

BEROUNKA – Stanovení rozsahu záplavových území v ř. km 8,14-9,80

PRŮVODNÍ ZPRÁVA

Objednatel:



Povodí Vltavy, státní podnik

Holečkova 8

Praha 5

150 24

Zpracovatel:



DHI, a.s.

Na Vrších 1490/5

Praha 10

100 00

V Praze, říjen 2019

ZÁKLADNÍ ÚDAJE

NÁZEV AKCE DLE SOD	„Stanovení rozsahu záplavových území Berounky 8,14-9,80“
PŘEDMĚT DÍLA	<p>Studie vymezí záplavové území včetně aktivní zóny podél vodního toku Berounky (IDVT 10100011) v úseku daném říční kilometrůží ř. km 8,14 - ř. km 9,8.</p> <p>Dokumentace je zpracována v souladu a rozsahu dle požadavků příslušné vyhlášky MŽP č. 79/2018 Sb., o způsobu a rozsahu zpracovávání návrhu a stanovování záplavových území včetně aktivní zóny záplavového území a jejich dokumentace.</p>
DOTČENÉ OBCE	Černošice, Lipence
OBEC S ROZŠÍŘENOU PŮSOBNOSTÍ	Černošice, Hl. m. Praha
KRAJ	Krajský úřad Středočeského kraje, odbor životního prostředí a zemědělství
VODOPRÁVNÍ ÚŘAD PŘÍSLUŠNÝ KE STANOVENÍ ZÚ	Krajský úřad Středočeského kraje a Magistrát hlavního města Prahy
VODNÍ TOK (IDVT)	10100011
SPRÁVCE VODNÍHO TOKU	Povodí Vltavy, státní podnik
ČHP	1-11-05-50
OBJEDNATEL	Povodí Vltavy, státní podnik Holečkova 8 150 24 Praha 5
ČÍSLO SMLOUVY OBJEDNATELE	PVL-1217/2019-SML
ZPRACOVATEL	DHI, a.s. Na Vrších 1490/5 100 00 Praha 10
VYPRACOVAL	<p>Ing. Michal Korytář Ing. Petr Sklenář</p> <p>Říjen 2019</p>

OBSAH:

1. ZADÁNÍ – VYMEZENÍ PLNĚNÍ ZAKÁZKY	4
1.1 CÍL PRACÍ	4
1.2 PŘEDMĚT PRACÍ	4
1.3 SEZNAM ZKRATEK	5
2. POUŽITÉ PODKLADY.....	5
2.1 HYDROLOGICKÉ PODKLADY:	6
2.2 TOPOLOGICKÉ PODKLADY:	6
2.2.1 Vytvoření DMT.....	6
2.2.2 Mapové podklady.....	6
2.3 DALŠÍ PODKLADY:	7
2.3.1 Místní šetření.....	7
3. VÝZNAMNÉ HISTORICKÉ POVODNĚ	8
4. HYDROLOGICKÁ DATA	8
5. POPIS TOKU	8
5.1 POPIS ZÁPLAVOVÉHO ÚZEMÍ BEROUNKY Ř.KM 8.14-9.80	8
5.2 POPIS ZÁSTAVBY V ZÁPLAVOVÉM ÚZEMÍ VZHLEDEM K ZÚ A AZZÚ	9
6. MATEMATICKÝ MODEL – HYDROTECHNICKÉ VÝPOČTY.....	12
6.1 METODIKA VÝPOČTU	12
6.1.1 Použité programové vybavení.....	12
6.1.2 Vstupní data numerického modelu	13
6.2 STANOVENÍ A ZADÁVÁNÍ OKRAJOVÝCH PODMÍNEK (OP)	14
6.3 DRSNOSTI HLAVNÍHO KORYTA A INUNDAČNÍCH ÚZEMÍ	14
6.4 KALIBRACE MODELU	15
7. ZPŮSOB VYMEZENÍ ZÁPLAVOVÉHO ÚZEMÍ A AKTIVNÍ ZÓNY	16
7.1 ZÁPLAVOVÉ ÚZEMÍ.....	16
7.2 AKTIVNÍ ZÓNA ZÁPLAVOVÉHO ÚZEMÍ – AZZÚ	16
7.2.1 Zpracování návrhu AZZÚ	16
7.2.2 Stanovení AZZÚ	16
8. VÝSTUPY	17
8.1 ZÁPLAVOVÉ ÚZEMÍ PRO PRŮTOKY Q_5 , Q_{20} , Q_{100} , Q_{500}	17
8.2 HLOUBKY PRO PRŮTOKY Q_5 , Q_{20} , Q_{100} , Q_{500}	17
8.3 SVISLICOVÉ RYCHLOSTI PROUDĚNÍ PRO PRŮTOKY Q_5 , Q_{20} , Q_{100} , Q_{500}	17
8.4 POVODŇOVÉ OHROŽENÍ	18
8.4.1 Výpočet intenzity povodně	18
8.4.2 Stanovení povodňového ohrožení	18
8.5 NEJISTOTY VE VÝSLEDČÍCH VÝPOČTU	19
8.6 TIŠTĚNÉ VÝSTUPY.....	20
8.7 DIGITÁLNÍ VÝSTUPY	20

1. ZADÁNÍ – VYMEZENÍ PLNĚNÍ ZAKÁZKY

Úkolem této studie je stanovení záplavového území řeky Berounky dle vyhlášky MŽP č. 79/2018 Sb. na základě výpočtů dvourozměrným matematickým modelem nad aktuálním digitálním modelem terénu, které určí charakteristiky proudění v korytě Berounky a v inundačním území v úseku od ř. km 8,14 (jez Černošice) po ř. km 9,8 (Kazín). Jedná se především o vypočtení průběhů hladin a hloubek vody v korytě a záplavovém území, a vyšetření rozdělení rychlostí a měrných průtoků v celé zájmové oblasti pro návrhové povodňové průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500} a dále jejich následné zpracování do map rozlivů, hloubek a rychlostí. Znalosti těchto uvedených hydraulických charakteristik jsou podkladem ke stanovení aktivní zóny záplavového území, k vytvoření Map záplavového území, Map povodňového nebezpečí a Map povodňového ohrožení.

1.1 CÍL PRACÍ

je určit pro povodňové průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500} :

- hloubky vody v záplavovém území,
- rychlosti proudění vody v záplavovém území,

a na jejich základě stanovit a navrhnout:

- záplavovou čáru hranice rozlivů,
- záplavové území,
- aktivní zónu záplavového území,
- povodňové ohrožení.

1.2 PŘEDMĚT PRACÍ

Předmět práce zahrnuje tyto činnosti:

- zajištění a zpracování vstupních podkladů,
- sestavení hydrodynamického modelu a simulace příslušných průtokových stavů,
- zpracování výsledků matematického modelování do výstupů dle vyhlášky MŽP č. 79/2018 Sb. a dle podrobné specifikace objednatele smlouvy o dílo.

1.3 SEZNAM ZKRATEK

Tab. 1.1. – Seznam použitých zkratk a symbolů

Zkratka	Vysvětlení
Bpv	Výškový systém Balt po vyrovnání
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČÚZK	Český úřad zeměměřický a kartografický
DSPS	Dokumentace skutečného provedení stavby
DHI	Dánský Hydraulický Institut
DMR5G	Digitální model reliéfu České republiky 5. generace
DMT	Digitální model terénu
ATLAS DMT	Software pro zpracování digitálního modelu terénu
DOP	Dolní okrajová podmínka
GIS	Geografický informační systém
HOP	Horní okrajová podmínka
LB	Levý břeh koryta toku
M21C	Matematický model Mike21C (2D model – curvilinear), ver. 2019
MPN VLTAVA	Analýza oblastí s významným povodňovým rizikem v povodí Vltavy a podklady k Plánu pro zvládnání povodňových rizik v povodí Labe“, etapa A
MZERO	Mike ZERO, software DHI, ver. 2019
MŘ	Manipulační řády jezů
MZE	Ministerstvo zemědělství
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
OrtoFoto	ORTOFOTO České republiky
PB	Pravý břeh koryta toku
PVL	Povodí Vltavy, státní podnik
RD	Rodinné domy
S_JTSK	Souřadnicový systém Jednotné trigonometrické sítě katastrální
SM	Silniční most
SZÚ	Studie záplavového území
VHM-50	Základní vodohospodářská mapa 1 : 50 000
VÚV TGM	Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, v.v.i.
ZABAGED®	Základní báze geografických dat – digitální topografický model
ZM-10	Základní mapa České republiky 1 : 10 000
ZÚ	Záplavová území
ŽM	Železniční most

2. POUŽITÉ PODKLADY

Hydrodynamický model, vytvořený pro účely této studie, v dolní části spodního úseku částečně překrývá, částečně rozšiřuje a také hlavně zpodrobňuje 2D povodňový model Prahy, použitý naposledy pro účely projektu „Analýza oblastí s významným povodňovým rizikem v povodí Vltavy a podklady k Plánu pro zvládnání povodňových rizik v povodí Labe“, etapa A (zhotovitel: sdružení „Sweco Hydroprojekt a.s. + DHI a.s. + VRV a.s.“; řešitel: DHI a.s.; 12/2019).

