



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)

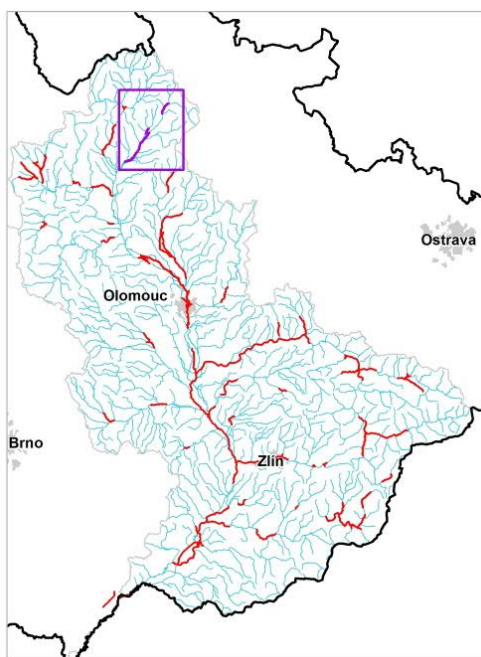
DÍLČÍ POVODÍ MORAVY A PŘÍTOKŮ VÁHU

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

DESNÁ – 10100090_1 (MOV_30-01) – Ř. KM 6,595 – 19,233

DESNÁ – 10100090_2 (MOV_30-02) - Ř. KM 27,039 – 30,769

LOSINKA – 10194288_1 (MOV_30-03) - Ř. KM 2,328 – 4,155



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

DESNÁ – 10100090_1 (MOV_30-01) – Ř. KM 6,595 – 19,233

DESNÁ – 10100090_2 (MOV_30-02) - Ř. KM 27,039 – 30,769

LOSINKA – 10194288_1 (MOV_30-03) - Ř. KM 2,328 – 4,155

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

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	9
2.2	Průběhy historických povodní (největší zaznamenané povodně)	11
3	Přehled podkladů	15
3.1	Soupis zpráv a dokumentů	15
3.2	Související předpisy	15
3.3	Topologická data	16
3.3.1	Vytvoření (aktualizace) DMT	16
3.3.2	Mapové podklady	16
3.3.3	Geodetické podklady	16
3.4	Hydrologická data	17
3.5	Místní šetření	18
3.6	Stávající hydrodynamický model a kalibrační podklady	18
3.7	Vyhodnocení a příprava podkladů	18
4	Popis koncepčního modelu	20
4.1	Schematizace řešeného problému	21
4.2	Posouzení vlivu nestacionarity proudění	22
4.3	Způsob zadávání OP a PP	23
5	Popis numerického modelu	26
5.1	Použité programové vybavení	26
5.2	Vstupní data numerického modelu	26
5.2.1	Morfologie vodního toku a záplavového území	26
5.2.2	Drsnosti koryta a inundačních území	29
5.2.3	Hodnoty okrajových podmínek	30
5.2.4	Hodnoty počátečních podmínek	33
5.2.5	Diskuze k nejistotám a úplnosti vstupních dat	33
5.3	Popis kalibrace modelu	33
6	Výsledky	35
6.1	Výstupy z hydrodynamických modelů	35
6.2	Mapy povodňového nebezpečí	37
6.2.1	Rozlivy pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	38
6.2.2	Hloubky pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	38
6.2.3	Rychlosti pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	38

6.3	Zhodnocení nejistot ve výsledcích výpočtů	39
-----	---	----

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
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 / levobřeží
LG	limnigrafická stanice
MK	měrná křivka
MŘ	manipulační řád
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
OP	okrajová podmínka
PB	pravý břeh / pravobřeží
PP	počáteční podmínka
PPO	protipovodňová opatření
PVPR	předběžné vymezení povodňových rizik a vymezení oblastí s potenciálně významným povodňovým rizikem
RZM 10	rastrová základní mapa 1 : 10 000
SOP	studie odtokových poměrů
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 Desná – 10100090_1 (MOV_30-01) – ř. km 6,595 – 19,233, Desná – 10100090_2 (MOV_30-02) – ř. km 27,039 – 30,769 a Losinka – 10194288_1 (MOV_30-03) ř. km 2,328 – 4,155 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 pro úseky se změnou dle Tab. č. 2;
- zpracování výsledků numerického modelování a vytvoření map povodňového nebezpečí (mapy rozlivů, hloubek a rychlostí).

V následující tabulce (Tab. č. 2) je uvedeno porovnání rozsahu řešeného území 1. a 2. plánovacího cyklu.

Tab. č. 2 Porovnání rozsahu řešeného území 1. a 2. plánovacího cyklu

Ozn. v 1. plán. cyklu	Ozn. v 2. plán. cyklu	Tok	Délka úseku [km]	Změny oproti 1. plánovacímu cyklu
PM-79	MOV_30-01	Desná	12,638	nové hodnoty pro Q_{500} , doplnění PPO do DMT
PM-15	MOV_30-02	Desná	3,730	beze změn
PM-122	MOV_30-03	Losinka	1,827	aktualizace hydrologie, doplnění PPO do DMT

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. [14], [15] a také výstupy z 1. plánovacího cyklu zpracované firmou Pöyry Environment a.s. v r. 2012 [22].

2 Popis zájmového území

Zájmové území je rozděleno na dva dílčí úseky v závislosti na řešených tocích. V rámci stanovení map povodňového nebezpečí jsou sestaveny dva samostatné modely – pro dolní úsek Desné s Losinkou je sestavený nový model, pro horní úsek Desné je model pouze aktualizován přesnějšími daty DMR 5G [1].

- MOV_30-01 Desná
 - o celý úsek - celý nový model (společně s MOV_30-03).
- MOV_30-02 Desná
 - o celý úsek – pouze ověření aktuálnosti hydrologických dat, aktualizace DMT a využití stávajících výpočtů.
- MOV_30-03 Losinka
 - o celý úsek – celý nový model (společně s MOV_30-01).

Předmětem řešeného území je úsek na toku Desná v km 6,595 – 19,233, Desná v km 27,039 – 30,769 a Losinka v km 2,328 – 4,155* (Obr. č. 1 a 2).

Tab. č. 3 Základní informace o řešeném úseku

ID úseku	Pracovní číslo úseku	Tok	Říční km, začátek - konec	ČHP
10100090_1	MOV_30-01	Desná	6,595 – 19,233	4-10-01-069 4-10-01-075 4-10-01-081 4-10-01-0831 4-10-01-0832 4-10-01-085 4-10-01-087 4-10-01-0891 4-10-01-0893 4-10-01-093
10100090_2	MOV_30-02	Desná	27,039 – 30,769	4-10-01-065 4-10-01-067
10194288_1	MOV_30-03	Losinka	2,328 – 4,155	4-10-01-078 4-10-01-0792 4-10-01-080

*) Komentář k používané kilometrži toku

V celém projektu je používána kilometráž, která vychází z již zpracovaných studií Povodí Moravy, s.p. [14, 15].

Při zpracování 1. plánovacího cyklu se kilometráž používaná v názvech úseků lišila s kilometrží používanou v projektu. Do názvu byla uváděna kilometráž, která vycházela z „Předběžného vymezení povodňových rizik a vymezení oblastí s potenciálně významným povodňovým rizikem“ (PVPR). V Tab. č. 4 je uvedeno porovnání staničení dle PVPR a dle geodetického zaměření [6], [7] a [8], které je používáno v celém projektu.

Tab. č. 4 Porovnání staničení

Tok	Staničení dle PVPR	Staničení používané v projektu
Desná	6,382 - 19,446	6,595 – 19,233
Desná	28,324 – 32,032	27,039 – 30,769
Losinka	2,325 – 4,159	2,328 – 4,155

Objekty mají tzv. administrativní kilometráž dle Technicko-provozní evidence toku (TPE) [12, 13, 14], tato slouží jako neměnný identifikátor jednotlivých objektů. Staničení objektů dle výpočtového modelu a dle TPE je uvedeno v kap. 5.2.1.

V povodí Desné, nad řešeným úsekem (proti toku) se nachází přečerpávací elektrárna Dlouhé Stráně, jinak na toku nejsou zbudována žádná další významná vodní díla. V povodí Losinky nejsou zbudována žádná významná vodní díla.

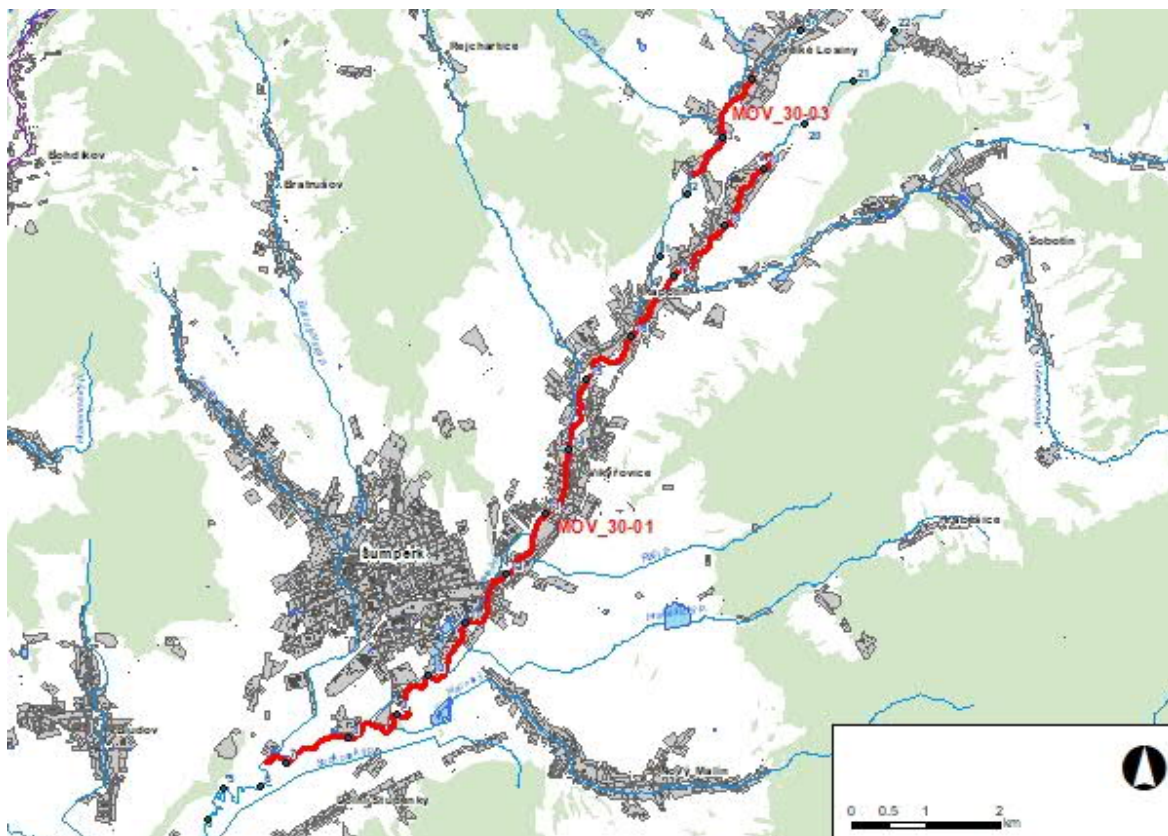
V zájmovém úseku toku Desná jsou významné přítoky v km 6,825 Bratrušovský potok, v km 10,220 Hraběšický potok, v km 16,240 Losinka a v km 16,840 Merta. V zájmovém úseku toku Losinka jsou významné přítoky v km 3,237 Černý potok a v km 3,502 Račinka.

