

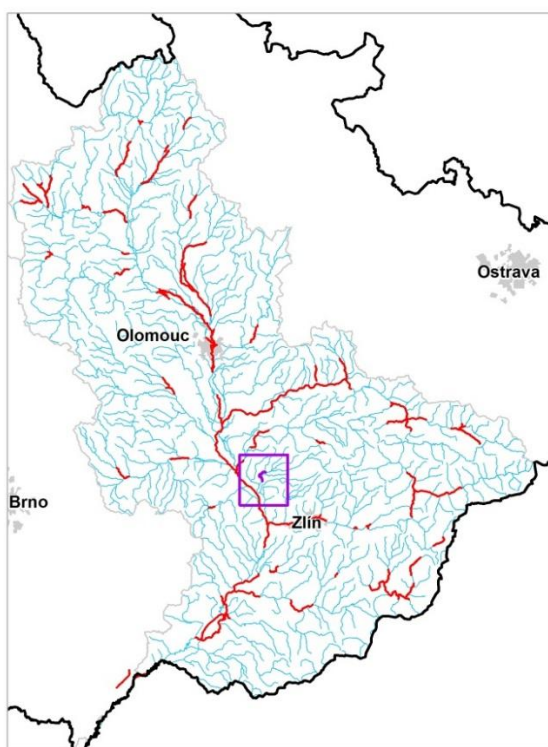


ANALÝZA OBLASTÍ S VÝZNAMNÝM POVODŇOVÝM RIZIKEM V ÚZEMNÍ PŮSOBNOSTI STÁTNÍHO PODNIKU POVODÍ MORAVY VČETNĚ NÁVRHŮ MOŽNÝCH PROTIPOVODŇOVÝCH OPATŘENÍ (PODKLAD K PLÁNU PRO ZVLÁDÁNÍ POVODŇOVÝCH RIZIK V POVODÍ DUNAJE)

DÍLČÍ POVODÍ MORAVY A PŘÍTOKŮ VÁHU

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

RUSAVA – 10100163_1 (MOV_11-01) - Ř. KM 4,040 – 7,951



ZÁŘÍ 2019





ANALÝZA OBLASTÍ S VÝZNAMNÝM POVODŇOVÝM RIZIKEM V ÚZEMNÍ PŮSOBNOSTI STÁTNÍHO PODNIKU POVODÍ MORAVY VČETNĚ NÁVRHŮ MOŽNÝCH PROTIPOVODŇOVÝCH OPATŘENÍ (PODKLAD K PLÁNU PRO ZVLÁDÁNÍ POVODŇOVÝCH RIZIK V POVODÍ DUNAJE)

DÍLČÍ POVODÍ MORAVY A PŘÍTOKŮ VÁHU

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

RUSAVA – 10100163_1 (MOV_11-01) - Ř. KM 4,040 – 7,951

Pořizovatel:



Povodí Moravy, s.p.
Dřevařská 932/11
602 00 Brno

Zhotovitel:



AQUATIS, a.s.
Botanická 834/56
602 00 Brno

Zpracovatel posudku:



Výzkumný ústav vodohospodářský
T. G. Masaryka, v.v.i.
Mojmírovo náměstí 16
612 00 Brno

V BRNĚ, ZÁŘÍ 2019

Obsah:

1	Základní údaje	5
1.1	Seznam zkratk a symbolů	5
1.2	Cíle prací	5
1.3	Postup zpracování a metoda řešení	6
2	Popis zájmového území	6
2.1	Všeobecné údaje	7
2.2	Průběhy historických povodní (největší zaznamenané povodně)	8
3	Přehled podkladů	10
3.1	Soupis zpráv a dokumentů	10
3.2	Související předpisy	10
3.3	Topologická data	11
3.3.1	Vytvoření (aktualizace) digitálního modelu terénu	11
3.3.2	Mapové podklady	11
3.3.3	Geodetické podklady	11
3.4	Hydrologická data	11
3.5	Místní šetření	12
3.6	Stávající hydrodynamický model a kalibrační podklady	12
3.7	Vyhodnocení a příprava podkladů	12
4	Popis koncepčního modelu	13
4.1	Schematizace řešeného problému	13
4.2	Posouzení vlivu nestacionarity proudění	15
4.3	Způsob zadávání OP a PP	15
5	Popis numerického modelu	16
5.1	Použité programové vybavení	16
5.2	Vstupní data numerického modelu	16
5.2.1	Morfologie vodního toku a záplavového území	16
5.2.2	Drsnosti hlavního koryta a inundačních území	17
5.2.3	Hodnoty okrajových podmínek	18
5.2.4	Hodnoty počátečních podmínek	19
5.2.5	Diskuze k nejistotám a úplnosti vstupních dat	19
5.3	Popis kalibrace modelu	20
6	Výsledky	22
6.1	Výstupy z hydrodynamických modelů	22
6.2	Mapy povodňového nebezpečí	22
6.2.1	Rozlivy pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	22
6.2.2	Hloubky pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	23
6.2.3	Rychlosti pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	23

6.3	Zhodnocení nejistot ve výsledcích výpočtů	23
-----	---	----

1 Základní údaje

1.1 Seznam zkratek a symbolů

V Tab. č. 1 je uveden seznam všech zkratek a symbolů používaných při zpracování hydrodynamických modelů a map povodňového nebezpečí.

Tab. č. 1 Seznam zkratek a symbolů

Zkratka	Vysvětlení
1D	jednorozměrný
1D+	Jednorozměrný síťový
2D	dvourozměrný
3D	trojrozměrný
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČHP	číslo hydrologického pořadí
ČSN	česká technická norma
ČÚZK	Český úřad zeměměřičský a katastrální
DMR 5G	digitální model reliéfu páté generace
DMT	digitální model terénu
DOP	dolní okrajová podmínka
HOP	horní okrajová podmínka
HEC-RAS	Hydrologic Engineering Center - River Analysis System
LB	Levý břeh
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
OP	okrajová podmínka
OsVPR	Oblast s významným povodňovým rizikem
PB	Pravý břeh
PP	počáteční podmínka
RZM 10	rastrová základní mapa 1 : 10 000
TPE	Technicko provozní evidence
TNV	odvětvová technická norma
ZABAGED	základní báze geografických dat České republiky
ZÚ	záplavová území

1.2 Cíle prací

Cílem prací je vyjádření povodňového nebezpečí pro úsek na vodním toku Rusava – 10100163_1 (MOV_11-01) – ř. km 4,040 – 7,951 na základě stanovení následujících charakteristik průběhu povodně:

- hranice rozlivů,
- hloubky vody v záplavovém území,
- rychlosti proudění vody v záplavovém území.

Uvedené charakteristiky povodně budou stanoveny na základě výstupů z hydrodynamických modelů a zpracovány do podoby map povodňového nebezpečí.

Kroky nezbytné k dosažení cíle byly:

- zajištění vstupních podkladů – stávající + nové (dodatečné zaměření profilů, objektů atd.);
- sestavení (aktualizace) hydrodynamických modelů a příslušné simulace;
- zpracování výsledků numerického modelování a vytvoření map povodňového nebezpečí (mapy rozlivů, hloubek a rychlostí).

Řešený úsek v předchozím plánovacím cyklu nebyl řešen.

1.3 Postup zpracování a metoda řešení

Postup zpracování a metoda řešení byly:

- Získání, soustředění a studium dostupných podkladů a jejich doplnění místním šetřením.
- Příprava podkladů pro případné geodetické zaměření a jeho zadání.
- Aktualizace nebo sestavení hydrodynamického modelu.
- Hydraulické výpočty proudění v toku včetně objektů a inundačního území. Výpočty se provádí pro Q_5 , Q_{20} , Q_{100} , Q_{500} .
- Výsledky výpočtů jsou následně prezentovány v podobě map povodňového nebezpečí.

Výchozím podkladem pro tvorbu map povodňového nebezpečí a následnou rizikovou analýzu jsou hydraulické výpočty pro účely vymezení záplavového území zpracované na Povodí Moravy, s.p. [10].

2 Popis zájmového území

Předmětem řešeného území je úsek na řece Rusava v km 4,040 – 7,951* (Obr. č. 1).

