

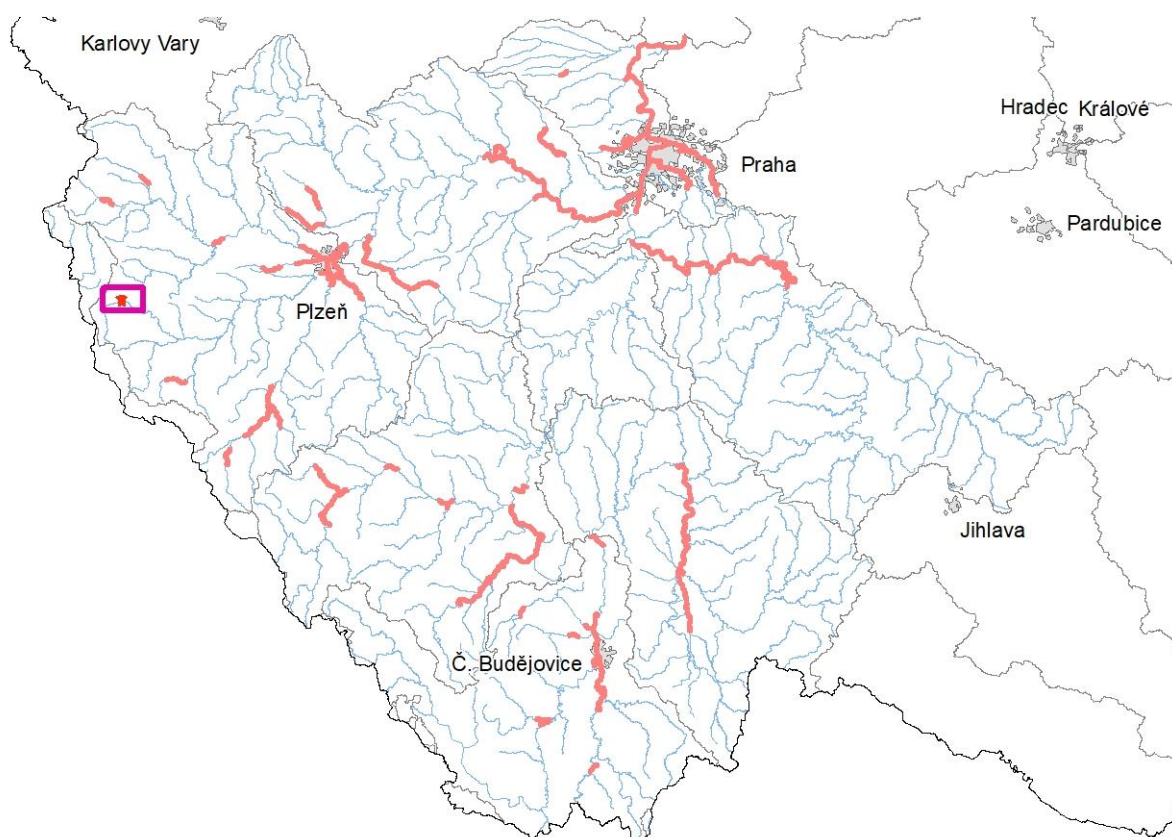


Analýza oblastí s významným povodňovým rizikem v povodí Vltavy a podklady k Plánu pro zvládání povodňových rizik v povodí Labe

DÍLČÍ POVODÍ BEROUNKY

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

RADBUZA – BER 11-01 – Ř. KM 92,280 – 94,550



prosinec 2019

Analýza oblastí s významným povodňovým rizikem v povodí Vltavy a podklady k Plánu pro zvládání povodňových rizik v povodí Labe

DÍLČÍ POVODÍ BEROUNKY

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

RADBUZA – BER 11-01 – Ř. KM 92,280 – 94,550

Pořizovatel:



Povodí Vltavy, státní podnik
Holečkova 3178/8
Praha 5 - Smíchov
150 00

Zhotovitel: Společnost „SHDP+DHI+VRV“, jejímiž společníky jsou



Sweco Hydroprojekt a.s.
Táborská 31
Praha 4
140 16



DHI a.s.
Na Vrších 1490/5
Praha 10
100 00



Vodohospodářský rozvoj a výstavba a.s.
Nábřeží 90/4
Praha 5
150 56

Řešitel:



Sweco Hydroprojekt a.s.

Táborská 31

Praha 4

140 16



HYDROSOFT Veleslavín s.r.o.

U Sadu 13/62

Praha 6

162 00

V Praze, prosinec 2019

Obsah:

1	Základní údaje	7
1.1	Seznam zkratk a symbolů	7
1.2	Cíle prací	7
1.3	Postup zpracování a metoda řešení	7
2	Popis zájmového území	8
2.1	Všeobecné údaje	9
2.2	Průběhy historických povodní (největší zaznamenané povodně)	10
3	Přehled podkladů	11
3.1	Topologická data	11
3.1.1	Vytvoření (aktualizace) DMT	11
3.1.2	Mapové podklady	11
3.1.3	Geodetické podklady	12
3.2	Hydrologická data	12
3.2.1	Místní šetření	12
3.3	Doplňující podklady – technické a provozní informace, zprávy, studie, dokumenty, literatura	13
3.4	Normy, zákony, vyhlášky	13
3.5	Vyhodnocení a příprava podkladů	13
4	Popis koncepčního modelu	14
4.1	Schematizace řešeného problému	14
4.2	Posouzení vlivu nestacionarity proudění	14
4.3	Způsob zadávání OP a PP	14
5	Popis numerického modelu	15
5.1	Použité programové vybavení	15
5.2	Vstupní data numerického modelu	15
5.2.1	Morfologie vodního toku a záplavového území	15
5.2.2	Drsnosti hlavního koryta a inundačních území	16
5.2.3	Hodnoty okrajových podmínek	17
5.2.4	Hodnoty počátečních podmínek	17
5.2.5	Diskuze k nejistotám a úplnosti vstupních dat	17
5.3	Popis kalibrace modelu	18
6	Výsledky	19
6.1	Výstupy z hydrodynamických modelů	19
6.2	Mapy povodňového nebezpečí	22
6.3	Zhodnocení nejistot ve výsledcích výpočtů	22

1 Základní údaje

1.1 Seznam zkratk a symbolů

V následující tabulce č.1 jsou abecedně seřazeny všechny zkratky a symboly použité při zpracování části B, Technická zpráva – hydrodynamické modely a mapy povodňového nebezpečí.