Jako terénní podklad byl využit DMT území hl. m. Prahy, poskytnutý IPR MHMP ve formátu software DMT Atlas). Tento model byl použit na základě smlouvy mezi zpracovatelem DHI a.s. a IPR Praha, podle které se Povodí Vltavy s.p. nepovažuje z hlediska využití dat 2D modelu hl. m. Prahy za třetí stranu a zpracovatel může v projektech,

zpracovávaných pro Povodí Vltavy s.p. využívat data modelu. Model terénu vznikl na základě leteckých snímků z roku 2010 doplněných o podrobná měření pro tvorbu 3D technické mapy, která proběhla v některých (především záplavových) územích v letech 2005–2008, poslední aktualizace pak proběhla v roce 2018 Fotogrammetricky byly změřeny podrobné body terénu a povinné terénní hrany. Střední výšková chyba podrobných bodů výsledného modelu v porovnání s přímými měřeními je 0,22m. Výsledný DMT obsahuje body čtvercové sítě v intervalu 30 m doplněné body předpisu povinných spojnic (hrany a paty svahů, hřbetnice, údolnice). Při měření byly ignorovány terénní stupně menší než 1m. Počítačově byl vytvořen hladký trojúhelníkový model terénu respektující zalomení vrstevnic na hranách. Tento model byl v lokalitě Černošic doplněn o dostupná či pro účely tohoto projektu pořízená geodetická zaměření břehových hran, objektu rekonstruovaného jezu Černošice a uliční sítě v části zástavby. Dále byly využity také mapové podklady a poznatky z místního šetření. Koryto toku bylo modelováno z dřívějších zaměření v příčných profilech (pod jezem Černošice) a plošného zaměření dna pomocí vyměřovacího plavidla, provedeného Povodím Vltavy s.p. 29.4 - 6.5.2019 v rámci akce „Plošné zaměření stávajícího dna, Měřený úsek Černošice-Mokropsy“.

2.1 HYDROLOGICKÉ PODKLADY:

- Hodnoty N-letých průtoků

Pro účel studie byla použita data objednaná v rámci studie MPN VLTAVA, viz tab. 4.1. na str. 8.

2.2 TOPOLOGICKÉ PODKLADY:

- DMT území hl. m. Prahy (podkladová data copyright © IPR MHMP)
- Plošné zaměření stávajícího dna, Měřený úsek Černošice-Mokropsy, Povodí Vltavy, s.p. 2019
- Pozemní zaměření části uliční sítě Černošice-Mokropsy, Kazín, Dolní Černošice, Povodí Vltavy s.p.(poskytovatel), 9/2018
- ZABAGED® (podkladová data copyright © ČÚZK), rastrové mapy v digit. podobě poskytlo PVL
- OrtoFoto ČR (copyright © ČÚZK) v digitální podobě poskytlo PVL
- ZM-10 (copyright © ČÚZK) v digitální podobě (2016)

2.2.1 Vytvoření DMT

DMT pro zpracování studie byl vytvořen v softwaru **ATLAS DMT, ver. 5.10.1.**

DMT je prostorová plocha, která modeluje skutečný (zaměřený) nebo projektovaný terén. Vzniká na základě zadaných 3D bodů. Lze zadat i 3D čáry. Zadanými body plocha prochází, mimo ně se dopočítává podle matematických vzorců tak, aby se blížila skutečnosti – výpočet není založen na lineární interpolaci, ale modeluje hladký „oblý“ terén. Tam, kde je to na závadu, lze doplnit terénní hrany. Hlavními zdroji dat pro vytváření (generování) DMT jsou textové soubory (bodové pořady) z leteckého skenování reliéfu terénu, geodetických zápisníků (totálních stanic) a výkresy ve formátu DXF (body, linie, plochy).

Základní zobrazení (reprezentace) DMT vzniká při generaci a velmi zjednodušeně lze prohlásit, že DMT Atlas zadané body spojuje do trojúhelníků tak, aby se tyto trojúhelníky co nejvíc blížily rovnostranným. Konečná podoba modelu je upravována vkládáním „povinných hran“.

Postup tvorby byl následující:

Inundační území:

- Převzetí DMT území hl. m. Prahy ve formátu Atlas DMT

Koryto:

Pro tvorbu koryta bylo použito zaměření dna koryta v příčných profilech staršího data (pod jezem Černošice) a plošného zaměření dna pomocí vyměřovacího plavidla, provedeného Povodím Vltavy s.p. 29.4 - 6.5.2019 v rámci akce „Plošné zaměření stávajícího dna, Měřený úsek Černošice-Mokropsy“

Výsledný digitální model terénu zájmového území vznikl spojením dílčího DMT koryta a inundačního území.

DMT záplavového území byl doplněn o poznatky z místního šetření v zájmové oblasti.

2.2.2 Mapové podklady

Dále bylo využito informací ze základní báze geografických dat **ZABAGED®**, což je digitální geografický model území České republiky (ČR) na úrovni podrobnosti Základní mapy ČR 1:10 000 (ZM-10). ZABAGED® je součástí informačního systému zeměměřičství a patří mezi informační systémy veřejné správy. Je vedena v podobě bezešvé databáze pro

celé území ČR v centralizovaném informačním systému spravovaném Zeměměřickým úřadem. Polohopisná část ZABAGED® obsahuje dvourozměrné vedené (2D) prostorové informace a popisné informace o sídlech, komunikacích, rozvodných sítích a produktovodech, vodstvu, územních jednotkách a chráněných územích, vegetaci a povrchu, terénním reliéfu, které posloužily k plošnému přiřazení drsností.

Nedílnou součástí při konstruování výpočetní sítě byly **ORTOFOTO ČR** – listy 2,5 x 2,0 km ve formátu tif, se stranami rovnoběžnými se souřadnicovými osami S-JTSK, aktualizované v r. 2015 Zeměměřickým úřadem. 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 pixelu v metrech pro dané rozlišení souboru. Předané soubory TIF mají velikost 10000x8000 pixel, rozlišení 72x72 DPI, hloubku barev 24 bit/pixel.

Výsledky studie jsou prezentovány nad mapovým dílem **Základní mapa České republiky 1:10 000**.

Jedná se o nejpodrobnější základní mapu středního měřítka.

ZM10 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.

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 pixelu v metrech pro dané rozlišení souboru. Předané soubory TIF mají velikost 6300x6300, rozlišení 800 x 800 DPI, hloubku barev 24 bit/pixel.

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

2.3 DALŠÍ PODKLADY:

- [1] Kalibrační podklady – povodňové značky na Berounce pro povodeň 06/2013 (Povodí Vltavy, s.p; 2013)
- [2] Manipulační řád pro vodní dílo jez Černošice (Ing. T. Berit; 05/2017)

2.3.1 Místní šetření

Terénní průzkum pro základní ověření stavu terénu a zástavby byl proveden v několika fázích na jaře 2016,

Ověření rozsahu rozlivů, záplavového území a aktivní zóny záplavového území (AZZÚ) a jejich fotodokumentace byly provedeny po ukončení simulací a stanovení záplav a AZZÚ ověřen přímo v terénu během října 2019.