Tab. č. 2 Základní informace o řešených úsecích

ID úseku	Pracovní číslo úseku	Tok	Říční km, začátek - konec	ČHP
10100163_1	MOV_11-01	Rusava	4,040 – 7,951	4-12-02-130 4-12-02-132 4-12-02-134

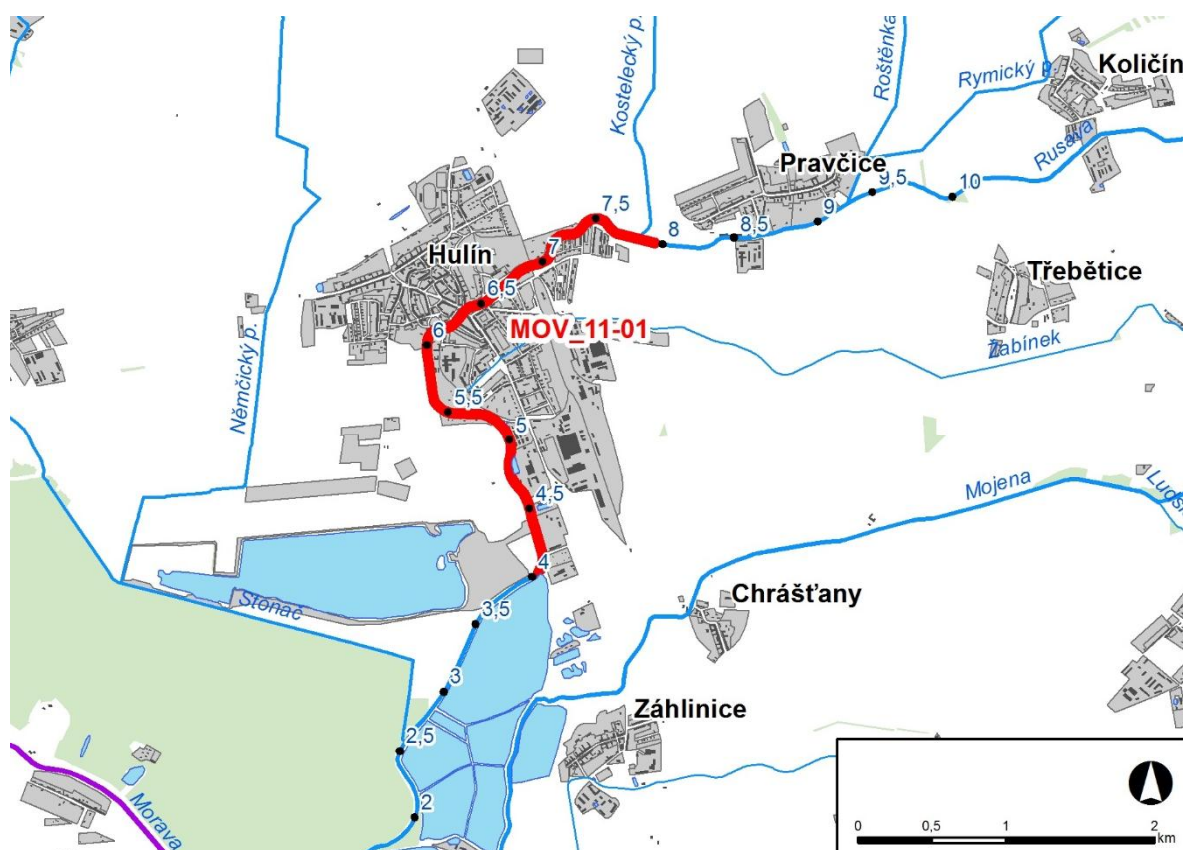
*) Komentář k používané kilometrži toku.

V celém projektu je používána kilometráž, která vychází z již zpracovaných studií Povodí Moravy, s.p. [10]. Kilometráž Rusavy používaná při zpracování map povodňového nebezpečí a rizik, vychází z geodetického zaměření koryta, které provedlo Povodí Moravy, s.p. v roce 2012-13 [6].

Objekty mají tzv. administrativní kilometráž dle Technicko-provozní evidence toku (TPE) [9], tato slouží jako neměnný identifikátor jednotlivých objektů. Staničení objektů dle výpočtového modelu a dle TPE je uvedeno v kap. 5.2.1.

Významné vodohospodářské objekty – v Rusavě je na přítoku Ráztoka zřízena stejnojmenná malá vodní nádrž za účelem rekreace a koupání. Menší rybochovné rybníčky jsou zřízeny v Rusavě, Brusném v Dobroticích a v Holešově. Na Mlýnském náhoně v Holešově je vybudován unikátní systém vodních kanálů, který symbolizuje Neptunův trojzubec.

Významné přítoky – PB přítok Kostelecký potok v km 7,888 a LB Žabínek v km 5,294.



Obr. č. 1 Vymezení řešené oblasti s významným povodňovým rizikem

2.1 Všeobecné údaje

Rusava pramení v Hostýnských horách pod vrchem Skalný v nadmořské výšce cca 700 m n. m. Dále se ubírá západním směrem a protéká obcemi a městy Rusava, Brusné, Chomýž, Jankovice, Holešov, Pravčice, Hulín. Největší přítoky, které Rusava po své trase přibírá, jsou Ráztoka, Brusénka, Slavkovský potok, Dědinka, Žopka, Tučapský potok, Roštěnka, Kostelecký potok, Žabínek a Stonač.

Celková plocha povodí je 148,37 km². Průměrné roční srážky v celém povodí se pohybují v rozmezí od 650 mm do 750 mm. Průměrný roční průtok u ústí je 0,8 m³/s.

Z geomorfologického hlediska leží horní část toku po Holešov v oboru rozsáhlé deprese Hornomoravského úvalu, náleží tedy geologicky k vnější karpatské flyši. Nížinná část toku je zahloubena v mladších aluviálních náplavách jmenovaného toku řeky Moravy. Hydrologicky je nejúčinnější povodí od pramene po město Holešov asi 60 % zalesněné, kde Rusava i její přítoky mají charakter bystřinný se sklonem nivelety dna 5 – 10 ‰. Dolní část toku je z velké části ovlivněna zpětným vzduťm řeky Moravy, i tak vykazuje dostatečný sklon 0,5 – 2 ‰.

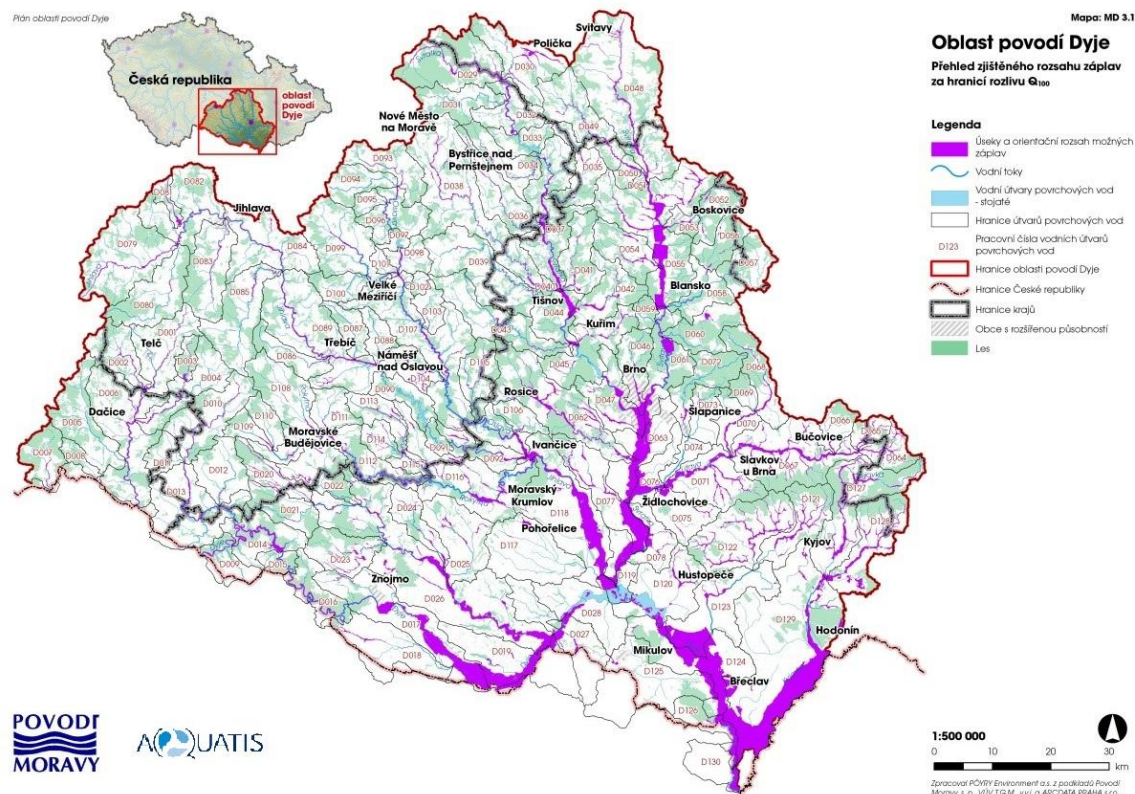
Řeka Rusava byla v úseku náležejícím do správy Povodí Morava s.p. soustavně upravována již od počátku 20. století. Hydrotechnicky však stále dobře vyhovuje a je v provozuschopném stavu. Prakticky v celé délce úpravy jsou patrné různě mocné nánosy, vzniklé spíše z nedostatečné údržby, než z nedostatku spádu. Na svěřených pozemcích obhospodařuje Povodí Moravy s.p. veškeré porosty a stromy. Jde zejména o vzrostlé olše a topoly, v intravilánech obcí jsou v hraně místy vysázeny ovocné stromy.