Protipovodňová opatření

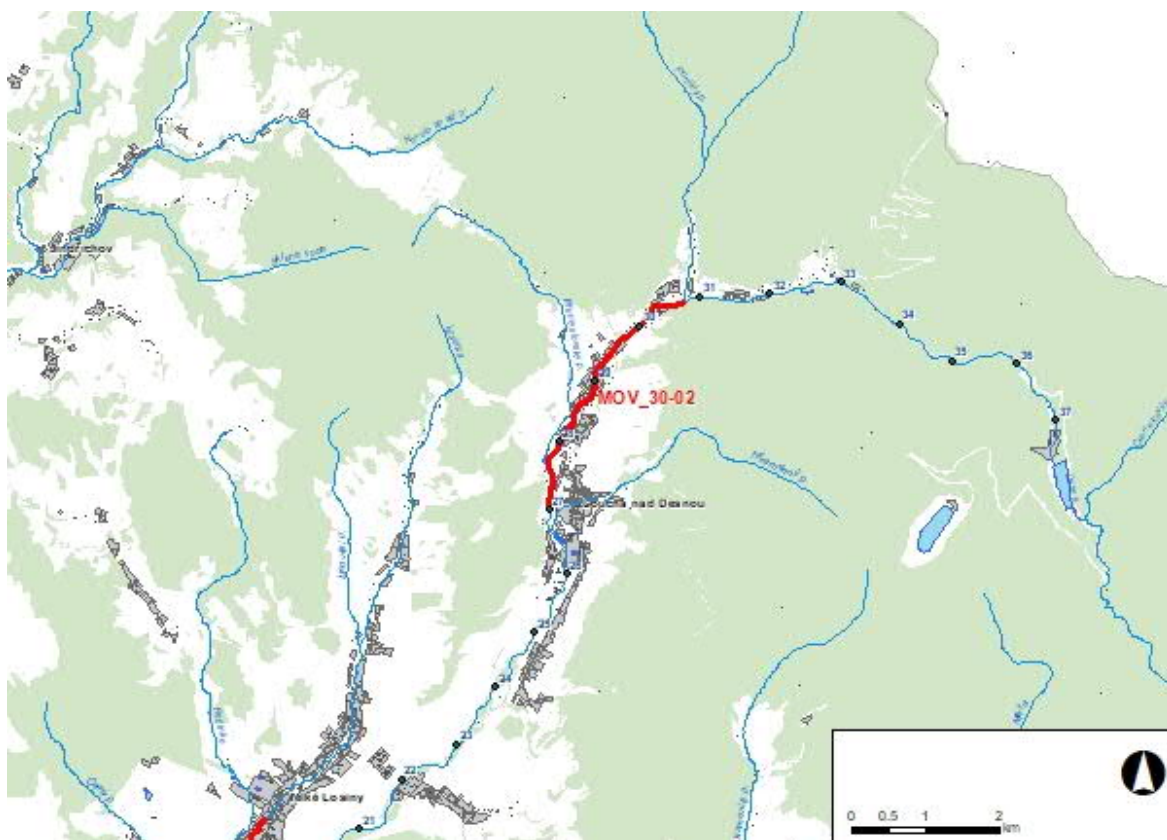
V roce 2017 byla zahájena výstavba protipovodňových opatření (PPO) na řece Desné v úseku ř. km 14,231 – 16,480 v k. ú. obcí Víkřovice, Rapotín a Petrov nad Desnou. Účelem těchto opatření je zajištění protipovodňové ochrany zástavby obcí na obou březích řeky Desné alespoň na průtok Q_{50} . PPO tvoří ochranné hráze

a protipovodňové zdi, obtoková a odlehčovací ramena, revitalizační opatření. Tato opatření jsou do výpočtu zahrnuta na základě podkladů [30, 31].

Výhledově se pak předpokládá vybudování retenčních nádrží (suchých poldrů) v povodí řeky Desné jak na vlastním toku, tak i na jeho přítocích. Předběžně se uvažuje velikost akumulačních nádrží taková, aby stoletý průtok v nich byl transformován na hodnotu padesátileté vody ($Q_{100TR} = Q_{50}$). Tyto akumulační nádrže nejsou v rámci 2. plánovacího cyklu do výpočtů zahrnuty.



Obr. č. 1 Vymezení řešené oblasti s významným povodňovým rizikem – úsek MOV_30-01 a MOV_30-03



Obr. č. 2 Vymezení řešené oblasti s významným povodňovým rizikem – úsek MOV_30-02

2.1 Všeobecné údaje

Desná

Řeka Desná vzniká soutokem dvou říčních větví:

Divoká Desná pramení mezi Vysokou Holí a Jeleními Hřebí;

Hučivá Desná pramení mezi Kepníkem a Červenou Horou.

Prameny obou těchto toků se nachází v průměrné nadmořské výšce 1 200 m n. m. a pro značnou morfologickou členitost horských svahů v obou pramenných oblastech vykazují velký počet pramenných přítoků, neboť oblast pramenů je v pásmu vysokých vodních srážek, jedné z nejvyšších v ČR (600 mm – 1 500 mm).

Divoká Desná teče západním směrem a přibírá Hučivou Desnou zprava. Soutok obou toků Divoké a Hučivé Desné je za železniční stanicí Kouty a od soutoku je již nazýván jen jako tok Desná. Po spojení obou bystřin teče Desná jihozápadním směrem až po ústí do Moravy. Oblast povodí Desné má zemědělsko průmyslový charakter. Desná je levobřežním přítokem řeky Moravy. Ústí do Moravy pod Bludovem. Odvádí vody z oblasti Jesenických hor. Tvar povodí je vějířovitý. Tok má bystřinný charakter. Dno toku je skalnaté a balvanité. V blízkosti řeky Moravy ustupují balvany a dno je štěrkovité a nese jemné splaveniny. Vegetační doprovod tvoří stromy a keře rostoucí většinou souvisle podél celého toku.

Úsek 10100090_1 (MOV_30-01), Desná

Řešený úsek začíná (po toku) na hranici katastru Velké Losiny/Rapotín a až po město Šumperk teče v zástavbě, což se projevuje velkým množstvím stupňů, prahů, mostů a jezů. Úsek začíná v části obce Terežín a pokračuje přes Rapotín, Vikýřovice do Šumperka, kde se vyhýbá centru města, ale teče průmyslovou čtvrtí v jižní části města. Konec řešeného úseku je pod ČOV v Šumperku.

Řešený úsek spadá do katastru Rapotín, Petrov nad Desnou, Vikýřovice, Šumperk a Dolní Studénky. Celý řešený úsek spadá do správy podniku Povodí Moravy, s.p.

Úsek 10100090_2 (MOV_30-02), Desná

Řešený úsek se nachází mezi obcemi Kouty nad Desnou a Loučná nad Desnou, v katastru Rejhotice. Úsek začíná (popis po toku) soutokem s Hučivou Desnou, po celou dobu teče upraveným, vybetonovaným korytem se spoustou stupňů, prahů a skluzů a několika jezy, převážně v zástavbě. V sevřeném údolí vede souběžně s tokem trasa železnice a silnice I/44. V zájmovém území je jeden železniční most, 6 silničních mostů a 3 jezy.

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

Losinka

Losinka se nachází v krásném přírodním prostředí na úpatí Hrubého Jeseníku. Pramení v nadmořské výšce cca 1000 m n.m. Losinka je převážně bystřinným tokem. Při ústí se nachází Losinka v inundaci řeky Desná.

Povodí toku Losinka má plochu celkem 38,66 km².

Délka toku je cca 12,3 km.

Tvar povodí je vějířovitý, tok je velmi členitý, v horní části toku převážně zalesněný.

Losinka má v celém úseku několik pravobřežních a levobřežních přítoků – Černý potok, Račinka, Medvědí potok a bezejmenné přítoky. Koryto celého toku Losinka se nachází na katastrálním území obcí Rapotín, Velké Losiny a Bukovice.

Úsek 10194288_1 (MOV_30-03), Losinka

V řešeném úseku protéká Losinka katastrálním územím Rapotín a Velké Losiny. Úsek začíná v profilu mostu ulice Pekařská, dále tok protéká mezi obytnou zástavbou a úsek končí při ulici U Koupaliště. V blízkosti toku se nachází ruční papírna Velké Losiny a.s. a níže po toku areál zámku Velké Losiny. V horní části úseku v zastavěné části obce je koryto obdélníkového tvaru s kamennými zdmi. Níže po toku je lichoběžníkové koryto se svahy zarostlými stromy a křovinami. V zájmovém území jsou čtyři silniční mosty, čtyři mostky a čtyři lávky pro pěší. Úsek Losinky v zájmovém území je ve správě Povodí Moravy, s.p.



Obr. č. 3 Přehledná mapa povodí Moravy a přítoků Váhu dle [19]

2.2 Průběhy historických povodní (největší zaznamenané povodně)

Největší zaznamenaná povodeň v novodobé historii na řece Desné v limnigrafické stanici Šumperk, ve městě Šumperk, je datována k červenci 1997. Příčinou povodně byly vydatné srážkové úhrny, které vyvolaly v horních a středních tocích mimořádné. http://www.vesmir.cz/files/obrnazev/2010_376_07.jpg?type/html Ke kulminaci došlo 8. 7. 1997 a ve městě Šumperk bylo dosaženo cca 191 m³/s, tj. průtok větší než Q_{100} ($Q_{100} = 161 \text{ m}^3/\text{s}$) [21]. Limnigraf Šumperk zaznamenal vodní stav 411 cm [20], přičemž druhá největší povodeň dle vodního stavu 310 cm, tj. 117 m³/s, tj. průtok cca Q_{20-50} , byla v červenci 1984. K další významné povodni v novodobé historii došlo v červenci 1965 (vodní stav 275 cm, tj. 92,8 m³/s, tj. průtok větší než Q_{10}) a v květnu 1968 (vodní stav 260 cm, tj. 83 m³/s, tj. průtok cca Q_{10}) [17].

V dávnější historii byly zaznamenány povodně v květnu 1927 (vodní stav 312 cm), v květnu 1940 (vodní stav 310 cm), v listopadu 1930 (vodní stav 254 cm) a v červnu 1958 (vodní stav 253 cm) [17].



Obr. č. 4 Povodeň 1997 – Rapotín



Obr. č. 5 Povodeň 1997 – Rapotín



Obr. č. 6 Povodeň 1997



Obr. č. 7 Povodeň 1997 – Rapotín



Obr. č. 8 Povodeň 1997 – Šumperk



Obr. č. 9 Povodeň 1997 – železniční trať

Největší zaznamenaná povodeň v novodobé historii na řece Desné v limnigrafické stanici Kouty nad Desnou, v obci Loučná na Desnou, je datována k červenci 1997. Příčinou povodně byly vydatné srážkové úhrny, které vyvolaly v horních a středních tocích mimořádné povodně. http://www.vesmir.cz/files/obr/nazev/2010_376_07.jpg/type/html Ke kulminaci došlo 7. 7. 1997. Úrovně hladin při povodni byly zaznamenány na limnigrafu Šumperk níže po toku. Tento zaznamenal vodní stav 411 cm [29], který

odpovídá 191 m³/s, tj. průtoku většímu než Q_{100} ($Q_{100} = 161$ m³/s) [29]. Přičemž druhá největší povodeň v Šumperku dle vodního stavu 310 cm, tj. 117 m³/s, tj. průtok cca Q_{20-50} , byla v červenci 1984.

V roce 1770 řádila v prostoru Divoké Desné velká bouře údajně spojená dokonce se silným zemětřesením. Zřejmě došlo také k velkým sesuvům, protože vyvrácené stromy se dostaly až do rozvodněné řeky. V roce 1783 byly velkou povodní zasaženy Kouty. 13. května 1796 způsobila průtrž mračen velké škody na polích. Nejhuře byl postižen Maršíkov. Mimořádně velká povodeň postihla horní část údolí Desné v roce 1813. Průtrž mračen, která strhla břehy řeky a v mohutném proudu se valila do údolí, kde ničila všechny mosty a cesty, rvala stromy i s kořeny, odnášela domácí zařízení, zvířata, v Rejhoticích ničila také domy a zanechávala po nich jen jámy a rumišť. Pátého a šestého srpna 1880 došlo na moravské i slezské straně Jeseníků k povodním, které se opakovaly po průtrži mračen odpoledne 12.8. Na Šumpersku byly nejvíce postiženy obce v povodí Desné a Merty. Nejhorší situace nastala v Koutech a Rejhoticích, kde bylo zbořeno a odplaveno více domů. V Ulrichově bělidle a úpravně byla stržena polovina budovy mandlovn. Zle poškozeny byly rovněž drátovny a železárny Kleinů. Všechny mosty přes Desnou zmizely beze stopy, silnice byly zničeny a celá doprava narušena. Škody na polích, lukách a zahradách se nedaly vyčíslit. Velká voda v povodí horního toku Desné poškodila 9. 5. 1889 cesty, mosty, břehy a lesní porost. Šlo o intenzivní přívalový liják omezený na vrcholové polohy, v Koutech bylo toho dne naměřeno jen 50 mm srážek a jinde ještě podstatně méně. Katastrofální povodeň přišla v noci z 29. na 30.7.1897, kdy se projevil třídenní nepřetržitý liják. Rozvodněná řeka Desná strhla několik mostů v Anníně a Rejhoticích, mimo jiné i vyžděný most na císařské cestě v Koutech, a urvala polovinu domu, který u něho stál. V Loučné zničila dva domy, v níže položených místech zpusťovala zahrady, pole a louky, poškodila silnici a velké škody způsobila v hutích v Rejhoticích. Na Desné v Koutech byl 7. 5. 1899 zaznamenán vysoký stav vody, dokonce vyšší než při povodni v roce 1903. Povodně roku 1903 postihly značnou část Evropy. Několikadenní deště na začátku července tohoto roku byly překonány teprve v roce 1997. Povodňová voda řeky Desné zaplavila 9. 7. údolí a v odpoledních hodinách její síla vyvrcholila. Do řeky bylo odplaveno dřevo z lesů a mostů, stromy vyrvané i s kořeny; došlo k sesuvům půdy a pádům velkých balvanů z horských úbočí. Údolí bylo brzy zaplaveno, lidé z bořících se domů zachraňovali holé životy. U hájovny v Koutech se protrhla ochranná zeď, proud poničil silnici a k večeru prolomil železný most. Několikanásobné poškození vzniklo na zahájené stavbě železnice z Petrova do Koutů. Katastrofa trvala až do 11. 7., kdy se konečně v poledne běsnící živel začal uklidňovat. Strženy byly dva mosty na říšských silnicích (v Koutech a Sobotíně), tři na okresních a nejméně padesát na místních komunikacích. Za jednu z největších katastrof je považována povodeň z roku 1921, kterou způsobila průtrž mračen ve večerních hodinách 1. června. Toho dne byl v Hrubém Jeseníku mezi Keprníkem a Červenohorským sedlem zaznamenán nejintenzivnější přívalový liják po dobu meteorologických pozorování. Na Červenohorském sedle napršelo 196,5 mm, z toho za 2 hodiny 134 mm a za hodinu 80 mm, a na hřebeni muselo napršet ještě více. Došlo k obrovským sesuvům murového charakteru. Nejznámější lokalitou byl západní svah Červené hory po Vřesovou studánkou, kde se dalo do pohybu 16 ha plochy s 50000 m³ lesní půdy a porostem. Hmota zahradila údolí Hučivé Desné a vytvořila obrovskou nádrž, jejíž následné prolomení způsobilo katastrofální škody v celém údolí kolem řeky až po Šumperk. Zničeny byly všechny mosty a jezy, železnice mezi Rejhoticemi a Kouty byla vyřazena z provozu na několik dní, vlak končil jízdu v Loučné. Nádraží v Koutech bylo úplně zaneseno kamením, bahnem a stromy, dva rezervní vagony vězely až po plošinu v bahně. Tři domy byly úplně zbořeny a několik částečně strženo. Rovněž silnice byla na mnoha místech narušena. Elektrárna a pila v Anníně byly zcela zničeny. Příčiny tehdejší katastrofy, hlavně sesuvů, byly mj. spatřovány v likvidaci smíšených lesů zvláště ve druhé polovině 19. století. Následná regulace řeky Desné měla do budoucna podobné katastrofě zamezit. Po těchto povodních se opět začal zvažovat záměr stavby údolní přehrady na Desné. Velké lijáky 18. a 19. 5. 1940, které přišly v době tání sněhu v horách, postihly citelně povodí Desné (např. v Koutech bylo 19. 5. naměřeno 88,2 mm srážek). Záplavová vlna poškodila břehy, jezy vodních děl a mosty [18].



