

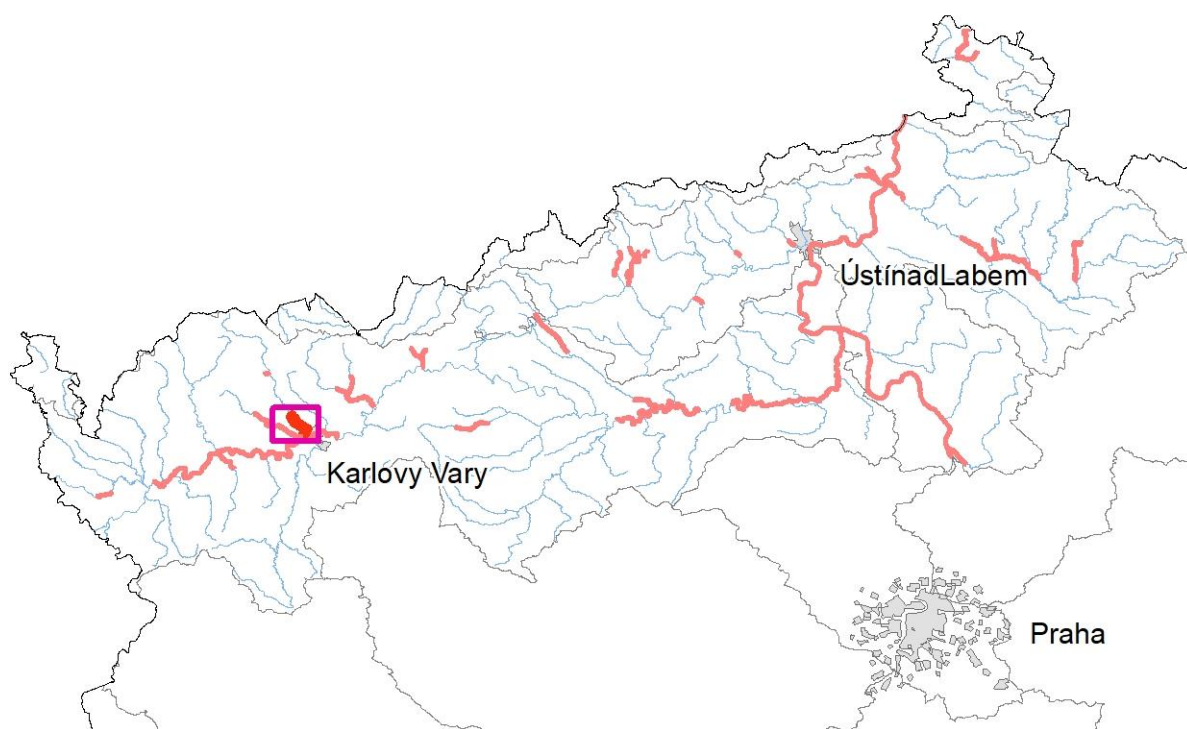


Analýza oblastí s významným povodňovým rizikem v povodí Ohře a podklady k Plánu pro zvládání povodňových rizik v povodí Labe

DÍLČÍ POVODÍ OHŘE, DOLNÍHO LABE A OSTATNÍCH PŘÍTOKŮ LABE

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

ROLAVA – OHL 03-02 - Ř. KM 0,000 – 5,900



prosinec 2019

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

DÍLČÍ POVODÍ OHŘE, DOLNÍHO LABE A OSTATNÍCH PŘÍTOKŮ LABE

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

ROLAVA – OHL 03-02 - Ř. KM 0,000 – 5,900

Pořizovatel:



Povodí Ohře, státní podnik
Bezručova 4219
Chomutov
430 03

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



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



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



HYDROSOFT Veleslavín s.r.o.
U Sadu 13/62
Praha 6
162 00

Řešitel:



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



HYDROSOFIT 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)	9
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	Hydrologické poměry a jejich interpretace ve výpočtovém modelu	13
3.3	Místní šetření	13
3.4	Doplňující podklady – technické a provozní informace, zprávy, studie, dokumenty, literatura	13
3.5	Normy, zákony, vyhlášky	13
3.6	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	16
5.2.4	Hodnoty počátečních podmínek	16
5.2.5	Diskuze k nejistotám a úplnosti vstupních dat	16
5.3	Popis kalibrace modelu	17
6	Výsledky	18
6.1	Výstupy z hydrodynamických modelů	18
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. 1.1 jsou abecedně seřazeny všechny zkratky a symboly použité při zpracování části B, Technická zpráva – hydrodynamické modely a mapy povodňového nebezpečí.