Úsek 10100163_1 (MOV_11-01), Rusava

V řešeném úseku protéká Rusava katastrálním územím Hulína a Pravčic. Začátek zájmového úseku (po proudně) je pod dálničním mostem nad obcí Hulín. Dále protéká intravilánem obce Hulín, kde je v bezprostřední blízkosti

zástavby. Od km 6,660 až po lávku v km 5,977 je koryto opraveno a opevněno opěrnými zdmi (kámen + beton). Mimo tento úsek má koryto tvar jednoduchého lichoběžníku, svahu jsou porostlé travním drnem.

Úsek Rusavy je v zájmovém území ve správě Povodí Moravy, s.p.



Obr. č. 2 Přehledná mapa povodí Dyje a přítoků Váhu dle [12]

2.2 Průběhy historických povodní (největší zaznamenané povodně)

Město Hulín bylo zasaženo povodněmi v letech 1897, 1912, 1926, 1940, 1969, 1997, 2006 a 2010. Nejničivější povodní byla zřejmě povodeň v roce 1997. [18]

Ve dnech 29. - 30. 7. 1897 se v Hulíně vylila Rusava a zatopila tehdy Pravčickou, Kroměřížskou a Vrchlického ulici po celé šířce.

V roce 1912 během žní došlo k bourkám tak velkého rozsahu, že po Rusavě plavaly snopy obilí, dříví a drobné zvířectvo.

V červenci 1969 se po silných deštích v Hostýnských horách zvedla hladina Rusavy, ale nedošlo k žádným škodám.

V červenci roku 1997 postihly území České republiky katastrofální povodně z důvodů dlouhotrvajících dešťových srážek. Nejvíce ohroženými lokalitami během záplav byla povodí vodních toků Moravy a Odry. Celkově povodně zasáhly 1/3 území České republiky. Hladina Rusavy se tehdy začala zvyšovat z důvodů již zmíněných a kritická situace pro Hulín nastala v noci z 6. 7. na 7. 7., kdy došlo na řešeném území k vylití a zatopení 13 ulic. Jednalo se o tyto ulice - Partyzánská, Kokešova, Komenského, B. Němcové, Žižkova, Záhlínická, Havlíčkova, Kostelní, Vrchlického, Poděbradova, Včelín, Družba I., Nerudova a u dalších ulic došlo k částečnému zatopení - Bezručova, Tylova, Kroměřížská, Holešovská, Javorová a Dukelská. Téhož dne byla také zahájena evakuace. Železniční

spojení bylo přerušeno. Dne 8. 7. voda v některých místech vystoupala až na 95 cm nad terén. Kromě zaplavení města říční povodní došlo ke vzdutí kanalizace v důsledku nefunkční přečerpávací stanice. Na zaplavení části města mělo podíl také vzdutí soutoku Moravy s Rusavou. Přibližně polovinu postižených částí zaplavila voda z Rusavy, druhou polovinu rozliv řeky Moravy. Po 10. 7. voda začala postupně opadat. Povodňové škody na území města Hulína dosáhly přibližné hodnoty 20 mil. korun. Byly zatopeny skoro všechny sklepy ve městě díky spodní vodě. Poškozených domů bylo 240, obyvatel, které povodeň zasáhla - 690 a z toho 140 jich potřebovalo náhradní ubytování.

V březnu roku 2006 postihly záplavy řeku Moravu. Hladina Rusavy se však nerozlila, ale kousek za Hulínem voda tekla po polích a přinejmenším starým částím města reálně hrozily povodně. Díky zvednuté hladině Rusavy došlo ke vzdutí toku Stonač a u něj hrozilo, že by se mohl rozlít až k městu. Problémem byl tehdy také jez u Pláňavských rybníků, který byl ucpaný splávim.

V květnu a červnu roku 2010 byly zaznamenány 2 povodňové vlny. Díky přívalovým srážkám bylo zaplaveno několik polí.

Na konci června roku 2011 postihla povodí řeky Rusavy přívalová povodeň. Díky včasné reakci povodňové komise a Sboru dobrovolných hasičů a přípravným opatřením nevznikly škody. Na kritických místech byly rozmístěny bariéry z pytlů s pískem. Povodňová komise vyhlásila III. SPA, k výrazným rozlivům toku však nedošlo.

3 Přehled podkladů

3.1 Soupis zpráv a dokumentů

- [1] Digitální model reliéfu zájmové oblasti. DMR 5G. ČÚZK, Praha 2018.
- [2] Rastrová základní mapa 1:10 000 (RZM 10. ČÚZK, mapové listy č.: 11500530, 11500532, 11500534, 11500536, 11520530, 11520532, 11520534, 1152536, 11540530, 11540532, 11540534, 11540536, 11560530, 11560532, 11560534, 11560536, Praha, 2017.
- [3] Ortofotomapy zájmového území. ČÚZK, Praha, 2018.
- [4] Základní báze geografických dat ZABAGED – polohopis, ČÚZK, Praha 2017.
- [5] Základní báze geografických dat ZABAGED – výškopis, ČÚZK, Praha, 2017.
- [6] Geodetické zaměření Rusavy v km 0,000 – 23,323, Povodí Moravy, s.p., útvar hydroinformatiky, 2012-13.
- [7] Hydrologická data – N-leté průtoky, ČHMÚ, 12/2018.
- [8] Místní šetření v zájmové lokalitě v průběhu března 2019. AQUATIS a.s., Brno.
- [9] Technicko provozní evidence toků – TPE Rusava, Povodí Moravy, s.p., Brno.
- [10] Záplavové území Rusavy, km 0,000 – 23,323, Povodí Moravy, s.p., 01/2015.
- [11] Studie ochrany před povodněmi na území Zlínského kraje, Hydroprojekt CZ a.s., 08/2007.
- [12] Plán dílčího povodí Moravy a přítoků Váhu, AQUATIS a.s., 2016.
- [13] Hydrologické poměry Československé socialistické republiky, díl III, Hydrometeorologický ústav, 1970.
- [14] www.pmo.cz, Stavy a průtoky na vodních tocích, březen 2019.
- [15] HEC-RAS 5.0 River Analysis System – User's Manual, US Army Corps of Engineers, 02/2016.
- [16] Numerický 1D+ model Rusavy v programu MIKE 11, Povodí Moravy, s.p., 2012.
- [17] MIKE 11, A Modelling System for Rivers and Channels, Reference Manual DHI, 2009.
- [18] https://www.edpp.cz/hul_prirozena-povoden, Historické povodně.
- [19] Fotodokumentace, AQUATIS, a.s., Brno, 2019.
- [20] <http://www.moravicany.cz/voda/1997.htm>, Analýza situace v roce 1997 - Povodňová situace v roce 1997.

3.2 Související předpisy

- [I] ČSN 75 0110 Vodní hospodářství – Terminologie hydrologie a hydroekologie.
- [II] ČSN 75 1400 Hydrologické údaje povrchových vod.
- [III] TNV 75 2102 Úpravy potoků.
- [IV] TNV 75 2103 Úpravy řek.
- [V] ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže.
- [VI] TNV 75 2415 Suché nádrže.
- [VII] TNV 75 2910 Manipulační řady vodních děl na vodních tocích.
- [VIII] TNV 75 2931 Povodňové plány.
- [IX] Zákon č. 240/2000 Sb. o krizovém řízení a změně některých zákonů (krizový zákon).
- [X] Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny.
- [XI] Vyhláška MŽP 79/2018 Sb., o způsobu a rozsahu zpracovávání návrhu a stanovování záplavových území.
- [XII] Vyhláška č. 178/2012 Sb., kterou se stanoví seznam významných vodních toků a způsob provádění činností souvisejících se správou vodních toků.
- [XIII] Nařízení vlády č. 462/2000 Sb., k provedení §27 odst. 8 a §28 odst. 5 zákona č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon).
- [XIV] Metodika tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik, VÚV T.G.M. v.v.i., 03/2012.
- [XV] Standardizační minimum pro zpracování map povodňového nebezpečí a povodňových rizik, VRV a.s., 04/2011.
- [XVI] Předběžné vyhodnocení povodňových rizik v České republice 2011. Implementace směrnice 2007/60/ES o vyhodnocování a zvládání povodňových rizik (verze 5.0). Ministerstvo životního prostředí ČR (poslední aktualizace dne 16. 3. 2012). Praha. 12/2011.
- [XVII] Metodika tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik, VÚV T.G.M. v.v.i., aktualizace 18. 8. 2019.

