12.2 Data

| Vraženský potok ř. km 2.00 - ř. km 4.00 | | | | | | B.3 | | |
|---|----|--------|------------------------------------|--------|------------------------------------|--------|------------------------------------|--------|
| Síťový model návrhového stavu | | | | | | | | |
| St. | PF | Dno | Q ₅ | h | Q ₂₀ | h | Q ₁₀₀ | h |
| [km] | - | [m] | [m ³ ·s ⁻¹] | [m] | [m ³ ·s ⁻¹] | [m] | [m ³ ·s ⁻¹] | [m] |
| 3.071 | 54 | 279.61 | 6.13 | 280.61 | 10.30 | 280.86 | 15.90 | 281.08 |
| 3.053 | 53 | 279.60 | 6.13 | 280.54 | 10.30 | 280.77 | 15.90 | 281.06 |
| 3.031 | 52 | 279.59 | 6.13 | 280.40 | 10.30 | 280.58 | 15.90 | 280.68 |
| 3.006 | 51 | 279.51 | 6.13 | 280.23 | 10.30 | 280.44 | 15.90 | 280.72 |
| 2.977 | 50 | 279.00 | 6.13 | 280.08 | 10.30 | 280.35 | 15.90 | 280.63 |
| 2.960 | 49 | 279.20 | 6.13 | 279.88 | 10.30 | 280.12 | 15.90 | 280.36 |
| 2.927 | 48 | 278.80 | 6.13 | 279.68 | 10.30 | 279.99 | 15.90 | 280.27 |
| 2.901 | 47 | 278.60 | 6.13 | 279.38 | 10.30 | 279.68 | 15.90 | 280.17 |
| 2.880 | 46 | 278.21 | 6.13 | 279.37 | 10.30 | 279.68 | 15.90 | 280.13 |
| 2.872 | 45 | 278.39 | 6.13 | 279.24 | 10.30 | 279.49 | 15.90 | 279.77 |
| 2.860 | 44 | 278.20 | 6.13 | 279.14 | 10.30 | 279.42 | 15.90 | 279.71 |
| 2.847 | 43 | 278.00 | 6.13 | 279.04 | 10.30 | 279.32 | 15.90 | 279.56 |
| 2.822 | 42 | 277.80 | 6.13 | 278.94 | 10.30 | 279.22 | 15.90 | 279.47 |
| 2.805 | 41 | 277.65 | 6.13 | 278.87 | 10.30 | 279.17 | 15.90 | 279.44 |
| 2.783 | 40 | 277.44 | 6.13 | 278.82 | 10.30 | 279.11 | 15.90 | 279.35 |
| 2.763 | 39 | 277.57 | 6.13 | 278.47 | 10.30 | 278.81 | 15.90 | 279.03 |
| 2.740 | 38 | 276.80 | 6.13 | 278.30 | 10.30 | 278.62 | 15.90 | 278.88 |
| 2.719 | 37 | 277.20 | 6.13 | 278.03 | 10.30 | 278.26 | 15.90 | 278.57 |
| 2.692 | 36 | 277.01 | 6.13 | 278.02 | 10.30 | 278.31 | 15.90 | 278.63 |
| 2.661 | 35 | 277.00 | 6.13 | 277.89 | 10.30 | 278.19 | 15.90 | 278.54 |
| 2.656 | 34 | 276.99 | 6.13 | 277.88 | 10.30 | 278.17 | 15.90 | 278.49 |
| 2.642 | 33 | 276.60 | 6.13 | 277.79 | 10.30 | 278.05 | 15.90 | 278.30 |
| 2.617 | 32 | 276.80 | 6.13 | 277.63 | 10.30 | 277.83 | 15.90 | 278.03 |
| 2.597 | 31 | 276.69 | 6.13 | 277.49 | 10.30 | 277.73 | 15.90 | 278.00 |
| 2.546 | 30 | 276.20 | 6.13 | 277.29 | 10.30 | 277.64 | 15.90 | 277.95 |
| 2.520 | 29 | 276.00 | 6.13 | 277.23 | 10.30 | 277.56 | 15.90 | 277.85 |
| 2.497 | 28 | 276.20 | 6.13 | 277.13 | 10.30 | 277.47 | 15.90 | 277.74 |
| 2.468 | 27 | 275.80 | 6.13 | 277.06 | 10.30 | 277.39 | 15.90 | 277.62 |
| 2.445 | 26 | 276.00 | 6.13 | 276.99 | 10.30 | 277.33 | 15.90 | 277.56 |
| 2.437 | 25 | 275.80 | 6.13 | 276.95 | 10.30 | 277.29 | 15.90 | 277.50 |
| 2.425 | 24 | 275.50 | 6.13 | 276.93 | 10.30 | 277.30 | 15.90 | 277.54 |
| 2.402 | 23 | 275.40 | 6.13 | 276.88 | 10.25 | 277.24 | 14.55 | 277.46 |
| 2.378 | 22 | 275.56 | 6.13 | 276.82 | 9.80 | 277.21 | 12.22 | 277.46 |
| 2.360 | 21 | 275.60 | 6.13 | 276.68 | 9.47 | 277.13 | 13.96 | 277.31 |
| 2.356 | 20 | 275.41 | 6.13 | 276.61 | 9.47 | 276.84 | 13.96 | 277.01 |
| 2.334 | 19 | 275.40 | 5.90 | 276.50 | 9.87 | 276.57 | 15.27 | 276.80 |
| 2.316 | 18 | 275.38 | 5.08 | 276.48 | 7.49 | 276.59 | 9.71 | 276.65 |
| 2.299 | 17 | 275.00 | 4.91 | 276.42 | 6.10 | 276.54 | 7.44 | 276.60 |
| 2.277 | 16 | 275.06 | 4.91 | 276.29 | 5.93 | 276.40 | 6.71 | 276.49 |
| 2.259 | 15 | 275.16 | 4.91 | 275.93 | 5.93 | 276.02 | 6.71 | 276.08 |
| 2.249 | 14 | 274.88 | 4.91 | 275.93 | 5.93 | 276.02 | 6.71 | 276.08 |
| 2.230 | 13 | 274.82 | 4.91 | 275.87 | 5.93 | 275.96 | 6.71 | 276.02 |