Tab. č. 1.1 - Seznam zkratk a symbolů

Zkratka	Vysvětlení
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČÚZK	Český úřad zeměměřický a katastrální
DMT	Digitální model terénu
DOP	Dolní okrajová podmínka
DPI	Rozlišení dané počtem bodů na jeden palec (2,54 cm)
DMR 4G	Digitální model reliéfu 4. generace
DMR 5G	Digitální model reliéfu 5. generace
GIS	Geografické informační systémy
IDVT CEVT	Identifikátor vodního toku v Centrální evidenci vodních toků
SOP	Studie odtokových poměrů
LG	Limnigraf
ZÚ	Záplavová území
ZM10	Základní mapa 1:10 000

1.2 Cíle prací

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

- rozsah zaplavovaného území,
- hloubky vody v zaplavovaném území,
- rychlosti proudění vody v zaplavovaném 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 (aktualizace) 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 případné geodetické zaměření a jeho zadání
- Aktualizace nebo sestavení hydrodynamického modelu
- Hydraulické výpočty toku včetně objektů a inundačního území pro Q_5 , Q_{20} , Q_{100} , Q_{500}
- Prezentace v podobě map povodňového nebezpečí.

Výchozím podkladem pro zpracování studie byla data ze studie „Záplavové území Rolavy – povodňový model úsek soutok s Ohří – jez nad Starou Rolí, ř. km 0,000 až 4,514“ provedené v roce 2000 s aktualizací v roce 2008 v HEPS Terezín, Povodí Ohře, státní podnik.

Po prostudování poskytnutých dat byl proveden terénní průzkum s cílem zjistit, zda geodetické zaměření je dostatečné nebo bude třeba provést dodatečné zaměření. V průběhu terénního průzkumu byla pořízena nová fotodokumentace.

Na základě místního šetření bylo shledáno, že je potřeba na dvou lokalitách provést lokální geodetické doměření z důvodu upřesnění průběhu ZÚ. Ve většině zájmového území nedošlo v zájmovém území k žádným významným změnám v odtokových poměrech. Původní zaměření ze studie, kromě jmenovaných lokalit bylo prohlášeno za dostatečné a nebylo nutné provádět dodatečné zaměření.

S ohledem na 5ti letou platnost hydrologických dat bylo nutné v zájmovém profilu hydrologická data (průtoky n-letých vod) vydávaných ČHMÚ nechat znovu ověřit. U ověřených dat nebyly shledány zásadní změny průtoků, což vedlo k rozhodnutí prezentovat grafické výstupy nad původní mapou ZM 10 z roku 2008. Pro výpočet byla použita původní trať ze zaměření z roku 2008.

Hydraulické výpočty vodního toku včetně objektů a inundačního území byly provedeny pro Q_5 , Q_{20} , Q_{100} , Q_{500} . Získané výsledky byly jako bodová informace dále zpracovány pomocí nástrojů GIS nad výše zmíněným mapovým podkladem. V místech které to vyžadovaly, došlo k rozšíření příčných profilů tak, aby přesahovaly průběh záplavy Q_{500} . Za pomoci vygenerovaných bodů z DMR 5G byly vytvořeny mapy hloubek a rychlostí. Dále nad mapovým podkladem a mapou hloubek došlo k vynesení záplavových čar Q_5 , Q_{20} , Q_{100} , Q_{500} .

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

2 Popis zájmového území

Název vodního toku:	Rolava
ID úseku IDVT CEVT:	10 283 983
Číslo hydrologického pořadí toku:	1-13-01-1520-0-00 (Ohře) 1-13-01-1650-0-00 (Rolava) 1-13-01-1660-0-00 (Ohře)
Úsek vodního toku:	0,000 – 5,900 ř. km
Významná vodní díla:	přírodní koupaliště Rolava
Významné přítoky:	Limnice, Nejdecký potok, Rudný potok, Bílý potok, Černá voda (jinak též Slatinný potok), Jelení potok

Řeka Rolava pramení v Přírodním parku Přebuz v Krušných horách, zhruba 1 km východně od Jeřábího vrchu (964 m) v blízkosti německých hranic, v nadmořské výšce 920,8 m. Prameniště je oblast vřesovišť a rašelinišť.