- [XVIII] Standardizační minimum pro zpracování map povodňového nebezpečí a povodňových rizik, VRV a.s., 07/2019
- [XIX] Zpracování map povodňového nebezpečí a povodňových rizik – pilotní projekt v soutokových oblastech, DHI a.s., 07/2011.
- [XX] Standardizovaná struktura uložení dat, CDS2, 09/2019.

U uvedených zákonů, nařízení a vyhlášek se předpokládá jejich platné znění.

3.3 Topologická data

Topologická data jsou základním zdrojem, který je potřebný pro sestavení hydrodynamického modelu. Pomocí nich je možné popsat řešené území, sestavit digitální model terénu a vytvořit vhodnou schematizaci modelu. Jednotlivé topologické podklady jsou popsány v následujících kapitolách.

3.3.1 Vytvoření (aktualizace) digitálního modelu terénu

V rámci řešeného úseku byl vytvořen digitální model terénu (DMT) pro celý řešený úsek. Digitální model terénu (DMT) byl vytvořen s použitím programů ESRI Arc GIS Version 10.5 (nastavba 3D Analyst), AutoCAD 2012 a AutoCAD CIVIL 3D. Model pokrývá celé zájmové území v rozsahu předpokládaného rozlivu Q_{500} s dostatečným přesahem. Výsledný digitální model terénu je zpracován z DMR 5G [1], který je doplněn o geodetické zaměření koryta [6]. DMT má tyto vlastnosti: formát ESRI GRID, velikost pixelu 1 m, přesnost výškových údajů do 0,5 m, polohopisný systém S-JTSK, výškopisný systém Balt po vyrovnání.

3.3.2 Mapové podklady

Mapové podklady byly:

- Rastrová základní mapa 1 : 10 000 (RZM 10), z vektorového topografického modelu ZABAGED, ČÚZK, 2017, Měřítko 1 : 10 000, velikost pixelu 0,63 m.
- Ortofotomapy, formát JPG, velikost pixelu 0,25 m, ČÚZK, 2018.
- ZABAGED, komplexní digitální geografický model území ČR, formát SHP, ČÚZK, 2017.

3.3.3 Geodetické podklady

Příčné profily koryta Rusavy po cca 30-200 m, včetně veškerých objektů na toku, byly zaměřeny pracovníky Povodí Moravy, s.p., útvarem hydroinformatiky na podzim roku 2012 a na jaře roku 2013 [6]. Lokalita byla zaměřena v rozsahu od zaústění do Moravy – km 0,000 nad zaústění Brusénky v km 23,323. Zaměření příčných profilů koryta je v polohopisném systému S-JTSK, výškopisném systému Balt po vyrovnání. Výkresová dokumentace je k dispozici u zhotovitele.

3.4 Hydrologická data

V Tab. č. 3 jsou uvedena hydrologická data. Data byla ověřena u ČHMÚ koncem roku 2018. Hydrologická data nedoznala významných změn. Hodnoty pro profil pod Roštěnkou byl nově pořízen.

Tab. č. 3 Aktuální N–leté průtoky (Q_N) v m^3/s [7]

Hydrologický profil	Datum pořízení	Říční kilometr	Q_5	Q_{20}	Q_{100}	Q_{500}	Třída přesnosti
Rusava – pod Roštěnkou	11.12. 2018	9,14	27,5	45,2	72	106	II.
Rusava - ústí	11.12. 2018	0,1	34	53,9	82,5	118	III.

Tab. č. 4 Starší hodnoty N -letých průtoků (Q_N) v m^3/s

Hydrologický profil	Datum pořízení	Říční kilometr	Q_5	Q_{20}	Q_{100}	Q_{500}	Třída přesnosti
Rusava - ústí	2012	0,1	34,2	53,8	82	-	

3.5 Místní šetření

V rámci zpracování 2. plánovacího cyklu bylo provedeno místní šetření v březnu roku 2019 [8]. Byly pořízeny fotografie vodního toku, technických objektů na toku, inundačního území a citlivých objektů v možném záplavovém území Q_{500} [19]. Při terénním průzkumu byla prověřena aktuálnost geodetického zaměření, dále byly ověřeny hydraulické parametry ovlivňující proudění vody v korytě a inundačním území a zjišťován rozsah historických povodní u místních obyvatel. V rámci terénní pochůzky nebyly zjištěny zásadní změny tvaru koryta, inundačního území a technických objektů na toku oproti geodetickému zaměření a DMT použitých pro tvorbu modelu.

3.6 Stávající hydrodynamický model a kalibrační podklady

Numerický jednorozměrný síťový (1D+) model Rusavy byl vytvořen v programu MIKE 11 na Povodí Moravy, s.p. v roce 2012 [16]. Model sloužil pro zpracování Studie záplavového území toku Rusava v km 0,000 – 23,323 [10]. Pro tvorbu modelu bylo využito geodetické zaměření [6], digitální model terénu (DMT) a hydrologická data. V rámci modelu byly řešeny povodňové scénáře pro Q_1 - Q_{100} . Výpočet byl proveden pro neustálené nerovnoměrné proudění. Podkladovými kalibračními daty byly zaznamenané hladiny při povodni 07/1997.

3.7 Vyhodnocení a příprava podkladů

DMT vytvořený z DMR 5G [1], a ze zaměření koryta toku pokrývá celé zájmové území v ploše předpokládaného rozlivu při Q_{500} s přesahem.

Mapové podklady (RZM 10 [2], ortofotomapy [3] a ZABAGED [4], [5]) pokrývají celé zájmové území.

Pozemní geodetické zaměření [6] pokrývá celé zájmové území. Geodetické zaměření provedlo v roce 2012-2013 Povodí Moravy, s.p. útvary hydroinformatiky. Zaměřeny jsou veškeré objekty na toku – stupně, jezy, mosty, lávky. V inundaci jsou dále zaměřeny liniové stavby podélné i příčné. Zaměření je v polohopisném systému S-JTSK, výškopisném systému Balt po vyrovnání.

Hydrologická data použitá ve stávajícím výpočtu byla ověřena u ČHMÚ [7].

Terénní průzkum byl proveden v březnu 2019 firmou AQUATIS a.s.. Byla prověřena aktuálnost geodetického zaměření.

Ostatní podklady (kalibrační data, TPE, studie a koncepční dokumenty) byly shromážděny a využity při hydraulických výpočtech.

Podkladem pro vyhodnocení byl výsledek ze stávajícího numerického 1D+ modelu dotčeného úseku Rusavy [16], který byl vytvořen na Povodí Moravy, s.p. v roce 2012.

Podkladová kalibrační data nejsou v řešeném úseku k dispozici.

4 Popis koncepčního modelu

Pro výpočet byl použit dvourozměrný (2D) model neustáleného proudění. Okrajové podmínky (OP) řešení a celková doba simulace však byly zvoleny takovým způsobem, aby prezentované výsledky popisovaly stav ustáleného proudění při požadovaných *N*-letých průtocích v celé zájmové oblasti. Model vymezeného úseku byl sestaven společností AQUATIS a.s. ve spolupráci s Povodí Moravy, s.p. v roce 2019.

Na menších tocích je tradičně využívána spíše 1D schematizace proudění, což je odůvodněno tím, že obvykle nedochází k rozsáhlým rozlivům do inundací a převažuje proudění paralelně s osou koryta toku. Jednorozměrné modely jsou jednoduché a méně náročné při řešení a jejich využití bylo historicky podmíněno především nižším rozlišením dostupných DMT, popř. softwarovými nároky a stabilitou výpočtu. V posledních 20 letech se často uplatňuje přístup, kdy se proudění v korytě modeluje pomocí 1D schematizace a inundace pomocí 2D schematizace, přičemž je zajištěna výpočetní provázanost obou schematizací. Použití uvedeného přístupu je obvykle důsledkem nižšího rozlišení DMT koryta toku (DMR 5G nepopisuje terén pod hladinou vody). Nevýhodou uvedeného přístupu je především omezená možnost provázání obou schematizací a málo výstižná simulace proudění složitými objekty s 2D charakterem proudění. Přesnějším řešením, pokud existuje kompletní DMT, je 2D schematizace proudění v korytě i v inundačním území. Další zpřesnění poskytuje 3D schematizace, která se vzhledem k hardwarovým nárokům zatím často nepoužívá.