Obr. č. 10 Povodeň 1997 – Loučná nad Desnou



Obr. č. 11 Povodeň 1997 – nádraží Loučná n. Desnou

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.: 11420516, 11420518, 11420520, 11420522, 11440516, 11440518, 11440520, 11440522, 11460516, 11460518, 11460520, 11460522, 11480516, 11480518, 11480520, 11480522. 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 části vodního otku Desná km 0,000 – 22,562, útvar IS Povodí Moravy, s.p., 1996 - 1997.
- [7] Geodetické zaměření Desné (horní úsek), útvar geodézie, Povodí Moravy, s.p., 2005 – 2008.
- [8] Geodetické zaměření Losinky v km 0,000 – 5,319, útvar hydroinformatiky a geodetických činností Povodí Moravy, s.p., 2012.
- [9] Hydrologická data – N-leté průtoky, ČHMÚ, 11/2018.
- [10] Místní šetření v zájmové lokalitě v průběhu října a listopadu 2012. Pöyry Environment a.s., Brno.
- [11] Místní šetření v zájmové lokalitě v průběhu dubna 2019. AQUATIS a.s., Brno.
- [12] Technicko provozní evidence toků – TPE Desná, povodí Moravy, s.p., Brno.
- [13] Technicko provozní evidence toků – TPE Losinka, povodí Moravy, s.p., Brno.
- [14] Studie: Záplavové území toku Losinka km 0,000 – 5,319, Povodí Moravy, s.p., 8/2012.
- [15] Záplavové území toku Desná, km 0,000 – 37,090, Povodí Moravy, s.p., 2008.
- [16] Studie ochrany před povodněmi na území Olomouckého kraje, Pöyry Environment a.s., Brno., 03/2007.
- [17] Evidenční list hlásného profilu č. 305, tok Desná, lim. stanice Šumperk. Aktualizace duben 2019.
- [18] Evidenční list hlásného profilu č. 301a, tok Desná, lim. stanice Kouty nad Desnou. Aktualizace duben 2019.
- [19] Plán dílčího povodí Moravy a přítoků Váhu, AQUATIS a.s., 2016.
- [20] Hydrologické poměry Československé socialistické republiky, díl III, Hydrometeorologický ústav, 1970.
- [21] www.pmo.cz, Stavy a průtoky na vodních tocích, duben 2019.
- [22] Tvorba map povodňového nebezpečí a povodňových rizik v oblasti povodí Moravy a v oblasti povodí Dyje, Pöyry Environment a.s., Brno, 07/2013.
- [23] HEC-RAS 5.0 River Analysis System – User's Manual, US Army Corps of Engineers, 02/2016.
- [24] Fotodokumentace, Pöyry Environment a.s., Brno, 2012.
- [25] Fotodokumentace, AQUATIS, a.s., Brno, 2019.
- [26] Numerický 1D+ model Desné v programu MIKE 11, Povodí Moravy, s.p., 2008.
- [27] Numerický 1D+ model Losinky v programu MIKE 11, Povodí Moravy, s.p., 2012.
- [28] MIKE 11, A Modelling System for Rivers and Channels, Reference Manual DHI, 2009.
- [29] <http://www.loucn-na-desnou.cz/785-historie-povodni-v-regionu-loucn>
- [30] Numerický 2D model Moravy a Desné po Šumperk v programu SMS-FESWMS 10.0 (Surface Modelling System), Pöyry Environment a.s., 2012.
- [31] Přírodě blízká protipovodňová opatření na řece Desné v říčním km 14,231 – 16,840, I. etapa, dokumentace pro provádění stavby, AQUATIS a.s., 02/2017.
- [32] Přírodě blízká protipovodňová opatření na řece Desné v říčním km 14,231 – 16,840, II. etapa, dokumentace pro provádění stavby, AQUATIS a.s., 02/2017.
- [33] geoportal.cuzk.cz, Digitální model reliéfu České republiky 5. generace (DMR 5G), Informace o produktu
- [34] Měrná křivka průtoků č. 39, stanice Šumperk, tok Desná, ČHMÚ, 05/2009.

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] 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) DMT

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 DMT je zpracován z DMR 5G [1], který je doplněn o geodetické zaměření koryta [6] a [7]. 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

Geodetické zaměření části vodního toku Desná od zaústění do řeky Moravy po km 22,562 (nad silniční most k. ú. Velké Losiny) – bylo provedeno útvarem IS Povodí Moravy v roce 1996 – 1997. Příčné profily území byly zaměřeny cca po 100 m. Další zaměření zbývajících úseků řeky Desná bylo provedeno útvarem geodezie, Povodí Moravy,

s.p., Brno – v roce 2005 - 2008. Zaměření je v polohopisném systému S-JTSK, výškopisném systému Balt po vyrovnání. Výkresová dokumentace je k dispozici u zhotovitele.

Geodetické zaměření vodního toku Losinka od zaústění do toku Desná po km 5,319 bylo provedeno útvarem hydroinformatiky a geodetických činností Povodí Moravy, s.p., Brno - v roce 2012. Zaměření 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. 5 jsou uvedena hydrologická data. Data byla ověřena u ČHMÚ 8.11. 2018 [9]. Oproti hodnotám použitým pro zpracování 1. plánovacího cyklu [22] (Tab. č. 6) nedošlo na profilech Desné k zásadním změnám, naproti tomu na Losince byly hodnoty průtoků navýšeny a to až o 40%.

Tab. č. 5 Aktuální N-leté průtoky (Q_N) v m^3/s [8]

Hydrologický profil	Datum pořízení	Říční kilometr	Q_5	Q_{20}	Q_{100}	Q_{500}	Třída přesnosti
Divoká Desná – pod Hučivou Desnou	8.11.2018	30,5	29,2	51,2	85,7	135	III.
Desná – pod Mertou	8.11.2018	16,5	56,3	92,4	144	210	II.
Desná – Šumperk LG	8.11.2018	12,6	63,5	103	161	230	I.
Desná - ústí	8.11.2018	0,1	75,2	120	182	255	II.
Losinka - ústí	8.11.2018	0,1	17,1	30,4	50,9	80	III.

Tab. č. 6 Starší hodnoty N-letých průtoků (Q_N) v m^3/s pořízené pro 1. plánovací cyklus [22]

Hydrologický profil	Datum pořízení	Říční kilometr	Q_5	Q_{20}	Q_{100}	Q_{500}	Třída přesnosti
Divoká Desná – pod Hučivou Desnou	2013	30,5	29,2	51,2	85,7	135	III.
Desná – pod Mertou	2013	16,5	56,3	92,4	144	230	II.
Desná – Šumperk LG	2005	12,6	63,5	103	161	-	
Desná - ústí	2013	0,1	75,2	120	182	255	II.
Losinka - ústí	2011	0,1	14,4	23,7	35,9	80	III.

Starší hydrologická data dle [20] jsou uvedena v Tab. č. 7. Oproti [20] došlo ke snížení hodnot průtoků v profilu Divoká Desná pod Hučivou Desnou u všech tří porovnatelných průtoků. Největší změny byla u Q_5 , a to téměř 50 %, u Q_{20} téměř 30 % a u Q_{100} je hodnota průtoků snížena oproti [15] o 10 %. V profilech Desná – pod Mertou a Desná ústí došlo k nárůstu hodnot povodňových průtoků až o 30%.

Tab. č. 7 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
Divoká Desná – pod Hučivou Desnou	1995	30,5	33	55	86	-	III.
Divoká Desná – pod Hučivou Desnou	1970	30,5	56	72	90	-	III.

Hydrologický profil	Datum pořízení	Říční kilometr	Q ₅	Q ₂₀	Q ₁₀₀	Q ₅₀₀	Třída přesnosti
Desná – pod Mertou	1995	16,5	56,2	92,4	144		
Desná - ústí	1999	0,1	75	120	183		
Desná - ústí	1970	0,1	70	103	137		

3.5 Místní šetření

V rámci zpracování 2. plánovacího cyklu bylo provedeno místní šetření v dubnu 2019 [22]. Toto šetření proběhlo na úsecích shodných s 1. plánovacím cyklem z roku 2013, kde místní šetření provedla firma Pöyry Environment a.s. [21]. Byly pořízeny fotografie vodního toku, technických objektů na toku, inundačního území a citlivých objektů v možném záplavovém území Q₅₀₀. 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 úseku Desné v ř. km 14,231 – 16,840 byla v roce 2017 zahájena výstavba PPO [31, 32], která jsou zohledněna v modelu. Dále byl v Koutech nad Desnou postaven nový jez v km 30,280 v místech původního skluzu. V levé části jezu je vybudován rybí přechod a vpravo nad jezem je náhon na elektrárnu. Na Losince byl v roce 2015 vybudován Areál zdraví na levém břehu ve Velkých Losinách. Mimo hotel a park zde byl vybudován i rybník.

3.6 Stávající hydrodynamický model a kalibrační podklady

Numerický jednorozměrný síťový (1D+) model Desné v programu MIKE 11 byl vytvořen na Povodí Moravy, s.p. v roce 2008 [26]. Model sloužil pro zpracování studie Záplavové území toku Desná [15]. Pro tvorbu modelu bylo využito geodetické zaměření [6] a [7], DMT a hydrologická data. V rámci modelu byly řešeny povodňové scénáře pro Q₁ - Q₁₀₀. Výpočet byl proveden pro nerovnoměrné neustálené proudění.

Numerický 1D+ model Losinky v programu MIKE 11 byl vytvořen na Povodí Moravy, s.p. v roce 2012 [27]. Model sloužil pro zpracování Studie: Záplavová území toku Losinka [16]. Pro tvorbu modelu bylo využito geodetické zaměření [8], DMT a hydrologická data. V rámci modelu byly řešeny povodňové scénáře pro Q₁ - Q₁₀₀. Výpočet byl proveden pro neustálené nerovnoměrné proudění.

Pro potřeby tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik bylo provedeno řešení vymezených úseků ustáleným nerovnoměrným prouděním s využitím okrajových podmínek z výše uvedených celkových modelů. Pro úsek Moravy a Desné od soutoku s Moravou nad město Šumperk byl sestaven 2D numerický model [30] ve výpočtovém programu SMS-FESWMS 10.0 (Surface Modelling System). Pro úsek Desné nad Šumperkem a Losinky byl sestaven matematický 1D model v programu MIKE11. Modely vymezených úseků byly sestaveny společností Pöyry Environment a.s. ve spolupráci s Povodí Moravy s.p. v roce 2012 [22]. Hydrologická data v modelu byla aktualizována a doplněna o povodňový scénář Q₅₀₀. Případné rozdíly současného stavu (zjištěné z terénního průzkumu) a výchozího modelu byly zohledněny.

Kalibrační data – měrná křivka limnigrafické stanice na řece Desné v Šumperku a v Koutech nad Desnou.

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 Q₅₀₀ s přesahem.