3. VÝZNAMNÉ HISTORICKÉ POVODNĚ

Z historie známe tyto významné povodně, u nichž lze stanovit nebo přibližně stanovit kulminační průtok:

Rok	Profil Praha	Profil Beroun
03/1845	4500 m ³ /s	1840 m ³ /s
05/1872	3300 m ³ /s	2500 m ³ /s
09/1890	3975 m ³ /s	1347 m ³ /s
03/1940	3245 m ³ /s	3500 m ³ /s

V novodobé historii se jednalo o tyto větší povodně:

Rok	Profil Praha	Profil Beroun
07/1954	2265 m ³ /s	754 m ³ /s
07/1981	1680 m ³ /s	889 m ³ /s
08/2002	5160 m ³ /s	2170 m ³ /s
04/2006	1429 m ³ /s	332 m ³ /s
06/2013	3040 m ³ /s*	960 m ³ /s*

*oficiální hodnoty ČHMÚ, při podrobné analýze na matematických modelech provedené v rámci projektu „Dolní Vltava – podklady pro optimalizaci zvládnutí povodňových rizik a ochrany před povodněmi -2015“ byly tyto hodnoty pro účely kalibrace modelu korigovány na 3215 m³/s v profilu Praha a 1080 m³/s v profilu Mokropsy

4. HYDROLOGICKÁ DATA

Hydrologická data vypracoval ČHMÚ v roce 2012 a 28.2. 2017 byla ověřena jejich platnost. Ověřovací dopis je v příloze 2_Standardní hydrologické údaje.

Tab. 4.1. – Berounka – N-leté průtoky (Q_N) v m³.s⁻¹

hydrologický profil	datum pořízení	Q ₅	Q ₂₀	Q ₁₀₀	Q ₅₀₀	třída přesnosti
Berounka ústí	2012	649	1040	1580	2270	neuvedena

5. POPIS TOKU

5.1 POPIS ZÁPLAVOVÉHO ÚZEMÍ BEROUNKY Ř.KM 8.14-9.80

Záplavové území řeky Berounky je v tomto úseku vymezeno jezem Černošice a profilem v ř. km 9.8 cca 100 m pod skálou Kazín. Údolí řeky nad zájmovým úsekem je tvořeno levotočivým meandrem, ohraničeným na pravém (konkávním) břehu vysokým skalním masívem, spadajícím přímo do řeky, na levém (konvexním) břehu naopak plochou, cca 300 m širokou nivou, ve které leží část města Černošice - Mokropsy a několik chatových osad. Počínaje profilem v ř.km 9.9 se otevírá záplavové území i na pravém břehu na kterém leží osada Kazín, nejprve v poměrně svažitém břehu a postupně ve velmi širokou (až přes 1km) pravobřežní nivou, která poté pokračuje až na soutok Berounky s Vltavou. V této nivě leží Dolní Černošice, patřící do katastrálního území MČ Lipence, která sama leží již mimo zájmové území převážně na vyvýšeném terénu nad záplavovým územím. Mezi Kazínem a Dolními Černošicemi je pravobřežní niva velmi plochá a v blízkosti obce Dolní Černošice se zde vytvořil průleh, mělké obtokové rameno, kterým obtéká část průtoku za velkých vod (zhruba od průtoku 350 m³/s výše) jez Černošice a obec Dolní Černošice a zaústí se zpět do řeky na konci meandru, uvnitř kterého Dolní Černošice leží. Nátok do tohoto ramene probíhá zhruba v ř.km 8,9 – 9,3. Pro využití tohoto fenoménu vznikl projekt na zkapacitnění tohoto koryta jako součást projektovaných protipovodňových opatření hl. m. Prahy. V projektu byly rozvíjeny dvě varianty, suchá pouze se zkapacitněním korytem, a varianta, v níž by součástí zkapacitněného koryta byla revitalizace s meandrujícím potokem, na vtoku se počítalo s manipulovatelným uzávěrem. Tento záměr je zanesen do územního plánu hl. m. Prahy jako změna ÚPn 712/930/1006 - Protipovodňové opatření plošné Průleh Lipence Dolní Černošice - odlehčovací koryto na PB okolo Dolních Černošic, projekt je však prozatím pouze ve fázi studie proveditelnosti.

Levobřežní niva se v zájmovém úseku naopak postupně zužuje, v ř.km 8,75 až 9,05 je ještě při levém břehu poměrně rozsáhlý ostrov, oddělený úzkým ramenem řeky, pod ostrovem již se levobřežní terén zvedá několik metrů nad hladinu řeky a není již zatápen ani při extrémních povodních. Znovu se terén o něco snižuje nad lávkou pro pěší v ř.km 8,28 a zůstává zde na hranici zatápení extrémními povodněmi – Q_{100} , resp. Q_{500} zaplavuje v okolí lávky a jezu na levém břehu pouze několik pozemků a nemovitostí.

V zájmovém území se nacházejí dva významné objekty, lávka Černošice-Lipence pro pěší a cyklisty v ř.km 8,28 (Obr 5.1) a jez Černošice s malou vodní elektrárnou, rybím přechodem a propustí pro vodáky v ř.km 8,143 (Obr 5.2)



Obr. 5.1 – Lávka pro pěší, Černošice-Lipence



Obr. 5.2 – jez Černošice s malou vodní elektrárnou, rybím přechodem a propustí pro vodáky

5.2 POPIS ZÁSTAVBY V ZÁPLAVOVÉM ÚZEMÍ VZHEDEM K ZÚ A AZZÚ

• Levý břeh

Na levém břehu, který je v horní části záplavového území nižším, konvexním břehem meandru, začíná zájmové území v ř.km 9,8 již pod centrem obce Mokropsy, v místě chatové osady Křížkovy lázně, v oblasti ulice Říční. Dále po proudu následuje osada Radost a dále chatová oblast mezi ulicemi v Topolích a řekou. V chatových oblastech převažuje zástavba chat, místy pravděpodobně upravených pro trvalý pobyt, menší, avšak nezanedbatelný podíl mají i v chatové oblasti rodinné domy, většinou starší, ale najde se zde i pár novostaveb (Obr 5.3). Pozemky – zahrádky chat jsou většinou malé a obyvatelé si proto pro zachování soukromí často postavili ploty, které jsou v podstatě plné, ať již zcela plně dřevěné nebo betonové, nebo prorostlé živými ploty případně překryté tkaninou či plachtovinou, což činí tuto část záplavového území prakticky zcela neprůtočnou (Obr. 5.4, 5.5). Zástavba chat s takto neprůtočnými ploty sahá až k samotnému břehu řeky (Obr. 5.6).

Záplavové území v ř.km 9,8-9,65 je ohraničené oblastí ulice Topolská, která již je i s se zástavbou po její pravé straně na vyvýšeném terénu a kolem ní již se vyskytují výhradně rodinné domy již taktéž mimo záplavu i extrémní povodně Q_{500} . Dále po proudu od ř.km 9,65 již ulice Topolská přechází do nižšího terénu blíže k vodě a její okolí je zaplaveno při Q_{100} a Q_{500} , z nižších povodní ji přesahuje pouze Q_{20} v oblasti křižovatky s ulicemi v Topolích (zhruba ř.km 9,56). Od této křižovatky ulice v Topolích znovu stoupá od řeky na vyšší terén, od křižovatky s ulicí Jasmínovou je zaplavována pouze Q_{500} a od trafostanice před křižovatkou s ulicí Šeříkovou již není zaplavována vůbec, zaplavena je pouze část zástavby vil a rodinných domů po její straně směrem k řece, kde se terén levého břehu mezi Topolskou ulicí a řekou snižuje a je zaplavován již při Q_5 (od křižovatky s ulicí V Topolích dále po proudu). Od trafostanice zhruba v ř.km 9,3 končí souvislá chatová zástavba na levém břehu a kromě jedné řady vilek podél ulice Topolská dále pokračují již jen louky a dále zahrady pouze s občasnými altány či zahradními chatkami, což platí i pro oblast ostrova. Vilová zástavba na levém břehu řeky se nachází již na vyvýšeném terénu a není zatápena, až blok zástavby mezi ulicemi Kazínská nad jezem Černošice a ústím Švarcavy pod jezem je zatápen od Q_{100} výše, první řada domů při břehu řeky podél ulice U Jezu od ústí Švarcavy po proudu na okraji zájmového území již je zatápena i při Q_{20} .

AZZÚ je dle nové vyhlášky hodně ovlivněná hloubkou záplavy a na levém břehu prakticky přesně kopíruje linii záplavy Q_5 prochází tedy až ke křižovatce ulic Topolská a V Topolích zhruba 100 – 150 m od břehové linie Chatovou oblastí, od zmíněné křižovatky pak podle strany Topolské ulice směrem k řece podle výšky zastavěného terénu buď přímo podél kraje ulice nebo částečně či zcela mimo zástavbu. Od zatáčky Topolské ulice nahoru k trati se pak linie AZZÚ drží pod zástavbou a poté přímo při vyvýšeném břehu řeky až na konec záplavového území.

