

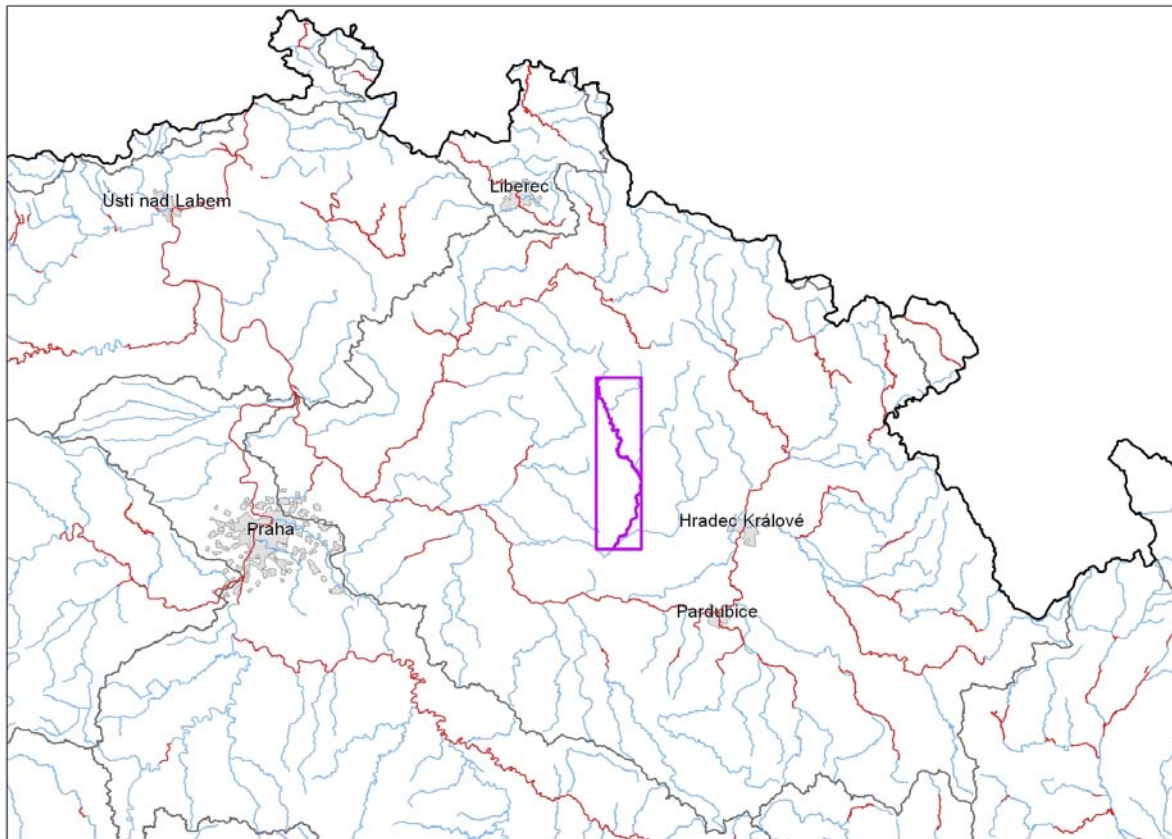


TVORBA MAP POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ A POVODŇOVÝCH RIZIK V OBLASTI POVODÍ HORNÍHO A STŘEDNÍHO LABE A UCELENÉHO ÚSEKU DOLNÍHO LABE

DÍLČÍ POVODÍ HORNÍHO A STŘEDNÍHO LABE

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

CIDLINA - 10100030_1 - Ř. KM 25,828 – 76,133



PROSINEC 2012

Obsah:

1	Základní údaje	4
1.1	Seznam zkratk a symbolů	4
1.2	Cíle prací.....	4
1.3	Předmět práce	4
1.4	Postup zpracování a metoda řešení	4
2	Popis zájmového území	5
2.1	Všeobecné údaje	6
2.2	Průběhy historických povodní (největší zaznamenané povodně)	6
3	Přehled podkladů	7
3.1	Topologická data.....	7
3.1.1	Vytvoření (aktualizace) DMT	7
3.1.2	Mapové podklady	7
3.1.3	Geodetické podklady	7
3.2	Hydrologická data	8
3.3	Místní šetření	9
3.4	Doplňující podklady – technické a provozní informace, zprávy, studie, dokumenty, literatura.....	9
3.5	Normy, zákony, vyhlášky	9
3.6	Vyhodnocení a příprava podkladů	10
4	Popis koncepčního modelu	11
4.1	Schematizace řešeného území.....	11
4.2	Posouzení vlivu nestacionarity proudění.....	12
4.3	Způsob zadávání OP a PP.....	12
5	Popis numerického modelu	13
5.1	Použité programové vybavení.....	13
5.2	Vstupní data numerického modelu.....	13
5.2.1	Morfologie vodního toku a záplavového území.....	13
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	17
5.3	Popis kalibrace modelu.....	17
6	Výstupy z modelu	19
6.1	Záplavové čáry pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	19
6.2	Hloubky pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	19
6.3	Rychlosti pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	19
6.4	Zhodnocení nejistot ve výsledcích výpočtů	19
7	Aktivní zóna záplavového území	20

7.1	Primární AZZU	20
7.2	Rozšíření AZZU	20
7.3	Stanovení aktivní zóny	20
6	Výstupy z modelu	19
6.1	Záplavové čáry pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	19
6.2	Hloubky pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	19
6.3	Rychlosti pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	19
6.4	Zhodnocení nejistot ve výsledcích výpočtů	19

1 Základní údaje

1.1 Seznam zkratek a symbolů

Tabulka – Seznam zkratek a symbolů

Zkratka	Vysvětlení
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
DMT	Digitální model terénu
JTSK	Souřadný systém jednotné trigonometrické sítě katastrální
SOP	Studie odtokových poměrů
VÚV TGM	Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, v.v.i.
ZÚ	Záplavová území
2D model	Matematický model dvourozměrného proudění

1.2 Cíle prací

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

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

Podstatou vyjádření povodňového nebezpečí je určení prostorového rozdělení uvedených charakteristik povodně a zpracování těchto údajů do podoby tzv. map povodňového nebezpečí. Ty slouží v dalším kroku jako podklad pro vyjádření povodňového rizika semikvantitativní metodou uvedenou v „Metodice tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik“.