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

Pozemní geodetické zaměření [6], [7] a [8] pokrývá celé zájmové území řešeného úseku toku. Příčné profily korytem jsou vedeny kolmo na směr proudění, s hustotou dle charakteru koryta. Zaměřeny jsou veškeré objekty na toku – stupně, jezy, mosty, lávky. V inundaci jsou dále zaměřeny liniové stavby podélné i příčné. Geodetické

práce zpracovali geodeti státního podniku Povodí Moravy, s.p. v roce 1996 – 1997 pro úsek Desné, doměření Desné bylo provedeno v r. 2005 – 2008. Zaměření Losinky bylo provedeno v roce 2012.

PPO, jejichž výstavba byla zahájena v roce 2017 a probíhala i v době zpracování tohoto dokumentu, jsou ve výpočtu zohledněna na základě dokumentace [31, 32].

Hydrologická data [9] použitá ve stávajícím výpočtu byla ověřena u ČHMÚ, případně doplněna o nová.

Terénní průzkum byl proveden v říjnu a listopadu 2012 [10] v rámci 1. plánovacího cyklu a v dubnu 2019 [11] v rámci 2. plánovacího cyklu.

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

Podkladem pro výpočet byl nový numerický 1D+ model Desné [26] zahrnující zájmový úsek v programu MIKE 11, který byl vytvořen firmou Pöyry Environment a.s. v roce 2008 a také stávající numerický 1D+ model Losinky [27] zahrnující zájmový úsek v programu MIKE 11, který byl vytvořen na Povodí Moravy, s.p. v roce 2012. Dále byl podkladem 2D model sestavený v rámci zpracování 1. plánovacího cyklu [30].

Kalibrační data – měrná křivka limnigrafické stanice na řece Desné v Šumperku a v Koutech nad Desnou.

4 Popis koncepčního modelu

Pro výpočet úseku Desné MOV_30-01 a úseku Losinky MOV_30-03 byl použit dvourozměrný (2D) model proudění. Výsledky simulace popisují ustálené proudění na úrovni požadovaných N-letých průtoků v celé zájmové oblasti. Model vymezených úseků byl sestaven společností AQUATIS a.s. ve spolupráci s Povodí Moravy, s.p. v roce 2019.

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.

Koncepční model v úseku MOV_30-01 byl kvůli velkému rozsahu rozdělen na tři samostatné navazující modely. Dolní úsek je vymezen na řece Desné v ř. km 6,595 až 12,020 (silniční most Šumperk – Hraběšice), prostřední úsek sestává z úseku Desné v ř. km 11,840 až 16,060 (silniční most v Rapotíně pod soutokem s Losinkou) a horní úsek zahrnuje jak řeku Desnou v ř. km 15,900 až 19,233, tak úsek Losinky MOV_30-03 s prodloužením až do zaústění Losinky do Desné. Zatímco sloučení horní části MOV_30-01 s MOV_30-03 je vynuceno rozsáhlými indundacemi v oblasti mezi oběma páteřními toky, k rozdělení MOV_30-01 na tři úseky bylo přikročeno z důvodu omezení softwarových nestabilit souvisejících s časovou náročností výpočtu. Místa vlastního rozdělení byla nejprve vytipována na základě předběžného výpočtu zahrnující celý úsek MOV_30-01 včetně MOV_30-03, který však vychází z hrubšího prostorového kroku výpočetní sítě. Návaznost finálních výsledků ve vymezených dílčích úsecích MOV_30-01 je zachována vložením okrajové podmínky.

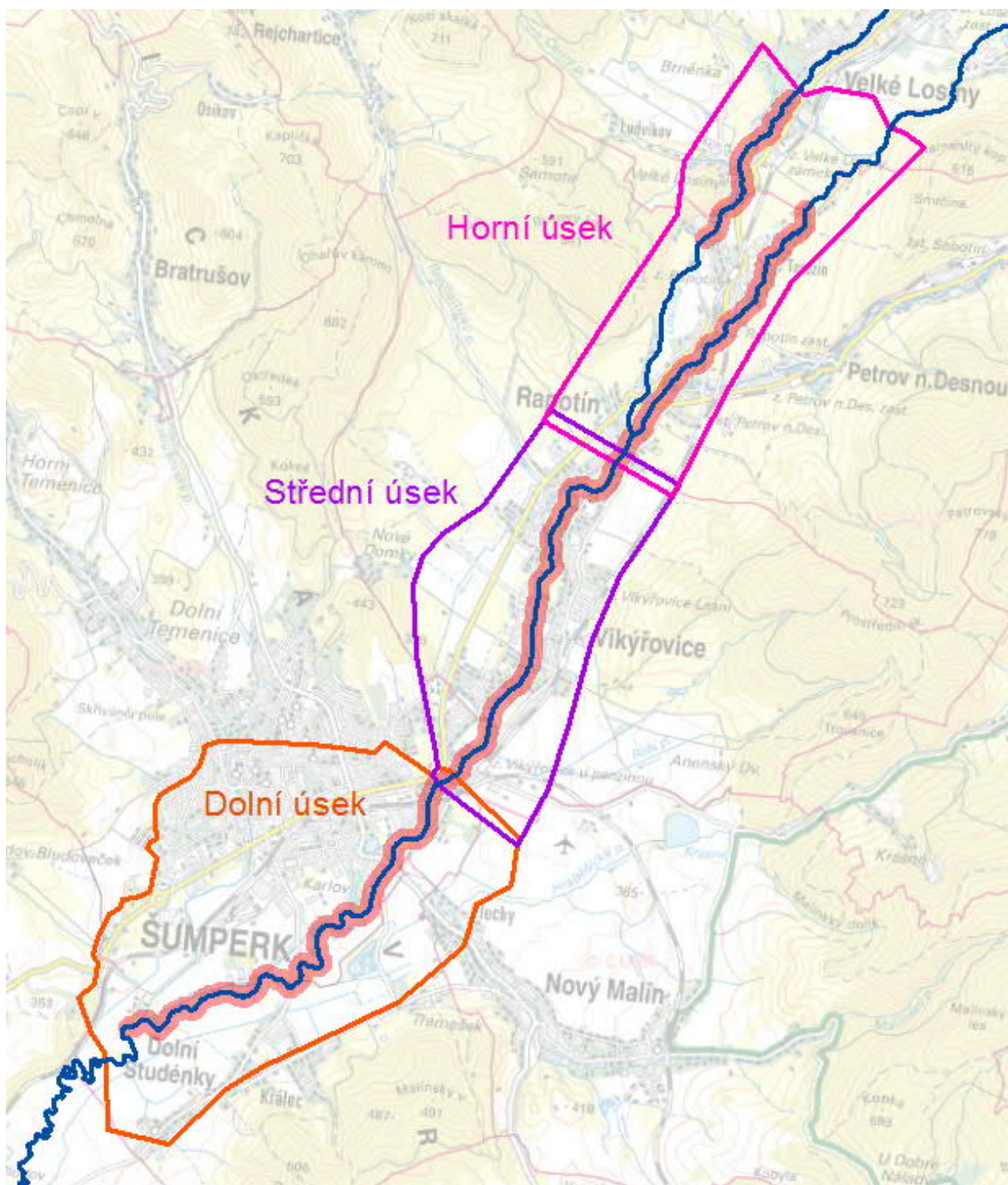
2D modelem bylo popsáno proudění vlastním korytem Desné a Losinky, dále související inundační území a veškeré objekty včetně realizovaných PPO [31, 32]. Do modelu nejsou zahrnuty malé přítoky z povodí z důvodu jejich nevýznamnosti. Hydrologicky významné přítoky byly naopak do výpočtu zahrnuty ve zjednodušené podobě, nicméně pro ně zpravidla nebylo k dispozici zaměření koryta v požadovaném rozsahu.

Úsek Desné MOV_30-02 nebyl nově modelován, byla pouze provedena aktualizace DMT pro stávající model provedený v rámci 1. plánovacího cyklu [22] společností Pöyry Environment a.s. ve spolupráci s Povodím Moravy s.p. v roce 2012. Řešený úsek toku byl schematizován 1D+ modelem. Hydrodynamický model byl sestaven v rámci podkladu [22] a průběhy hladin byly provedeny výpočtem ustáleného nerovnoměrného proudění pomocí programu MIKE 11 [28].

Přehled výpočetních modelů pro úseky MOV_30-01 a MOV_30-03:

- Dolní úsek Desné (MOV_30-01) v ř. km 6,595 – 12,020.
- Střední úsek Desné (MOV_30-01) v ř. km 11,840 – 16,060.
- Horní úsek Desné (MOV_30-01) v ř. km 15,900 – 19,233 včetně celého úseku Losinky (MOV_30-03) s prodloužením až do zaústění do Desné.

Na Obr. č. 12 je znázorněno rozdělení řešené oblasti s označením výpočetních modelů.



Obr. č. 12 Rozdělení řešené oblasti s označením výpočetních modelů

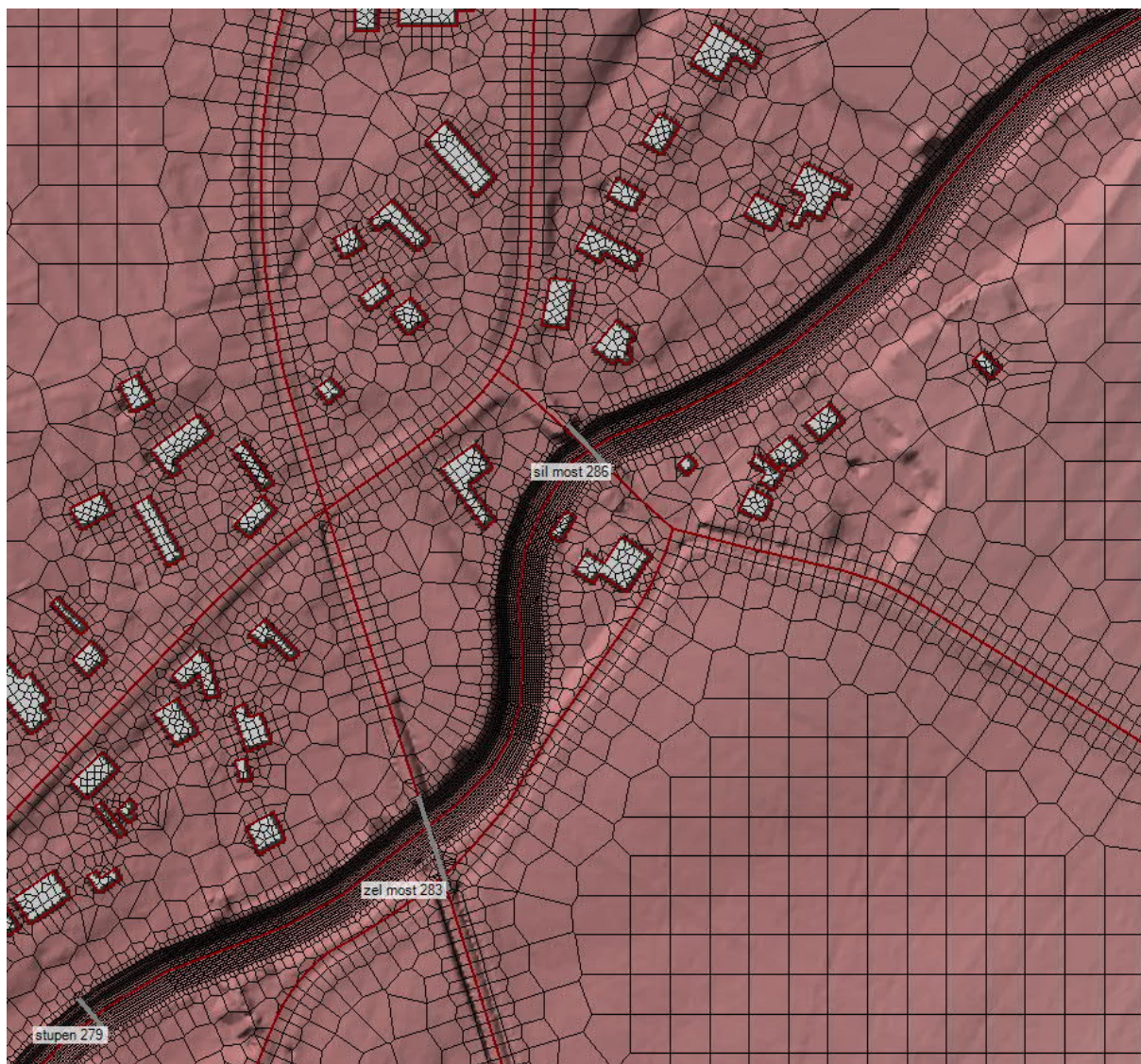
4.1 Schematizace řešeného problému

V rámci vytváření 2D modelu byla provedena schematizace náhradní oblasti pomocí nepravidelné mnohoúhelníkové výpočetní sítě (Obr. č. 13). Základem byla ortogonální síť s velikostí prvku $20\text{ m} \times 20\text{ m}$, která byla pomocí povinných hran přizpůsobena objektům a liniovým prvkům tak, aby byl co nej přesněji 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 $1,0 \text{ m} \times 1,0 \text{ m}$. Realizovaná PPO byla do modelu zakomponována pomocí nástrojů programu HEC-RAS 5.0.6.

