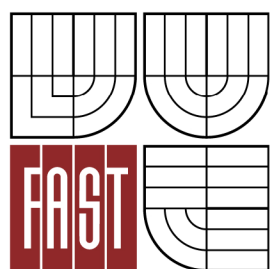




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV VODNÍCH STAVEB

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF WATER STRUCTURES

RIZIKOVÁ ANALÝZA NA VYBRANÉ LOKALITĚ TOKU

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JAN JAUERNIG

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. DAVID DUCHAN, Ph.D.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3647R015 Vodní hospodářství a vodní stavby
Pracoviště	Ústav vodních staveb

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Jan Jauernig
Název	Riziková analýza na vybrané lokalitě toku
Vedoucí bakalářské práce	Ing. David Duchan, Ph.D.
Datum zadání bakalářské práce	30. 11. 2012
Datum odevzdání bakalářské práce	24. 5. 2013

V Brně dne 30. 11. 2012

.....
prof. Ing. Jan Šulc, CSc.
Vedoucí ústavu

.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

ES 2007. Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2007/60/ES ze dne 23. října o vyhodnocování a zvládnání povodňových rizik.

MŽP ČR 2009. Metodika tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik.

VÚV T.G. Masaryka v.v.i, Brno. Ministerstvo životního prostředí ČR, Praha.

Zákon 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon).

Výsledky hydraulických výpočtů proudění vody v záplavovém území zvolené lokality.

Zásady pro vypracování

Cílem práce je na vybrané lokalitě toku zpracovat na základě dostupných podkladů mapy povodňového nebezpečí, ohrožení a rizik v souladu se směrnicí 2007/60/ES a metodikou (MŽP ČR 2009).

Předepsané přílohy

.....

Ing. David Duchan, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá zpracováním map povodňového nebezpečí, ohrožení a rizika na základě dostupných podkladů v souladu se směrnicí 2007/60/ES a metodikou MŽP ČR 2011 na vybraném toku Říčka v kilometru 9,753 až 14,165.

Klíčová slova

povodeň, nebezpečí, ohrožení, riziko, geografický informační systém (GIS)

Abstract

This thesis deals with the processing maps of flood hazards, threats and risks based on available data in accordance with Directive 2007/60/EC and the methodology of the Ministry of Environment 2011 on the selected flow Říčka at kilometer 9,753 to 14,165.

Keywords

flood, danger, threat, risk, geographic information system (GIS)

Bibliografická citace VŠKP

JAUERNIG, Jan. *Riziková analýza na vybrané lokalitě toku*. Brno, 2013. 32 s., 2 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodních staveb. Vedoucí práce Ing. David Duchan, Ph.D..

Prohlašuji, že jsem předloženou bakalářskou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 24. května 2013

.....

Na tomto místě bych rád poděkoval Ing. Davidu Duchanovi, Ph.D. za jeho odborné připomínky a pomoc při řešení problému v průběhu zpracování práce.

Obsah

1	ÚVOD	3
2	CÍLE A PŘEDMĚT PRÁCE	4
3	TERMINOLOGIE	5
3.1	Seznam pojmů	5
4	RIZIKOVÁ ANALÝZA.....	7
4.1	Kvantifikace povodňového nebezpečí	7
4.2	Stanovení povodňového ohrožení	8
4.3	Stanovení povodňového rizika	10
5	RIZIKOVÁ ANALÝZA VYBRANÉ LOKALITY	11
5.1	Popis zájmové lokality	11
5.2	Popis vstupních dat.....	13
5.2.1	Mapové podklady	13
	K dispozici byly tyto mapové podklady:	13
5.2.2	Hydrologické a hydraulické podklady	13
5.3	Použitý software	14
5.4	Řešení rizikové analýzy v ArcGIS	15
5.4.1	Postup při vytvoření rastrů hloubek	15
5.4.2	Postup při vytvoření rastrů rychlostí	17
5.4.3	Postup při vytvoření map intenzit povodně	18
5.4.4	Postup při vytvoření map ohrožení	19
5.4.5	Postup při vytvoření mapy rizik.....	20
6	VÝSLEDKY A DISKUZE.....	21

6.1	Mapy intenzit.....	21
6.2	Mapy ohrožení.....	22
6.3	Mapy rizika.....	22
7	ZÁVĚR	22
8	FOTODOKUMENTACE.....	24
9	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	32
10	SEZNAM PŘÍLOH	32

1 ÚVOD

Mezi nejničivější přírodní katastrofy patří povodně. Dle Zákona 254/2001 Sb. § 64 [1] jsou povodně vyjádřeny jako přechodné výrazné zvýšení hladiny vodních toků nebo jiných vod, při kterém voda již zaplavuje území mimo koryto vodního toku a může způsobit škody. Povodní je i stav, kdy voda může způsobit škody tím, že z určitého území nemůže dočasně přirozeným způsobem odtékat, nebo její odtok je nedostatečný, případně dochází k zaplavení území při soustředěnému odtoku srážkových vod. Povodeň může být způsobena přírodními jevy, zejména táním, dešťovými srážkami nebo chodem ledů (přirozená povodeň), nebo jinými vlivy, zejména poruchou vodních děl, které mohou vést až k jeho havárii (protržení) nebo nouzovým řešením kritické situace na vodním díle (zvláštní povodeň).