1.3 Předmět práce

Předmět práce zahrnuje tyto činnosti:

- Popis postupů souvisejících se zajištěním 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).

1.4 Postup zpracování a metoda řešení

Potřebné průtokové stavy byly řešeny na nově sestaveném matematického 1D modelu v zájmové oblasti.

2 Popis zájmového území

Název vodního toku:	Cidlina
IDVT (CEVT):	10100030_1
Číslo hydrologického pořadí:	1-04-02-003, 1-04-02-013 1-04-02-021, 1-04-02-025 1-04-02-061 1-04-04-001
Začátek zájmového úseku:	ř.km 26,0
Konec zájmového úseku:	ř.km 76,0
Významné přítoky:	Valdický potok (ř. km 71.66) Úlibický potok (ř. km 65.90) Volanka (ř.km 53.87) Javorka (ř. km 45,52) Bystřice (ř.km 28.02)

V zájmovém úseku Cidliny se nevyskytují významná vodní díla.

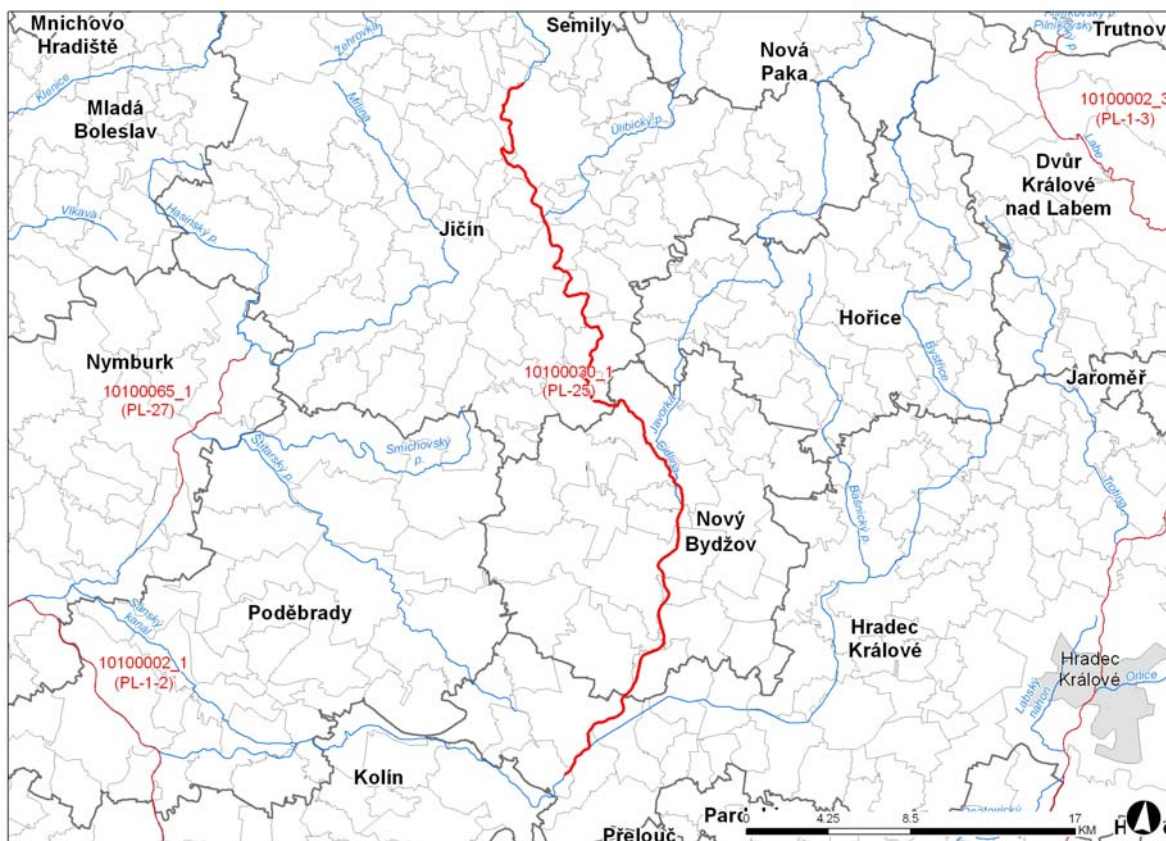
Dotčené obce: Chlumeck nad Cidlinou, Humburky, Jičín, Kbelnice, Měnik, Mlékosrby, Nepolisy, Nové Město, Nový Bydžov, Olešnice, Podhradí, Sběř, Skřivany, Slatiny, Sloupno, Smidary, Vitiněves, Vrbice, Vysoké Veselí, Zachrašťany, Žeretice

Podklady:

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

Ríční kilometráž spravuje Povodí Labe, státní podnik.

Obrázek[1 – Přehledná mapa řešeného území



2.1 Všeobecné údaje

Zájmového území je vymezeno kilometrží vodního toku (ř. km) 25,828 – 76,133. Jedná se o digitální říční kilometráž (DKM), která byla poskytnuta podnikem Povodí Labe, státní podnik. Tato osa byla upravena dle aktualizovaného geodetického zaměření, a proto se veškeré staničení vztahuje k nově vytvořené ose. Řešený úsek vodního toku prochází intravilánem měst Jičín, Nový Bydžov a Chlumeck nad Cidlinou a obcemi Vitíněves, Miličevy, Žeretice, Hradištko, Vlhou, Veselská Lhota, Vysoké Veselí, Hrobičany, Chotělice, Lidary, Skřivany, Sloupno, Humburky, Vysočany, Mlékosrby a Lučice.

2.2 Průběhy historických povodní (největší zaznamenané povodně)

Povodeň III/1999

Povodeň zasáhla celý tok Cidliny. Jednalo se o klasickou jarní povodeň, ve stanici Sáňy byl v průběhu povodně změřen dne 4. 3. průtok $109 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. To odpovídalo 5 až 10-leté vodě.

Povodňové rozlivy odpovídaly rozsahu záplavového území stanovené ve Studii odtokových poměrů na Cidlině (Revital, 1998). Vodní stavy nebyly na území řešeného úseku vodního toku za této povodně zaznamenány.