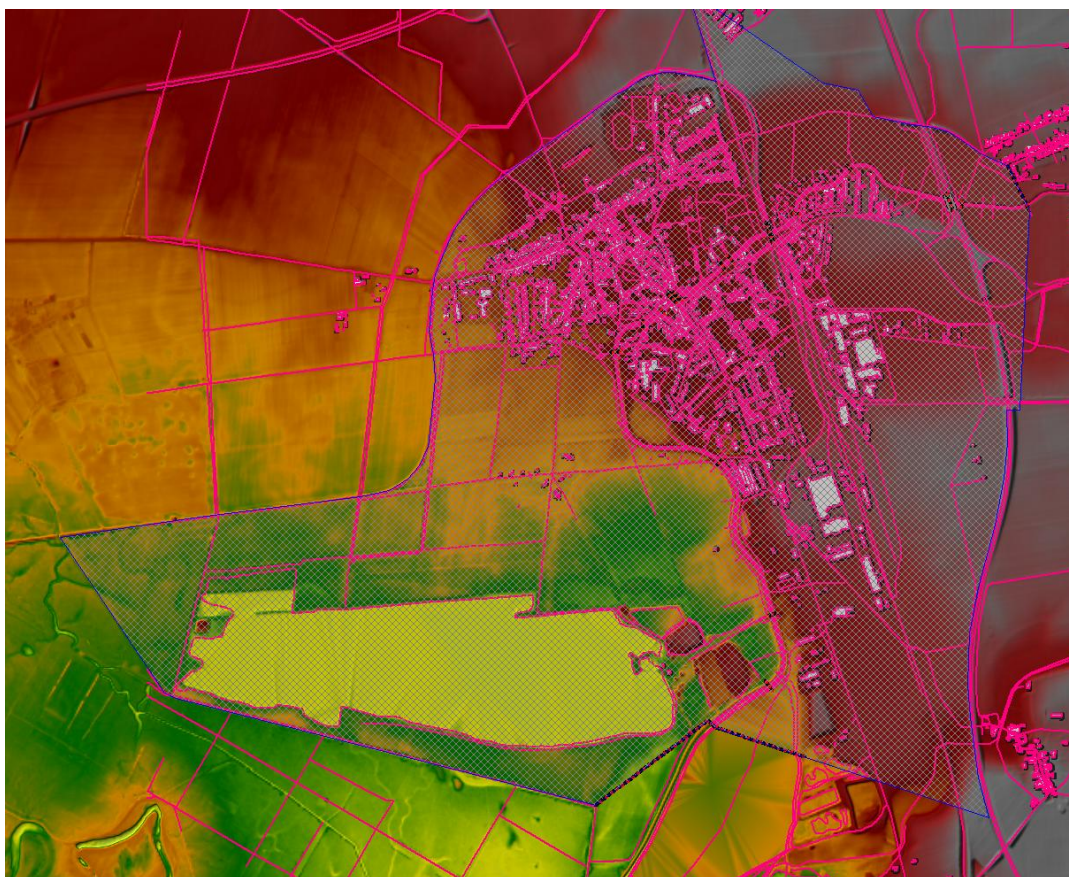
V rámci zpracování jsme s ohledem na charakter proudění, dostupná data a požadavky na výsledky zvolili 2D schematizaci, tedy byl vyhotoven 2D model proudění. Výhodou 2D modelu proudění oproti 1D, 1D+ a kombinaci 1D a 2D modelu je přesnější popis proudění v území, snadná vizuální kontrola výsledků a možnost přímého vygenerování výstupů pro vyhotovení map povodňového nebezpečí. Kombinací DMR 5G a podrobného DMT koryta je možné vytvořit velmi detailní výpočetní síť. V případě složitější topografie dna a břehů toku umožňuje 2D schematizace přesnější popis rozložení rychlostí v korytě a nabízí individuální volbu součinitelů drsnosti pro každou výpočetní buňku (prvek).

Pro řešení byl použit softwarový prostředek HEC-RAS.

2D modelem bylo popsáno proudění vlastním korytem Rusavy včetně souvisejících inundací a objektů. V modelu není počítáno s přítoky, které jsou v porovnání s řekou Rusavou bezvýznamné. V tomto úseku se jedná o přítoky Kostelecký potok a Žabínek.

4.1 Schematizace řešeného problému

V rámci vytváření 2D modelu byla provedena schematizace náhradní oblasti pomocí nepravidelné mnohoúhelníkové výpočetní sítě (Obr. č. 3). Základem byla ortogonální síť s velikostí prvku $4,0 \times 4,0$ m, která byla pomocí povinných hran přizpůsobena objektům a liniovým prvkům tak, aby byl co nejpresněji vystižen skutečný tvar terénu. Použité soubory povinných hran zahrnují budovy a bloky budov, liniové stavby, břehové hrany a paty svahů koryta. V prostoru koryta vodního toku, případně některých liniových prvků, byla síť z důvodu výstižnosti zahuštěna až na velikost prvku $1,0 \times 1,0$ m (Obr. č. 4).



Obr. č. 3 Schéma výpočetní sítě modelu pro úsek MOV_11-01



Obr. č. 4 Ukázka výpočetní sítě pro úsek MOV_11-01

4.2 Posouzení vlivu nestacionarity proudění

Výsledky předkládaných hydraulických výpočtů odráží teoretický stav, při kterém by došlo k ustálenému proudění s hodnotou průtoku Q_N v celém zájmovém úseku i přilehlém inundačním území. Zvolený přístup má za následek vychýlení některých výsledků (rozsah rozlivu, hodnoty hloubek) mírně na stranu bezpečnosti oproti reálnému stavu, především při modelovém průchodu povodňových vln vyšších N -letostí (s kulminačními průtoky Q_{100} a Q_{500}). Důvodem zmíněného nadhodnocení je skutečnost, že reálné povodně se vyznačují neustáleným prouděním, tedy mají nižší objemovou složku (kulminační průtok odpovídající vyšetřované N -letosti se vyskytuje omezenou dobu) a při proudění dojde k jejich transformaci územím. Výsledek proudění při ustáleném stavu vystihuje stav, kdy by nejhorší fáze povodně nastala v celém vyšetřovaném úseku ve stejný okamžik.

Pro důsledné uplatnění řešení v podmínkách neustáleného proudění by bylo zapotřebí definovat ke každému N -letému průtoku návrhový hydrogram s vhodně zvolenou podmíněnou pravděpodobností překročení objemu. Lze předpokládat, že podrobný hydrodynamický výpočet by vedl k různým hodnotám N -letých kulminací v dílčích profilech vyšetřovaného úseku vodního toku. Detailní způsob řešení průchodu N -leté povodně v režimu neustáleného proudění klade velké nároky na množství i kvalitu vstupních hydrologických dat a přináší řadu otázek, které by bylo zapotřebí metodicky vyjasnit.

4.3 Způsob zadávání OP a PP

Okrajové podmínky jsou zadány následovně.

Horní okrajovou podmínkou (HOP) jsou dopočítané průtoky. Vstupní hodnoty do výpočtu HOP, jsou hodnoty průtoků, které odpovídají N -letým průtokům Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500} ve vodním toku Rusava dodaných ČHMÚ [7].

Dolní okrajovou podmínkou (DOP) pro koryto vodního toku je úroveň hladiny převzatá z měrné křivky z výpočtu provedeného v roce 2012 [16] a odpovídá profilu přibližně 350 m pod řešenou oblastí (ř. km 3,689). Dolními okrajovými podmínkami (DOP) pro inundační území jsou úrovně hladin vycházející z 1D+2D modelu řešícího OSVPR MOV_03 (řešeného v rámci předmětné akce) a rovněž odpovídají profilu přibližně 350 m pod řešenou oblastí (ř. km 3,689).

Výpočet je zahájen na „suchém“ modelu. Na začátku simulace je HOP průtok, který je menší, než je kapacita koryta vodního toku, a je plynule zvyšován po dobu 30 min až na hodnotu Q_5 , která je v následující době simulace neměnná. Na dolním konci modelu je sledována hodnota průtoku v kontrolním profilu. Celková doba výpočtu je dle tohoto sledování nastavena tak, aby došlo k ustálení na celém modelovaném úseku. Výpočetní software umožňuje vložení řady kontrolních řezů jdoucích napříč korytem i inundačním územím. Pro tyto řezy je možné vykreslit hydrogramy a tím ověřit dodržení podmínek stacionárního proudění během požadovaného časového úseku.

Při výpočtu Q_{20} je počáteční podmínkou (PP) ustálené proudění při Q_5 . Hodnota HOP je nastavena jako plynulý nárůst z Q_5 na Q_{20} a tato hodnota je pak udržována až do ustálení průtoku v celém modelu obdobně jako v předchozím postupu.

Stejným způsobem jsou nastaveny OP resp. PP pro průtoky Q_{100} a Q_{500} .

5 Popis numerického modelu

5.1 Použité programové vybavení

Výpočet proudění byl proveden pomocí programu HEC-RAS 5.0.6 (Hydrologic Engineering Center – River Analysis System) vyvinutého US Army Corps of Engineers pro výpočet jednorozměrného a dvourozměrného proudění. HEC-RAS umožňuje komplexní modelové řešení pro simulaci proudění v otevřených korytech a inundačních územích. Výpočtové rovnice jsou uvedeny v manuálu [15]. Pro řešení proudění byla zvolena metoda difuzní vlny (resp. její aproximace). Numerická schematizace se opírá o kombinaci metody konečných diferencí a konečných objemů.