12.2 Data

| Vraženský potok ř. km 2.00 - ř. km 4.00 | | | | | | B.3 | | |
|---|----|--------|------------------------------------|--------|------------------------------------|--------|------------------------------------|--------|
| Síťový model návrhového stavu | | | | | | | | |
| St. | PF | Dno | Q ₅ | h | Q ₂₀ | h | Q ₁₀₀ | h |
| [km] | - | [m] | [m ³ ·s ⁻¹] | [m] | [m ³ ·s ⁻¹] | [m] | [m ³ ·s ⁻¹] | [m] |
| 2.205 | 12 | 274.81 | 4.91 | 275.78 | 5.93 | 275.87 | 6.71 | 275.92 |
| 2.187 | 11 | 274.8 | 4.91 | 275.67 | 5.93 | 275.75 | 6.71 | 275.81 |
| 2.168 | 10 | 274.79 | 4.91 | 275.52 | 5.93 | 275.61 | 6.71 | 275.67 |
| 2.148 | 9 | 274.51 | 4.91 | 275.30 | 5.93 | 275.39 | 6.71 | 275.46 |
| 2.146 | 8 | 274.38 | 4.91 | 275.34 | 5.93 | 275.44 | 6.71 | 275.50 |
| 2.129 | 7 | 274.2 | 4.91 | 275.25 | 5.93 | 275.32 | 6.71 | 275.38 |
| 2.117 | 6 | 274.23 | 4.91 | 275.07 | 5.93 | 275.16 | 6.71 | 275.22 |
| 2.088 | 5 | 274 | 4.91 | 274.80 | 5.93 | 274.89 | 6.71 | 274.95 |
| 2.069 | 4 | 273.99 | 4.91 | 274.74 | 5.93 | 274.83 | 6.71 | 274.89 |
| 2.042 | 3 | 273.8 | 4.91 | 274.62 | 5.93 | 274.72 | 6.71 | 274.78 |
| 2.020 | 2 | 273.6 | 4.91 | 274.49 | 5.93 | 274.57 | 6.71 | 274.63 |
| 2.000 | 1 | 273.44 | 4.91 | 274.38 | 5.93 | 274.46 | 6.71 | 274.52 |