- **Pravý břeh**

Na pravém břehu začíná záplavové území zájmové oblasti chatovou osadou Kazín pod skálou Kazín, nad níž proti proudu spadá skalní hřbet až přímo k řece. Pod skálou ve zpočátku úzkém pravobřežním záplavovém území leží centrum chatové osady s restaurací, tenisovými kurty, dětským hřištěm a loukou u řeky (Obr 5.7), protože však od louky břeh dále poměrně rychle stoupá, v záplavovém území $Q_{20} - Q_{100}$ leží jen nejnižší řady, záplavové území Q_{500} pak díky rychle stoupajícímu terénu není o mnoho rozsáhlejší. Dále po proudu již terén klesá a zbytek chatové osady kolem křižovatky ulic U Kazína, U Berounky a Za hrází je již zatápen i při Q_5 . Platí zde totéž co u protějších osad pod Mokropsy, pozemky chat či chat upravených pro trvalý pobyt jsou většinou malé a pro udržení soukromí jsou odděleny ploty, které jsou většinou v podstatě plné, ať již zcela plné dřevěné nebo betonové nebo prorostlé živými ploty, případně překryté tkaninou či plachtovinou, což činí tuto část záplavového území prakticky neprůtočnou. To platí i u zástavby vzdálenější od řeky, kterou tvoří již většinou rodinné domy. Celá tato zástavba leží v plochém území a je prakticky celá zaplavována již Q_5 až po patu ostrého svahu nad nímž vede ulice Oddechová. V tomto svahu je postaveno množství větších chat, rodinných domů a vil, jimž se většinou zatápí jen spodní části jejich pozemků - až na pár výjimek je zástavba pod Oddechovou ulicí v těchto místech mimo záplavové území. Naopak terén v území pod svahem nasvědčuje tomu, že při patě svahu vedlo kdysi staré rameno řeky, nyní větší částí bývalého ramene teče Lipanský potok a nízký terén je zatápen už od Q_5 .

Pod osadou Kazín se dále otevírá široká údolní niva, jejímž nejnižším místem vede již v základním popisu území zmíněný přirozený průleh, jímž voda obtéká za velkých vod (zhruba od průtoku $350 \text{ m}^3/\text{s}$ výše) jez Černošice a obec Dolní Černošice a zaústíuje se zpět do řeky na konci meandru, uvnitř kterého Dolní Černošice leží. Nátok do tohoto ramene probíhá zhruba v ř.km 8,9 – 9,3. Zhruba v ř.km 8,8 začíná na pravém břehu chatová osada, fotbalové hřiště a tenisové kurty, za nimiž již následuje zástavba rodinných domů a vil Dolních Černošic. Tato oblast je až ke konci zájmového území s výjimkou malé části území okolo elektrárny a přilehlých pozemků zaplavována již od Q_5 .

AZZÚ na pravém břehu stejně jako na břehu levém prakticky kopíruje záplavovou čáru Q_5 , od ř.km 9,8 až po km 9,6 - 9,65 (kde se již začíná údolní niva rozšiřovat a linie záplavové čáry se odklání od osy toku) vede AZZÚ po hraně zástavby a jen výjimečně zasahuje jednotlivé stavby. V okamžiku, kdy linie překročí ulici U Berounky, se však dostává do plochého terénu nivy s nízkou kótou terénu, končící ostrým svahem, kde se prakticky všechny záplavové čáry i čára AZZÚ sblíží do velmi úzkého intervalu a v AZZÚ se tak ocitá prakticky celé záplavové území, včetně kompletní pravobřežní zástavby obce Dolní Černošice.



Obr. 5.3 – ukázka novostavby v levobřežním záplavovém území



Obr. 5.4 – ukázka „neprůtočného“ oplocení v chatové oblasti



Obr. 5.5 – ukázka „neprůtočného“ oplocení v chatové oblasti



Obr. 5.6 – ukázka „neprůtočného“ oplocení u břehu řeky



Obr. 5.7 – centrum chatové osady Kazín na začátku pravobřežního záplavového území pod skálou Kazín



Obr. 5.8 – ukázka „neprůtočného“ oplocení v pravobřežním záplavovém území

6. MATEMATICKÝ MODEL – HYDROTECHNICKÉ VÝPOČTY

6.1 METODIKA VÝPOČTU

MIKE 21C

Pro takto charakterizované záplavové území Berounky byl vybrán dvourozměrný matematický model, který popisuje reliéf toku ve správné topologii a v celé ploše (půdorysné) – zájmová oblast je pokryta sítí výpočetních bodů. Tato dvourozměrná horizontální schematizace předpokládá zjednodušení ve vertikálním směru – uvažuje rozdělení rychlosti po svislici jako konstantní a zanedbává vertikální složky rychlostí. Na druhou stranu 2D model dává reálnou představu o zakřivené ploše hladiny v celém zájmovém území (např. při ustáleném proudění je hladina v neprotékaném inundačním území výše než v korytě) a umožňuje získat velmi detailní popis sledovaných hydraulických charakteristik (např. hloubek či směrů i velikostí rychlostí) včetně jejich plošného rozdělení.

Matematický model **MIKE 21C** je vlastní software vyvíjený společností DHI (DHI Water & Environment & Health, Hørsholm, Dánsko).

Dvourozměrný matematický model neustáleného proudění MIKE 21C je **založen na řešení Saint-Venantových diferenciálních rovnic (rovnice kontinuity a rovnice zachování hybnosti)** metodou konečných diferencí v jednotlivých bodech půdorysné výpočetní sítě. Řídící rovnice modelu MIKE 21C:

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial q}{\partial y} = 0$$

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{p^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{gp \sqrt{p^2 + q^2}}{C^2 h^2} - \frac{1}{\rho_w} \left[\frac{\partial}{\partial x} (h \tau_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y} (h \tau_{xy}) \right] - \Omega q - f V V_x + \frac{h}{\rho_w} \frac{\partial}{\partial x} (p_a) = 0$$

Model MIKE 21C pracuje v **neekvidistantní křivočaré síti**; tzn. že jeho výpočetní síť lze, na rozdíl od pravoúhlých (obdélníkových) sítí, přizpůsobit tvaru území a tak omezit počet bodů a tím i velikost výpočetní matice.

Neekvidistantní síť dále umožňuje zahuštění výpočetních bodů (tj. zmenšení velikosti výpočetních „buněk“) v oblastech, kde je třeba podrobněji modelovat reliéf terénu (např. objekty na toku), resp. v oblastech, kde požadujeme velmi detailní znalost výsledků.

6.1.1 Použité programové vybavení

Pro simulaci ustáleného nerovnoměrného proudění byl použit dvourozměrný matematický model proudění v otevřeném korytě s inundačním územím MIKE 21C, verze 2014, SP 3.

Výstupem modelu MIKE 21C jsou primárně tyto charakteristiky proudění:

- hodnoty hloubek vody
- hodnoty úrovní hladiny vody
- vektory rychlostí (tj. směr a velikost vektorů rychlostí, nebo též možno vyjádřit pomocí velikostí podélné a příčné složky vektorů rychlostí)

ve všech výpočetních bodech zájmové oblasti a pro všechny počítané časové kroky. 2D model tak dává reálnou představu o zakřivené ploše hladiny v celém zájmovém území (např. při ustáleném proudění je hladina v neprotékaném inundačním území výše než v korytě) i o rozdělení rychlostí v celé oblasti.