Výsledky dosažené metodou difuzní vlny byly na vybraných zájmových úsecích porovnány s metodou využívající úplných Saint Venantových rovnic (zahrnující mimo jiné vliv Coriolisovy síly). Na převážné většině území výpočetní sítě dávaly obě zmiňované metody srovnatelné výsledky, přičemž metoda difuzní vlny vykazovala vyšší míru stability a kratší dobu výpočtu. V souladu s předpoklady se významnější rozdíly ve výsledcích obou metod objevily v místech s výskytem silně turbulentního proudění. Vzhledem k ostatním nejistotám a přijatým zjednodušením se použití metody difuzní vlny jeví jako praktická a adekvátní technika pro řešení úlohu.

Numerickým modelem je popsán průtok vlastním korytem řeky Rusavy včetně souvisejících inundačních území a veškerých objektů.

5.2 Vstupní data numerického modelu

Vstupními daty numerického modelu jsou data z geodetického pozemního měření [6], v podobě příčných řezů, z nichž je vygenerován model koryta toku Rusavy. Model povrchu inundačního území je vytvořen na základě DMR 5G [1]. Budovy a bloky budov jsou ve výpočetní síti uvažovány jako neprůtočné plochy se zvýšeným terénem. Digitální povrch terénu použitý ve výpočtu je vytvořen propojením zaměření koryta, digitálního modelu reliéfu a objektů (budov).

Horní okrajovou podmínkou (HOP) jsou dopočítané průtoky. Vstupní hodnoty do výpočtu HOP jsou hodnoty průtoků, které odpovídají N -letým průtokům Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500} ve vodním toku Rusava, v profilu horního okraje modelu v dostatečné vzdálenosti nad zájmovým úsekem. N -leté průtoky jsou stanoveny na základě dodaných hydrologických údajů ČHMÚ pro profily nad a pod zájmovým úsekem v km 0,000 a v km 9,140 [7]. Uvažované hodnoty Q_N jsou stanoveny jako mezilehlé hodnoty poměrem plochy povodí mezi profilem v km 9,140 a dolním koncem zájmového úseku (19,8 km²) a plochy povodí mezi profilem v km 9,140 a v km 0,000 (62 km²).

Dolní okrajovou podmínkou (DOP) pro koryto vodního toku je úroveň hladiny převzatá z měrné křivky z výpočtu provedeného v roce 2012 [16]. Dolními okrajovými podmínkami (DOP) pro inundační území jsou úrovně hladin vycházející z 1D+2D modelu řešícího OSVPR MOV_03 (řešeného v rámci předmětné akce). Veškeré dolní okrajové podmínky (DOP) odpovídají profilu přibližně 350 m pod řešenou oblastí (ř. km 3,689).

Pro stanovení součinitele drsnosti byly používány ortofotomapy [3] a fotodokumentace [19] pořízená při terénním průzkumu, který proběhl v březnu 2019 [8].

Při výpočtu se uvažovalo s proměnným, automaticky řízeným časovým krokem, při němž nedojde k překročení Courantova kritéria na úrovni hodnoty $C = 5$. Výchozí časový krok odpovídal 2 s, minimální uvažovaný časový krok pak 0,13 s. Maximální počet iterací byl ponechán na přednastavené hodnotě 20. Přípustná odchylka pro vypočtené výšky hladiny a objemy (přepočtené na výšky hladiny) byla uvažována na úrovni 3 mm.

5.2.1 Morfologie vodního toku a záplavového území

Do výpočtového modelu jsou zahrnuty veškeré objekty na toku (viz Tab. č. 5). Manipulace na objektech je uvažována dle manipulačních řádů. Ve většině případů je uvažováno při povodňových průtocích s vyhrazeným objektem při jednoletých vodách.

Objekty jsou řešeny různými přístupy.

V případě mostů byly použity dva přístupy. V případě, že úroveň hladiny nedosahovala dolní hrany mostovky, byl mostní objekt zadán úpravou geometrie koryta v profilu mostu zahrnutím mostních pilířů. Mostovka v takovém případě uvažována nebyla. V případě, že úroveň hladiny byla výš než úroveň dolní hrany mostovky, bylo proudění

(přepad) přes mostovku řešeno 2D (úroveň povrchu terénu odpovídala úrovni povrchu mostovky) a proudění mostním profilem 1D pomocí propustku s vhodně zvoleným tvarem v témže místě. V takovém případě se dbalo na to, aby se geometrické parametry propustku co nejvíce blížily skutečnému mostnímu otvoru. Součinitele drsnosti pro dolní část omočeného obvodu propustku byly zpravidla voleny ve shodě s odhadovanými drsnostmi v okolním korytě. V horní části omočeného obvodu propustku byly obvykle voleny drsnosti odpovídající betonu. Popsaný postup kombinující obě metody schematizace mostních objektů znamená opakované provedení výpočtu na základě úpravy výchozí geometrie objektů.

Jezy a další příčné objekty byly modelovány 1D jako přelivy. Součinitel přepadu byl volen individuálně na základě vlastností daného objektu.

Budovy byly v modelu řešeny zvýšením terénu v místě jejich polohy.

Tab. č. 5 Objekty vstupující do modelu, Rusava (MOV_11-01) km 4,040 – 7,951

Km	Popis objektu	Km dle TPE (identifikátor objektu)	Lokalita
4,007	Jez rybářský s lávkou	4,000	Hulín
4,370	Hospodářský most	4,364	Hulín
5,148	Hospodářský most	5,141	Hulín
5,989	Jez	5,996	Hulín
5,977	Lávka	6,007	Hulín
6,201	Most	6,187	Hulín
6,310	Lávka betonová	6,300	Hulín
6,386	Betonová lávka	6,375	Hulín
6,396	Silniční most	6,375	Hulín
6,413	Betonová lávka	6,403	Hulín
6,666	Práh - poškozený		Hulín
6,716	Hospodářský most	6,708	Hulín
3,938	Železniční most	6,930	Hulín
7,099	Lávka	7,090	Hulín
7,452	Jez	7,441	Hulín
7,972	Dálniční most		Pravčice
8,021	Cyklolávka	8,013	Pravčice

5.2.2 Drsnosti hlavního koryta a inundačních území

Hodnoty součinitelů drsnosti jednotlivých úseků Rusavy byly zadány na základě ortofotomapy [3] a na základě pochůzky v terénu [8] a při ní pořízené fotodokumentace [19].

Pro zadávání drsnosti je uvažováno letní období se vzrostlou vegetací. Způsob jejich zadávání v objektech byl popsán výše v kapitole 5.2.1.

Hodnoty použitých součinitelů drsností jsou zaznamenány v Tab. č. 6.

Tab. č. 6 Orientační hodnoty součinitelů drsnosti dle Manninga použité při výpočtu

Povrch	Orientační hodnoty součinitele drsnosti dle Manninga
areál účelové zástavby	0,05
areál železniční stanice / zastávky	0,05
bažina / močál	0,018

Povrch	Orientační hodnoty součinitele drsnosti dle Manninga
cesta	0,025
hřbitov	0,06
kolejiště	0,038
koryto	0,04
Kůlna / skleník/ fóliovník	0,25
les	0,080 - 0,085
okrasná zahrada / park	0,055
orná půda	0,04
ostatní plocha v sídlech	0,025
ovocný sad	0,05
parkoviště / zpevněná plocha	0,016
skládka	0,05
trvalý travní porost	0,035
vodní plocha	0,04
zahrada	0,05

5.2.3 Hodnoty okrajových podmínek

Horní okrajovou podmínkou (HOP) jsou dopočítané průtoky. Vstupní hodnoty do výpočtu HOP, jsou hodnoty průtoků, které odpovídají N -letým průtokům Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500} ve vodním toku Rusava, v profilu horního okraje modelu v dostatečné vzdálenosti nad zájmovým úsekem. N -leté průtoky jsou stanoveny na základě dodaných hydrologických údajů ČHMÚ pro profily nad a pod zájmovým úsekem v km 0,000 a v km 9,140 [7]. Uvažované hodnoty Q_N jsou stanoveny jako mezilehlé hodnoty poměrem plochy povodí mezi profilem v km 9,140 a dolním koncem zájmového úseku (19,8 km²) a plochy povodí mezi profilem v km 9,140 a v km 0,000 (62 km²), viz Tab. č. 7. Přehled HOP je v Tab. č. 11.