Tabulka č. 1 – Seznam zkratk a symbolů

Zkratka	Vysvětlení
Bpv	Výškový systém Balt po vyrovnání
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČÚZK	Český úřad zeměměřický a katastrální
DMR 4G	Digitální model reliéfu České republiky 4. generace
DMR 5G	Digitální model reliéfu České republiky 5. generace
DMT	Digitální model terénu
DOP	Dolní okrajová podmínka
DPI	Rozlišení dané počtem bodů na jeden palec (2,54 cm)
IDVT CEVT	Identifikátor vodního toku v Centrální evidenci vodních toků
Q _N , Q ₅ atd.	N-letý průtok (5-letý atd.)
S-JTSK	Souřadný systém jednotné trigonometrické sítě katastrální
SOP	Studie odtokových poměrů
TPE	Technicko provozní evidence
VÚV TGM	Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka
ZABAGED®	Základní báze geografických dat – digitální topografický model
ZM10	Základní mapa 1:10 000
ZÚ	Záplavová území
1D model	Matematický model jednorozměrného proudění

1.2 Cíle prací

Cílem prací je vyjádření povodňového nebezpečí na základě stanovení těchto charakteristik průběhu povodně:

- rozsah záplavového území,
- 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:

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

1.3 Postup zpracování a metoda řešení

Postup zpracování a metoda řešení zahrnuje tyto činnosti:

- Získání, soustředění a studium dostupných podkladů a jejich doplnění místním šetřením.
- Příprava podkladů pro geodetické zaměření a jeho zadání.
- Sestavení hydrodynamického modelu.
- Hydraulické výpočty toku včetně objektů a inundačního území pro Q₅, Q₂₀, Q₁₀₀, Q₅₀₀.
- Prezentace v podobě map povodňového nebezpečí.

Jako prvotní úkon byl proveden terénní průzkum zájmového území toku. V jeho průběhu byla pořízena fotodokumentace a zhodnocen stav objektů na vodním toku.

Dalším krokem bylo zaměření příčných profilů a objektů a jejich následné zavedení do výpočetního modelu. Pro výpočet studie byly pořízeny nové hydrologické údaje, které poskytli ČHMÚ - pobočka Plzeň.

Podkladem pro prezentaci grafických výstupů byla použita aktuální ZM 10.

Hydraulické výpočty byly provedeny pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} , Q_{500} a výsledky těchto výpočtů byly zpracovány v programu Atlas - DMT. Výsledkem byla hrubá mapa hloubek, která sloužila jako jeden z podkladů pro vynášení záplavových čar. Dalšími podklady byly výsledky programu Hydrocheck (průběh hladin v příčných profilech) mapový podklad, fotodokumentace a především znalost zájmového území.

Výsledky jsou prezentovány v podobě map povodňového nebezpečí v kapitole 6.

2 Popis zájmového území

Název vodního toku: Radbuza

ID úseku IDVT CEVT: 10 100 017

Číslo hydrologického pořadí toku: 1 – 10 – 02 – 0030, 1 – 10 – 02 – 0050

Úsek toku: ř.km 92,28 – 94,55

Významná vodní díla: - - -

Významné přítoky

v zájmovém území:

celý tok Radbuza:

Bezděkovský potok

Slatinný p., Huťský p., Bezděkovský p., Bystřický p., Skařezský p., Starý p.,
Mělnický p., Slatinný p., Slatina, Černý p., Křakovský p., Lazecký p.,
Semošický p., Lukavice, Zubřina, Puclický p., Srbský p., Chuchla, Hořina,
Touškovský p., Merklínka, Dnešický p., Chlumčanský p., Luční p., Úhlava

Posuzovaný úsek Radbuzy byl určen od ř. km 92,28 do ř. km 94,55 dle kilometráže poskytnuté objednatelem studie a přesně vymezen zadanými souřadnicemi začátku a konce toku:

začátek: X = - 871 445 m Y = - 1 079 832 m

konec: X = - 873 286 m Y = - 1 079 791 m

Zájmové území toku se nachází na hranici *CHKO Český les* v západních Čechách, a to v podstatě pouze v intravilánu města Bělá nad Radbuzou. Z hlediska stávajícího regionálního geomorfologického členění České republiky je to v provincii Česká Vysočina a v Šumavské subprovincii.

Území spadá do klimatického regionu: 7 - mírně teplý, vlhký (MT4)

Radbuza je západočeská řeka pramenící cca 1,5 km SZ pod vrchem *Lysá* (870 m n. m.) v *CHKO Český les*, zhruba 1,3 km VSV směrem od malé vesnice Závist. Řeka Radbuza se v Plzni stává společně s řekou Mže zdrojnicí řeky Berounky. Celková délka vodního toku měří 110 km a plocha povodí je 2 182 km².