Teče převážně jihovýchodním směrem, protéká městy Nejdek a Nová Role. Ústí do řeky Ohře na jejím 171,6 říčním kilometru v Karlových Varech (místní část Rybáře), v nadmořské výšce 370,3 m pod estakádou silnice I/6.

Patří do pstruhového pásma. U prameniště řeky se v historii dobýval cín metodou hlubinné těžby.

Podklady:

Název toku - zdroj VÚV TGM

ID úseku IDVT CEVT - zdroj Ministerstvo zemědělství

Číslo hydrologického pořadí vodního toku - zdroj ČHMÚ

Úsek vodního toku - zdroj Povodí Ohře, státní podnik

Významná vodní díla - zdroj ZM10, ČÚZK

Významné přítoky - zdroj ZM10, ČÚZK

Souhrnná technická zpráva „Záplavové území Rolavy, Ohře – jez nad Starou Rolí, povodňový model“,

HEPS Terezín, Povodí Ohře, státní podnik, aktualizace 2008

Wikipedie

Obrázek – Vymezení řešené oblasti s významným povodňovým rizikem



2.1 Všeobecné údaje

V rámci této studie byl posuzován úsek vodního toku Rolavy v ř. km 0,00 až po ř. km 5,90. Staničení bylo převzato z předchozí studie a odpovídá požadavku objednatele určujícím počátek a konec posuzovaného území.

Rolava pramení v rašeliništích při státní hranici v Krušných horách, severně od Rolavy ve výšce 918 m n. m. Protéká Nejdkem, Novou Rolí, Starou Rolí a po své cestě jižním směrem ústí zleva do Ohře v Karlových Varech - Rybářích.

Koryto je v intravilánu Karlových Varů a Staré Role upravené jako lichoběžník se stabilizovanou patou břehů, místy je provedena úprava kamennými zdmi. Kapacita koryta v intravilánu je proměnlivá. Místy má koryto kapacitu Q_{100} , místy je kapacita menší než Q_5 . V extravilánu nad Starou Rolí je kapacita menší než Q_5 .

Sklon vodního toku je v celém zájmovém úseku vodního toku rovnoměrný a činí 0,56 ‰.

Rychlost vody se pohybuje se v rozmezí 1,2 m/s až 2,4 m/s, výjimečně překračuje 2,5 až 3 m/s.

Režim proudění je v celém zájmovém úseku vodního toku říční.

2.2 Průběhy historických povodní (největší zaznamenané povodně)

Na vodním toku byly pomocí limnigrafu LG Stará Role - 3,8 ř. km dosud zaznamenány tyto nejvyšší povodňové stavy viz tab. č. 2.1.

Tab. č. 2.1 - Nejvyšší povodňové stavy LG Stará Role

historické povodně			
datum kulminace dle nejvýše dosaženého vodního stavu	Q	H	N - letost
	m ³ /s	cm	
13.08.2002	39,3	261	5
12.03.1981	102	249	100
10.04.1987		217	

8.12.1974		216	
03.01.2003	60,3	187	20
22.07.1980		182	
31.03.2006	34,4	137	2-5

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 – ZABAGED®, ČÚZK
- Výškopisná data DMR 5G, ČÚZK
- Geodetické zaměření – provedla firma *AquaGeo*, v.o.s., Litoměřice, září 1998.
- Výsledky hydraulického výpočtu nerovnoměrným prouděním (program *Hydrocheck*), 2012
- Hydrologická data: N-leté průtoky – ČHMÚ Plzeň, 06/2011
- Podrobný terénní průzkum zpracovatele, uskutečněný 22.3.2011 a 29.9.2011 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

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 - LSS od ČÚZK.

Digitální model reliéfu České republiky 5. generace (DMR 5G) představuje zobrazení přirozeného nebo lidskou činností upraveného zemského povrchu v digitálním tvaru ve formě výšek diskrétních bodů v nepravidelné trojúhelníkové síti (TIN) bodů o souřadnicích X,Y,H, kde H reprezentuje nadmořskou výšku ve výškovém referenčním systému Balt po vyrovnání (Bpv) s úplnou střední chybou výšky 0,18 m v odkrytém terénu a 0,3 m v zalesněném terénu.