Pro zájmový úsek Desné (MOV_30-01) a Losinky (MOV_30-03) byla sestavena skupina vzájemně navazujících modelů. Napojení sousedních modelů je popsáno v kap. 4.3 a konkrétní hodnoty dolních okrajových podmínek pro navazující modely výše proti toku stanovené na základě výstupů modelů níže jsou uvedeny v kap. 5.2.3.

Na Obr. č. 13 je znázorněn detail výpočetní sítě, ze kterého je patrné začlenění povinných hran (hrany budov, liniové stavby, břehové hrany) a zahuštění sítě v oblasti koryta.



Obr. č. 13 Detail výpočetní sítě přizpůsobené povinným hranám a se zahuštěním buněk v oblasti koryta

4.2 Posouzení vlivu nestacionarity proudění

Výsledky předkládaných hydraulických výpočtů odrážejí 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

Horní okrajovou podmínkou (HOP) jsou hodnoty N-letých povodňových průtoků Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500} v Desné a v Losince dodané ČHMÚ [8]. Vzhledem k tomu, že v zájmových úsecích dochází k významným změnám hodnot průtoků po jejich délce (Tab. č. 5), jsou tyto změny zohledněny postupným navyšováním průtoků zadáním vnitřních okrajových podmínek v profilech pod významnými přítoky. Jejich velikosti jsou stanoveny na základě poměrů ploch dílčích povodí. Konkrétní hodnoty jsou uvedeny v kap. 5.2.3.

Dolní okrajové podmínky (DOP) jsou zadávány dvojím způsobem. Na dolním úseku byla DOP zadána jako úroveň hladiny na dolním okraji modelu ve vzdálenosti 800 m pod řešenou oblastí. Hodnota dolní okrajové podmínky je určena na základě měrné křivky v tomto profilu sestavené na základě výpočtu provedeného v rámci 1. plánovacího cyklu [22]. V případě horního a středního úseku jsou DOP hodnoty úrovně hladiny stanovené na základě výpočtu na níže navazujícím modelu.

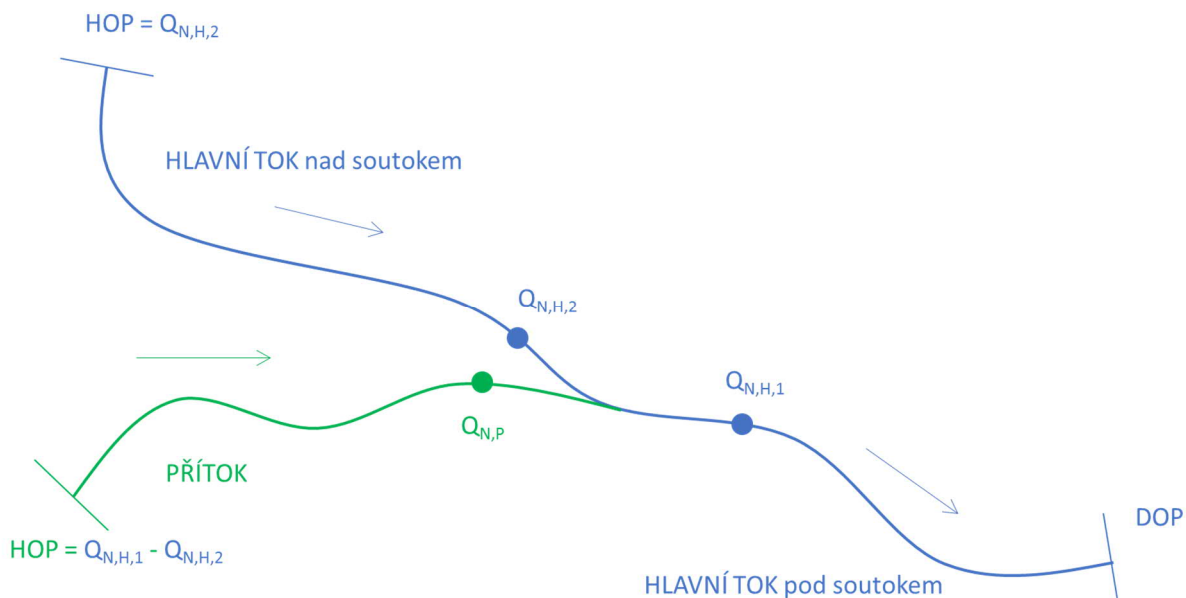
Souběhy povodní z více větví

Řešení souběhu povodní se týká pouze horního úseku, který zahrnuje horní část zájmového úseku Desné MOV_30-01 a celý zájmový úsek Losinky MOV_30-03 včetně jejich soutoku.

Pro tento úsek byly provedeny dvě varianty výpočtu s ohledem na rozdělení povodňových průtoků. Pro vynesení rozlivů byla uvažována obálka maximálních rozlivů z těchto dvou uvažovaných scénářů.

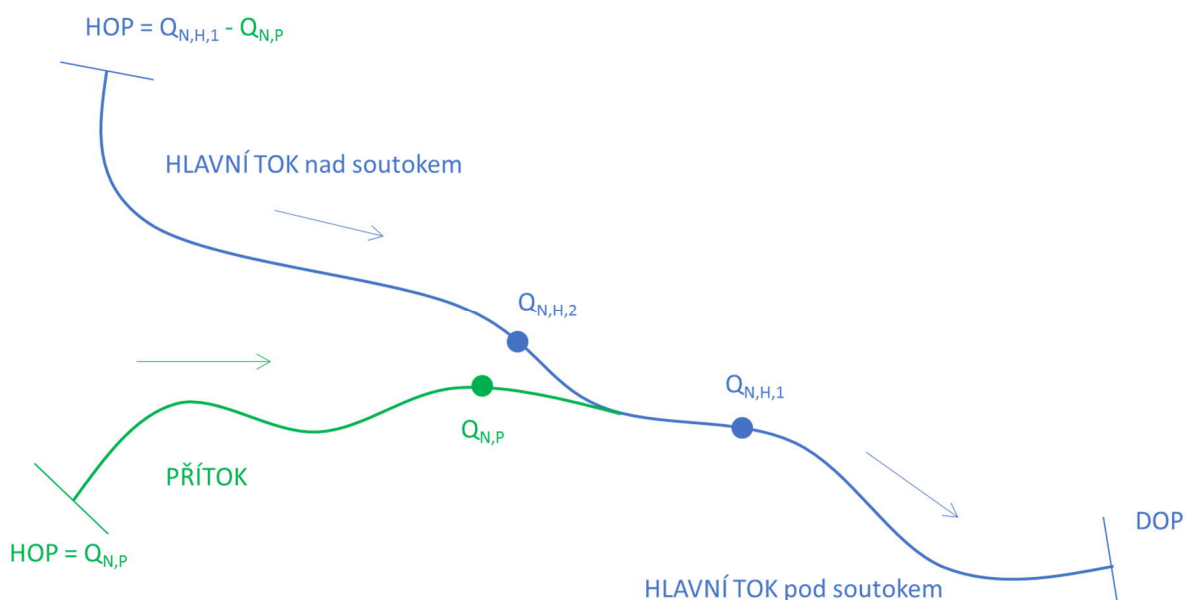
Ve variantě 1 je jako HOP na hlavním toku zadána hodnota příslušného Q_N v hlavním toku nad soutokem ($Q_{N,H,2}$) a jako HOP na přítoku je zadána hodnota odpovídající rozdílu mezi Q_N v hlavním toku pod soutokem a Q_N v hlavním toku nad soutokem ($Q_{N,H,1} - Q_{N,H,2}$). Ve variantě 2 je jako HOP na hlavním toku zadána hodnota odpovídající rozdílu Q_N v hlavním toku pod soutokem a Q_N na přítoku ($Q_{N,H,1} - Q_{N,P}$) a jako HOP na přítoku je zadána hodnota Q_N na přítoku ($Q_{N,P}$). Rozdělení průtoků ve dvou variantách výpočtů je schematicky znázorněno na Obr. č. 14 a 15.

Varianta 1 – patřičné N-leté povodňové průtoky Q_N na hlavním toku Desná ($Q_{N,H,2}$), který se doplňuje z Losinky takovými průtoky ($Q_{N,H,1} - Q_{N,H,2}$), aby součet odpovídal příslušnému N-letému průtoku pod soutokem ($Q_{N,H,1}$), tedy v profilu Desná – pod Losinkou (hodnoty stanovené dopočtem mezi profily Desná – pod Mertou a Desná – Šumperk LG).



Obr. č. 14 Schéma zadávání OP pro Variantu 1 rozdělení povodňových průtoků

Varianta 2 – patřičné N-leté povodňové průtoky Q_N na vedlejším toku Losinka ($Q_{N,P}$), který se doplňuje z Desné takovými průtoky ($Q_{N,H,1} - Q_{N,P}$), aby součet odpovídal příslušnému N-letému průtoku pod soutokem ($Q_{N,H,1}$), tedy v profilu Desná – pod Losinkou.



Obr. č. 15 Schéma zadávání OP pro Variantu 2 rozdělení povodňových průtoků

Hodnoty Q_N v profilu Desná – pod Losinkou byly dopočítány na základě dostupných hydrologických údajů [9] a dílčích ploch povodí IV. řádu jako poměr dílčí plochy povodí ku celkové ploše povodí závěrového profilu, vynásobené známými hodnotami Q_N v závěrovém profilu.

Výpočet je zahájen na „suchém“ modelu. Na začátku simulace je na HOP zadán průtok 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 průtoku na celém modelovaném úseku.

Při výpočtu Q_{20} je výchozím stavem ustálené proudění při průtoku 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. výchozí stav výpočtu 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. Numerické řešení je založeno na metodě konečných objemů. Pro řešení proudění byla zvolena metoda difuzní vlny. Výpočtové rovnice jsou uvedeny v manuálu [23].

Výsledky dosažené metodou difuzní vlny byly na vybraných zájmových úsecích porovnány s metodou využívajících úplných Saint Venantových rovnic. Na převážné většině území výpočetní síť 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 silné turbulentního proudění. Vzhledem k ostatním nejistotám a přijatým zjednodušením se použití metody difuzní vlny jeví jako praktická a adekvátní technika pro řešení úlohu.

5.2 Vstupní data numerického modelu

Vstupními daty numerického modelu jsou data z geodetického pozemního měření [6, 7, 8], v podobě příčných řezů, z nichž je vygenerován model koryta toku Desné a Losinky. Model povrchu inundačního území je vytvořen na základě DMR 5G [1]. PPO jsou ve výpočtu zohledněna na základě dokumentace [31, 32] jednak úpravou DMT a jednak zadáním liniových objektů pomocí nástrojů programu HEC-RAS. Budovy a bloky budov jsou ve výpočetní síti uvažovány jako neprůtočné plochy s výrazným zvýšením terénu. Digitální povrch terénu použitý ve výpočtu je vytvořen propojením zaměření koryt, digitálního modelu reliéfu a neprůtočných objektů (budov). HOP jsou hodnoty N-letých povodňových průtoků Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500} v Desné a Losince dodané ČHMÚ [9] resp. stanovené dopočtem. DOP jsou úrovně hladin na dolním okraji modelu. Pro stanovení součinitele drsnosti byly používány ortofotomapy [3] a fotodokumentace [24] a [25] pořízené při terénním průzkumu v letech 2012 a 2019.

Při výpočtu se uvažovalo s konstantním časovým krokem 0,5 s. V průběhu výpočtu byla kontrolována konvergence. 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 (Tab. č. 8 a 9) včetně realizovaných PPO [31, 32] (Tab. č. 10). Ochranné hráze a zdi byly do modelu přidány pomocí nástrojů programu HEC-RAS 5.0.6. Manipulace na objektech je uvažována dle manipulačních řádů. Ve většině případů je uvažováno při povodňových průtocích s vyhrazeným objektem.