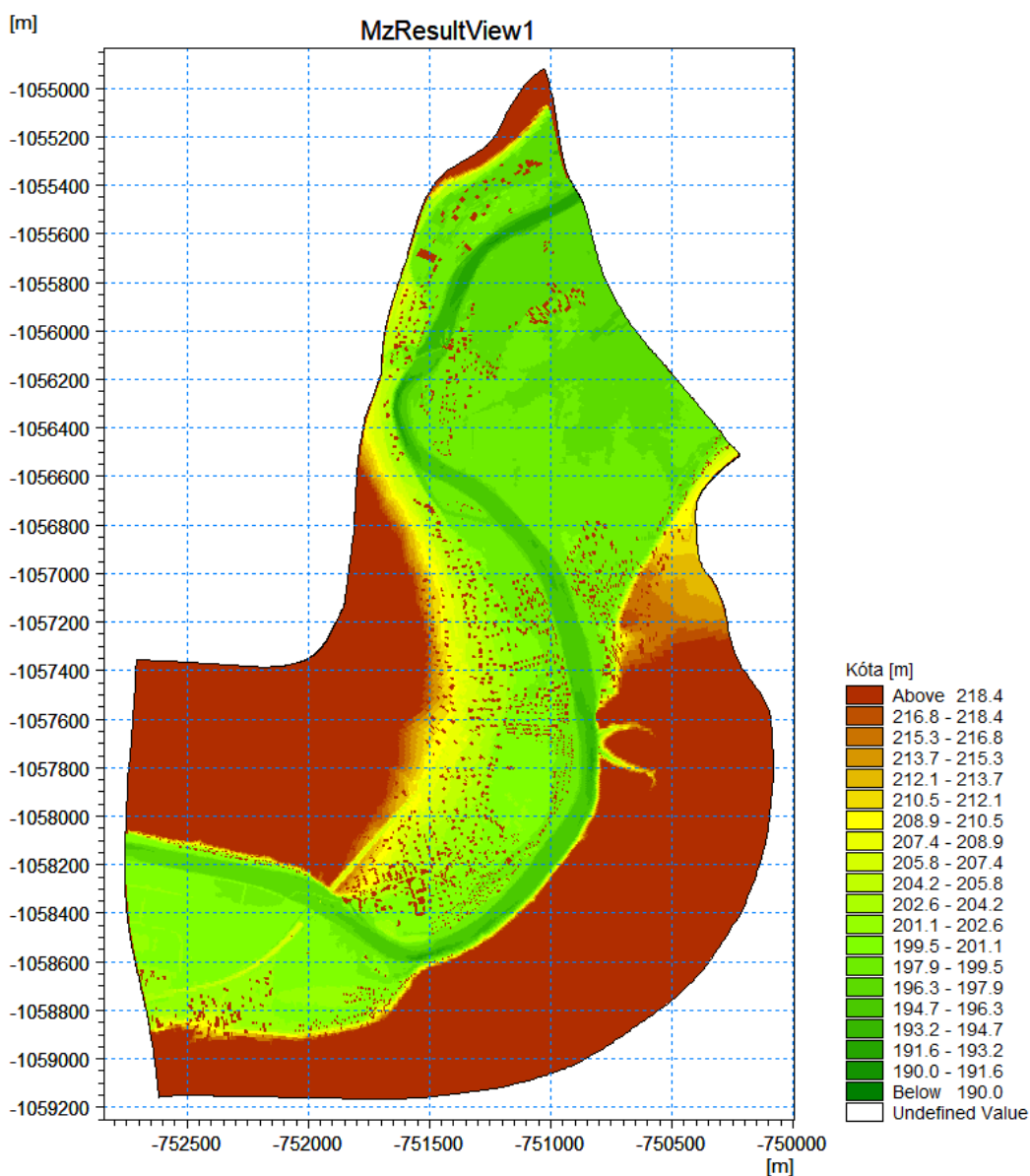
Charakteristiky proudění ovlivňují především reliéf terénu (tvar koryta, inundačního území, sklonové poměry) a odpory proudění (drsnot a tvarové odpory – zúžení resp. rozšíření průtočného profilu, oblouky, obtékání překážek, proudění přes objekty, apod.). Velkou pozornost je proto třeba věnovat přípravě souboru s geometrickými daty pro 2D model, neboť tento soubor v sobě obsahuje jak vlastní reliéf terénu tak i veškerá data pro výpočet tvarových odporů.

Podrobná specifikace modelu, detailní popis všech jeho vstupních souborů a jeho použití lze najít v manuálech programu - *M21C_User_Guide.pdf*, *M21C_GridGenerator.pdf*, *MIKE21C_Scientific_documentation.pdf*.

6.1.2 Vstupní data numerického modelu

Při přípravě modelu v daném úseku **byla vytvořena křivočará (vnitřně ortogonální) síť o rozměru 677 x 210 bodů**, která vymezuje oblast modelu. Z dostupných podkladů (viz kap. 2.2 Topologické podklady) byl sestaven digitální model terénu zájmové oblasti v modelu Atlas DMT. Promítnutím této sítě na DMT byl získán geometrický (batymetrický) model terénu ve **výpočetní síti modelu MIKE 21C o rozměru 676 x 209 bodů**. Výpočetní síť byla v oblastech objektů (mostů) zahuštěna až na vzdálenost bodů 2,5 - 3 m v podélném směru a 2,5 - 3 m v příčném směru, zatímco v některých místech relativně plochého inundačního území je vzdálenost mezi body 10 - 12 m. Pro potřeby studie je míra schematizace zájmového území dostatečně jemná pro podrobný popis prostorových jevů proudění v oblasti. Pilíře mostů jsou v geometrickém modelu reprezentovány zvýšeným terénem v místě jejich polohy. Domy a bloky domů byly modelovány pomocí podstatně vyvýšeného terénu (nepřelitelné překážky); ploty a jiné překážky podobného charakteru byly simulovány pruhy zvýšené drsnosti. Jez Černošice, i jez Mokropsy byly vzhledem k relativně velkým přelivným hloubkám a převažujícímu režimu zatopeného přelivu schematizovány pouze zvýšeným terénem v místě jezového tělesa.

Obr. 6.1. – Rozsah modelu – batymetrie křivočaré výpočetní sítě modelu



6.2 STANOVENÍ A ZADÁVÁNÍ OKRAJOVÝCH PODMÍNEK (OP)

Horní okrajová podmínka modelu – ustálený průtok – byla umístěna do ř. km 12,6, zhruba 900 m nad profilem železničního mostu v Mokropsech. Tím je zajištěno dostatečné „roztečení a usměrnění“ proudění v modelu tak, aby v oblasti horního okraje zájmového úseku nebyly vypočítané hydraulické charakteristiky zkresleny a ovlivněny zadanou horní okrajovou podmínkou.

Dolní okrajová podmínka modelu – úroveň hladiny – byla zadána do příčného profilu v ř. km 7,2.

Hladina byla konstruována z vypočtených průběhů hladin 2D povodňového modelu Prahy, pokrývajícího celé území hl. m. Prahy, a tudíž velkou částí překrývajícího nový model Černošice. Hladiny byly vypočteny v rámci studie „MPN VLTAVA, etapa A (DHI, a.s.; 12/2019)“.

Horní okrajovou podmínku tvoří N-leté průtoky, jež byly získány od ČHMÚ – viz kap. 4.

Tab. 6.1 – Berounka - N-leté povodňové průtoky pro model M21C uvažované při hydraulickém řešení

úsek název vodního toku / povodňové průtoky Q _{xxx}	úsek toku (ř. km od - do)	Q ₅	Q ₂₀	Q ₁₀₀	Q ₅₀₀
HOP – platná pro celý řešený úsek	12,6 - 7,2	449	1040	1580	2270
profil / vypočtená hladina ze MPN Vltava (2019) pro Q _{xxx}	úsek toku (ř. km)	HL ₅ (m n.m.)	HL ₂₀ (m n.m.)	HL ₁₀₀ (m n.m.)	HL ₅₀₀ (m n.m.)
profil v ř. km 7,2 – pod ČOV Černošice – místní lokalita Na Virku – DOP*	7,2	197,74	198,13	198,51	199,11

*uvedené hladiny platí pro koryto v ose toku, v levé a pravé inundaci jsou zadány nakloněnou hladinou zadanou v každé výpočetní buňce sítě

6.3 DRSNOSTI HLAVNÍHO KORYTA A INUNDAČNÍCH ÚZEMÍ

Hydraulická drsnost a místní zvýšené odpory proudění jsou pro model MIKE 21C zadávány pro každý bod výpočetní sítě. Pro základní „mapu drsností“ byly použity nově stanovené hodnoty pro vysoké průtoky pro 2D model Prahy (viz. kap. 6.4). Každý bod získal drsnost „propíchnutím“ výpočetní sítě s databází klasifikující území; hodnoty Manningova součinitele drsnosti „n“ ukazuje Tab 6.2.