Tab. č. 7 Tabulka HOP a hodnot N -letých průtoků použitých pro jejich stanovení

Profil	Kilometráž	A	Δ A	Q ₅	Q ₂₀	Q ₁₀₀	Q ₅₀₀
[-]	[km]	[km ²]	[km ²]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]
Rusava - pod Roštěnkou [ČHMÚ]	9,140	19,8	62,0	27,5	45,2	72,0	106,0
Dolní konec zájmového úseku [HOP]	4,040	42,2		29,7	48,1	75,5	110,0
Rusava – ústí [ČHMÚ]	0,000			34,0	53,9	82,5	118,0

Dolní okrajovou podmínkou (DOP) pro koryto vodního toku je úroveň hladiny převzatá z měrné křivky z výpočtu provedeného v roce 2012 [16] a odpovídá profilu přibližně 350 m pod řešenou oblastí (ř. km 3,689). Dolními okrajovými podmínkami (DOP) pro inundační území jsou úrovně hladin vycházející z 1D+2D modelu řešícího OSVPR MOV_03 (řešeného v rámci předmětné akce) a rovněž odpovídají profilu přibližně 350 m pod řešenou oblastí (ř. km 3,689). Dolní okrajové podmínky pro inundační území jsou zadávány od průtoků Q_{20} , kdy vstupují do řešeného modelu úrovně hladin rozlivů 1D+2D modelu MOV_03. Pro průtok Q_{20} je zadávána DOP pouze pro pravobřežní inundační území. Pro průtoky Q_{100} a Q_{500} jsou již zadávány DOP jak pro pravobřežní, tak pro levobřežní inundační území.

Tab. č. 8 Hodnoty DOP pro koryto vodního toku – úrovně hladin převzaté z měrné křivky [16]

Úroveň hladiny [m n.m.]	Průtok [m³/s]	N-letý průtok
189.50	29.7	Q ₅
189.97	48.1	Q ₂₀
190.01	75.5	Q ₁₀₀
190.07	110	Q ₅₀₀

Tab. č. 9 Hodnoty DOP inundační území č. 1 – úrovně hladin vycházející z 1D+2D modelu MOV_03 (řešeného v rámci předmětné akce)

Úroveň hladiny [m n.m.]	Průtok [m³/s]	N-letý průtok
/	29.7	Q ₅
187,94	48.1	Q ₂₀
188,91	75.5	Q ₁₀₀
189,09	110	Q ₅₀₀

Tab. č. 10 Hodnoty DOP pro inundační území č. 2 – úrovně hladin vycházející z 1D+2D modelu MOV_03 (řešeného v rámci předmětné akce)

Úroveň hladiny [m n.m.]	Průtok [m³/s]	N-letý průtok
/	29.7	Q ₅
/	48.1	Q ₂₀
188,22	75.5	Q ₁₀₀
188,22	110	Q ₅₀₀

5.2.4 Hodnoty počátečních podmínek

Požaduje se výsledek ustáleného proudění. Pro simulaci je však potřeba vycházet ze suchého modelu nebo z výstupů simulace menšího průtoku. PP výpočtu je tedy v tomto případě vždy výstup z předchozí simulace. V následující tabulce (Tab. č. 11) je uveden přehled OP a PP a doby výpočtu potřebné pro ustálení.

Tab. č. 11 Hodnoty HOP, PP, doba výpočtu

HOP	PP	Doba zvyšování průtoku	Doba pro ustálení
Q ₅ = 29,7 m³/s	Q = 10,0 m³/s	0:30 hod.	09:00 hod
Q ₂₀ = 48,1 m³/s	Q ₅ = 29,7 m³/s	0:30 hod.	07:00 hod
Q ₁₀₀ = 75,5 m³/s	Q ₂₀ = 48,1 m³/s	0:30 hod.	07:30 hod
Q ₅₀₀ = 110,0 m³/s	Q ₁₀₀ = 75,5 m³/s	0:30 hod.	08:00 hod

Pozn.: Doba pro ustálení nevyjadřuje minimální dobu nezbytnou pro ustálení, ale zvolenou dobu, u které bylo ověřeno, že postačuje k ustálení průtoku na celém výpočetním úseku.

5.2.5 Diskuze k nejistotám a úplnosti vstupních dat

Zhodnocení vstupních dat z hlediska možných nejistot a úplnosti.

Nejistota může být v podrobnosti a přesnosti geodetických dat. Udávaná přesnost DMR 5G je 0,18 m v odkrytém terénu a 0,3 m v zalesněném terénu. Provedená schematizace koryta mezi příčnými řezy tak může mít vliv na zkreslení výsledků výpočtů.

Popis drsností vychází z ortofotomap a z terénního průzkumu a zohledňuje tzv. letní stav, kdy jsou koryto a inundační území výrazněji zarostlé.

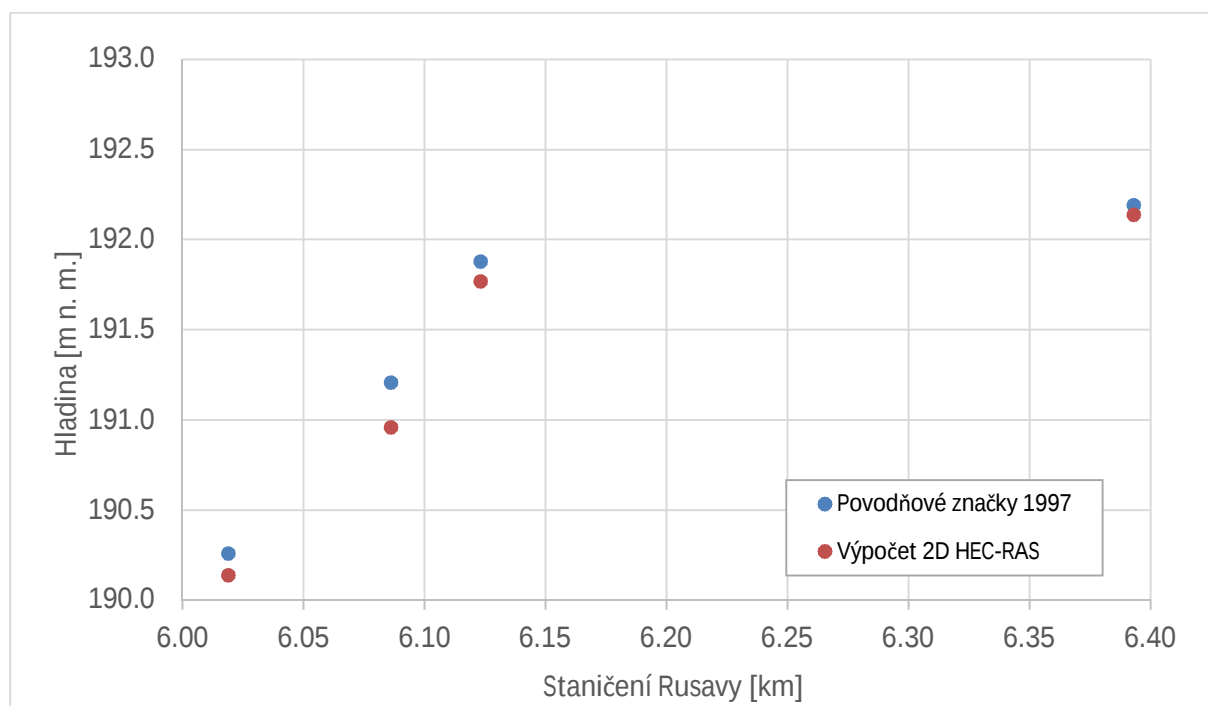
Nejistotou může být rovněž aktuální stav koryta a inundačního území za povodně, množství transportovaných splavenin a tvoření zátaras z plovoucích předmětů. Ve výpočtu je uvažováno se stavem „čistého“ koryta, bez omezení průtočnosti. Kapacitu koryta dále ovlivňuje stav nánosů nebo naopak zahlubování koryta. Při větších povodních navíc dochází k porušení opevnění koryta, výmolům, břehovým nátržím, k porušení hrází nebo násypů a valů. Povodeň je rovněž značně ovlivněna aktuálním stavem inundačního území.

Nejistota dále spočívá v hydrologických údajích stanovených dle ČHMÚ. Je zřejmé, že údaje o N -letých průtocích nejsou údaje neměnné. Při zpracování výpočtů jsou tedy posuzovány veškeré dostupné hydrologické podklady - tedy současně platné se porovnávají s historickými i „nedávno minulými“. Rozptyl hodnot N -letých údajů bývá někdy značný. Malé historické změny v určitém úseku naopak nemusí znamenat, že odhad N -letých průtoků je robustní. Je nezbytné vnímat též třídu přesnosti poskytovaných hydrologických údajů. Pro návrhovou hodnotu Q_{100} činí orientační směrodatná odchylka relativních chyb odhadu 40 %, pro průtok Q_{500} není obdobná charakteristika stanovena.