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 téže 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. 8 Objekty vstupující do modelu, úsek MOV_30-01, Desná, km 6,595 – 19,233

Km	Popis objektu	Km dle TPE (identifikátor objektu)	Lokalita
7,597	Lávka Dolní Studénky	-	Dolní Studénky
8,049	Lávka	9,145	Dolní Studénky
8,248	Jez Moravolen - Šumperk	9,358	Dolní Studénky
8,683	Silniční most	9,776	Dolní Studénky
10,390	Jez Šumperk	11,543	Šumperk
10,721	Silniční most	11,868	Šumperk
10,726	Lávka pro pěší	-	Šumperk
11,595	Práh	-	Šumperk
11,607	Železniční most	12,760	Šumperk
11,657	Lávka	12,812	Šumperk
12,088	Silniční most u Jirsáka	13,262	Šumperk
12,702	Jez Kremsšovský	13,844	Rapotín
13,371	Dřevěná lávka	14,510	Rapotín
13,969	Silniční most	15,096	Rapotín
14,231	Jez Rapotín - nový	15,403	Vikýřovice
14,660	Silniční most - rekonstrukce	15,826	Vikýřovice
15,095	Stupeň	-	Vikýřovice
15,780	Stupeň, lávka, MVE	-	Vikýřovice
16,125	Silniční most - rekonstrukce	17,315	Rapotín
16,620	Silniční most	17,812	Rapotín
17,025	Stupeň Terežín	-	Rapotín
17,460	Stupeň Terežín	-	Rapotín
17,600	Železniční most	18,870	Rapotín
17,770	Silniční most Terežín	19,034	Rapotín
18,416	Lávka	19,670	Rapotín
18,525	Stupeň	-	Rapotín

Tab. č. 9 Objekty vstupující do modelu, úsek MOV_30-03, Losinka, km 2,328 – 4,155

Km	Popis objektu	Km dle TPE (identifikátor objektu)	Lokalita
2,328	silniční most u koupaliště	-	Rapotín
2,531	mostek	-	Rapotín
2,975	silniční most k zámku	-	Velké Losiny
3,035	stupeň	-	Velké Losiny
3,137	lávka	-	Velké Losiny
3,182	mostek	-	Velké Losiny

Km	Popis objektu	Km dle TPE (identifikátor objektu)	Lokalita
3,187	práh	-	Velké Losiny
3,252	silniční most	-	Velké Losiny
3,633	silniční most	-	Velké Losiny
3,675	stupeň	-	Velké Losiny
3,760	mostek	-	Velké Losiny
3,855	lávka	-	Velké Losiny
3,949	lávka	-	Velké Losiny
4,053	lávka	-	Velké Losiny
4,155	mostek	-	Velké Losiny

Tab. č. 10 PPO dle [31, 32] zahrnutá do výpočtu

Popis objektu	Km	Lokalita
Rekonstrukce pevného jezu Červený Dvůr na vakový jez	14,231	Vikýřovice
Prohrábka (zahlobení) koryta řeky Desné	14,231 – 14,713	Vikýřovice
Odsazená ochranná hráz a úpravy nad jezem na PB Desné po Rejchartický potok	14,303 – 14,477	Vikýřovice
Ochranná zeď a úpravy na PB Rejchartického potoka	0,070 – 0,195	Vikýřovice
Ochranná zídka a berma na PB Desné od potoka po most	14,484 – 14,654	Vikýřovice
Odsazená ochranná hráz nad jezem na LB Desné	14,176 – 14,449	Vikýřovice
Povodňový park rybím přechodem	14,176 -14,445	Vikýřovice
Ochranná zídka a berma na LB Desné pod mostem	14,449 – 14,650	Vikýřovice
Rekonstrukce mostu v km 15,826 dle TPE	14,660	Vikýřovice
Ochranná zeď nad mostem na PB Desné	14,658 – 14,812	Vikýřovice
Odsazená ochranná hráz na PB Desné	14,784–15,214	Vikýřovice
Ochranná zeď na PB Desné	15,214 –15,254	Vikýřovice
Povodňový park s obtokovým korytem a rybím přechodem	14,946 – 15,233	Vikýřovice
Opěrná zeď a úpravy na PB Desné	15,254 – 15,438	Vikýřovice
Ochranná zeď nad mostem na LB Desné	14,652 – 14,702	Vikýřovice
Ochranná hráz na LB Desné	14,685 – 14,796	Vikýřovice
Ochranná zeď a hráz podél zahrádek na LB Desné	14,771 – 15,061	Vikýřovice
Úpravy hrázky na LB Desné	15,046 – 15,130	Vikýřovice
Úpravy hráze na LB Desné	15,130 – 15,194	Vikýřovice
Úpravy na LB Desné u stavení	15,194 – 15,264	Vikýřovice
Ochranná hráz a berma na LB Desné	15,264 – 15,573	Vikýřovice

Popis objektu	Km	Lokalita
Odsazená ochranná hráz na PB Desné	15,438 – 15,881	Vikýřovice
Povodňový park s obtokovými koryty	15,457 – 15,854	Vikýřovice
Ochranná zeď na PB Desné pod silničním mostem	15,881 – 16,123	Vikýřovice
Rybí přechod na PB Desné u pohyblivého jezu s MVE	14,812 – 15,760	Vikýřovice
Opěrná zeď na LB Desné	15,590 – 15,739	Vikýřovice
Úpravy na LB Desné podél zástavby nad jezem	15,785 – 15,977	Vikýřovice
Ochranná zídka na LB Desné na ulici Rybářské po most	15,977 – 16,123	Vikýřovice
Rekonstrukce silničního mostu v km 17,315 dle TPE	16,125	Rapotín
Ochranná zeď na PB Desné nad mostem	16,133 – 16,257	Rapotín
Ochranná hráz na PB Losinky nad soutokem	6,257 Desné – km 0,072 Losinky	Rapotín
Úpravy na PB Losinky mezi mosty	0,085 – 0,264	Rapotín
Ochranná zeď a berma na LB Desné mezi mosty	16,129 – 16,623	Rapotín
Ochranná zeď na LB Losinky od Desné po most v km 0,083	0,000 – 0,083	Rapotín
Ochranná zeď a hráz na LB Losinky mezi mosty	0,090 – 0,292	Rapotín
Ochranná zeď a hráz na PB Desné od Losinky po silnici I/11	16,280 – 16,614	Rapotín
Zkapacitnění koryta řeky Desné	16,640 – 16,866	Rapotín
Ochranná zeď a terénní úpravy na LB Desné po Mertu	16,632 – 16,883	Rapotín
Ochranná hráz na PB Desné po Mertu	16,640 – 16,876	Rapotín
Povodňový park s obtokovým korytem	16,640 – 16,866	Rapotín

5.2.2 Drsnosti koryta a inundačních území

Hodnoty součinitele drsnosti koryta byly určeny na základě pochůzek v terénu a při nich pořízených fotodokumentací [24, 25]. Korekce těchto hodnot byla provedena na základě kalibrace (viz kap. 5.3).

Pro zadávání hodnot součinitelů drsnosti je uvažováno letní období se vzrostlou vegetací. Drsnost koryta je uvažována hodnotou součinitele drsnosti $n = 0,035 - 0,050$ dle Manninga. Způsob jeho zadávání v objektech je popsán výše v kapitole 5.2.1. Hodnoty použitých součinitelů drsnosti jsou uvedeny v Tab. č. 11.

Tab. č. 11 Orientační hodnoty součinitelů drsnosti dle Manninga použité při výpočtu

Povrch	Orientační hodnoty součinitele drsnosti dle Manninga
koryto	0,035 - 0,050
silnice, zpevněné plochy	0,025
louka	0,035
kolejiště	0,038
orná půda	0,040
ovocný sad, park	0,050
zahrada	0,055

Povrch	Orientační hodnoty součinitele drsnosti dle Manninga
hřbitov	0,060
skalní útvary	0,060
les	0,080 - 0,085

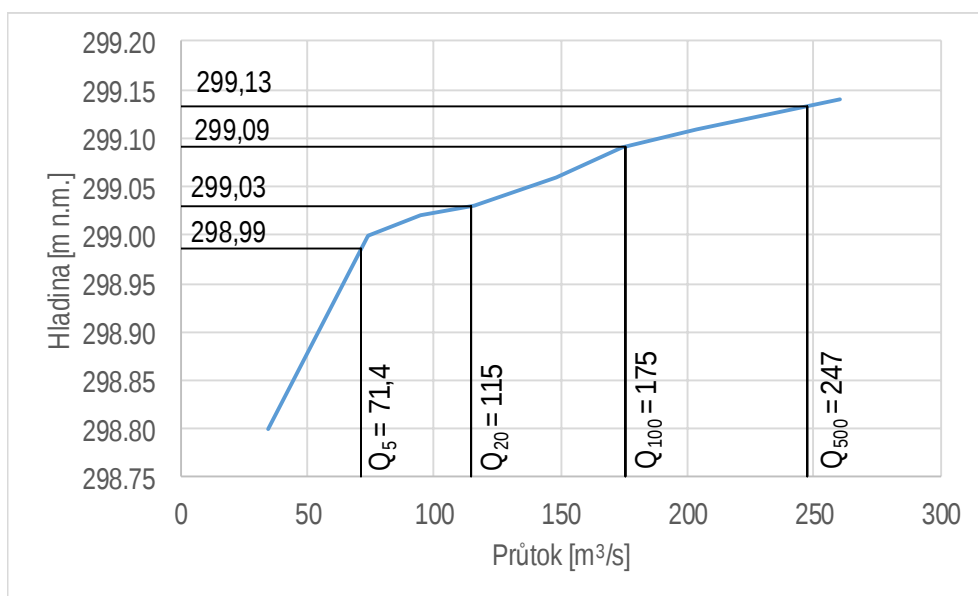
5.2.3 Hodnoty okrajových podmínek

Hodnoty okrajových podmínek (OP) byly zadány pro jednotlivé modely dle rozdělení řešené oblasti popsaného v kap.4.

V následujícím textu je popsáno nastavení OP a jejich variant pro jednotlivé modely. Dále v Tab. 25 je uveden přehled nejvyšších hodnot průtoků pro dané N-letosti v jednotlivých řešených úsecích v zájmové oblasti.

Dolní úsek Desné (MOV_30-01) v ř. km 6,595 – 12,020

Dolní okrajovou podmínkou (DOP) byly úrovně hladiny v profilu Desné umístěném ve vzdálenosti cca 800 m pod dolním koncem zájmového úseku (v ř. km 5,776). Hodnoty úrovní hladin při daných povodňových průtocích byly převzaty z měrné křivky (Obr. č. 16) sestavené na základě výsledků výpočtu provedeného v rámci 1. plánovacího cyklu [22].



Obr. č. 16 Stanovení DOP z měrné křivky Desné v profilu ve vzdálenosti 800 m pod zájmovým úsekem

Horní okrajové podmínky (HOP) pro Desnou byly hodnoty N-letých povodňových průtoků Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500} v profilu Desná – Šumperk LG dodané ČHMÚ [9]. Dále byl proveden dopočet N-letých průtoků v profilu Desná – pod Bratrušovským potokem na základě poměru ploch mezipovodí. Rozdíly v hodnotách průtoků v těchto dvou profilech byly do modelu zadány jako vnitřní okrajová podmínka v korytě Desné pod významnými přítoky – Bratrušovský a Hraběšický potok. V Tab. č. 12 je uveden přehled HOP pro model dolního úseku Desné a hodnot průtoků (kurzíva), pomocí nichž byly HOP stanoveny.

Tab. č. 12 Hodnoty průtoků uvažované při hydraulickém řešení dolního úseku Desné v m^3/s

Hydrologický profil	Plocha povodí v km^2	N-leté průtoky Q_N			
		Q_5	Q_{20}	Q_{100}	Q_{500}
Desná – Šumperk LG (hodnoty ČHMÚ [9]) – HOP	240,63	63,5	103	161	230

Hydrologický profil	Plocha povodí v km ²	N-leté průtoky Q_N			
		Q_5	Q_{20}	Q_{100}	Q_{500}
Hraběšický potok – vnitřní OP v Desné		4,7	7	8	10
Desná – nad Bratrušovským potokem – dopočet	279,58	68,2	110	169	240
Bratrušovský potok – vnitřní OP v Desné		3,2	5	6	7
Desná – pod Bratrušovským potokem – dopočet	306,56	71,4	115	175	247
Desná – ústí (hodnoty ČHMÚ [9])	337,85	75,2	120	182	255

Střední úsek Desné (MOV_30-01) v ř. km 11,840 – 16,060

DOP byly úrovně hladiny na dolním okraji modelu středního úseku Desné v ř. km 11,840. Hodnoty úrovní hladin při daných povodňových průtocích byly převzaty z výstupů navazujícího modelu dolního úseku. Vzájemný přesah modelů je 80 – 200 m.

HOP pro Desnou byly hodnoty N-letých povodňových průtoků Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500} v profilu Desná – pod Losinkou stanovené dopočtem na základě hodnot dodaných ČHMÚ [9] a poměru ploch dílčích povodí. Rozdíly v hodnotách průtoků v profilu Desná – pod Losinkou a v profilu Desná – Šumperk LG byly do modelu zadány jako vnitřní okrajová podmínka v korytě Desné pod významným přítokem – Rejchartický potok. V Tab. č. 13 je uveden přehled DOP a HOP pro model středního úseku Desné a hodnot průtoků (kurzíva), pomocí nichž byly HOP stanoveny.

Tab. č. 13 Hodnoty DOP v m n.m., hodnoty HOP a průtoků v m³/s uvažované při hydraulickém řešení středního úseku Desné

Hydrologický profil	Plocha povodí v km ²	N-leté průtoky Q_N			
		Q_5	Q_{20}	Q_{100}	Q_{500}
Desná, ř. km 11,840 – DOP		320,95	321,47	321,96	322,38
Desná – pod Mertou (hodnoty ČHMÚ [9])	176,73	56,3	92,4	144	210
Desná – pod Losinkou – dopočet – HOP	216,53	60,8	99	155	222
Rejchartický potok – vnitřní OP v Desné		2,7	4	6	8
Desná – Šumperk LG (hodnoty ČHMÚ [9])	240,63	63,5	103	161	230

Horní úsek Desné (MOV_30-01) v ř. km 15,900 – 19,233 včetně celého úseku Losinky (MOV_30-03) s prodloužením až do zaústění do Desné

DOP byly úrovně hladiny na dolním okraji modelu horního úseku Desné v ř. km 15,900. Hodnoty úrovní hladin při daných povodňových průtocích byly převzaty z výstupů navazujícího modelu středního úseku. Vzájemný přesah modelů je 160 m.