Model vznikl z dat pořízených metodou leteckého laserového skenování výškopisu území České republiky v letech 2009 až 2013. Dokončen byl k 30. 6. 2016 na celém území ČR.

3.1.2 Mapové podklady

Pro potřeby studie byla použita Základní mapa České republiky 1:10 000 (ZM 10) aktualizovaná Zeměměřickým úřadem. 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 bežešvá 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. ZM 10 je distribuována ve formátu TIF po segmentech bežešvé mapy – čtvercích 2 x 2 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

Jak již bylo zmíněno v kapitole 1.3, nové geodetické zaměření bylo nutné provést pouze na dvou lokalitách pro potřeby upřesnění průběhu ZÚ.

Jedná se o tyto lokality:

- 1) nákupní zóna na soutoku s Ohří. ř.km 0,050 - Zde byly geodeticky zaměřeny dva průchody pod komunikacemi a upřesněno ZÚ Rolavy.
- 2) domov pro seniory, ř.km 2,800 - V domově pro seniory proběhla rozsáhlá rekonstrukce a dostavba objektu. Součástí dostavby bylo i vybudování PPO v podobě betonové zídky. Tato zídka byla geodeticky zaměřena.

Geodetické práce prováděla v roce 2019 společnost Hydosoft Veleslavin s.r.o.

Při stavbě modelu bylo použito zaměření z původní studie provedené firmou *AquaGeo, v.o.s.*, Litoměřice v září 1998. Pro přesnější vynesení průběhu záplavových čar byla k dispozici data z leteckého snímkování DMR 5G, která poskytlo Povodí Ohře, státní podnik.

Jiné výškopisné podklady nebyly pro zpracování studie k dispozici.

3.2 Hydrologická data

Název hydrologického profilu:	ústí do Ohře, Karlovy Vary
Datum pořízení:	15.6.2011
Říční kilometr:	0,000 ř. km
Třída přesnosti dle ČSN 75 1400:	II.
Velikost plochy povodí k profilu:	137,25 km ²
Číslo hydrologického pořadí toku:	1-13-01-1520-0-00 (Ohře) 1-13-01-1650-0-00 (Rolava) 1-13-01-1660-0-00 (Ohře)

Tab. č. 3.1 - 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
Ústí do Ohře, KV	15.6.2011	0,00	39,6	66,6	106	156	II.

Tab. č. 3.2 - Porovnání N-letých průtoků platných a z původní studie (Q_N) v m³.s⁻¹

Vodní tok	N-leté průtoky (Q_N) v m ³ .s ⁻¹								datum předání
	1	2	5	10	20	50	100	500	
Rolava	16,7	25,4	39,6	52,3	66,6	88,8	106	156	15.6.2011
	16,7	25,4	39,6	52,3	66,6	88,8	106		červen 2006
%	0	0	0	0	0	0	0		

Z výše uvedené tabulky vyplývá, že hodnoty průtoků oproti původním hydrologickým datům se nezměnily.

3.2.1. Hydrologické poměry a jejich interpretace ve výpočtovém modelu

Pro zpracování studie byly použity základní hydrologické údaje ČHMÚ

3.3 Místní šetření

Místní šetření I. etapy proběhlo 22.3.2011 a 29.9.2011 a byla zpracována podrobná fotodokumentace. Každá fotografie je časově a prostorově lokalizovaná. Součástí fotodokumentace jsou i fotky ze starších studií. Lokalizace starší fotodokumentace nebyla dodatečně prováděna, v některých případech ale byly i starší fotky lokalizované.

Místní šetření II. etapy proběhlo 11.10.2018. Cílem tohoto šetření bylo posouzení případných změn v zájmovém území proti I. etapě. Opět byla provedena podrobná fotodokumentace, ale pouze jako dokumentování změn či nových poznatků v území. Tato fotodokumentace je tedy doplňkem fotodokumentace předcházející.