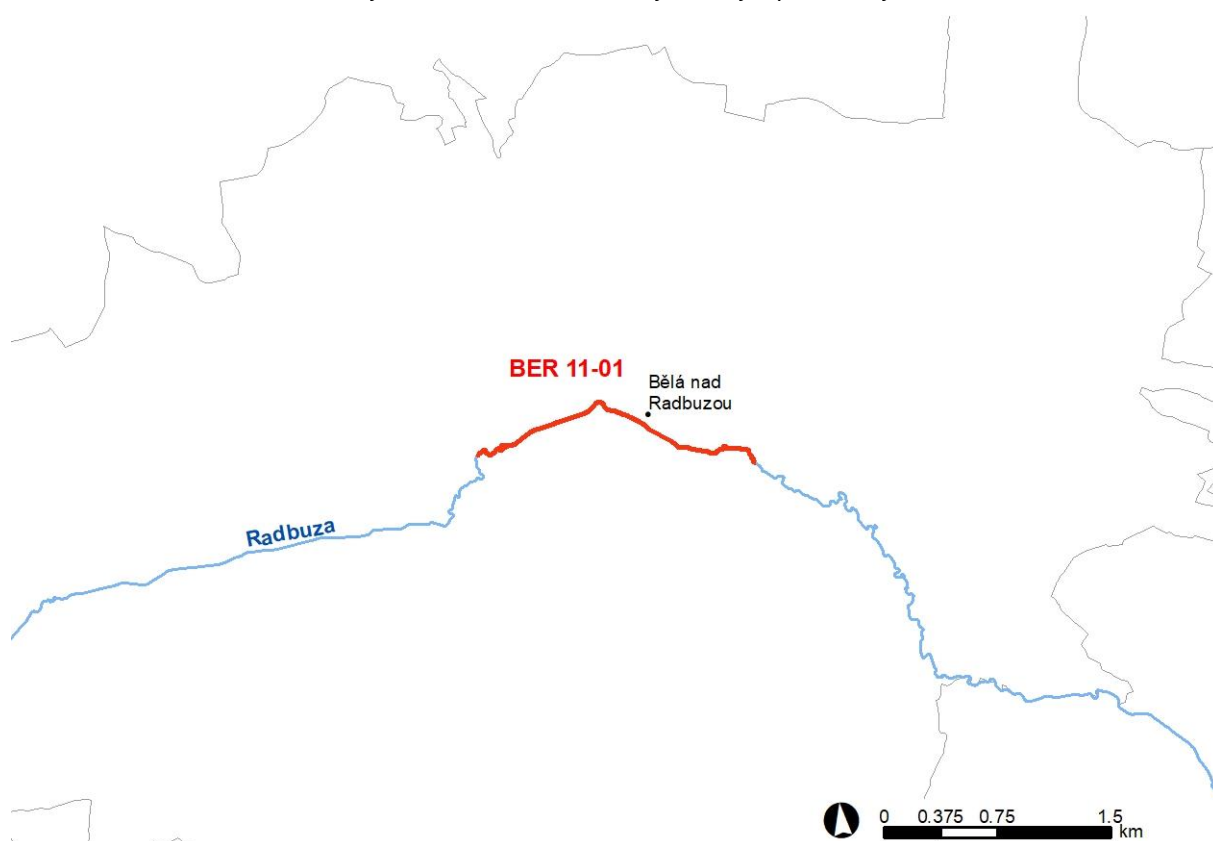
Radbuza je vedena jako vodohospodářský významný vodní tok. Nachází se na ní vodní nádrž České Údolí.

Podklady:

- Vrstva a informace o navržených úsecích s významným povodňovým rizikem - Ministerstvo živ. prostředí
- Názvy toků - spravuje VÚV TGM, v.v.i.; IDVT CEVT - spravuje Ministerstvo zemědělství

- Povodňový plán České republiky / Grafická část (Dibavod) - Ministerstvo životního prostředí
- Nahlížení do katastru nemovitostí - ČÚZK
- ZM10 - ČÚZK
- Wikipedie
- hydrologické údaje N-letých vod - ČHMÚ Plzeň

Obrázek – Vymezení řešené oblasti s významným povodňovým rizikem



2.1 Všeobecné údaje

Radbuzá pramení cca 1,5 km SZ pod vrchem Lysá (870 m n. m.) v *CHKO Český les*, odtud teče na sever kolem obce Rybník (ř.km 106) a u samoty Nový Dvůr (ř.km 99) se stáčí na východ, opouští *CHKO Český les* a protéká od ř.km 94,5 intravilán Bělé nad Radbuzou. Pod tímto městem teče víceméně jihovýchodním směrem až do Horšovského Týna (ř.km 67-63). Za tímto městem se směr mění na východní a poté VSV a Radbuza protéká městem Staňkov (ř.km 53,5-51). Odtud opět mění kurs na SSV přes Holýšov (ř.km 47-44,5) až do obce Hradec (ř.km 39), za kterou se stáčí na VSV přes město Stod (ř.km 37,5-34) až do Dobřan (ř.km 23-21), kde opět výrazně mění směr na severovýchod, vlévá se nádrže České údolí (ř.km 11-7), na závěr protéká intravilánem města Plzeň a jako pravostranná zdrojnice spolu s levostrannou Mží zde ústí do řeky Berounka.

V rámci této studie byla posuzována řeka Radbuza v ř.km 92,28 – 94,55. Staničení bylo převzato z geodetického zaměření a odpovídá požadavku objednatele určujícím počátek a konec posuzovaného území.

Zájmové území se nachází v horní části Radbuzy (celková délka je 110 km) a vzhledem ke svému rozsahu 2,27 km se jedná o velmi krátký úsek (2% délky), který se v podstatě celý nachází v intravilánu města Bělá nad Radbuzou. Režim proudění ve vodním toku je prakticky v celém zájmovém úseku vodního toku říční.

Celkový sklon zájmového území činí 3,4 ‰ a je v krátkém úseku města Bělá nad Radbuzou bez výraznějších náhlých změn. Dolní část až pod jez P06J má 4,2 ‰, směrem výše přes střed města až pod stupeň P37J (pod železničním mostem P39M) je sklon 1,6 ‰ a od tohoto mostu až k okraji intravilánu nabývá hodnoty 3,8 ‰.

2.2 Průběhy historických povodní (největší zaznamenané povodně)

Zpracovatel předkládané studie prověřil informace o průběhu historických povodňových událostí. Problematika byla konzultována se správcem vodního toku. Na základě shromážděných informací lze konstatovat, že informace o průběhu povodní nebyly k dispozici.

3 Přehled podkladů

V souladu s vyhláškou č. 79/2018 Sb. byly použity pro zpracování návrhu záplavového území tyto podklady. Pravidla pro citace podkladů se řídí dle ČSN ISO 690 (01 0197).

- Základní mapy 1 : 10 000 – digitální, rastrové – ZAGAGED®, ČÚZK
- Výškopisná data DMR 5G, ČÚZK
- Geodetické zaměření – provedla firma *Hydrosoft Veleslavín s.r.o.* v červnu 2019
- Hydrologická data: N-leté průtoky – ČHMÚ Plzeň
- Terénní průzkum zpracovatele, uskutečněný v prosinci 2018 zaměřený na zmapování stavu koryta a břehů se zřetelem na místní překážky a další relevantní faktory
- Zákon č. 254/2001 Sb. - o vodách
- Vyhláška MŽP 79/2018 Sb. – o způsobu a rozsahu zpracování návrhu a stanovování záplavových území
- Wikipedie

3.1 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.

3.1.1 Vytvoření (aktualizace) DMT

Digitální model terénu byl sestaven z Digitálního modelu reliéfu České republiky 5. Generace (DMR 5G). Dno toku bylo vymodelováno pomocí lineární interpolace zaměřených příčných profilů s akceptováním směrového vedení toku. K tomuto kroku byl použit software DMT ATLAS. Sestavení DMT včetně generování map hladin a map hloubek proběhlo též v softwaru DMT ATLAS. Výstupy byly vygenerovány jako ASCII GRID pixelu 2m x 2m. Všechny souřadnice DMT jsou v polohopisném systému S-JTSK a výškovém Bpv.