Povodeň 2006

Srovnatelná povodeň se na v povodí Cidliny vyskytla v roce 2006. Zasažen byl srovnatelný úsek, rovněž průtoky byly v rozsahu Q_5 až Q_{10} . Řešitel měl od správce toku zaměřené úrovně hladin především v profilech mostů z úseku ř.km 27.86 (Chlumeck) až 49.55 (Chotělice). Tyto údaje byly využity při kalibraci modelu.

3 Přehled podkladů

3.1 Topologická data

Hlavními topologickými daty byl digitální model terénu (DMT), který byl vytvořen z geodetického zaměření příčných profilů a objektů popisující koryto vodního toku a digitálního modelu reliéfu (DMR) popisujícího inundační území. Dalšími podklady vstupující do vytváření DMT byly projektové dokumentace, příp. skutečné zaměření již postavených staveb, které ovlivňují průtokové poměry.

Mezi další důležité topologické podklady patří některé vrstvy z GIS, jako je vrstva budov získaná z vektorového ZABEGEDu příp. upravená za pomoci leteckých snímků.

3.1.1 Vytvoření (aktualizace) DMT

Digitální model terénu (DMT) byl vytvořen v softwaru ArcGIS a charakterizuje řešené území pomocí trojúhelníkové nepravidelné sítě (tin). DMT v tomto formátu slouží pro sestavení geometrie hydrodynamického modelu. Pro vytváření map hloubek byl převeden do rastrového formátu s velikostí mřížky 2x2 metry.

Vstupní data pro vytvoření DMT byla v textovém formátu (DMR a geodetické zaměření), nebo ve formátu .dwg (povinné spojnice s výškovou hodnotou).

Digitální model terénu je v polohovém souřadném systému S-JTSK a výškovém systému Bpv.

3.1.2 Mapové podklady

Základní Mapa – rastrový mapový podklad byl využit pro tisky mapových atlasů v měřítku 1:10 000 v celém rozsahu zájmového území.

Ortofot snímky oblastí kolem vodních toků byly využity jako jeden ze zdrojů informací pro určování drsnostních charakteristik inundačních území. Tyto snímky byly k dispozici na celém řešeném úseku.

Vektorový ZABAGED sloužil k lokalizaci budov, které byly zadávány do hydrodynamického modelu.

Základní vodohospodářská mapa 1:50 000

Státní mapové dílo pro oblast vodního hospodářství.

zdroj: VÚV T.G.M.. v.v.i. ve spolupráci se Zeměměřickým úřadem

datum zpracování: 1989

měřítko: 1 : 50 000

Základní mapa ČR 1:10 000

Základní státní mapové dílo obsahující polohopis (sídla, objekty, komunikace, vodstvo, porost, povrch půdy, atd.), výškopis (vrstevnice a terénní stupně) a popis.

zdroj: Zeměměřický úřad

datum zpracování: aktualizace 2009

měřítko: 1 : 10 000

Ortofot České republiky

Sada periodicky aktualizovaných barevných ortofot v rozměrech a kladu mapových listů Státní mapy 1:5 000 .

zdroj: Zeměměřický úřad

datum zpracování: aktualizace 2011

měřítko: 1 : 5 000

3.1.3 Geodetické podklady

Pro popis inundačního území byl použit podklad DMR 4. a 5. generace, který vytváří a poskytuje ČÚZK.

Digitální model reliéfu České republiky 4. generace (DMR 4G) představuje zobrazení přirozeného nebo lidskou činností upraveného zemského povrchu v digitálním tvaru ve formě výšek diskrétních bodů v pravidelné síti (5x5

m) bodů o souřadnicích X, Y, Z, kde Z reprezentuje nadmořskou výšku ve výškovém referenčním systému Balt po vyrovnání (Bpv) s úplnou střední chybou výšky 0,3 m v odkrytém terénu a 1 m v zalesněném terénu.

Digitální model reliéfu České republiky 5. generace (DMR 5G) představuje zobrazení přirozeného nebo lidskou činností upraveného zemského povrchu v digitálním tvaru ve formě výšek diskretních bodů v nepravidelné trojúhelníkové síti (TIN) bodů o souřadnicích X, Y, Z, kde Z 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.

DMR 4. generace byl k dispozici v celém rozsahu řešeného území. V případech, kde byla v daném místě k dispozici 5. generace DMR, byla upřednostněna před 4. generací.

Pro popis koryta vodního toku bylo využito stávající geodetické zaměření z prosince 1998 doplněno o nové geodetické zaměření z května 2012.

Veškeré geodetické podklady byly v polohovém souřadném systému S-JTSK a výškovém systému Bpv.

Digitální model reliéfu ČR 5. generace (DMR 5G)

datum pořízení: aktualizace 2012

výškový systém: Balt p.v.

souřadnicový systém: JTSK

pořizovatel zaměření: ČÚZK

Digitální model reliéfu ČR 4. generace (DMR 4G)

datum pořízení: aktualizace 2012

výškový systém: Balt p.v.

souřadnicový systém: JTSK

pořizovatel zaměření: ČÚZK

Geodetické zaměření příčných profilů koryta (pro modelaci dna koryta) a objektů

datum pořízení: 1998, 2012

výškový systém: Balt p.v.

souřadnicový systém: JTSK

pořizovatel zaměření: Povodí Labe, státní podnik

3.2 Hydrologická data

Hydrologická data, standartní N-leté vody doplněné o Q_{500} , byla objednána od ČHMÚ ve vybraných profilech, viz tabulka [1].

Tabulka [1]- N-leté průtoky neovlivněné (Q_N) v $m^3 \cdot s^{-1}$

Hydrologický profil	Datum pořízení	Říční kilometr	Q_5	Q_{20}	Q_{100}	Q_{500}	Třída přesnosti
nad Valdickým potokem	19. 12. 2011	71.664	13.4	23.2	38.2	56.0	I.
nad Úlibickým potokem	19. 12. 2011	64.805	20.5	34.8	56.0,	82.9	II.
nad Volankou	19. 12. 2011	55.313	33.4	55.5	87.5	128	II.
nad Javorkou	19. 12. 2011	45.210	35.3	58.5	92.1	134	II.
LS Nový Bydžov	19. 12. 2011	39.947	58	92.7	141	198	I.
nad Bystřicí	19. 12. 2011	27.869	79	122	181	249	II.
nad Olešnickým potokem	19. 12. 2011	26.075	93.4	142	208	283	II.