Cílem místního šetření bylo:

- a) posouzení nutnosti doplňujícího geodetického zaměření. V případech rekonstrukcí objektů či vlastního koryta či jakékoliv změně v korytě či inundačním území bylo posuzováno, zadali je, nebo není potřeba provést nové zaměření. Výsledek šetření je popsán v kapitole 3.1.3 Geodetické podklady.
- b) posouzení drsnostních charakteristik, zejména v inundaci, kde se odtokové parametry mohly změnit novou výstavbou. Dále bylo potřeba určit drsnostní charakteristiky v území potenciálně zaplaveném povodní Q_{500} .
- c) posouzení morfologie terénu z pohledu průtoku Q_{500} . Bylo nutné rozhodnout, zdali bude nutné rozšiřovat profily původního modelu, či nikoliv. Ne vždy se celá se inundace podílí na průtoku. Na základě průzkumu byly některé profily v době sestavování modelu, proti původní studii rozšiřovány z výškopisu DMR 4G.
- d) posouzení objektů z pohledu průtoku Q_{500} . Původní modely nepočítaly s tak velkým průtokem. Bylo tedy nutné posoudit průtokové parametry objektů i při této extrémní povodni. U některých objektů byly na základě pořízené fotodokumentace upraveny průtokové koeficienty či další parametry objektu, například rozsah zasahování mostovky do průtočného profilu.
- 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 pak byla pořízená fotodokumentace významným nástrojem pro rozhodování kde a jak model upravovat.

3.4 Doplňující podklady – technické a provozní informace, zprávy, studie, dokumenty, literatura

V průběhu zpracování nebyly poskytnuty žádné další podklady.

3.5 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.

3.6 Vyhodnocení a příprava podkladů

Poskytnuté podklady plně pokryly zájmové území. Původní profily musely být místy rozšířeny, protože v původní studii nebyl řešen 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 Hydrosoft 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 modelu je poměrně jednoduché. Koryto prochází prakticky v celém zájmovém úseku údolnicí a inundace není široká. Nebylo tedy nutné zpracovávat dílčí úseky vodního toku jako okružovou síť. Vzdálenosti příčných profilů v intravilánu jsou cca 50 m, v extravilánu cca 200 až 250 metrů, v místech, kde to bylo potřeba hustěji.

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

Jelikož se jedná o výpočet ustáleného nerovnoměrného proudění v říčním korytě, zadává se okrajová podmínka v dolním výpočtovém profilu v podobě hladiny a průtoku. V místě významných přítoků, pro které jsou k dispozici hydrologické údaje, se zadává změna průtoku. Jiné okrajové ani počáteční podmínky výpočtu se nezadávají.

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 tak i rozdělení aktivní zóny v příčném profilu.

Pro výpočty konsumpčních křivek významných objektů byl použit nástroj - výpočty objektů, který je nyní přímou součástí programu HYDROCHECK verze 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 funkcí HYDROCHECKu verze 5.X, který generuje vypočtené průsečíky hladin v profilech do mapy.

5.2 Vstupní data numerického modelu

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

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 simulace nerovnoměrného proudění nutné zadat okrajové podmínky. Jedná se především o průtok a označení počátečního (popřípadě koncového) profilu, ve kterém má být průběh proudění řešen. Dále se zadává hladina v počátečním profilu, pokud není zvolen režim jejího automatického výpočtu z konzumpční křivky.

5.2.1 Morfologie vodního toku a záplavového území

ř. km 0,000 až 1,604 profily PF45 až PF27M – nad soutokem s Ohří, intravilán Karlovy Vary

V úseku vodního toku nad soutokem po profil PF39 je kapacita koryta Q_{20} . Při povodni Q_{100} je na pravém břehu zaplavováno několik nemovitostí. V úseku vodního toku, mezi profily PF39 až PF33 je kapacita koryta vyšší než Q_{100} a koryto provede i průtok Q_{500} . Mezi profily PF33 až PF27M je kapacita koryta menší než Q_5 . Přilehlé nemovitosti jsou ale zaplavovány až při povodni Q_{100} .

ř. km až 1,604 až 4,298 profily PF27M až PF05M – intravilán Stará Role

Mezi profily PF27M až PF20 je koryto kapacitní maximálně na Q_5 . Na pravém břehu nad železničním mostem PF27M je v záplavě Q_5 zahrádková kolonie. Kolem profilu PF21 je na pravém břehu při Q_{20} zaplavována část průmyslového areálu.

Mezi profily PF20 až PF05 je koryto kapacitní na průtok Q_{100} s jedinou výjimkou kolem profilu PF16, pod železničním mostem, kde při Q_{100} dojde k zaplavení několika nemovitostí.