Všechny souřadnice DMT jsou v polohopisném systému S-JTSK a výškovém systému Bpv.

3.1.2 Mapové podklady

Pro potřeby studie byla vybrána Základní mapa České republiky 1:10 000 (ZM 10) aktualizovaná Českým úřadem zeměměřickým a katastrálním. Jedná se o nejpodrobnější základní mapu středního měřítka.

ZM 10 obsahuje polohopis, výškopis a popis. Předmětem polohopisu jsou sídla a jednotlivé objekty, komunikace, vodstvo, hranice správních jednotek a katastrálních území (včetně územně technických jednotek), hranice chráněných území, body polohového a výškového bodového pole, porost a povrch půdy. Předmětem výškopisu je terénní reliéf zobrazený vrstevnicemi a terénními stupni. Popis mapy sestává z druhového označení objektů, standardizovaného geografického názvosloví, kót vrstevnic, výškových kót, rámových a mimorámových údajů. Obsahem mapových listů je i rovinná pravoúhlá souřadnicová síť a zeměpisná síť. Předměty obsahu mapy jsou znázorněny pouze na území České republiky. Míra generalizace polohopisu je na takové úrovni, že nedochází k rozsáhlejšímu spojování jednotlivých staveb do bloků a ke zjednodušování tvarů. Mapa tak poskytuje velmi podrobnou představu o zobrazovaném území.

Data ZM 10 se stavem aktualizace v roce 2009 a dříve byly odvozovány z vektorových výstupů, které vznikaly v průběhu tvorby vizualizací ZABAGED®. Jejich rasterizací a následnou transformací do souřadnicového systému S-JTSK vznikl obraz státního území, který byl strukturovaný po listech ZM 10. Dalším zpracováním byla pořízena barevná bezešvá rastrová mapa s barevnou hloubkou 4 bit, jednotnou barevnou paletou a hustotou 400 dpi. Z důvodu nižší kvality rozlišení těchto výstupů bylo v roce 2011 přistoupeno k nahrazení těchto souborů novými rastry, které vznikly přímým odvozením z tiskových podkladů ZM 10. Tyto rastry mají barevnou hloubku 24 bit a rozlišení 800 dpi. Data ZM 10 se stavem aktualizace v roce 2010 a později jsou odvozovány přímo z postscriptových souborů nové technologické linky. Tyto soubory jsou službou aplikačního serveru rastrovány s rozlišením 800 dpi, barevnou hloubkou 8 bit a jednotnou barevnou paletou. Do doby pokrytí celého území ČR soubory z nové technologické linky budou uživatelům poskytovány vždy obě datové sady. Tvorbu a aktualizaci ZM 10 zajišťuje Zeměměřický úřad.

ZM 10 je distribuována ve formátu TIF po segmentech bežešvé mapy – čtvercích 2x2 km, se stranami rovnoběžnými se souřadnicovými osami S-JTSK. Kromě grafického umístovacího souboru je dodáván textový umístovací soubor TFW a to pro zobrazení S-JTSK / Krovak EN. Tento soubor obsahuje souřadnici levého horního rohu umístovacího čtverce a velikost pixlu v metrech pro dané rozlišení souboru. Předané soubory TIF mají rozlišení 6300 x 6300 (800 DPI).

3.1.3 Geodetické podklady

Pro řešení této studie nebyla k dispozici žádná předchozí studie. Bylo tedy nutné zaměřit kompletně celé zájmové území - všechny objekty na vodním toku a příčné profily v dostatečné hustotě odpovídající okolnímu území (intravilán / extravilán). Z geodetického zaměření vyšlo 43 výpočtových profilů s průměrnou vzájemnou vzdáleností 54 m. Zaměření provedla firma Hydrossoft Veleslavín s.r.o., v červnu roku 2019.

Pro přesnější vynesení průběhu záplavových čar byla k dispozici data z leteckého laserového snímkování DMR 5G.

Výškový systém je Balt po vyrovnání (Bpv) a souřadnicový systém S-JTSK / Krovak East North.

Pro přesnější vynesení průběhu záplavových čar byla k dispozici data z leteckého snímkování DMR 5G, která poskytlo Povodí Vltavy.

Jiné výškopisné podklady nebyly pro zpracování studie k dispozici.

3.2 Hydrologická data

Název hydrologického profilu: Radbuza pod ústím Bezděkovského potoka
Radbuza nad ústím Bezděkovského potoka

Datum pořízení: 2019

Říční kilometr: ř. km 93,370 a 93,390

Třída přesnosti dle ČSN 75 1400: III.

Velikost plochy povodí k profilu: 80,1 a 57,7 km²

Číslo hydrologického povodí: 1-10-02-0050 a 1-10-02-0030

N-leté průtoky: viz tabulka č.2

Tabulka č.2 – N-leté průtoky (Q_N) v m³.s⁻¹

Hydrologický profil	Datum pořízení	Říční kilometr	Q ₅	Q ₂₀	Q ₁₀₀	Q ₅₀₀	Třída přesnosti
pod ústím Bezděkovského potoka	20.3.2019	93,370	21,6	38,6	65,3	101,0	III.
nad ústím Bezděkovského potoka	20.3.2019	93,390	17,2	30,7	51,9	81,0	III.

3.2.1. Místní šetření

Prvotní místní šetření probíhalo v listopadu 2013 a byla zpracována podrobná fotodokumentace. Každá fotografie je časově a prostorově lokalizovaná.

Místní šetření II. etapy proběhlo 17.12.2018. Cílem tohoto šetření bylo posouzení případných změn v zájmovém území proti prvotnímu šetření. Opět byla provedena fotodokumentace, ale pouze jako dokumentování změn či nových poznatků v území. Tato fotodokumentace je tedy doplňkem fotodokumentace předcházející.

Cílem místního šetření bylo:

- Posouzení drsnostních charakteristik, zejména v inundačním území intravilánu dotčených obcí a měst.
- Možné doplňující požadavky na geodetické zaměření, pokud to dle místního šetření bude nutné.
- Posouzení morfologie terénu z pohledu průtoků Q_{500} . Předběžné zhodnocení, zdali bude potřebné rozšiřovat geodeticky zaměřené profily (např. z výškopisu DMR 5G). Ne vždy se celá se inundace podílí na průtoku.