3.3 Místní šetření

Místnímu šetření předcházelo podrobné seznámení s veškerými získanými podklady. Zejména se jednalo o stávající geodetické zaměření a projektové dokumentace staveb typu protipovodňové opatření, obnovy po povodních a úprava toku. Dále proběhla schůzka s úsekovým technikem s představením stávajících podkladů a konzultací o jejich aktuálnosti příp. doplněním o podklady a informace, které nebyly doposud získány.

Se všemi informacemi a podklady bylo provedeno v řešené lokalitě podrobné místní šetření jak vlastního toku, tak přilehlého inundačního území. Byla vytvořena fotodokumentace objektů a vytvořena základní představa schematizace hydraulického modelu na základě předpokládaného proudění vody v řece a inundačním území. Při zjištění nedostatečnosti geodetických podkladů byla v terénu vytipována lokalizace zadání dalších geodetických prací.

Místní šetření bylo provedeno dne 20. 9. 2011.

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

- [01] Zadávací dokumentace k veřejné zakázce, podle zákona č. 137/2006 Sb., o veřejných zakázkách. Studie vyhodnocení a zvládnání povodňových rizik na dílčích úsecích řek Morávce, Lučině, Podolském potoce, Moravice a Odře. Zadavatel: Povodí Odry, s.p., Varenská 49, 701 26 Ostrava 1. Ostrava, 2010.
- [02] Posílení rizikové analýzy a stanovení aktivních zón v českém vodním hospodářství. Ministerstvo zemědělství ČR, květen 2004.
- [03] Metodický pokyn č.j.: 28181/2005-16000 k zadávání fotogrammetrických činností pro potřeby vymezování záplavových území. Ministerstvo životního prostředí. Praha, listopad 2005.
- [04] Metodika stanovování povodňových rizik a škod v záplavovém území. Ministerstvo životního prostředí. Brno, prosinec 2008.
- [05] Metodika tvorby map povodňových nebezpečí a povodňových rizik. Ministerstvo životního prostředí, březen 2012.
- [06] Sdělení ZP17/2011 odboru ochrany vod MŽP o aktualizaci Metodiky tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik. 2011.
- [07] Digitální model terénu 5G, Český úřad zeměměřičský a katastrální.
- [08] Doměření příčných profilů koryta Cidliny, Geošrafo, Hradec Králové, 2012.
- [09] Z pracování N-letých průtoků, ČHMÚ, Hradec Králové, 2012.
- [10] Studie odtokových poměrů na Cidlině v úseku ústí – Nový Bydžov, Revital, Praha, 1998.
- [11] Studie odtokových poměrů na Cidlině v úseku Nový Bydžov – Vysoké Veselí, Revital, Praha, 1999.
- [12] Studie odtokových poměrů na Cidlině v úseku Vysoké Veselí - Jičín, Revital, Praha, 2000.

3.5 Normy, zákony, vyhlášky

Postupy zpracování jsou v souladu s následujícími dokumenty v jejich platném znění :

- [1] ČSN 75 0110 Vodní hospodářství – Terminologie hydrologie a hydroekologie
- [2] ČSN 75 1400 Hydrologické údaje povrchových vod.
- [3] TNV 75 2102 Úpravy potoků.
- [4] TNV 75 2103 Úpravy řek.
- [5] ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže.
- [6] TNV 75 2415 Suché nádrže.
- [7] TNV 75 2910 Manipulační řady vodních děl na vodních tocích.
- [8] TNV 75 2931 Povodňové plány.
- [9] Zákon č. 240/2000 Sb. o krizovém řízení a změně některých zákonů (krizový zákon).

- [10] Nařízení vlády č. 462/2000 Sb., k provedení §27 odst. 8 a §28 odst. 5 zákona č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon).
- [11] Vyhláška MŽP 236/2002 Sb., o způsobu a rozsahu zpracovávání návrhu a stanovování záplavových území.
- [12] Vyhláška č. 470/2001 Sb., kterou se stanoví seznam významných vodních toků a způsob provádění činností souvisejících se správou vodních toků.
- [13] Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny.

3.6 Vyhodnocení a příprava podkladů

Původní zaměření, které je v rozsahu celého řešeného úseku, je stále aktuální a bylo doplněno pouze o doměření koryta ve vytipovaných lokalitách, kde proběhla výstavba mostu nebo úprava koryta. Všechny dostupné podklady byly pro sestavení DMT a hydrodynamického modelu dostačující.

4 Popis koncepčního modelu

Pro hydraulické výpočty byl použit matematický 1D model proudění Hec-Ras, a to jeho výpočetní modul určený pro výpočet ustáleného nerovnoměrného proudění. Teoretickým základem je aplikace iterační metody zvané „po úsecích“, která z fyzikální podstaty zohledňuje zákon zachování mechanické energie, který je v 1D přístupu znám pod pojmem Bernoulliho rovnice.

Pro lokality intravilánů měst Nový Bydžov a Jičín byly použity 2D modely proudění (viz. samostatné studie)

4.1 Schematizace řešeného území

Zájmové území je schematizováno příčnými profily. Na převážné délce se jedná o tok, který protéká již velmi širokou a mělkou inundací. V minulosti byla na Cidlině realizována celá řada úprav, které sloužily zejména energetickému využití toku. Koryto řeky je na řadě míst doprovázeno paralelně vedenými náhony. Často se také vyskytují případy, kdy upravená trasa koryta nevede přirozeně nejnižším místem údolí, ale na vyvýšeném okraji. (například Chotělice, Smidary).

Mimořádně složité jsou úseky nad soutoky Cidliny s Javorkou a Bystřicí. Za povodní se díky složité konfiguraci terénu část průtoku přelévá ze záplavového území Cidliny do záplavových území těchto přítoků.