ř. km až 4,298 až 5,876 profily PF05M až U09 – extravilán nad Starou Rolí

V celém úseku je kapacita koryta menší než Q_5 , ale veškerá zástavba je mimo dosah Q_{100} i Q_{500} .

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 jsou uvedeny v tabulkách 5.1 a 5.2. Podrobné informace o použitých drsnostech v příčných profilech najdete ve výpisu výpočtové trati.

Tab. č. 5.1 - 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

Tab. č. 5.2 - Použité drsnosti dle Manninga v inundačním území

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

Dolní okrajová podmínka byla stanovena v počátečním profilu řešeného úseku – PF45, ř. km 0,028. Pro řešený úsek jsou k dispozici průtoky pro Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500} . Jejich hodnoty jsou v následující tabulce č. 5.3. Hladiny k nim byly určeny z výsledků původní studie a lze je odečíst z výsledného výpočtového modelu.

Tab. č. 5.3 - N-leté povodňové průtoky uvažované při hydraulickém řešení

profil DOP / N-leté průtoky Q_N	Úsek toku (km od - do)	Q_5	Q_{20}	Q_{100}	Q_{500}	Poznámka
PF45, u ústí do Ohře, Karlovy Vary, ř.km 0,028	0,0 – 5,9	39,6	66,6	106	156	

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.

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.

Tab. č. 6.1 - 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
0,029	369,75	372,70	39,6	372,80	66,6	373,50	106,0	373,91	156,0	PF45
0,093	369,89	372,73	39,6	372,87	66,6	373,57	106,0	374,02	156,0	PF44
0,110	370,09	372,73	39,6	372,89	66,6	373,58	106,0	374,04	156,0	PF43M
0,133	370,38	372,75	39,6	372,93	66,6	373,64	106,0	374,12	156,0	PF42
0,319	371,23	373,06	39,6	373,47	66,6	374,15	106,0	374,70	156,0	PF41
0,453	371,70	373,46	39,6	373,95	66,6	374,59	106,0	375,17	156,0	PF40
0,672	372,57	374,18	39,6	374,69	66,6	375,31	106,0	375,92	156,0	PF39
0,690	372,57	374,23	39,6	374,73	66,6	375,34	106,0	375,92	156,0	PF38M
0,700	372,60	374,26	39,6	374,77	66,6	375,40	106,0	375,99	156,0	PF37
0,830	372,91	374,65	39,6	375,18	66,6	375,81	106,0	376,43	156,0	PF36
1,000	373,06	375,05	39,6	375,59	66,6	376,21	106,0	376,83	156,0	PF35
1,013	376,06	377,25	39,6	377,72	66,6	378,31	106,0	378,99	156,0	PF34J
1,021	375,99	377,25	39,6	377,72	66,6	378,31	106,0	378,99	156,0	PF33
1,189	376,12	377,94	39,6	378,44	66,6	379,01	106,0	379,43	156,0	PF32
1,352	376,72	378,51	39,6	379,04	66,6	379,60	106,0	380,09	156,0	PF31
1,370	376,36	378,56	39,6	379,10	66,6	379,68	106,0	380,19	156,0	PF30M
1,378	376,39	378,59	39,6	379,13	66,6	379,72	106,0	380,23	156,0	PF29
1,526	377,70	379,19	39,6	379,67	66,6	380,19	106,0	380,68	156,0	PFD
1,540	379,39	382,02	39,6	382,34	66,6	382,73	106,0	383,16	156,0	PFCst
1,578	379,01	382,02	39,6	382,34	66,6	382,73	106,0	383,16	156,0	PF28
1,604	378,97	382,04	39,6	382,38	66,6	382,79	106,0	383,23	156,0	PF27M
1,613	378,62	382,07	39,6	382,44	66,6	382,88	106,0	383,34	156,0	PF26
1,750	379,60	382,18	39,6	382,61	66,6	383,12	106,0	383,50	156,0	PF25
1,962	380,36	382,60	39,6	383,13	66,6	383,71	106,0	384,18	156,0	PF24
2,104	381,09	383,26	39,6	383,76	66,6	384,27	106,0	384,71	156,0	PF23
2,279	382,10	384,15	39,6	384,55	66,6	384,85	106,0	385,17	156,0	PF22
2,388	382,49	384,72	39,6	385,22	66,6	385,70	106,0	386,19	156,0	PF21