Tab. 6.2 – Hodnoty Manningova součinitele drsnosti „n“ ($M = 1/n$ v matematickém modelu M21C)

popis povrchu	n (s/m ^{1/3})	M (m ^{1/3} /s)
Nespecifikovaná území	0,035	28,57
Hladké plochy, ulice, volná prostranství	0,030	33,33
Nízká, sekaná tráva	0,04	25
Nesezaná tráva	0,06	16,67
Vysoké stromy řídké	0,07	14,29
Husté stromy	0,08	12,5
Technické stavby I. - bez plotů	0,077	13
Keře normální, řídké propustné ploty	0,1	10
Keře husté, ploty nepropustné	0,198	5,02
Řepková pole (silné plodiny)	0,074	13,5
Řeka	0,0295 ÷ 0,04	38,56 ÷ 30,3

6.4 KALIBRACE MODELU

Jelikož je použitý model vlastně detailním výsekovým (a rozšiřujícím) modelem velkého 2D modelu Prahy, se kterým se překrývá podstatnou částí své rozlohy, byla z velké části využita mapa hydraulických drsností z velkého modelu, získaná kalibrací na tři poslední povodně 2002, 2006 a 2013 v rámci studie „Dolní Vltava – podklady pro optimalizaci zvládnání povodňových rizik a ochrany před povodněmi -2015“. Po srovnání těchto epizod byla jako určující epizoda pro stanovení hydraulických drsností v inundaci vybrána povodeň 6/2013, která prošla územím ve vrcholném, tedy pro odtokové poměry nejneprůzračnějším vegetačním období. Detailní model byl tedy pouze verifikován na tuto povodňovou epizodu.

Verifikace modelu byla provedena pomocí série simulací, při kterých byly upravovány hodnoty součinitelů drsnosti v celé ploše modelu tak, aby při shodných průtocích bylo dosaženo uspokojivé shody mezi vypočtenými a zaměřenými průběhy hladin, resp. povodňovými značkami dosažených kót hladin.

Zaměřené kóty hladin byly porovnány s hodnotami vypočtenými matematickým modelem, viz Tab. 6.3.

Tab. 6.3 – Kalibrace modelu - povodeň 06/2013

ř. km	ID značky	lokalizace kalibračního bodu měřené hladiny	zdroj značek	výška srovnávací hladiny (m n. m.)	výška vypočítané hladiny (m n. m.)	rozdíl (m)
7.40	1306_BER_L_108	Černošice - naplaveniny na plotě	Hydrosoft	198.55	198.37	-0.18
7.46	1306_BER_L_109	Černošice - naplaveniny na plotě	Hydrosoft	198.63	198.49	-0.14
7.49	1306_BER_L_110	Černošice - naplaveniny na plotě	Hydrosoft	198.70	198.53	-0.17
7.91	1306_BER_P_107	MVE Černošice - viditelná ryska na vratech	DHI a.s., Hydrosoft	199.06	199.07	0.01
7.97	1306_BER_P_106	Praha - naplaveniny na plotě	Hydrosoft	199.10	199.06	-0.04
8.04	1306_BER_P_105	Praha - zřetelná ryska hladiny na chatce	Hydrosoft	199.13	199.10	-0.03
9.50	1306_BER_P_001	Kazín	DHI a.s.	200.29	200.31	0.02
10.76	1306_BER_L_102	Černošice - zřetelná ryska hladiny na plotě	Hydrosoft	200.83	200.89	0.06
10.77	1306_BER_L_103	Černošice - zřetelná ryska hladiny na plotě	Hydrosoft	200.88	200.90	0.02
10.76	1306_BER_L_101	Černošice - naplaveniny na plotě	Hydrosoft	200.88	200.90	0.02
11.33	1306_BER_L_98	Černošice - naplaveniny na plotě	Hydrosoft	201.42	201.53	0.11
11.36	1306_BER_L_97	Černošice - zřetelná ryska hladiny na omítce	Hydrosoft	201.43	201.53	0.10
11.37	1306_BER_L_96	Černošice - naplaveniny na plotě	Hydrosoft	201.46	201.53	0.07
11.56	1306_BER_P_100	Všenory - naplaveniny na stromě	Hydrosoft	201.68	201.68	0.00

Shoda v kalibrovaném úseku je velmi dobrá. Relativní výjimku s mírně větším rozdílem tvoří body nad ČOV Černošice v ř. km 7.4 – 7.5, tyto body však byly zaměřovány podle povodňových stop na plotě u levého břehu, kde mohlo vlivem vyšších rychlostí v korytě dojít k výraznějšímu rozkolísání hladiny. Relativní proto, že u povodňových modelů je shoda okolo 15 cm pro izolované body většinou akceptovatelná, navíc se tyto body nacházejí mimo zájmové území stanovení SZÚ. Cenné zjištění je, že průběh modelované hladiny dobře odpovídá průběhu zaměřených značek a tudíž modelová batymetrie a průběh hydraulických drsností jsou věrohodné pro současný stav koryta a inundační území. Odchylna se pohybuje od -0,18 m do +0,11 m, což je v rozsahu deklarované střední chyby výšek DMT (0,22 m v záplavovém území).

7. ZPŮSOB VYMEZENÍ ZÁPLAVOVÉHO ÚZEMÍ A AKTIVNÍ ZÓNY

7.1 ZÁPLAVOVÉ ÚZEMÍ

Záplavová území byla vygenerována z výsledků 2D matematických modelů a to průtutím digitálních modelů vypočtených hladin a digitálního modelu terénu v software Atlas DMT. Pro finální editaci záplavových čar byl využit software ESRI ArcMap.

Formát záplavových čar *.shp – polygon, vektorový formát ESRI
 Formát map hladin *.tif – rastr, georeferencovaný tif velikost pixelu rastru 2x2 m

7.2 AKTIVNÍ ZÓNA ZÁPLAVOVÉHO ÚZEMÍ – AZZÚ

Vyhláška MŽP č. 79/2018 Sb. definuje základní pojmy – Aktivní zónou záplavového území se rozumí administrativně vymezená část záplavového území, kterou stanovuje vodoprávní úřad na návrh správce vodního toku podle nebezpečnosti povodňových průtoků.

7.2.1 Zpracování návrhu AZZÚ

- (1) K návrhu aktivní zóny záplavového území se využívají podklady pro zpracování návrhu záplavových území podle § 4, mapy povodňového nebezpečí a mapa povodňového ohrožení.
- (2) Aktivní zóna záplavového území zahrnuje plochy
 - a) vlastního koryta vodního toku v šířce definované břehovými čarami,
 - b) všech souvisejících vodních toků, derivačních či jiných kanálů a zaústění přítoků hlavního toku v šířce určené břehovými čarami,
 - c) území mezi břehovými čarami a linií stavby vodního díla na ochranu před povodněmi podél vodního toku,
 - d) další vymezené na mapě povodňového ohrožení jako vysoké ohrožení,
 - e) další vymezené na mapě povodňového ohrožení jako střední ohrožení v místech, kde je současně pro povodně s dobou opakování 5, 20 nebo 100 let splněna některá z těchto podmínek:
 1. hloubka vody je větší nebo rovna 1,5 m,
 2. výslednice vektoru rychlosti proudění vody je větší nebo rovna 1,5 m/s, nebo
 3. součin hodnoty hloubky vody a výslednice vektoru rychlosti proudění vody je větší nebo roven 0,75 m²/s,
 - f) vyvýšených území vymezených na mapě povodňového ohrožení jako nízké a střední ohrožení uvnitř jednotlivých ploch vymezených podle písmen a) až e).
- (3) Do aktivní zóny záplavového území nejsou zahrnovány izolované plochy vysokého a středního ohrožení a dále území za protipovodňovými zábranami, které se instalují při nebezpečí povodně nebo při povodni v rámci povodňových zabezpečovacích prací podle § 75 odst. 2 písm. g) vodního zákona.
- (4) V odůvodněných případech, například pokud vodní tok protéká údolnicí a inundační území není členité, lze u drobných nebo pramenných úseků vodních toků se souhlasem vodoprávního úřadu navrhnout aktivní zónu záplavového území, jako území vymezené záplavovou čarou povodně s dobou opakování 20 let.

7.2.2 Stanovení AZZÚ

V této studii byla AZZÚ definována přesně dle výše uvedené vyhlášky dle § 6 odst. 1 a 2 na základě znalosti hloubek a svislicových rychlostí ve všech výpočetních bodech matematického modelu pro všechny řešené průtokové stavy Q_N . Výpočet intenzity povodně, stanovení povodňového ohrožení a definice podmínek hloubky vody, vektoru rychlosti a jejich součinu (pro vymezení AZZÚ nad územím středního ohrožení) byly provedeny v georeferencovaných rastroch hydraulických veličin.