Vzhledem k délce řešeného úseku byla schematizace území rozdělena do 3 samostatných modelů:

I – Chlumeck nad Cidlinou až Nový Bydžov

II – Nový Bydžov až Vysoké Veselí

III – Vysoké Veselí až Jičín

Schéma modelu Cidlina_I (ř.km 25.828 až 39.948, profily P60 až P108) je znázorněno na obrázku [2]. Model byl sestaven jako větevný, cílem tohoto postupu byl zohlednit převod části průtoku z Cidliny do levostranného přítoku Bystřice v oblasti těsně nad Chlumcem nad Cidlinou. Koryto řeky Cidliny bylo v rámci tohoto modelu schematizováno v úsecích **Kladruby**, **Chlumeck** a **Mlékosrby**. Pro stanovení převody části průtoku z koryta Cidliny směrem ke korytu Bystřice byla využita funkce Laterál structure. Pro určení velikosti převáděného průtoku byly v jednotlivých případech použity měrné křivky, které byly napočítány dle místních podmínek buď z rovnice přepadu přes širokou korunu nebo z Chezyho rovnice (proudění po šikmém svahu).

Model Cidlina_II (ř.km 39.948 až 55.513, profily P108 až P167) byl také řešen jako větevný. Pomocí samostatných větví bylo modelováno proudění v bočních náhonech (Bytových náhon, Smidarský náhon, Chotělický náhon) a zejména složité proudění v okolí obce Lidary, kdy paralelní komunikace rozdělují proudění, tak, že se za povodní levý proud spojuje s proudem v levostranném přítoku Javorce. Schéma modelu Cidlina_II je znázorněno na obrázku [3].

Poslední model Cidlina_III (ř.km 39.948 až 76.133, profily P166 až P259) byl sestaven již jako nevětvený, jeho schéma je zobrazeno na dalším obrázku [4].

Pro lokality intravilánů měst Nový Bydžov a Jičín byly použity 2D modely proudění.

4.2 Posouzení vlivu nestacionarity proudění

Vliv nestacionarity proudění je ve výpočtech zanedbán a výpočty jsou zpracovány metodou ustáleného nerovnoměrného proudění v souladu s požadavky objednatele.

4.3 Způsob zadávání OP a PP

Modelové výpočty ustáleného nerovnoměrného proudění vyžadují v případě říčního proudění zadání okrajové podmínky v dolním výpočtovém profilu formou hodnot úrovně hladin.

Pro model Cidlina_I byla dolní okrajová podmínka převzata ze studie [10] (hladina Q500 byl získána extrapolací). Zbývající modely na sebe navazují s malým přesahem. Dolní okrajová podmínka pro model Cidlina_II byla převzata z modelu Cidlina_I a obdobně dolní okrajová podmínka pro model Cidlina_III byla převzata z modelu Cidlina_II.

Pro hodnoty horní okrajové podmínky byly použity hodnoty N-letých průtoků dle tabulky [1].

Při výpočtech bylo použito výhradně ustáleného proudění, počáteční podmínky se při takových případech neřeší.

5 Popis numerického modelu

5.1 Použité programové vybavení

Pro výpočet 1D byl použit matematický program vyvinutý americkým hydrologickým centrem (Hydrologic Engineering Center- HEC), který spadá pod tým inženýrů institutu vodních zdrojů (Institute for Water Resources - IWR) americké armády. Slouží k jednorozměrnému matematickému modelování říčních systémů (River Analysis Systém - RAS). První verze HEC- RAS 1.0 byla uvedena v červenci roku 1995. Nejnovější verze je v současnosti HEC- RAS 4.1.

Předpoklady výpočtu

- Průtok vody v řece je buď nerovnoměrný ustálený anebo nerovnoměrný neustálený.
- Proudění je povolna měnící se. Nedochází k náhlým změnám v příčném průřezu.
- K náhlé změně průřezu může dojít pouze v objektech, jako jsou jezy, mosty nebo propustky
- Sklon řeky je menší než $i = 0.1$
- Proudění je jednorozměrné, proud vody má směr vždy kolmý na zadaný příčný profil.

Uživatelské manuály

- HEC-RAS River Analysis System - User's Manual, US Army Corps of Engineers (Hydrologic Engineers Center), January 2010
- HEC-RAS River Analysis Systém – Hydraulic Reference Manual, US Army Corps of Engineers (Hydrologic Engineers Center), January 2010
- HEC-GeoRAS Geospatial River Analysis System - User's Manual, US Army Corps of Engineers (Hydrologic Engineers Center), January 2010

Pro 2D proudění byly použity HEC-RAS 5.0 (Jičín)

Simulace proudění v posuzovaném úseku byly řešeny s využitím amerického programového prostředku SMS (Surface-Water Modeling System). Tento software distribuuje firma Aquaveo (www.aquaveo.com). Obsahuje jednak moduly na zpracování výpočetních sítí a prezentaci výsledků (Mesh modul, Map modul, Grid modul a Scatter modul), jednak vlastní matematické modely řešící dvourozměrné proudění založené na metodě konečných prvků (modely RMA2 a FESWMS) nebo konečných diferencí (model TUFLOW). Polsední z uvedených modelů nabízí i řešení založené na kombinaci 1D a 2D přístupu. (Nový Bydžov)

5.2 Vstupní data numerického modelu

Numerický model proudění je definován příčnými profily nad digitálním modelem terénu, ze kterého si odečítá geometrii. Příčné profily jsou rozděleny na pravou a levou inundaci a samotné koryto vodního toku, kde jsou pro tyto tři části určeny drsnostní charakteristiky v podobě Manningova součinitele v závislosti charakteru a využití území a materiálu dna. Hodnoty Manningova součinitele drsnosti pro jednotlivé dílčí části profilů byly stanoveny na základě mapových podkladů, fotodokumentace, rekognoskace terénu a archivních zrnitostních rozborů splavenin.

Hydrologická data se přebírají z údajů ČHMÚ (viz kap. 3.2) jako okrajové podmínky výpočtu v profilech, kde dochází ke změně průtoků.

V dolním výpočtovém profilu je okrajová podmínka úrovně hladin stanovena výpočtem nerovnoměrného proudění řešeného navazujícího úseku.

5.2.1 Morfologie vodního toku a záplavového území

Koryto vodního toku se v řešeném úseku výrazněji mění svůj charakter. V dolní části řešeného území v okolí Od Chlumce nad Cidlinou až nad Skřivany bylo koryto v minulosti upraveno zkapacitněno. Návrhovým tvarem

příčného profilu byl dvojitý lichoběžník, kde kyneta slouží pro převádění běžných průtoků a bermy jsou využívány až za povodní.