HOP byly zadány ve dvou variantách souběhu povodní dle schémat v kap. 4.3.

Ve variantě 1 byly HOP pro Desnou hodnoty N-letých povodňových průtoků Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500} v profilu Desná – nad Mertou stanovené dopočtem na základě hodnot dodaných ČHMÚ [9] a poměru ploch dílčích povodí. Rozdíly v hodnotách průtoků v profilu Desná – nad Mertou a v profilu Desná – pod Mertou byly do modelu zadány jako vnitřní okrajová podmínka v korytě Desné pod významným přítokem – Merta. HOP pro Losinku byly hodnoty rozdílů mezi N-letými průtoky v profilu Desná – pod Mertou a v profilu Desná pod Losinkou

Ve variantě 2 byly HOP pro Desnou hodnoty rozdílů mezi N-letými průtoky v profilu Losinka – ústí a v profilu Desná – pod Losinkou zmenšené o přítoky z Merty, které byly zadány jako vnitřní okrajová podmínka v korytě Desné pod Mertou. HOP pro Losinku byly hodnoty N-letých povodňových průtoků Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500} v profilu Losinka – nad Račinkou stanovené dopočtem na základě hodnot dodaných ČHMÚ [9] a poměru ploch dílčích povodí. Rozdíly v hodnotách průtoků v profilu Losinka – nad Račinkou a v profilu Losinka – ústí byly do modelu zadány jako vnitřní okrajové podmínka v korytě Losinky pod významnými přítoky – Černý potok a Račinka.

V Tab. č. 14 je uveden přehled DOP a HOP pro model horního úseku Desné včetně Losinky a hodnot průtoků (kurzíva), pomocí nichž byly HOP stanoveny.

Tab. č. 14 Hodnoty DOP v m n.m., hodnoty HOP a průtoků v m³/s uvažované při hydraulickém řešení horního úseku Desné

Hydrologický profil		Plocha povodí v km ²	N- leté průtoky Q _N			
			Q ₅	Q ₂₀	Q ₁₀₀	Q ₅₀₀
Desná, ř. km 15,900 - DOP			350,52	350,92	351,27	351,42*
Varianta 1	Desná – pod Hučivou Desnou (hodnoty ČHMÚ [9])	63,15	29,2	51,2	85,7	135
	Desná – nad Mertou – dopočet – HOP	102,52	38,6	65,5	106	161
	Merta – ústí – vnitřní OP v Desné		17,7	26,9	38	49
	Desná – pod Mertou (hodnoty ČHMÚ [9])	176,73	56,3	92,4	144	210
	Losinka – ústí – HOP		4,5	6,6	11	12
	Desná – pod Losinkou – dopočet	216,53	60,8	99	155	222
	Desná – Šumperk LG (hodnoty ČHMÚ [9])	240,63	63,5	103	161	230
Varianta 2	Losinka – nad Račinkou – dopočet – HOP	16,56	7,3	12,9	21,6	33,9
	Račinka – ústí – vnitřní OP v Losince		6,0	10,7	17,8	28,1
	Losinka – nad Černým potokem – dopočet	30,25	13,2	23,6	39,4	62,0
	Černý potok – ústí – vnitřní OP v Losince		3,9	6,8	11,5	18,0
	Losinka – ústí (hodnoty ČHMÚ [9])	39,04	17,1	30,4	50,9	80,0
	Desná – nad Losinkou – HOP		26,0	41,7	65,6	93,5
	Desná – pod Losinkou – dopočet	216,53	60,8	99	155	222
	Desná – Šumperk LG (hodnoty ČHMÚ [9])	240,63	63,5	103	161	230

*Pozn.: Při simulaci průtoku Q₅₀₀ byla DOP rozdělena na úsek pro koryto, dva úseky pro pravobřežní a dva úseky pro levobřežní inundační území kvůli návaznosti na model středního úseku. Hodnoty úrovní hladin pro jednotlivé úseky DOP při Q₅₀₀ byly:

- Hodnota DOP pro koryto Desné: 351,42 m n.m.
- Hodnota DOP pro LB inundační území dále od koryta: 350,78 m n.m.
- Hodnota DOP pro LB inundační území blíže korytu: 351,15 m n.m.
- Hodnota DOP pro PB inundační území blíže korytu: 351,06 m n.m.
- Hodnota DOP pro PB inundační území dále od koryta: 349,71 m n.m.

Celkový přehled hodnot průtoků vstupujících do výpočtu

V Tab. č. 15 je uveden přehled hodnot nejvyšších průtoků pro dané N-letosti v jednotlivých úsecích modelu.

Tab. č. 15 Celkový přehled nejvyšších hodnot průtoků uvažovaných při hydraulickém řešení v m³/s

Hydrologický profil (příslušný úsek) \ N- leté průtoky Q _N	Q ₅	Q ₂₀	Q ₁₀₀	Q ₅₀₀
Desná – nad Mertou (od začátku řešeného úseku po zaústění Merty)	38,6	65,5	106	161
Desná – pod Mertou (od zaústění Merty po zaústění Losinky)	56,3	92,4	144	210
Desná – pod Losinkou (od zaústění Losinky po Rejchartický potok)	60,8	99	155	222
Desná – Šumperk LG (od Rejchartického potoka po Hraběšický potok)	63,5	103	161	230
Desná – nad Bratrušovským potokem (od Hraběšického p. po Bratrušovský p.)	68,2	110	169	240
Desná – pod Bratrušovským p. (od Bratrušovského p. po konec řešeného úseku)	71,4	115	175	247
Losinka – nad Račinkou (od začátku řešeného úseku po Račinku)	7,3	12,9	21,6	33,9
Losinka – nad Černým potokem (od Račinky po Černý potok)	13,2	23,6	39,4	62,0
Losinka – ústí (od Černého potoka po zaústění do Desné)	17,1	30,4	50,9	80,0

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 (viz kap. 4.3). Výchozím stavem výpočtu je tedy v tomto případě vždy výstup z předchozí simulace.

Počáteční podmínky se při výpočtu ustáleného proudění neuplatní.

5.2.5 Diskuze k nejistotám a úplnosti vstupních dat

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 [33]. Doplněné pozemní zaměření koryta je provedeno v příčných řezech ve vzájemné vzdálenosti 30 - 100 m. Provedená schematizace koryta mezi příčnými řezy tak může mít vliv na zkreslení výsledků výpočtů.

Popis drsností vychází 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.

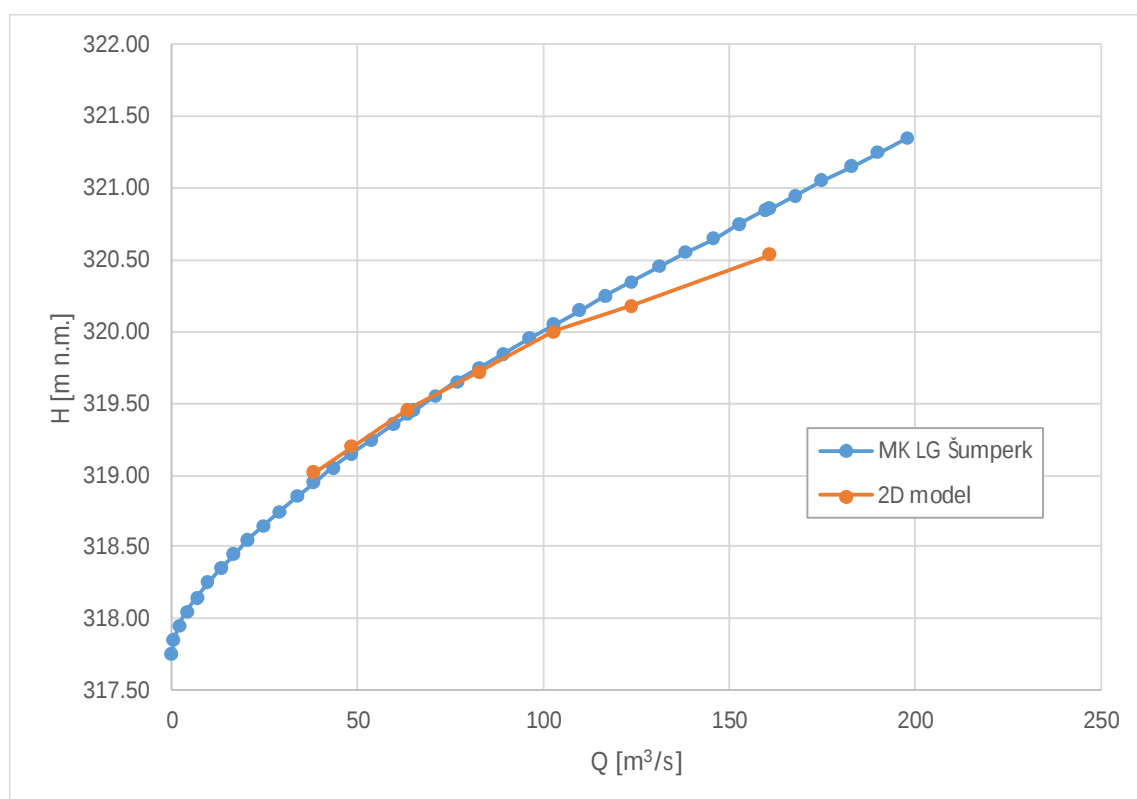
Nejistota dále spočívá v hydrologických údajích stanovených dle ČHMÚ. Je zřejmé, že údaje o N-letých průtocích nejsou údaje neměnné. Při zpracování výpočtů jsou tedy posuzovány veškeré dostupné hydrologické podklady – tedy současně platné se porovnávají s historickými i „nedávno minulými“. Rozptýlení hodnot N-letých údajů bývá někdy značné. Je nutno zhodnotit i třídu přesnosti poskytovaných hydrologických údajů.

Nejistotou mohou být i použité hodnoty přítoků z mezipovodí, které jsou stanoveny na základě velikosti ploch mezipovodí a nezohledňují rozdíly ve sklonitosti území a ve využití území resp. typech povrchů či schopnostech zadržení vody.

5.3 Popis kalibrace modelu

Dostupnými kalibračními daty jsou údaje z měrné křivky (MK) limnigrafické stanice Šumperk na toku Desná [34]. PPO [31, 32] realizovaná v roce 2017 nemají na údaje MK (z r. 2009) vliv vzhledem k tomu, že jsou umístěna více než 2 km nad stanicí. Výpočtový model byl kalibrován úpravou hodnot součinitele drsnosti při porovnání hladin vypočtených pomocí modelu a hladin dle MK. Výsledné hodnoty součinitele drsnosti použité pro výpočet jsou uvedeny v kap. 5.2.2 v Tab. č. 11. Porovnání hladin stanovených výpočtem s hodnotami drsností určenými na základě kalibrace a hladin dle MK v profilu Desná – Šumperk LG je znázorněno na Obr. č. 17.

Z porovnání hladin na Obr. č. 17 je zřejmé, že do průtoku 103 m³/s (Q_{20}) vykazují porovnávaná data velmi dobrou shodu (rozdíl ± 7 cm), zatímco při průtocích vyšších vychází dle výpočtu hladiny významně nižší. Ve výpočtu jsou uvažovány konstantní hodnoty drsností (neměnné v závislosti na hloubce resp. průtoku). Při vyšších hodnotách průtoků by tedy pro přiblížení výsledků výpočtu k hodnotám z MK bylo zapotřebí výrazně zvýšit drsnosti a nastavit jejich různé hodnoty v závislosti na velikosti průtoku. Z tvaru MK (od vyšších průtoků - přímka) je však patrné, že při vyšších průtocích se závislost hladiny a průtoku blíží přímé úměrnosti a dá se předpokládat, že v této oblasti byla MK dotvořena extrapolací z nižších (fyzicky naměřených) hodnot. Po této úvaze se jako směřodátná data pro kalibraci použily vypočtené a naměřené údaje do velikosti průtoku Q_{20} a hodnoty drsností určené na základě této kalibrace byly uvažovány konstantní i pro vyšší hodnoty průtoku. Použité hodnoty drsnostního součinitele jsou v souladu s jejich prvotním určením na základě pochůzek a při nich pořízených fotodokumentací [24, 25].



Obr. č. 17 Porovnání hladin v profilu Desná – Šumperk LG

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} . Pro 1D výpočty jsou rychlosti znázorněny pomocí bodů.

Úrovně hladin z 1D výpočtu jsou tabelárně znázorněny v Tab. č. 16.