Byly především vymazány osamocené oblasti mimo hlavní polygon AZZÚ, poté byly do území aktivní zóny zahrnuty všechny vnitřní ostrovy s územím v kategorii nízkého a středního ohrožení – dle vyhlášky § 6 odst. 2 bodu f).

Přítoky byly do AZZÚ zahrnuty v délce určené metodikou výpočtu (pro jejich prodloužení v souladu s rozlivem území Q_{100} nebylo z mapových podkladů zřejmé, kde se nalézají břehové linie přítoků – ty dle vyhlášky určují rozsah AZZÚ). V zadaných okrajových profilech zájmového úseku byla vygenerovaná linie AZZÚ napojena na platné AZZÚ z přiléhajících úseků Berounky.

8. VÝSTUPY

Základní informací, kterou poskytují výsledky 2D matematického modelu, je **průběh hladin a hloubek** vody a rozložení **vektorů rychlostí** (tj. směrů a velikostí vektorů rychlostí) v celé zájmové oblasti (tj. „v ploše“) ve výpočetních bodech zakřivené sítě.

Vektory svislicových rychlostí mohou být rozloženy na podélnou a příčnou složku (vzhledem k zakřivené ose výpočetní sítě, resp. jinému souřadnicovému systému).

Nejobsažnějším výstupem této studie jsou rastry vypočtených hydraulických charakteristik - v digitální podobě se jedná o hloubky a rychlosti pro řešené průtokové stavy.

V tištěné podobě se jedná o mapy záplavového území, které souvisle pokrývají celou zájmovou oblast a jsou na celkem 2 mapových listech (listy č. 1 ÷ 2). Všechny výsledky jsou zobrazovány nad obsahem map ZM-10 (1 : 5 000).

Vypočtené hladiny nad osou koryta byly promítnuty do podélného profilu, v kterém je u každého profilu uvedena niveleta dna, levého a pravého břehu.

8.1 ZÁPLAVOVÉ ÚZEMÍ PRO PRŮTOKY Q_5 , Q_{20} , Q_{100} , Q_{500}

Vymezení záplavového území, včetně stanovení AZZU, bylo podrobně popsáno v kapitolách 7.1 a 7.2.

Záplavové čáry vzniknou proložení map hladin pro příslušné povodňové průtoky do DMT, průsečnice definuje záplavovou čáru.

Aktivní zóna záplavového území pro průtok Q_{100} (AZZU) je stanovena nad podklady hydraulických veličin Q_5 , Q_{20} , Q_{100} , Q_{500} (svislicové rychlosti a hloubky vody) a na podkladě map povodňového ohrožení dle vyhlášky MŽP č. 79/2018 Sb.

Formát záplavových čar *.shp – polygon, vektorový formát ESRI

8.2 HLOUBKY PRO PRŮTOKY Q_5 , Q_{20} , Q_{100} , Q_{500}

Mapa hloubek vznikne odečtením vypočtené úrovně hladiny a sestaveného digitálního modelu terénu. V barevné škále zobrazuje názorně hloubku vody při povodni v záplavovém území a upozorňuje na rizikové oblasti s vysokými hloubkami vody.

Pomocí softwaru ESRI ArcMap a ATLAS DMT byly z vypočtených hydraulických charakteristik pro Q_5 , Q_{20} , Q_{100} , Q_{500} vygenerovány mapy hloubek.

Formát map hloubek *.tif – rastr, georeferencovaný tif velikost pixelu rastru 2 x 2 m

8.3 SVISLICOVÉ RYCHLOSTI PROUDĚNÍ PRO PRŮTOKY Q_5 , Q_{20} , Q_{100} , Q_{500}

Informace o rychlosti proudění vody v korytě a v inundačním území u dvourozměrného modelu jsou známy ve všech výpočetních bodech.

Pomocí softwaru ESRI ArcMap a ATLAS DMT byly z vypočtených hydraulických charakteristik pro Q_5 , Q_{20} , Q_{100} , Q_{500} vygenerovány mapy rychlostí.

Formát map rychlostí *.tif – rastr, georeferencovaný tif velikost pixelu rastru 2x2 m

8.4 POVODŇOVÉ OHROŽENÍ

8.4.1 Výpočet intenzity povodně

Intenzita povodně (IP) je chápána jako měřítko ničivosti povodně a je definována jako funkce hloubky vody h [m] a rychlosti vody v [m/s]. Intenzita povodně se stanovuje podle následujících vztahů:

$$IP = \begin{cases} 0 & h = 0 \text{ m} \\ h & h > 0 \text{ m}, v \leq 1 \text{ m/s} \\ h \cdot v & h > 0 \text{ m}, v > 1 \text{ m/s} \end{cases}.$$

Vstupními údaji pro výpočet intenzity povodně jsou hodnoty hloubek a rychlostí vody pro dané N -leté průtoky v inundačním území.

Výpočet IP byl proveden pro všechny doby opakování (pro 5, 20, 100 a 500 let). Výsledkem výpočtů byla data v každé buňce výpočetní sítě matematického modelu, která obsahovala údaj o intenzitě povodně IP pro jednotlivé doby opakování.

8.4.2 Stanovení povodňového ohrožení

Povodňové ohrožení R_i se pro i -tý povodňový scénář odpovídající kulminačnímu průtoku s dobou opakování N_i let s pravděpodobností překročení p_i stanoví dle vztahu:

$$R_i = (0,3 + 1,35 \cdot IP_i) \cdot p_i$$

kde:

$$p_i = 1 - e^{-\frac{1}{N_i}}, \text{ resp. } p_i \approx \frac{1}{N_i} \text{ pro cca } N \geq 5$$

Stanovení míry ohrožení R_i vycházelo z hodnot intenzity povodně IP pro jednotlivé doby opakování. Pro každou buňku výpočetní sítě vyjadřující intenzitu povodně IP bylo třeba stanovit ohrožení vyjádřené hodnotou v rozmezí 4 (vysoké) až 1 (zbytkové). Hraniční hodnoty jednotlivých kategorií ohrožení jsou uvedeny v tabulce 8.1. Uvedený postup byl opakován pro všechna N .

Tab. 8.1 Klasifikace ohrožení R

Ohrožení R	Kategorie ohrožení
$R \geq 0,1$ nebo $IP \geq 2$	(4) Vysoké (červená barva)
$0,01 \leq R < 0,1$	(3) Střední (modrá barva)
$R < 0,01$	(2) Nizké (oranžová barva)
$P < 0,0033$ (tj. $N > 300$)	(1) Reziduální (žlutá barva)

V dalším kroku se provádí vyhodnocení maximální hodnoty ohrožení R pro jednotlivé dílčí ohrožení R_i odpovídající i -tým scénářům nebezpečí (průchodu N -letého kulminačního průtoku) dle vztahu:

$$R_{(x,y)} = \max_{i=1}^n R_i,$$

kde n značí počet hodnocených (vstupujících) scénářů povodňového nebezpečí.

Výsledkem byl jeden finální soubor v prostředí M21C, který byl uložen do rastru o velikosti 1x1 m obsahující maximální hodnoty ohrožení R , ten byl následně převeden do polygonu s kategoriemi ohrožení ($R1 - R4$).

8.5 NEJISTOTY VE VÝSLEDCÍCH VÝPOČTU

Nejistoty mohou vstupovat do výpočtů a dále do výsledků v každé dílčí fázi zpracování. Jedná se zejména o nejistoty hydrologických dat, geodetických dat, zpracování digitálního modelu terénu, schematizace řešeného území hydrodynamickým modelem, přesnost hydrodynamického modelu, drsnosti povrchů, kalibrační značky, kulminační průtoky kalibračních povodní atd.

Např. vstupní digitální model terénu má deklarovanou výškovou přesnost v záplavovém území $\pm 0,22$ m, zkušenost zpracovatele však ukazuje, že v hustě zarostlých oblastech (např. břehy porostlé hustou vegetací) může být chyba větší.

Dalším faktorem, s nímž model nemůže počítat v plném rozsahu, je množství spláví, které postupuje tokem při povodni, ať už se jedná například o antropogenní materiál či dřevní hmotu. Toto spláví, zejména v prostoru objektů, husté vegetace, a hlavně na plotech v záplavovém území může omezit průtočný profil (částečné nebo úplné ucpání), což má zásadní vliv na jeho průtočnou kapacitu a následně na průběh hladin nad místem, ve kterém k tomuto problému došlo.