V Chlumci nad Cidlinou je koryto kanalizováno v obdélníkovém průřezu. Zástavbě Nového Bydžova se koryto Cidliny vyhýbá, tou protéká jen Bydžovský náhon s omezenou kapacitou maximálně 10 m³.s⁻¹.

Od Skřiván směrem k Jičínu je koryto stále upraveno, příčný profil je však již zpravidla jen jednoduchý lichoběžník. Zejména v úseku těsně pod Jičínem došlo v posledním desetiletí ke změně charakteru koryta vlivem průchodu několika menších povodní. Až na výjimky (jez v Chlumci nad Cidlinou) se v řešeném úseku nachází výhradně jezu s pevnou přelivnou hranou.

V následující tabulce [2] je uveden soupis objektů v řešeném úseku Cidliny včetně administrativního staničení dle TPE a označení kódem ID.

Tabulka [2] – Soupis objektů v řešeném úseku Cidliny

Staničení	Popis	Lokalita	Staničení dle TPE	ID objektu
26.574	Silniční most	Lučice	27.39	400045213
26.581	Válcový jez	Lučice	27.407	400045214
27.859	Silniční most	Kladruby	28.658	400045215
28.260	Stavidlový jez	Chlumec nad Cidlinou	29.056	400045216
28.548	Silniční most	Chlumec nad Cidlinou	29.341	400045217
28.729	Silniční most	Chlumec nad Cidlinou	29.52	400045218
29.048	Silniční most	Chlumec nad Cidlinou	29.833	400045219
30.021	Stavidlový jez	Chlumec nad Cidlinou	30.806	400045286
31.717	Lávka	Chlumec nad Cidlinou	32.494	400045220
33.845	Silniční most	Mlékosrby	34.606	400051178
34.592	Stupeň	Mlékosrby		
34.845	Silniční most	Mlékosrby	35.622	400045224
36.102	Stupeň	Mlékosrby		
36.978	Cestní most	Vysočany	37.756	400045225
39.182	Cestní most	Humburky	40.244	400045226
39.945	Práh LS	Nový Bydžov		
40.225	Silniční most	Nový Bydžov		
40.240	Schreiberův jez	Nový Bydžov	42.166	400337535
40.759	Lávka	Nový Bydžov		
42.786	Cestní most	Sloupno		
43.187	Jez	Sloupno	44.885	400045282
43.903	Silniční most	Skřivany		
44.789	Jez	Skřivany	46.989	400337536
45.203	Železniční most	Skřivany	47.535	400045258
46.300	Cestní most	Červeněves	48.55	400045259
47.236	Silniční most	Smidary	48.86	400045260
47.601	Jez	Smidary	49.943	400045263
48.041	Silniční most	Smidary	50.37	400045266
49.543	Silniční most	Chotělice	51.798	400045268
49.745	Jez	Chotělice	51.865	400045269

50.128	Cestní most	Chotělice	52.36	400045270
51.604	Lávka	Hrobičany	53.9	400045271
52.435	Cestní most	Hrobičany	55.005	400045272
52.695	Jez	Sběř	55.338	400045274
53.110	Cestní most	Sběř	55.678	400045278
53.862	Silniční most	Velešice	56.426	400045279
53.940	Jez	Velešice	56.475	400051182
55.413	Silniční most	Vysoké Veselí	58.12	400045293
Staničení	Popis	Lokalita	Staničení dle TPE	ID objektu
56.543	Cestní most	Veselská Lhota		
58.054	Jez	Vlhošť	60.907	400045298
59.014	Cestní most	Hradištko	61.865	400045305
60.197	Silniční most	Žeretice	63.051	400045306
61.385	Cestní most	Žeretice	64.415	400045307
62.783	Cestní most	Slatiny	65.617	400045310
64.013	Silniční most	Milíčeves	66.853	400045311
64.304	Cestní most	Milíčeves	67.144	400045315
64.802	Cestní most	Milíčeves	67.65	400045317
65.742	Cestní most	Nemyčeves	68.593	400045323
66.787	Silniční most	Vitiněves	69.634	400045324
66.797	Cestní most	Vitiněves-lávka	69.647	400045325
69.115	Cestní most	Popovice	71.962	400045326
69.917	Železniční most	Čejkovice	72.764	400045328
70.627	Cestní most	Čejkovice	73.47	400045329
70.857	Cestní most	Čejkovice		
71.653	Silniční most	Jičín	73.702	400045330
72.426	Potrubiční most	Jičín	75.285	400045332
72.880	Lávka	Jičín	75.738	400045335
72.913	Stupeň	Jičín		
73.171	Stupeň	Jičín		
73.203	Silniční most	Jičín	76.056	400045337
73.321	Silniční most	Jičín	76.185	400045338
73.519	Silniční most	Jičín	76.36	400045339
73.984	Silniční most	Jičín	76.855	400045341
74.349	Silniční most	Jičín	76.91	400045342
74.544	Silniční most	Jičín	77.225	400045346
74.547	Lávka	Jičín		

5.2.2 Drsnosti hlavního koryta a inundačních území

Hydraulická drsnost je v modelu zadávána pomocí Manningova součinitele drsnosti. Tento součinitel je jeden z faktorů, který ovlivňuje výslednou výšku hladiny a představuje jednu z charakteristik popisující terén a odpor prostředí. Pro potřeby výpočtu byly hodnoty součinitelů drsnosti odvozeny z podobnosti jiných toků, kde je tento součinitel znám a lze tedy předpokládat i v námi řešeném území. V úsecích, kde jsou k dispozici kalibrační povodňové značky, byla výsledná drsnost upravena dle těchto bodů tak, aby pro známý průtok byla dosažena známá zaměřená hladina. Přehledně jsou jednotlivé hodnoty součinitele drsnosti uvedeny v následující tabulce [3].

Tabulka [3] – Použité hodnoty součinitele drsnosti pro různé povrchy

Charakter území	Manningův součinitel drsnosti n
koryto řeky	0,035 – 0,05
louky, pole	0,06 – 0,15
zalesněné území	0,15 – 0,2
zastavěné území	0,2

5.2.3 Hodnoty okrajových podmínek

Horní okrajové podmínky jsou zadány v místech s výrazně měnícími hydrologickými poměry v místech významných přítoků.