Kromě výše uvedeného je třeba vnímat zvýšenou nejistotu výsledků spojenou s absencí kalibračních dat. V některých případech, kdy bylo možné uvažovat vstupní charakteristiky v širším rozmezí, jsme volili raději hodnoty méně příznivé z hlediska dopadů povodňových událostí. Ve smyslu výše uvedeného mohou být výsledky mírně zkresleny na stranu bezpečnosti.

5.3 Popis kalibrace modelu

Model byl kalibrován na dostupná data z povodně 07/1997. Ke kulminaci došlo 7. 7. 1997 v 19:15 hod. a v limnigrafické stanici Třebětice byl naměřen nejvyšší vodní stav 361 cm, který odpovídal průtoku 44,6 m³/s [20] (v Hulíně odpovídal průtoku cca 50,0 m³/s), tj. průtoku http://www.vesmir.cz/files/obr/nazev/2010_376_07.jpg/type/html blížícímu se průtoku Q_{20} dle dostupných dat ČHMÚ [7]. Ke kalibraci byly použity naměřené hodnoty úrovní hladin dle povodňových značek v inundačním území Rusavy, v obci Hulín. Hodnoty úrovní hladin použitých pro kalibraci jsou znázorněny na následujícím obrázku.



Obr. č. 5 Kalibrace modelu Rusavy (MOV_11-01) na hladiny odečtené z povodňových značek zaznamenaných po extrémní povodni v roce 1997

Vypočtené hodnoty úrovní hladin uvedené na Obr. č. 5 vychází při nastavení modelových drsností dle Tab. č. 6. Při tomto nastavení jsou rozdíly mezi naměřenými a vypočtenými hodnotami při průtoku 48,1 m³/s (průtok Q_{20} , viz

Tab. č. 11) v rozmezí -0,25 až -0,05 m. V řešeném úseku se jedná o povodňové značky v inundačním území mimo koryto vodního toku s neznámou přesností záznamu. Dále je potřeba vzít v úvahu srovnání nestacionárního průběhu povodně s výpočtem ustáleného stavu. Uvedenými okolnostmi je způsoben poměrně výkyv rozdílů hladin.

6 Výsledky

6.1 Výstupy z hydrodynamických modelů

Mezi výsledky výpočtů patřily především údaje o hloubkách vody, rychlostech proudění vody, úrovních hladin a rozlivech. Z programu HEC-RAS byly vygenerovány výstupy v příslušných N -letostech, při kterých došlo k ustálení povodňových průtoků. Jednalo se o polygony rozlivů ve formátu *.shp a rastrové vrstvy hloubek, rychlostí a úrovní hladin ve formátu *.tif. Grafickým výsledkem jsou mapy povodňového nebezpečí, a to mapy rozlivů, hloubek a rychlostí pro jednotlivé řešené kulminační průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} , Q_{500} .

Úsek 10100163_1 (MOV_11-01) Rusava km 4,040 – 7,951

V řešeném úseku jsou zaplavovány objekty v obci Hulín.

Koryto vodního toku Rusava je kapacitní na průtok Q_5 . K lokálnímu vybřežení při tomto průtoku dochází v oblasti zahrádkářské kolonie, přibližně v rozsahu ř. km 5,300 – 5,780, kdy je tato oblast zatápěna rozlivem z LB přítok Rusavy, Žabínkem (IDVT 10195396). Při průtoku Q_{20} dochází již k zaplavení větší části obce Hulín, počínaje zahrádkářskou kolonií po pravém břehu řeky, lokalitou železniční stanice Hulín a průmyslovým areálem před železničním náspem. Dále jsou zatápěny oblasti obytné zástavby, zemědělského družstva na pravém břehu a sportovní areál, obytná zástavba a průmyslový areál na levém břehu řeky. Lokality Na Hrubém trávníku, Hrubý trávník, Zadní podpláňaví a Přední lesní na pravém břehu řeky Rusavy jsou rovněž z větší části zaplaveny. Při průtoku Q_{100} a Q_{500} je zaplavováno téměř souvislé území podél pravého břehu (až za ulici Kroměřížská, Komenského a Partyzánská, vč. mokřadu Pumpák), s výjimkou několika lokalit (kostel sv. Václava, převážná část zdravotnického střediska, koupaliště, část náměstí Míru a blízké zástavby, aj.) Území podél levého břehu je zatápěno až po stávající ČOV a stávající garáže poblíž ulice Záhlavnická, s výjimkou průmyslového areálu na ulici Kostelní, obytné zástavby v lokalitě křížení ulic Smetanova a Hvězdoslavova a několika menších lokalit. Maximální šířka rozlivu při Q_{500} je cca 1,9 km.

6.2 Mapy povodňového nebezpečí

Maximálním rozlivem (polygon rozlivu Q_{500}) v řešeném úseku je dotčena obec Hulín.

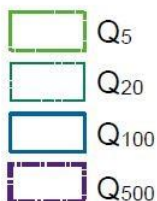
Charakteristiky povodně specifikující povodňové nebezpečí, jako hloubka a svislicová rychlost proudu, jsou v mapách povodňového nebezpečí vykresleny pro povodňové scénáře Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500} , kde hranice rozlivů jsou doprovodnými informacemi pro příslušné scénáře. Hloubky a svislicové rychlosti z výpočtů 2D modelů mají podobu rastru. Charakteristiky jsou podloženy RZM v odstínu šedé a vyobrazená proměnná má velikost pixelu 1 m.

6.2.1 Rozlivy pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}

Rozlivy jsou křivky odpovídající průsečnicím hladin vody se zemským povrchem při zaplavení území povodní. Byly vygenerovány z programu HEC-RAS do vektorového formátu *.shp a následně zpracovány s použitím nástrojů GIS a to na základě vyhodnocení rastrových dat o hloubkách vody (viz kap. 6.2.2).

Rozlivy jsou zobrazeny jako doprovodné informace pro jednotlivé průtoky na RZM v měřítku 1:10 000. V mapách jsou vykresleny jako linie specifikované metodikou [XVII] - viz Obr. č. 5.

Rozlivy

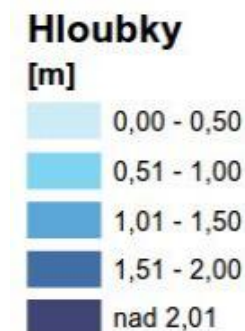


Obr. č. 6 Linie hranic rozlivů pro jednotlivé průtoky

6.2.2 Hloubky pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}

Údaje o hloubkách vody byly zpracovány do georeferencovaného formátu *.tif přímo s použitím programového vybavení HEC-RAS a následně upraveny s použitím nástrojů GIS. Rozlišení rastrů hloubek vody odpovídá požadavkům [XV], tj. $1\text{ m} \times 1\text{ m}$.

Rozdělení intervalů hloubek a jejich barevná definice je v mapách vykreslena podle metodiky [XVII] - viz Obr. č. 6.

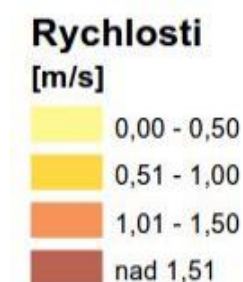


Obr. č. 7 Definice barev a intervalů hloubek

6.2.3 Rychlosti pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}

Údaje o svislicových rychlostech byly pro úsek MOV_11-01 zpracovány do georeferencovaného formátu *.tif přímo s použitím programového vybavení HEC-RAS a následně upraveny s použitím nástrojů GIS. Rozlišení rastrů svislicových rychlostí proudění vody odpovídá požadavkům [XV], tj. $1\text{ m} \times 1\text{ m}$.

Rozdělení intervalů svislicových rychlostí a jejich barevná definice je v mapách vykreslena podle metodiky [XVII] - viz Obr. č. 7.



Obr. č. 8 Definice barev a intervalů svislicových rychlostí

6.3 Zhodnocení nejistot ve výsledcích výpočtů

Nejistoty v podkladech i v samotném hydraulickém výpočtu byly komentovány v kapitole 5.2.5. Pro další praktické využití výsledků hydraulických výpočtů je vždy nezbytné zohlednit míru nejistoty, kterou jsou tato data nevyhnutelně zatížena. Dále je nutné posoudit aktuálnost výsledků především ve vztahu k případným změnám, ke kterým mohlo dojít od doby realizace výpočtů. Jedná se především o změny:

- hydrologických podkladů,
- morfologie koryta a inundačního území vč. realizace významných stavebních objektů (např. protipovodňové ochrany, vodohospodářských staveb na toku, liniových dopravních staveb, mostů apod.).
- charakteru povrchu koryta a inundačního území.

V této souvislosti se v budoucnu předpokládá průběžná aktualizace výsledků hydraulických výpočtů.