Na druhou stranu je nutno podotknout, že způsob zpracování studie vycházel z použití nejmodernějších a nejaktuálnějších vstupních podkladů, hydrodynamických modelů, metod zpracování hydrodynamických modelů a prezentace jejich výsledků s cílem minimalizovat nejistoty ve výsledcích výpočtů.

Také kalibrace předmětného úseku byla provedena velice důkladně – 2D povodňový model Prahy byl kalibrován na tři nedávné povodňové epizody 2002, 2006, 2013, které pokrývají celé spektrum povodňových průtoků od malé povodně po povodeň extrémní, jako finální kalibrační epizoda byla použita povodeň 6/2013, která proběhla v nejnepříznivějším vegetačním období a při níž došlo v zájmové oblasti k výše popisovaným jevům ucpávání plávim, v tomto případě zneprůtočnění plotů a hlavně rozsáhlých relativně mělce zaplavených polí, osetých řepkou, která byla schopná zadržet na okraji pole plávi a vytvořit rozsáhlé neprůtočné bariéry. Dá se tedy říci, že finální výpočet je proveden na straně bezpečnosti pro nejnepříznivější zaznamenané odtokové poměry.

Pro detailní hydrodynamický model oblasti Černošic byla v podstatě převzata mapa hydraulických drsností z 2D povodňového modelu Prahy, model byl pouze verifikován na povodeň 6/2013 (viz kap.6.4) a byly provedeny pouze menší úpravy této mapy hydraulických drsností, vyplývající z větší podrobnosti detailní výpočetní sítě.

Vypracoval:

V Praze, 31.10. 2019

Ing. Michal Korytář

Ing. Petr Sklenář

8.6 TIŠTĚNÉ VÝSTUPY

Výstupem hydraulického modelu je nepravidelná podrobná síť bodů s hodnotami rychlostí, hloubek a hladin. Podrobný celkový seznam výstupů v digitální a tištěné podobě je uveden na začátku této zprávy, zde se přebírá pouze přehled tištěných výstupů.

- **Výstupy dle požadavků vyhlášky 79/2018 Sb.**

č.p.	název přílohy	měřítko
2	STANDARDNÍ HYDROLOGICKÉ ÚDAJE	
3	PRŮVODNÍ ZPRÁVA	
4	PSANÝ PODÉLNÝ PROFIL	
9	MAPA ZÁPLAVOVÉHO ÚZEMÍ pro Q ₅ , Q ₂₀ , Q ₁₀₀ , Q ₅₀₀ a AZZÚ	
	- list 1 až 2 nad ZM-10 /Ortofoto	1 : 5 000

- **Doplňkové výstupy dle požadavků zadavatele**

č.p.	název přílohy	měřítko
E.	MAPA HLOUBEK pro Q ₅ , Q ₂₀ , Q ₁₀₀ , Q ₅₀₀	
	- list 1 až 2 nad ZM-10 /Ortofoto	1 : 5 000
F.	MAPA RYCHLOSTÍ pro Q ₅ , Q ₂₀ , Q ₁₀₀ , Q ₅₀₀	
	- list 1 až 2 nad ZM-10 /Ortofoto	1 : 5 000
G.	MAPA HLADIN pro Q ₅ , Q ₂₀ , Q ₁₀₀ , Q ₅₀₀	
	- list 1 až 2 nad ZM-10 /Ortofoto	1 : 5 000
H.	EVIDENČNÍ LISTY OBJEKTŮ	

8.7 DIGITÁLNÍ VÝSTUPY

- **Výstupy dle požadavků vyhlášky 79/2018 Sb.**

č.p.	název přílohy	měřítko	formát dat
2	STANDARDNÍ HYDROLOGICKÉ ÚDAJE		pdf + docx
3	PRŮVODNÍ ZPRÁVA		pdf
4	PSANÝ PODÉLNÝ PROFIL		pdf + xlsx
5	VÝPOČTOVÉ PROFILY		GIS vrstva
6	ZÁPLAVOVÉ ÚZEMÍ A JEHO AKTIVNÍ ZÓNA		GIS vrstva
7	MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ		GIS vrstva
8	MAPA POVODŇOVÉHO OHROŽENÍ		GIS vrstva
9	MAPA ZÁPLAVOVÉHO ÚZEMÍ pro Q ₅ , Q ₂₀ , Q ₁₀₀ , Q ₅₀₀ a AZZÚ		pdf
	- list 1 až 2 nad ZM-10 /Ortofoto	1 : 5 000	

- **Doplňkové výstupy dle požadavků zadavatele**

č.p.	název přílohy	měřítko	formát dat
E.	MAPA HLOUBEK pro Q ₅ , Q ₂₀ , Q ₁₀₀ , Q ₅₀₀		pdf
	- list 1 až 2 nad ZM-10 /Ortofoto	1 : 5 000	
F.	MAPA RYCHLOSTÍ pro Q ₅ , Q ₂₀ , Q ₁₀₀ , Q ₅₀₀		pdf
	- list 1 až 2 nad ZM-10 /Ortofoto	1 : 5 000	
G.	MAPA HLADIN pro Q ₅ , Q ₂₀ , Q ₁₀₀ , Q ₅₀₀		pdf
	- list 1 až 2 nad ZM-10 /Ortofoto	1 : 5 000	
H.	EVIDENČNÍ LISTY OBJEKTŮ		pdf + docx

FOTODOKUMENTACE

GIS_data

jpg + GIS

shp / raster

Tab. 8.2 - Výstupy dle požadavků vyhlášky 79/2018 Sb. - přehled GIS vrstev

název (popis)	typ	popisy
<i>Profily_Berounka_rkm_8-14_9-80.shp</i>	polyline	příčné profily objektů
<i>zu_Q5_Berounka_rkm_8-14_9-80.shp</i> <i>zu_Q20_Berounka_rkm_8-14_9-80.shp</i> <i>zu_Q100_Berounka_rkm_8-14_9-80.shp</i> <i>zu_Q500_Berounka_rkm_8-14_9-80.shp</i> <i>AZZU_Berounka_rkm_8-14_9-80.shp</i>	polygon	záplavové čáry pro Q ₅ , Q ₂₀ , Q ₁₀₀ a Q ₅₀₀ aktivní zóna záplavového území
<i>RQ5_2D_Berounka_rkm_8-14_9-80.tif</i> <i>RQ20_2D_Berounka_rkm_8-14_9-80.tif</i> <i>RQ100_2D_Berounka_rkm_8-14_9-80.tif</i> <i>RQ500_2D_Berounka_rkm_8-14_9-80.tif</i>	tif	rychlosti proudění v m/s pro Q ₅ , Q ₂₀ , Q ₁₀₀ a Q ₅₀₀
<i>HQ5_2D_Berounka_rkm_8-14_9-80.tif</i> <i>HQ20_2D_Berounka_rkm_8-14_9-80.tif</i> <i>HQ100_2D_Berounka_rkm_8-14_9-80.tif</i> <i>HQ500_2D_Berounka_rkm_8-14_9-80.tif</i>	tif	hloubky v m pro Q ₅ , Q ₂₀ , Q ₁₀₀ a Q ₅₀₀
<i>Ohrozeni_Berounka_rkm_8-14_9-80.shp</i>	polygon	povodňové ohrožení

Tab. 8.3 - Doplnkové výstupy dle požadavků zadavatele - přehled GIS vrstev

název (popis)	typ	popis
<i>Osa_Berounka_rkm_8-14_9-80.shp</i>	polyline	aktualizovaná osa toku
<i>Stan_Berounka_rkm_8-14_9-80.shp</i>	point	staničení toku po 100 m
<i>HLQ5_2D_Berounka_rkm_8-14_9-80.tif</i> <i>HLQ20_2D_Berounka_rkm_8-14_9-80.tif</i> <i>HLQ100_2D_Berounka_rkm_8-14_9-80.tif</i> <i>HLQ500_2D_Berounka_rkm_8-14_9-80.tif</i>	tif	hladiny v m n. m. pro Q ₅ , Q ₂₀ , Q ₁₀₀ a Q ₅₀₀
<i>Vektory_Q5_Berounka_rkm_8-14_9-80.shp</i> <i>Vektory_Q20_Berounka_rkm_8-14_9-80.shp</i> <i>Vektory_Q100_Berounka_rkm_8-14_9-80.shp</i> <i>Vektory_Q500_Berounka_rkm_8-14_9-80.shp</i>	polyline	Vektory rychlostí pro Q ₅ , Q ₂₀ , Q ₁₀₀ a Q ₅₀₀