Dolní okrajové podmínky byly převzaty z výsledků navazujícího řešeného úseku Cidliny.

Tabulka [4] - N-leté povodňové průtoky uvažované při hydraulickém řešení

Úsek Cidliny / N- leté průtoky Q_N	Úsek toku (km od - do)	Q_5	Q_{20}	Q_{100}	Q_{500}	Poznámka
Jičín až ústí Valdického potoka	76.133 – 71.665	13.4	23.2	38.2	56.0	
ústí Valdického potoka až ústí Úlibického potoka	71.655 – 64.805	20.5	34.8	56.0,	82.9	
ústí Úlibického potoka až ústí Volanky	64.805 – 55.313	33.4	55.5	87.5	128	
ústí Volanky až ústí Javorky	55.313 – 45.210	35.3	58.5	92.1	134	
ústí Javorky až	45.210 – 34.476	58	92.7	141	198	
Ls Nový Bydžov až ústí Bystřice	34.476 – 27.869	79	122	181	249	
Ústí Bystřice až Chlumeck nad C.	27.869 -	93.4	142	208	283	
Dolní okrajová podmínka v podobě úrovně hladiny	25.828	211.70	212.00	212.50	213.00	Dolní okrajová podmínka (m n.m.)

5.2.4 Hodnoty počátečních podmínek

Pro hydraulické výpočty je použit model ustáleného proudění, počáteční podmínky pak nejsou zadávány.

5.2.5 Diskuze k nejistotám a úplnosti vstupních dat

Pro zpracování zadání skládající se ze sestavení DMT a vytvoření matematického modelu byly veškeré dostupné podklady dostačující.

Nicméně je nutné vzít v úvahu přesnosti použitých podkladů a jejich interpretace. Samotná geodetická data v podobě polohové a výškově umístěných bodů mají svou danou přesnost a hodnoty mezi nimi jsou výsledky určité interpolace, kde může docházet k nejistotám.

Další z nejistot, ke kterým může docházet, je fakt, že se řešené území schematizuje pomocí příčných profilů, ve kterých probíhá výpočet, a výsledky jsou dále interpretovány plošně pomocí interpolace.

5.3 Popis kalibrace modelu

Pro kalibraci případně verifikaci modelu byly použity úrovně hladin zaměřené v průběhu povodně z roku 2006. Hodnota průtoku nebyla přesně stanovena, pohybovala se v rozmezí Q_5 až Q_{10} .

K dispozici byla dále měrná křivka limnigrafické stanice Nový Bydžov. Maximální průtok pro tuto stanici změřen na úrovni průtoku Q_5 , část křivky pro větší průtoky byla získána extrapolací. Pro kalibraci proto již údaje pro větší průtoky nebyly vzaty do úvahy.

Výsledky porovnání dosažených hladin a zaměřených stop jsou uvedeny v tabulce [5]

Tabulka [5] – Výsledky kalibrace na povodeň z roku 2006

Staničení [ř.km]	Profil	Objekt	H ₅	H ₂₀	H ₂₀₀₆	Měrná křivka	Poznámka
27.869	P66	Silniční most	215.26	215.70	215.12		
28.558	P69	Silniční most	216.04	216.34	216.12		
33.852	P89	Silniční most	220.49	221.05	221.98		Nedůvěryhodná hodnota
36.985	P98	Silniční most	224.02	224.33	223.97		
39.948	P108	Limnigraf.stanice	226.05			226.08	Měrná křivka pro Q ₅
40.237	P110	Silniční most	226.61	227.22	226.91		
42.795	P120	Silniční most	229.08	229.43	229.19		
43.910	P123	Silniční most	230.23	230.54	230.42		
46.308	P130	Silniční most	232.65	233.14	232.94		
47.245	P133	Silniční most	233.88	234.28	233.14		Nedůvěryhodná hodnota
48.049	P137	Silniční most	235.54	235.95	235.95		
49.553	P143	Silniční most	236.93	237.1	236.97		

Hodnoty úrovní hladin pro mostní profily v km 33.852 a 47.245 nebyly při kalibraci zohledněny. V prvním případě se jednalo o nereálně vysokou hladinou. Tato hladina je výrazně vyšší i než spočítaný průběh hladiny pro Q_{500} . Naopak v druhém případě se jedná o hladiny prakticky na stejné úrovni jako stopa v okolí mostu o téměř 1km níže ve směru proudění. V ostatních případech bylo dosaženo velmi dobré shody.

6 Výstupy z modelu

Výstupem z hydrodynamického modelu jsou hydraulické charakteristiky proudění modelovaných průtokových scénářů spočítané v jednotlivých příčných profilech. Lze je prezentovat tabelární nebo grafickou formou v podobě podélných a příčných profilů, bodového pole rychlostí a map hloubek. Pro sestavení map povodňového nebezpečí jsou základním výstupem z hydraulických modelů mapa hloubek a mapa rychlostí. Mapové výstupy představují georeferencovanou rastrovou mapu v požadovaném měřítku a formátu.

6.1 Záplavové čáry pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}

Záplavové čáry tvoří obalovou křivku záplavovému území resp. mapám hloubek. Zobrazují maximální rozsah povodně pro daný průtok. Jsou zobrazeny v jedné mapě pro všechny povodňové scénáře. Tím je umožněno snadné porovnání rozsahu povodní. Záplavové čáry jsou zobrazeny na podkladě Základní rastrové mapy ČR v měřítku 1:10 000.

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

Mapa hloubek vznikne odečtením vypočítané 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. Výsledný rastr ve formátu .tif o velikosti pixelu 2 x 2 m obsahuje informace o hloubce vody pro každý pixel. Pro přehledné znázornění hloubek v tištěné podobě je výsledná hloubka vody rozdělena do kategorií s pevně zvoleným rozsahem hloubky (znázorněno v legendě mapového výstupu). Mapa hloubek je zobrazena na podkladě Základní rastrové mapy ČR v měřítku 1:10 000.

Nad mapu hloubek jsou zobrazeny bodové rychlosti proudění ve všech výpočetních profilech (viz kapitola 6.3).