12.2 Data

| Umělý příkop ř. km 2.000 - ř. km 2.425 | | | | | | B.4 | | |
|--|----|--------|------------------------------------|--------|------------------------------------|--------|------------------------------------|--------|
| Síťový model stálého stavu | | | | | | | | |
| St. | PF | Dno | Q ₅ | h | Q ₂₀ | h | Q ₁₀₀ | h |
| [km] | - | [m] | [m ³ ·s ⁻¹] | [m] | [m ³ ·s ⁻¹] | [m] | [m ³ ·s ⁻¹] | [m] |
| 2.425 | 24 | 277.25 | 0.00 | 277.25 | 0.00 | 277.25 | 0.00 | 277.36 |
| 2.402 | 23 | 277.00 | 0.00 | 277.00 | 0.00 | 277.12 | 1.47 | 277.23 |
| 2.378 | 22 | 276.99 | 0.00 | 276.99 | 0.12 | 277.12 | 0.00 | 277.20 |
| 2.360 | 21 | 276.78 | 0.00 | 276.78 | 0.70 | 277.03 | 1.54 | 277.06 |
| 2.356 | 20 | 276.67 | 0.00 | 276.67 | 0.87 | 276.87 | 0.80 | 276.87 |
| 2.334 | 19 | 275.60 | 0.23 | 276.15 | 1.55 | 276.49 | 1.03 | 276.60 |
| 2.316 | 18 | 275.40 | 1.05 | 275.95 | 3.52 | 276.19 | 5.73 | 276.34 |
| 2.299 | 17 | 275.00 | 1.22 | 275.52 | 4.55 | 275.93 | 7.74 | 276.16 |
| 2.277 | 16 | 274.40 | 1.22 | 275.45 | 4.61 | 275.72 | 8.18 | 275.85 |
| 2.259 | 15 | 274.87 | 1.22 | 275.44 | 4.61 | 275.71 | 8.18 | 275.85 |
| 2.249 | 14 | 275.02 | 1.22 | 275.33 | 4.61 | 275.55 | 8.18 | 275.67 |
| 2.230 | 13 | 274.40 | 1.22 | 274.77 | 4.61 | 275.29 | 8.18 | 275.56 |
| 2.205 | 12 | 274.18 | 1.22 | 274.72 | 4.61 | 275.24 | 8.18 | 275.51 |
| 2.187 | 11 | 274 | 1.22 | 274.69 | 4.61 | 275.19 | 8.18 | 275.43 |
| 2.168 | 10 | 273.8 | 1.22 | 274.65 | 4.61 | 275.11 | 8.18 | 275.35 |
| 2.148 | 9 | 273.99 | 1.22 | 274.56 | 4.61 | 275.00 | 8.18 | 275.25 |
| 2.146 | 8 | 274.05 | 1.22 | 274.53 | 4.61 | 274.96 | 8.18 | 275.22 |
| 2.129 | 7 | 273.8 | 1.22 | 274.15 | 4.61 | 274.68 | 8.18 | 275.00 |
| 2.117 | 6 | 273.4 | 1.22 | 274.13 | 4.61 | 274.63 | 8.18 | 274.95 |
| 2.088 | 5 | 273.6 | 1.22 | 274.05 | 4.61 | 274.51 | 8.18 | 274.82 |
| 2.069 | 4 | 273.4 | 1.22 | 273.97 | 4.61 | 274.44 | 8.18 | 274.75 |
| 2.042 | 3 | 273.33 | 1.22 | 273.90 | 4.61 | 274.35 | 8.18 | 274.64 |
| 2.020 | 2 | 273.34 | 1.22 | 273.84 | 4.61 | 274.27 | 8.18 | 274.55 |
| 2.000 | 1 | 273.4 | 1.22 | 273.76 | 4.61 | 274.17 | 8.18 | 274.44 |