- d) Posouzení objektů z pohledu průtoku N-letých vod. Na základě pořízené fotodokumentace budou určovány průtokové koeficienty a další parametry objektu, následně proběhne porovnání s dodaným geodetickým zaměřením.
- e) Posouzení ohrožení zaplavovaného území povodní. Tato část průzkumu měla za úkol pořídit fotodokumentaci ohrožených objektů v inundaci tak, aby později bylo možné rozhodovat, zda a v jakém rozsahu bude nemovitost ohrožena. Jedná se zde ale o doplňkovou informaci pro analýzy v GIS a v žádném případě se nejedná o evidenci a podrobnou dokumentaci jednotlivých objektů zasažených vodou.

Při stavbě modelu byla pořízená fotodokumentace významným nástrojem pro rozhodování ohledně jeho úprav.

3.3 Doplnující podklady – technické a provozní informace, zprávy, studie, dokumenty, literatura

V průběhu zpracování nebyly poskytnuty žádné další podklady.

3.4 Normy, zákony, vyhlášky

Postupy zpracování studie byly v souladu s níže uvedenými dokumenty v jejich platném znění:

- [1] ČSN 75 0110 Vodní hospodářství – Terminologie hydrologie a hydroekologie
- [2] ČSN 75 1400 Hydrologické údaje povrchových vod.
- [3] Vyhláška MŽP 79/2018 Sb., o způsobu a rozsahu zpracovávání návrhu a stanovování záplavových území.

3.5 Vyhodnocení a příprava podkladů

Poskytnuté podklady plně pokryly zájmové území. Geodeticky zaměřené příčné profily musely být místy rozšířeny, aby provedly extrémní průtok Q_{500} . Pro rozšíření profilů bylo použito podkladu DMR 5G, jehož přesnost je pro potřeby modelu v okrajových částech inundace dostatečná.

4 Popis koncepčního modelu

Základním požadavkem na zpracování záplavových území je provádění výpočtů metodou ustáleného nerovnoměrného proudění. Pro tento typ výpočtů je vhodný program HYDROCHECK verze 5.X, který používáme.

Jedná se o programový prostředek vyvinutý společností Hydrossoft Veleslavín s.r.o. v devadesátých letech ve spolupráci s Podniky povodí. Řeší ustálené nerovnoměrné proudění v otevřených neprizmatických korytech v režimových oblastech říčních i bystřinných. Základem řešení nerovnoměrného proudění je obecná metoda po úsecích. Významné objekty byly počítány funkcemi programu Hydrocheck jako objekty.

Program Hydrocheck verze 5.X je mimo jiné vhodným nástrojem pro posuzování aktivní zóny, či hodnocení map rizik, neboť umožňuje vyhodnocování svislicových rychlostí v příčném řezu. Díky tomu je možné vyhodnocovat rychlosti v inundaci a vytvářet mapu rychlostí jako plošnou informaci, nikoliv jen bodovou.

4.1 Schematizace řešeného problému

Schéma jednorozměrného modelu (1D) je poměrně jednoduché. Koryto prochází prakticky v celém zájmovém úseku údolnicí a inundace není široká. Nebylo tedy nutné zpracovávat dílčí úseky toku jako okružovou síť.

Vzdálenost příčných řezů je nepravidelná a jejich umístění je zaměřeno primárně na charakteristická místa toku, náhlé změny profilu toku, objekty na toku apod. V místech s prizmatickým korytem nebo neměnicí se tratí je vzdálenost řezů větší, v případě objektů nebo náhlých změn tvarů koryta jsou řezy zahuštěny. Takto provedená schematizace je naprosto dostatečná a danému toku a účelu odpovídající.

V místě objektů na toku byl vytvořen příčný profil reprezentující koryto před a za objektem a mezi tyto příčné profily byl vložen objekt (most, propustek, jez atd.). Sestavený hydraulický model se skládá ze 43 výpočetních profilů (včetně objektů na toku). Průměrná vzdálenost profilů v zájmovém území je 54 m.

4.2 Posouzení vlivu nestacionarity proudění

Vliv nestacionarity je ve výpočtech zanedbán. Studie je zpracována metodou stacionárního nerovnoměrného proudění, což je v souladu s požadavky objednatele.

4.3 Způsob zadávání OP a PP

Pro zpracování modelových výpočtů ustáleného nerovnoměrného proudění je zapotřebí na hranicích modelu zadat okrajové podmínky.

Dolní okrajová podmínka byla dopočítána za předpokladu vytvoření rovnoměrného proudění, kdy je sklon čáry energie, vodní hladiny a toku totožný. Zadává se v dolním výpočtovém profilu v podobě křivky hladin a průtoků.

V místě významných přítoků, pro které jsou k dispozici hydrologické údaje, se zadává změna průtoků.

Počáteční podmínka se pro řešení ustáleného proudění nezadává.

5 Popis numerického modelu

5.1 Použité programové vybavení

Vlastní výpočty byly prováděny metodou ustáleného nerovnoměrného proudění v programu HYDROCHECK verze 5.X, který se osvědčil při výpočtech obdobných studií. Základní výhodou programu HYDROCHECK verze 5.X je možnost rozdělení průtočného profilu na libovolné segmenty pomocí fiktivních svislic na vlastní koryto a přilehlé části inundace, ohraničené svislými rovinami, vedenými například v linii břehové hrany koryta. Jednotlivé části příčného profilu mají různou drsnost a s tím souvisí i různé rychlosti proudění a výsledná poloha hladiny vody v profilu. HYDROCHECK verze 5.X umožňuje zobrazit podrobné rozdělení rychlostí v příčném profilu.

Pro výpočty konsumpčních křivek významných objektů byl použit nástroj - výpočty objektů, který je přímou součástí programu HYDROCHECK 5.X.

Kromě metody nerovnoměrného proudění bývá užíváno i nástrojů rovnoměrného proudění pro stanovení konzumpční křivky dolní okrajové podmínky.

Pro vynášení záplavových čar z vypočtených úrovní hladin do mapového podkladu je využíváno funkce HYDROCHECKu verze 5.X, který generuje vypočtené průsečíky hladin v profilech do mapy.

5.2 Vstupní data numerického modelu

Základem prací na studii je terénní průzkum. Na základě tohoto průzkumu a kvalitní fotodokumentace jsou určeny drsnostní charakteristiky a později vynášeny záplavové čáry.

Podkladem pro práci bylo podrobné geodetické zaměření v rozsahu potřebném pro jednorozměrný matematický model, tedy příčné a údolní profily a veškeré objekty. Kromě toho byly pro vynášení záplavové čáry použity všechny měřené body v rámci geodetického zaměření.