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

Informace o rychlosti proudění vody v korytě a v inundačním území u jednorozměrného modelu jsou známi pouze 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 hloubek, kdy informace o rychlosti spolu s hloubkou vody dávají názornou představu o charakteru nebezpečí při povodni v pozorovaném úseku.

6.4 Zhodnocení nejistot ve výsledcích výpočtů

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 historických povodní atd.

Způsob zpracování 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.

7 Aktivní zóna záplavového území

Aktivní zóna záplavového území (dále též „AZZU“) je definována Vyhláškou Ministerstva životního prostředí č. 236/2002 Sb., „o způsobu a rozsahu zpracování návrhu a stanovování záplavových území“ jako „území v zastavěných území obcí a v územích určených k zástavbě podle územních plánů, jež při povodni odvádí rozhodující část celkového průtoku, a tak bezprostředně ohrožuje život, zdraví a majetek lidí“.

Aktivní zóna se podle této vyhlášky stanovuje pro ustálený průtok odpovídající Q_{100} .

Stanovení AZZU se tedy stává velmi účinným preventivním nástrojem pro snížení povodňových škod. Zbývající část záplavového území mimo aktivní zónu, se nepodílí výraznou měrou na přímém provádění povodňových průtoků, ale při vyšších povodňových stavech je povodni zasažena. Pro tuto oblast vodní zákon neukládá žádná omezení, ale vodoprávní úřad může stanovit omezující podmínky pro její využívání a rozvoj.

7.1 Primární AZZU

Metodika stanovení primárních AZZU vychází ze základních zákonitostí proudění vody v otevřených korytech za podmínek ustáleného nerovnoměrného proudění a ze základních pravidel řešení ochrany před povodněmi. Primární AZZU lze definovat dle několika pravidel, která jsou platná obecně.

- Primární AZZU je vždy vlastní koryto hlavního toku v šířce definované břehovými hranami (nejedná se o definici koryta ve smyslu zákona o vodách).
- Všechny vedlejší paralelní permanentní vodoteče, derivační, či jiné kanály a zaústění přítoků hlavního toku jsou vždy definované jako primární AZZU v šířce určené břehovými hranami.
- V případě, že se jedná o tok ohrázený příbřežními hrázi chránícími před povodněmi dimenzovanými na Q_{100} , jsou tyto hráze současně hranicí AZZU.
- Linie existujícího průběžného mobilního hrazení podél toku s kapacitou na Q_{100} tvoří hranici AZZU.

7.2 Rozšíření AZZU

S přihlédnutím k tomu, že lze odlišit mnoho typů toků a jejich niv s rozlišnou charakteristikou inundačních území a poměrů proudění vody v nich, není možné stanovit jednotnou metodiku stanovení AZZU pro všechny tyto říční typy. Na základě analýzy nejběžnějších typů toků, které se vyskytují v ČR, byly definovány čtyři základní přístupy řešení AZZU:

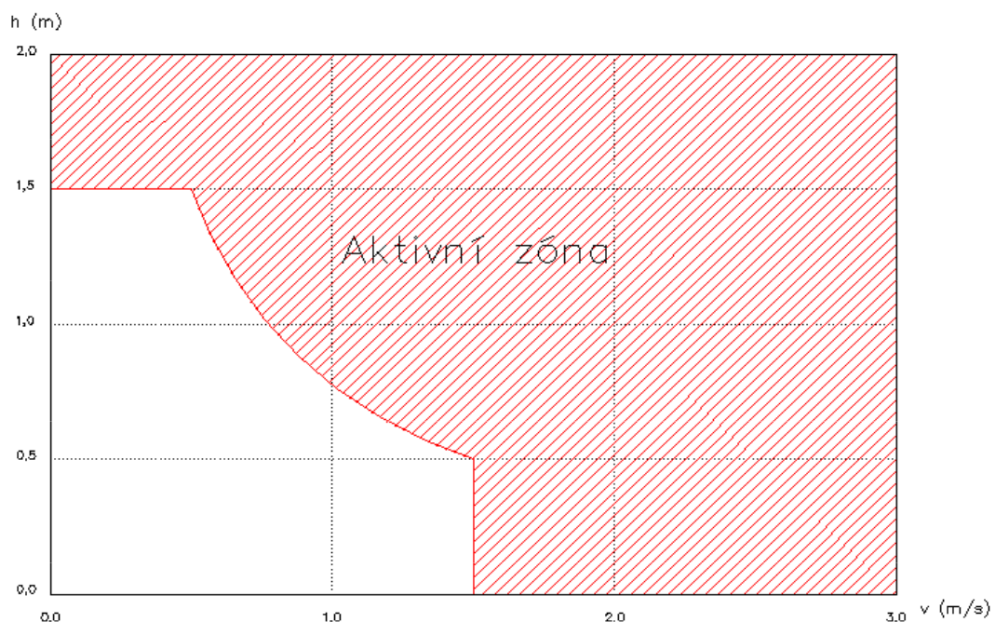
- A) Stanovení rozšířené AZZU podle záplavových území,
- B) Stanovení rozšířené AZZU podle parametrů proudění,
- C) Stanovení rozšířené AZZU podle rozdělení měrných průtoků,
- D) Stanovení rozšířené AZZU detailní 2D studií.

Každý vodní tok, pro který se vymezuje AZZU, je nutno klasifikovat a zvolit pro něj jeden nebo kombinaci z doporučených výpočetních postupů.

7.3 Stanovení aktivní zóny

Vymezení aktivní zóny záplavového území bylo zhotoveno na základě kombinace přístupu stanovení podle záplavového území dvacetileté vody a závislosti na součinu hloubky a rychlosti vody při stoletém průtoku.

Závislost AZZU na součinu hloubky a rychlosti nejlépe vystihuje následující graf sestavený dle Finka – Bewicka. Aktivní zóna představuje oblast proudění při Q_{100} , když hloubka vody je rovna nebo větší 1,5 m, rychlost vody je rovna nebo větší 1,5 m/s, nebo součin těchto dvou veličin je větší nebo roven 0,75.



Obr. 1 Stanovení aktivní zóny záplavového území v závislosti na hloubce a rychlosti proudění podle Finka a Bewicka.