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
2,431	382,70	384,88	39,6	385,37	66,6	385,88	106,0	386,39	156,0	PFB
2,440	383,49	384,94	39,6	385,42	66,6	385,93	106,0	386,45	156,0	PFast
2,506	383,58	385,30	39,6	385,78	66,6	386,32	106,0	386,86	156,0	PF20M
2,724	384,44	386,37	39,6	386,87	66,6	387,42	106,0	387,99	156,0	PF19
2,740	385,00	386,45	39,6	386,93	66,6	387,48	106,0	388,05	156,0	PF18M
2,746	384,93	386,45	39,6	386,94	66,6	387,50	106,0	388,07	156,0	PF17
2,870	385,10	387,00	39,6	387,52	66,6	388,09	106,0	388,64	156,0	PF16
2,902	385,28	387,04	39,6	387,56	66,6	388,14	106,0	388,70	156,0	PF15M
2,931	385,45	387,16	39,6	387,70	66,6	388,29	106,0	388,88	156,0	PF14
3,067	385,74	387,70	39,6	388,25	66,6	388,88	106,0	389,51	156,0	PF13
3,089	386,02	387,79	39,6	388,34	66,6	388,99	106,0	389,61	156,0	PF12M
3,104	386,24	387,86	39,6	388,42	66,6	389,07	106,0	389,70	156,0	PF11
3,352	387,05	388,96	39,6	389,52	66,6	390,16	106,0	390,74	156,0	PF10
3,643	388,29	390,21	39,6	390,79	66,6	391,42	106,0	391,96	156,0	PF09
3,839	389,29	391,19	39,6	391,76	66,6	392,42	106,0	392,90	156,0	PF08
4,087	390,63	392,77	39,6	393,32	66,6	393,95	106,0	394,37	156,0	PF07
4,277	392,14	393,94	39,6	394,48	66,6	395,10	106,0	395,51	156,0	PF06
4,298	391,23	394,10	39,6	394,75	66,6	395,64	106,0	396,28	156,0	PF05M
4,312	391,65	394,10	39,6	394,75	66,6	395,64	106,0	396,28	156,0	PF04
4,480	393,43	395,16	39,6	395,56	66,6	396,07	106,0	396,55	156,0	PF03
4,496	396,65	398,15	39,6	398,44	66,6	398,68	106,0	398,93	156,0	PF02J
4,514	395,14	398,15	39,6	398,44	66,6	398,68	106,0	398,93	156,0	PF01
4,575	396,08	398,21	39,6	398,51	66,6	398,73	106,0	398,95	156,0	U002
4,782	396,82	398,26	39,6	398,55	66,6	398,78	106,0	399,01	156,0	R003
5,040	398,35	399,29	39,6	399,57	66,6	399,83	106,0	400,06	156,0	U004
5,272	398,78	400,28	39,6	400,64	66,6	400,96	106,0	401,20	156,0	R005
5,489	399,44	401,14	39,6	401,54	66,6	401,94	106,0	402,17	156,0	R006
5,687	401,06	402,36	39,6	402,73	66,6	403,11	106,0	403,38	156,0	R007

Staničení [km]	Úroveň dna [m n. n.]	H ₅ [m n. n.]	Q ₅ [m ³ /s]	H ₂₀ [m n. n.]	Q ₂₀ [m ³ /s]	H ₁₀₀ [m n. n.]	Q ₁₀₀ [m ³ /s]	H ₅₀₀ [m n. n.]	Q ₅₀₀ [m ³ /s]	Poznámka
5,874	402,07	403,50	39,6	403,87	66,6	404,24	106,0	404,49	156,0	R008
6,105	403,68	404,79	39,6	405,01	66,6	405,25	106,0	405,47	156,0	U009

6.2 Mapy povodňového nebezpečí

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

Tabulka 6.2– Dotčené správní území obcí maximálním rozlivem

Kód ORP	Název ORP	Kód ICOB	Název obce
06343	Karlovy Vary	554961	Karlovy Vary
		555398	Nová Role

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 vyladit 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 vyladit 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 profilem 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 rozvlákněná, 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 nezdědka 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 byt' v řádu desítek procent se ve volné trati dramaticky neprojeví.