Základním prvkem zadání je příčný profil - jeho geometrický tvar a rozměry, včetně součinitele drsnosti omočeného profilu.

Průtočný profil je možno rozdělit pomocí fiktivních svislic na vlastní koryto a přilehlé části inundace, ohraničené svislými rovinami, vedenými například v linii břehové hrany koryta. Jednotlivé části příčného profilu mají různou drsnost a s tím souvisí i různé rychlosti proudění a výsledná poloha hladiny vody v profilu.

Na základě fotodokumentace a poznámek získaných při rekognoskaci terénu byly voleny hodnoty Manningova drsnostního součinitele „n“ pro jednotlivé části omočeného profilu.

Kromě vytvoření geometrického modelu říční sítě včetně objektů je pro simulaci nerovnoměrného proudění nutné zadat okrajové podmínky. Jedná se především o průtok a označení počátečního profilu, ve kterém má být průběh proudění řešen. Dále se v dolním profilu zadává okrajová podmínka na základě křivky hladin a průtoků.

5.2.1 Morfologie vodního toku a záplavového území

Horní kraj města - profil P47 (ř.km 94,546), přes intravilán až po dolní okraj města - profil P01 (ř.km 92,285)

Zájmové území začíná horním profilem P47. V tomto místě (ještě v *CHKO Český les*) teče Radbuza podmáčeným zarostlým inundačním územím, intravilán se nachází na levé straně a je nad úrovní Q_{500} .

Pod mostkem P43M (ř.km 94,221) až k železniční trati koryto rovněž nepojme ani Q_5 a jelikož je pravá strana omezena vrchem *Obecní borek* (505 m n.m.), bude zaplaveno území za levým břehem, kde se nachází zahrady s kůlnami, chatkami atd.; při Q_{100} a více můžou být zasaženy i vzdálenější domy podél místní silnice.

Násep trati s železničním mostem P39M (ř.km 93,861) zde působí jako hráz napříč údolím, samotný most je sice kapacitní na Q_{500} , nicméně i nižší povodně budou tímto náhlým zúžením zavzduty v území nad tratí / mostem.

Pod tratí se nachází střed města, řeka Radbuza se zde dostává do kontaktu se zástavbou na obou stranách. Až k profilu P33 nejprve na levé straně, kde již při Q_5 může být zaplaveno několikero chalup a domů.

O něco níže, v okolí mostu P26M (ř.km 93,450) je možné ohrožení domů a chalup od Q_5 - Q_{20} . Silnice k mostu (ul. Nádražní) je vedena v náspu a vytváří místo omezující odtokové poměry, povodně Q_{20} a výše šířeji zaplaví

prostor zejména za pravým břehem – zde můžou situaci odlehčit dva inundační otvory. Při Q_{100} bude most obtékán zleva a ve větší vzdálenosti i zprava, tato povodeň zasáhne inundační území již vydatně.

Bezprostředně pod mostem P26M ústí do Radbuzy zleva Bezděkovský potok, což dle aktuálních hydrologických dat zvedne hodnotu průtoků o 25%, v porovnání s hydrologií nad mostem. Při tomto soutoku stojí na levém břehu budova městského úřadu a pošty, s možností ohrožení při Q_{20} . Tento průtok zasáhne i další zástavbu na levém břehu a na protější straně zaplaví ploché území s garážemi až k silnici ulice Nádražní.

Tato trať pod mostem P26M až k historickému baroknímu mostu P18M (ř.km 93,179) je viditelně upravena (přímé koryto pravidelného lichoběžníkového tvaru, s udržovanými břehy a řadou stromů při obou březích) a kapacitní na hraně Q_5 .

Historický most se sochami svatých je místní památkou a měl by zvládnout převést Q_5 , což je zároveň i kapacita koryta nad ním. Průtočný profil mostu je tvořen osmi klenbovými poli, která jsou ale malá v porovnání s plochou mostovky a průčelní zdi. Povodeň Q_{20} bude obtékat most z obou stran, zejména na pravé straně až k silnici ulice Nádražní, kde zaplaví několik domů a garáže.

Od tohoto mostu až k lávce P14L (ř.km 93,001) a směrem pod ní je koryto kapacitní do průtoků Q_5 . Hned za lávkou P14L leží při levém břehu místní fotbalové hřiště, bude zasažené celé při Q_{20} .

Na závěr zájmového území se nachází jez P06J (ř.km 92,664) s rybím přechodem, v jehož profilu nalevo od něj stojí - na vyvýšeném pozemku - čistírna odpadních vod. Ta vzhledem výškovým poměrům by neměla být zaplavena ani při Q_{500} , nicméně již Q_{20} tento areál zaplaví z obou stran a vytvoří z ČOV ostrov uvnitř ZÚ.



pohled na P39M



pohled z P26M



pohled na P23M



pohled z P23M na OÚ



nad P18M



nad P18M



most P18M



most P18M



jez P06J a ČOV

5.2.2 Drsnosti hlavního koryta a inundačních území

Program Hydrocheck verze 5.X umožňuje zadávání drsností nepřímo pomocí kódů, proto byl změněn způsob práce s drsnostmi. Dříve bylo jen velmi těžké měnit bodové drsnosti v profilech, z tohoto důvodu byly vyplňovány bodové

drsnosti pouze mimo koryto a v korytě byla používána globální drsnost, kterou bylo možné v celém úseku trati snadno změnit.

Nyní byly vyplňovány všechny drsnosti v celém příčném profilu a snadná možnost korigovat drsnosti během výpočtu zůstává zachována.

Použité drsnosti dle Manninga v korytě

Popis	n
Beton v dobrém stavu	0,020
Beton starý	0,035
dlažba	0,025 - 0,045
tráva	0,035 - 0,045
keře	0,060 - 0,090

Použité drsnosti dle Manninga v inundaci

Popis	n
silnice chodníky - asfalt, beton	0,020 - 0,025
cesta	0,035 - 0,040
louky, pole	0,035 - 0,045
stromy, keře	0,060 - 0,120
hustý porost	0,120 - 0,160
zahrady s ploty, zástavba	0,160 - 0,200 nebo vypuštěné z výpočtu

5.2.3 Hodnoty okrajových podmínek

Pro řešené úseky jsou k dispozici průtoky pro Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500} . Jejich hodnoty jsou v následující tabulce č.3.

Dolní okrajová podmínka byla stanovena v počátečním profilu řešeného úseku – profil P01, ř. km 92,285. Byla dopočítána za předpokladu rovnoměrného proudění (sklon čáry energie, vodní hladiny a toku je totožný).