12.2 Data

| Umělý příkop ř. km 2.000 - ř. km 2.425 | | | | | | B.5 | | |
|--|----|--------|------------------------------------|--------|------------------------------------|--------|------------------------------------|--------|
| Síťový model návrhového stavu | | | | | | | | |
| St. | PF | Dno | Q ₅ | h | Q ₂₀ | h | Q ₁₀₀ | h |
| [km] | - | [m] | [m ³ ·s ⁻¹] | [m] | [m ³ ·s ⁻¹] | [m] | [m ³ ·s ⁻¹] | [m] |
| 2.425 | 24 | 277.25 | 0.00 | 277.25 | 0.00 | 277.30 | 0.00 | 277.64 |
| 2.402 | 23 | 277.00 | 0.00 | 277.21 | 0.05 | 277.23 | 1.54 | 277.47 |
| 2.378 | 22 | 276.99 | 0.00 | 277.00 | 0.26 | 277.17 | 2.79 | 277.38 |
| 2.360 | 21 | 276.78 | 0.00 | 276.81 | 0.74 | 277.15 | 0.87 | 277.36 |
| 2.356 | 20 | 276.67 | 0.00 | 276.81 | 0.83 | 277.00 | 1.94 | 277.15 |
| 2.334 | 19 | 275.60 | 0.23 | 276.15 | 0.43 | 276.40 | 0.63 | 276.63 |
| 2.316 | 18 | 275.40 | 1.05 | 275.95 | 2.81 | 276.15 | 6.19 | 276.38 |
| 2.299 | 17 | 275.00 | 1.22 | 275.52 | 4.20 | 275.91 | 8.46 | 276.22 |
| 2.277 | 16 | 274.40 | 1.22 | 275.45 | 4.37 | 275.72 | 9.19 | 275.91 |
| 2.259 | 15 | 274.87 | 1.22 | 275.44 | 4.37 | 275.70 | 9.19 | 275.91 |
| 2.249 | 14 | 275.02 | 1.22 | 275.33 | 4.37 | 275.54 | 9.19 | 275.70 |
| 2.230 | 13 | 274.40 | 1.22 | 274.77 | 4.37 | 275.27 | 9.19 | 275.68 |
| 2.205 | 12 | 274.18 | 1.22 | 274.72 | 4.37 | 275.22 | 9.19 | 275.63 |
| 2.187 | 11 | 274 | 1.22 | 274.69 | 4.37 | 275.17 | 9.19 | 275.55 |
| 2.168 | 10 | 273.8 | 1.22 | 274.65 | 4.37 | 275.09 | 9.19 | 275.46 |
| 2.148 | 9 | 273.99 | 1.22 | 274.56 | 4.37 | 274.97 | 9.19 | 275.35 |
| 2.146 | 8 | 274.05 | 1.22 | 274.53 | 4.37 | 274.93 | 9.19 | 275.32 |
| 2.129 | 7 | 273.8 | 1.22 | 274.15 | 4.37 | 274.65 | 9.19 | 275.05 |
| 2.117 | 6 | 273.4 | 1.22 | 274.13 | 4.37 | 274.61 | 9.19 | 275.02 |
| 2.088 | 5 | 273.6 | 1.22 | 274.05 | 4.37 | 274.49 | 9.19 | 274.89 |
| 2.069 | 4 | 273.4 | 1.22 | 273.97 | 4.37 | 274.42 | 9.19 | 274.82 |
| 2.042 | 3 | 273.33 | 1.22 | 273.90 | 4.37 | 274.32 | 9.19 | 274.71 |
| 2.020 | 2 | 273.34 | 1.22 | 273.84 | 4.37 | 274.24 | 9.19 | 274.61 |
| 2.000 | 1 | 273.4 | 1.22 | 273.76 | 4.37 | 274.14 | 9.19 | 274.51 |