Úsek MOV_30-01 Desná, km 6,595 – 19,233

Rozlivy v zájmovém úseku Desné ohrožují objekty v obcích Dolní Studénky, Šumperk, Nový Malín, Víkřovice, Rapotín a Petrov nad Desnou.

V obci Rapotín nad soutokem s Mertou dochází k lokálním rozlivům na PB od Q_{20} . PPO [31, 32] v Rapotíně pod soutokem s Mertou jsou navržena na Q_{50} a při Q_{100} již dochází k PB i LB vybřežení v upraveném úseku. Na PB mezi soutokem s Losinkou a Rapotínským rybníkem dochází k souvislému rozlivu od Q_{100} . K lokálnímu vybřežení při Q_{100} dochází také nad zaústěním Holubího potoka.

V obci Víkřovice dochází k LB vybřežení nad zaústěním Holubího potoka od Q_5 , při Q_{20} rozliv v této oblasti dosahuje po Šumperskou ulici. Kromě tohoto krátkého úseku je celé území obce Víkřovice chráněno na Q_{20} , v horní části obce je tato ochrana dosažena pomocí PPO [31] navržených na Q_{50} . Při Q_{100} dosahuje rozliv na LB po Petrovskou ulici. Na hranici katastrálního území Víkřovic a Šumperka nad železničním mostem dosahuje rozliv při Q_{100} na LB po ulici K Lužím resp. Víkřovickou a na PB po ulici Jesenickou resp. Hybešovu.

Na území Šumperka nad železničním mostem k LB i PB vybřežení dochází už od Q_{20} . V horní části území Šumperka od Víkřovic až po zaústění Malínského potoka je koryto Desné kapacitní na Q_5 . K lokálnímu vybřežení při Q_{20} dochází na PB nad křížením s Uničovskou ulicí. Pod tímto křížením již při Q_{20} dochází k souvislým LB i PB rozlivům významně zasahujícím rovněž do katastrálního území obce Dolní Studénky. Šířka rozlivu při Q_{20} v dolní části zájmového úseku na hranici Šumperka a obce Dolní Studénky činí přibližně 1 km. Nad křížením s Uničovskou ulicí v Šumperku při Q_{100} dochází k významnému LB rozlivu, který zasahuje až do obydlené části obce Nový Malín. Maximální šířka rozlivu při Q_{100} na území obcí Šumperk a Dolní Studénky je 1,3 km. Při Q_{500} dochází k významnému PB rozlivu v Šumperku nad i pod křížením se železnicí. Podél železniční tratě voda při tomto průtoku rozlévá dále směrem k centru města odděleným inundačním územím. Rozliv zde dosahuje až po ulici Dr. E. Beneše, dále pokračuje podél železnice a Jesenické ulice až po kruhový objezd na Jesenické a Zábřežské, odkud je voda stahována zpět do užšího inundačního území Desné.

Úsek MOV_30-02 Desná, km 27,039 – 30,769

Řeka Desná protéká v zájmovém úseku sevřeným údolím v katastrálním území Rejhotice v obci Loučná nad Desnou. V blízkosti toku je obytná zástavba pro trvalé bydlení i pro rekreaci a také areály průmyslových podniků. K vybřežování dochází při Q_5 , a to především na LB v úrovni železniční zastávky Rejhotice, kdy jsou zaplavovány obytné objekty, dochází k oddělenému proudění mimo koryto v LB inundačním území, jemuž tvoří překážku silnice I/44 a následně těleso železniční trati. Při vyšších kulminačních průtocích dochází k výraznějším rozlivům na oba břehy. Liniové stavby (silnice I/44 a železniční trať) jsou významnými usměrňovacími prvky proudění. Při Q_{500} je zaplavována velká část objektů v katastru, maximální šířka rozlivu je cca 300 m.

Tab. č. 16 Psaný podélný profil pro úsek MOV_30-02, Desná, km 27,039 – 30,769

Číslo profilu	Ř. Km	Úrovně hladin (m n. m.) pro scénáře:				Objekty
		Q_5	Q_{20}	Q_{100}	Q_{500}	
393	27.039	477.05	477.49	478.03	478.70	

Číslo profilu	Ř. Km	Úrovně hladin (m n. m.) pro scénáře:				Objekty
		Q ₅	Q ₂₀	Q ₁₀₀	Q ₅₀₀	
394	27.125	477.96	478.36	478.86	479.49	
395	27.229	479.12	479.53	480.05	480.63	Spádový stupeň s rybochodem
396	27.346	480.79	481.17	481.68	482.28	
397	27.455	482.95	483.39	484.04	484.63	
398	27.469	483.72	484.27	485.06	486.08	Silniční most
399	27.531	483.72	484.27	485.06	486.08	Jez Loučná I
400	27.552	486.85	486.91	487.59	487.98	
401	27.582	487.12	487.24	487.79	488.04	
402	27.616	487.21	487.45	487.92	488.12	
403	27.642	487.30	487.63	488.12	488.80	Spádový stupeň
404	27.673	488.20	488.58	488.77	489.00	Spádový stupeň
405	27.731	488.48	488.77	489.20	489.77	
406	27.785	490.08	490.49	490.99	491.40	
407	27.804	490.38	490.83	491.38	492.30	Železniční most
408	27.813	490.38	490.83	491.38	492.30	
409	27.890	491.26	491.75	492.35	492.72	
410	27.958	491.62	492.13	492.72	493.03	Spádový stupeň
411	28.022	493.22	493.89	494.72	494.73	
412	28.071	494.12	494.58	495.15	495.68	Spádový stupeň
413	28.122	495.89	496.46	496.99	497.22	
414	28.164	496.56	496.94	497.38	498.49	Silniční most MK
415	28.218	496.56	496.94	497.38	498.49	
416	28.291	497.50	497.99	498.62	499.10	Spádový stupeň
417	28.339	499.60	500.15	500.30	500.93	
418	28.403	499.83	500.45	501.00	501.60	Spádový stupeň
419	28.448	501.02	501.45	502.00	502.63	Spádový stupeň
420	28.497	502.12	502.52	503.04	503.63	Spádový stupeň
421	28.532	503.45	503.82	504.31	504.84	Jez Loučná II
422	28.587	505.56	506.16	506.52	506.80	
423	28.651	506.11	506.57	507.14	507.82	
424	28.677	506.62	507.18	507.91	509.26	Silniční most Jeseník
425	28.687	506.62	507.18	507.91	509.26	
426	28.725	506.89	507.42	508.12	509.26	Spádový stupeň
427	28.764	508.51	509.05	509.48	509.57	
428	28.874	509.12	509.55	510.14	510.97	Spádový stupeň + práh
429	28.976	511.68	512.03	512.47	513.05	
430	29.079	514.48	514.81	515.24	515.77	Jez u pily
431	29.110	516.90	517.25	517.71	518.62	Potrubní lávka
432	29.175	516.90	517.25	517.71	518.62	Spádový stupeň
433	29.226	517.79	518.14	518.60	519.16	Spádový stupeň
434	29.265	519.04	519.39	519.86	521.05	Most do závodu
435	29.281	519.04	519.39	519.86	521.05	Spádový stupeň

Číslo profilu	Ř. Km	Úrovně hladin (m n. m.) pro scénáře:				Objekty
		Q ₅	Q ₂₀	Q ₁₀₀	Q ₅₀₀	
436	29.325	519.56	519.97	520.49	521.71	Spádový stupeň
437	29.371	520.66	521.08	521.59	522.19	Spádový stupeň
438	29.524	524.58	525.02	525.53	526.72	Most MK
439	29.583	524.58	525.02	525.53	526.72	Kamenný skluz
440	29.669	526.55	526.92	527.40	528.28	Kamenný skluz
441	29.695	527.39	527.70	528.10	528.59	
442	29.753	527.87	528.35	528.91	529.14	
443	29.824	528.87	529.21	529.64	530.14	
444	29.908	530.04	530.43	531.05	531.58	Balvanitý skluz
445	29.937	533.07	533.28	533.58	533.92	
446	30.029	533.19	533.47	533.92	534.74	
447	30.092	533.76	534.25	534.87	535.16	Spádový stupeň
448	30.173	536.08	536.44	536.91	537.45	
449	30.260	537.71	538.07	538.48	539.29	Most k ČOV
450	30.280	537.71	538.07	538.48	539.29	Balvanitý skluz
451	30.360	540.17	540.56	541.19	541.79	
452	30.439	541.65	542.02	542.49	543.05	
453	30.451	541.92	542.30	542.80	543.37	
454	30.485	542.60	542.92	543.34	543.93	
455	30.504	542.97	543.29	543.71	544.19	
456	30.520	543.32	543.74	544.24	544.80	Stupeň s rybochodem
457	30.636	545.04	545.40	545.81	546.30	Spádový stupeň
458	30.685	546.60	547.04	547.60	548.24	Spádový stupeň
459	30.748	548.04	548.43	549.01	549.63	
460	30.801	548.67	549.00	549.50	550.14	

Úsek MOV_30-03 Losinka, km 2,328 – 4,155

V řešeném úseku protéká Losinka Velkými Losinami a Terezínem (k.ú. Rapotín). Koryto je téměř v celé délce úseku kapacitní na Q₅. K vybřežení při Q₅ dochází pouze na LB v prostoru zámeckého parku. Při Q₂₀ jsou rozlivy již ohroženy objekty k bydlení a průmyslové plochy při ul. Komenského a U Losinky a na LB je zaplaveno území podél Jesenické ulice, kudy je malá část průtoku vedena až do užšího inundačního území Desné. Rozliv Q₁₀₀ je oproti Q₂₀ výraznější v dolní části úseku, kde je na PB zaplaveno hřiště a především na LB jsou zaplaveny obytné domky v Terezíně při ul. V Aleji. Při průtoku Q₅₀₀ je zaplavena zastavěná část Velkých Losin v horní části úseku, a to po obou březích. V dolní části úseku v prostoru pod zámekm dochází k výraznému rozlivu na LB přes silnici I/44 až k tělesu železniční trati.

6.2 Mapy povodňového nebezpečí

Maximálním rozlivem (polygon rozlivu Q₅₀₀) v řešeném úseku jsou dotčeny obce Dolní Studénky, Šumperk, Nový Malín, Vikýřovice, Rapotín, Petrov nad Desnou a Velké Losiny.

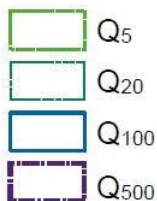
Charakteristiky povodně specifikující povodňové nebezpečí, jako hloubka a svislicová rychlost proudu, jsou v mapách povodňového nebezpečí vykresleny pro povodňové scénáře Q₅, Q₂₀, Q₁₀₀ a Q₅₀₀, kde hranice rozlivů jsou doprovodnými informacemi pro příslušné scénáře. Hloubky a svislicové rychlosti z výpočtů 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. 18.

Rozlivy



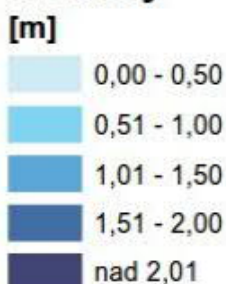
Obr. č. 18 Linie hranic rozlivů pro jednotlivé průtoky

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 m × 1 m.

Rozdělení intervalů hloubek a jejich barevná definice je v mapách vykreslena podle metodiky [XVII] - viz Obr. č. 19.

Hloubky



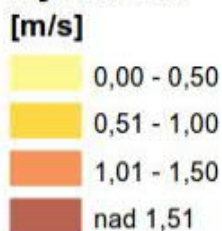
Obr. č. 19 Definice barev a intervalů hloubek

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

Údaje o svislicových rychlostech byly pro úsek MOV_30-01 a MOV_30-03 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 m × 1 m.

Rozdělení intervalů svislicových rychlostí a jejich barevná definice je v mapách vykreslena podle metodiky [XVII] - viz Obr. č. 20.

Rychlosti



Obr. č. 20 Definice barev a intervalů svislicových rychlostí

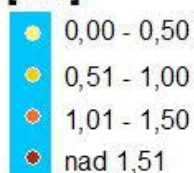
Průřezové rychlosti jsou pro úsek MOV_30-02 zobrazeny pro jednotlivé průtoky jako bodové hodnoty, a to vždy pro části profilu tvořené vlastním korytem a pravobřežní resp. levobřežní inundací.

Rychlosti v tomto úseku je možno rozdělit na rychlosti v korytě a mimo koryto. V korytě jsou hodnoty rychlostí v rozmezí $1,0 - 2,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, místně až $3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Hodnoty rychlostí se v inundaci pohybují do $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Rozdělení intervalů rychlostí a jejich barevná definice je v mapách vykreslena podle metodiky [XVII] - viz Obr. č. 21.

Rychlosti

[m/s]



Obr. č. 21 Definice barev a intervalů průřezových 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.

V rámci další aktualizace doporučujeme rozšířit model Desné o významné přítoky, které můžou významně ovlivnit rozsah zaplavovaného území. Zejména jde o PB přítok Bratrušovského potoka, který se vlévá do Desné pod Šumperkem u ČOV a kterým při průtoku Q_{100} přitéká do Desné až $10 \text{ m}^3/\text{s}$.