Tabulka č.3 – N-leté povodňové průtoky uvažované při hydraulickém řešení

Úsek Radbuzy / N-leté průtoky Q_N	Úsek toku (km od - do)	Q_5	Q_{20}	Q_{100}	Q_{500}	Poznámka
profil P1 až pod silniční most P23M	92,285 - 93,380	21,6	38,6	65,3	101,0	profil ČHMÚ
od mostu P23M až po horní profil P47	93,380 - 94,546	17,2	30,7	51,9	81,0	profil ČHMÚ

Tabulka č.3a – Hladiny DOP pro N-leté povodňové průtoky

profil DOP / H – výška hladiny	ř.km	H_5	H_{20}	H_{100}	H_{500}	Poznámka
profil P1	92,285	435,78	436,00	436,21	436,41	

5.2.4 Hodnoty počátečních podmínek

Jak již bylo řečeno dříve, počáteční podmínky se v případě ustáleného nerovnoměrného proudění nezadávají.

5.2.5 Diskuze k nejistotám a úplnosti vstupních dat

Vstupní data byla pro zpracování studie dostatečná

5.3 Popis kalibrace modelu

Pro kalibraci modelu nebyly k dispozici žádné povodňové značky, ani jiné údaje.

6 Výsledky

6.1 Výstupy z hydrodynamických modelů

Jedním z hlavních výstupů z matematického modelu je psaný podélný profil, jež je zpracován pro všechny průtokové epizody a jež je hlavním nástrojem pro tvorbu záplavových čar. Psaný podélný profil kromě vypočtené úrovně hladiny obsahuje i informaci o výšce dna (nejhlubší dno) a je doplněn o poznámku, upřesňující umístění daného příčného řezu.

Slovní popis výstupů hydrodynamického modelu je uveden v kapitole 5.2.1.

Tabulka – Psaný podélný profil

Staničení [km]	Úroveň dna [m n. n.]	H ₅ [m n. n.]	Q ₅ [m³/s]	H ₂₀ [m n. n.]	Q ₂₀ [m³/s]	H ₁₀₀ [m n. n.]	Q ₁₀₀ [m³/s]	H ₅₀₀ [m n. n.]	Q ₅₀₀ [m³/s]	Poznámka
92.285	433.76	435.78	21.60	436.00	38.60	436.21	65.30	436.41	101.00	P01
92.441	434.48	436.40	21.60	436.62	38.60	436.84	65.30	437.05	101.00	P02
92.647	435.29	437.34	21.60	437.70	38.60	437.99	65.30	438.27	101.00	P03
92.662	436.36	437.40	21.60	437.78	38.60	438.07	65.30	438.34	101.00	P04
92.664	437.62	437.89	21.60	438.09	38.60	438.35	65.30	438.55	101.00	P06J - Jez
92.693	436.53	438.20	21.60	438.48	38.60	438.78	65.30	439.07	101.00	P07
92.760	436.56	438.30	21.60	438.59	38.60	438.91	65.30	439.22	101.00	P08
92.872	436.41	438.46	21.60	438.74	38.60	439.04	65.30	439.35	101.00	P09
92.880	436.31	438.49	21.60	438.76	38.60	439.06	65.30	439.37	101.00	P10L - Lávka
92.884	436.31	438.52	21.60	438.80	38.60	439.10	65.30	439.40	101.00	P11
92.915	436.66	438.58	21.60	438.84	38.60	439.13	65.30	439.43	101.00	P12
92.993	436.64	438.69	21.60	438.92	38.60	439.21	65.30	439.43	101.00	P13
93.001	437.11	438.71	21.60	438.96	38.60	439.21	65.30	439.43	101.00	P14L - Lávka
93.011	437.18	438.74	21.60	439.02	38.60	439.24	65.30	439.43	101.00	P15
93.082	437.00	438.86	21.60	439.23	38.60	439.61	65.30	440.00	101.00	P16
93.157	437.19	438.97	21.60	439.35	38.60	439.74	65.30	440.14	101.00	P17
93.179	437.11	439.03	21.60	439.69	38.60	440.11	65.30	440.47	101.00	P18M - Historický most
93.197	437.33	439.03	21.60	439.69	38.60	440.11	65.30	440.47	101.00	P19
93.254	437.37	439.10	21.60	439.73	38.60	440.15	65.30	440.51	101.00	P20
93.314	437.41	439.17	21.60	439.78	38.60	440.22	65.30	440.60	101.00	P21
93.367	437.56	439.26	21.60	439.84	38.60	440.28	65.30	440.66	101.00	P22
93.394	437.55	439.26	17.20	439.85	30.70	440.30	51.90	440.70	81.00	P23M - Silniční most
93.406	437.41	439.27	17.20	439.85	30.70	440.33	51.90	440.78	81.00	P24
93.436	437.50	439.30	17.20	439.87	30.70	440.35	51.90	440.81	81.00	P25
93.450	437.63	439.33	17.20	439.90	30.70	440.42	51.90	440.89	81.00	P26M - Most
93.457	437.44	439.33	17.20	439.91	30.70	440.42	51.90	440.89	81.00	P27
93.493	437.36	439.39	17.20	439.99	30.70	440.52	51.90	441.02	81.00	P31

Staničení [km]	Úroveň dna [m n. n.]	H ₅ [m n. n.]	Q ₅ [m³/s]	H ₂₀ [m n. n.]	Q ₂₀ [m³/s]	H ₁₀₀ [m n. n.]	Q ₁₀₀ [m³/s]	H ₅₀₀ [m n. n.]	Q ₅₀₀ [m³/s]	Poznámka
93.546	437.60	439.49	17.20	440.04	30.70	440.56	51.90	441.05	81.00	P32
93.635	437.65	439.64	17.20	440.18	30.70	440.72	51.90	441.26	81.00	P33
93.700	437.91	439.75	17.20	440.24	30.70	440.77	51.90	441.30	81.00	P34
93.773	437.98	439.80	17.20	440.28	30.70	440.81	51.90	441.34	81.00	P35
93.824	438.23	439.90	17.20	440.35	30.70	440.86	51.90	441.38	81.00	P36
93.832	438.11	439.90	17.20	440.35	30.70	440.86	51.90	441.38	81.00	P37Jd
93.838	439.13	439.94	17.20	440.35	30.70	440.88	51.90	441.43	81.00	P37J - Stupeň
93.849	438.77	440.27	17.20	440.53	30.70	440.93	51.90	441.45	81.00	P38
93.861	438.50	440.44	17.20	440.90	30.70	441.51	51.90	442.21	81.00	P39M - Železniční most
93.875	438.84	440.61	17.20	441.09	30.70	441.71	51.90	442.44	81.00	P40
93.991	439.46	441.15	17.20	441.51	30.70	442.02	51.90	442.69	81.00	P41
94.199	440.31	441.82	17.20	442.07	30.70	442.38	51.90	442.87	81.00	P42
94.221	440.55	441.97	17.20	442.17	30.70	442.46	51.90	442.91	81.00	P43M - Mostek
94.229	440.43	442.14	17.20	442.24	30.70	442.48	51.90	442.91	81.00	P44
94.409	441.03	442.45	17.20	442.65	30.70	442.90	51.90	443.22	81.00	P46
94.546	441.39	442.91	17.20	443.12	30.70	443.36	51.90	443.62	81.00	P47

6.2 Mapy povodňového nebezpečí

Analýzou průniku maximálního rozlivu (při průtoku Q_{500}) a správních územích byly zajištěny informace o následujících dotčených správních územích obcí uvedené v následující tabulce.

Tabulka 11 – Dotčené správní území obcí maximálním rozlivem

Kód ORP	Název ORP	Kód ICOB	Název obce
03085	Domažlice	553441	Bělá nad Radbuzou

Mapa povodňového nebezpečí zobrazuje rozsah zaplaveného území, hloubky a rychlosti proudění.

Záplavové čáry jsou vyneseny na podkladě rastrové Základní mapy ČR v měřítku 1:10 000. Zakreslení záplavových čar, zejména mimo zaměřené příčné profily, zahrnuje nepřesnosti použité mapy. Snahou vyeliminovat nepřesnosti je užití bodového pole z DMT mimo zaměřené příčné profily. Při posouzení konkrétního místa je tedy rozhodující kóta hladiny odvozená z podélného profilu a skutečná nadmořská výška terénu posuzovaného místa.

Hloubka je vypočtena jako rozdíl digitálního modelu hladiny a digitálního modelu terénu. Výsledkem je rastr hloubek o velikosti pixlu 2 m x 2 m. Mapa hloubek se následně ořízne záplavovou čarou pro daný scénář.

Informace o rychlosti proudění vody v korytě a v inundačním území u jednorozměrného modelu jsou známy ve výpočetních profilech. Po provedení výpočtu a získání úrovně vodní hladiny v profilu je možné dopočítat rozdělení rychlostí v korytě a levé i pravé inundaci. Rychlosti jsou prezentovány pomocí vhodně distribuovaných bodů na příčných profilech. Distribuce bodů je závislá na velikosti vodního toku (koryta toku) a rozsahu záplavového území. V korytě vodního toku bude vždy umístěn alespoň jeden bod charakterizující rychlost proudění v korytě.

Výsledné zobrazení rychlostí je součástí mapy rizik, kdy informace o rychlosti spolu s hloubkou vody dávají názornou představu o charakteru nebezpečí při povodni v pozorovaném úseku.

6.3 Zhodnocení nejistot ve výsledcích výpočtů

Záplavové čáry byly vyneseny na podkladě rastrové Základní mapy ČR v měřítku 1 : 10 000. Zakreslení záplavových čar, zejména mimo zaměřené příčné profily, zahrnuje nepřesnosti použité mapy. Snahou vyeliminovat nepřesnosti je užití bodového pole z DMT mimo zaměřené příčné profily. Při posouzení konkrétního místa je tedy rozhodující kóta hladiny odvozená z podélného profilu a skutečná nadmořská výška terénu posuzovaného místa.

Při aplikaci výsledků výpočtu je nutno si uvědomit, že přírodní třírozměrný v čase proměnný děj je popisován stacionárním jednorozměrným matematickým modelem s použitím mnoha zjednodušujících předpokladů a odhadů. Přesnost výpočtu je limitována zejména hustotou příčných profilů použitých k výpočtu a odhadem drsnostního součinitele.

Hodnoty úrovně hladin získané interpolací mezi jednotlivými výpočtovými příčnými profilemi nemusí odpovídat skutečnosti.

Nejsou zde postiženy jevy běžně se vyskytující při povodních - hladina v inundaci nemusí být v jednom příčném profilu stejná jako v korytě, v obloucích dochází k příčnému převýšení hladiny, hladina je rozvlněná, atd.

Výpočet je proveden pro ideální stav koryta. Není započítáno ucpání průtočného profilu plaveným materiálem, které hrozí zejména v mostních profilech. Vliv na proudění má i sezónní stav vegetačního pokryvu.

Výsledky tohoto výpočtu nejsou neměnné. Může dojít ke změnám vlivem zpřesnění topografických podkladů, změny hydrologických údajů, použitím přesnějších výpočetních modelů, nebo vlivem změn v průtočném profilu vodního toku.

Jak bylo uvedeno výše, výpočetní model 1D je vždy schematizací skutečnosti. Hlavní míra nejistoty však neplyne ze špatného odhadu drsnostních charakteristik, nebo nedostatečně popsané topologie území a koryta, ale ze vstupních průtokových dat, jejichž přesnost je nezřídka v rozmezí $\pm 40 - 60\%$ dle uvedené třídy přesnosti. Dalším již zmíněným faktorem, s nímž model nepočítá, je množství plavenin, které postupují vodním tokem při povodni, ať už se jedná například o ledové kry nebo antropogenní materiál či dřevní hmotu. Tyto plaveniny, pak zejména

v prostoru objektů mohou způsobit naprosto převratné změny průtočného profilu (částečné nebo úplné ucpání), které pak mají na průběh hladiny zásadní vliv.

Pokud však odhlédneme od nejistot způsobených nepřesnými hydrologickými daty a budeme vztahovat rozsah záplavového území ke konkrétnímu průtoku (a nikoliv k deklarované četnosti povodně) a budeme postupovat v souladu s Metodikou stanovení ZÚ, tedy výpočet bez plavenin, můžeme konstatovat, že vypovídací schopnost modelu je značně vysoká. Největší ovlivnění hladin nastává v místech objektů, jejichž nesprávné posouzení, či špatně provedený výpočet ve vztahu k zatopení dolní vodou, má na úroveň hladiny zásadní vliv. Poměrně významné je i ovlivnění výpočtu chybně umístěnými dílčími profily v příčném řezu, naopak chybný odhad drsnosti byť v řádu desítek procent se ve volné trati dramaticky neprojeví.