V minulosti se v České republice vyskytly celkem tři velké povodně a to v letech 1997, 2002 a 2009, které měly katastrofální následky. Došlo nejen k velkým ekonomickým ztrátám, ale i velkým ztrátám na životech, které vznikly v důsledku nevhodné urbanizace a nevhodných zásahů v krajině. Tyto povodně si vyžádaly 93 lidských životů a způsobily škodu přibližně 142 miliardy korun. Z důvodu této problematiky, která nepostihovala jen Českou republiku, ale celou Evropu, byla dne 23. října 2007 vydána směrnice Evropského parlamentu a rady 2007/60/ES o vyhodnocování a zvládnutí povodňových rizik [2]. Dle této směrnice je členským státům uloženo do pevných časových termínů vyhodnotit povodňové riziko na jejich území. Termíny zpracování pro jednotlivé části bylo stanoveno takto:

- 22. 12. 2011 – dokončení předběžného vyhodnocení povodňových rizik,
- 22. 12. 2013 – zajištění dokončení map povodňového vyhodnocení povodňových rizik,
- 22. 12. 2015 – dokončení a zveřejnění plánů pro zvládnutí povodňových rizik.

2 CÍLE A PŘEDMĚT PRÁCE

Pojem riziko spojené s povodněmi vyjadřuje nebezpečí vzniku škody, poškození, ztráty či zničení při výrazném zvýšení hladiny vody dle kritérií (ekonomické, sociální). Předcházením rizik a jejím pochopením se věnuje riziková analýza (dále RA), která je cílem této bakalářské práce. Jedním z možných výstupů jsou mapy rizik, které určují, o jak velké riziko se v dané lokalitě jedná v rámci různých kritérií.

Cílem této práce je zpracování RA pomocí matice rizika v programu ArcGIS, která se bude skládat ze dvou částí. V první části bude RA vyjádřena obecně, pro pochopení a přiblížení problému. V druhé části se RA aplikuje na vybrané zájmové území.

Podklady sloužící k provedení RA, jsou mapy území obsahující informace o nadmořských výškách terénu, typu území a další. Následně budou použity rastry hloubek a rychlostí pro zadané průtoky Q_5 , Q_{20a} Q_{100} a jejich následné určení map rizik.

Tato metodika bude aplikována na vybraném zájmovém území. Pro tuto práci bylo vybráno území města Šlapanice, které se nachází na toku Říčka.

3 TERMINOLOGIE

Terminologie vychází z [3].

3.1 Seznam pojmů

<i>Doba opakování</i>	udává průměrný počet let, ve kterých je určitý jev dosažen nebo překročen. N-letý průtok Q_n je definován jako kulminační průtok, který je dosažen nebo překročen průměrně jednou za N let. Hodnoty se zjišťují statistickou analýzou.
<i>Expozice</i>	charakterizuje stav, kdy jsou objekty v inundačním území (osoby, majetek, příroda, krajina) vystaveny fyzickému působení povodňového nebezpečí. Expozici lze kvantifikovat z hlediska časového (doba působení povodňového nebezpečí) a prostorového (plošný rozsah zaplavené plochy, množství zaplavených objektů apod.).
<i>Funkční využití ploch</i>	pro potřeby hodnocení zranitelnosti území je využíváno rozlišení do těchto kategorií funkčního využití ploch: bydlení, infrastruktura občanská, infrastruktura dopravní, infrastruktura technická, výroba průmyslová, výroba zemědělská, výroba skladová, rekreace krátkodobá, rekreace dlouhodobá, veřejná zeleň.
<i>Intenzita povodně</i>	veličina vyjadřující povodňové nebezpečí. Je funkcí charakteristik průběhu povodně – hloubky a rychlosti proudění vody.
<i>Metadata</i>	data o datech. Jedná se o informace, které pomáhají pochopit a interpretovat význam popisovaných dat v konkrétním kontextu. Zahrnují nejen informace o datech samotných, tedy o tom, co znamenají, v jakém jsou formátu, odkud pocházejí nebo jakých mohou nabývat hodnot, ale

také informace o jejich vzájemných vztazích a o způsobu, jakým se mohou navzájem ovlivňovat.

Povodňové nebezpečí

charakterizuje stav s potenciálem způsobit nežádoucí následky (povodňové škody) v záplavovém území. Povodňové nebezpečí lze definovat také jako „hrozbu“ události (povodně), která vyvolá např. ztráty na lidských životech, škody na majetku, přírodě a krajině.

Povodňové riziko

je vyjádřeno nejčastěji jako kombinace pravděpodobnosti výskytu nežádoucího hydrologického jevu (povodně) a odpovídajících potenciálních povodňových škod. Pojem vyjadřuje syntézu účinků povodňového nebezpečí, zranitelnosti a expozice.

Rastr

je datová struktura založená na buňkách uspořádaných do řádků a sloupců, kde každé buňce odpovídá určitá hodnota.

Rozliv

reprezentuje jev, spočívající v zaplavení území, přilehlého k vodnímu toku.

4 RIZIKOVÁ ANALÝZA

Teorie vychází z [3]

Hodnocení rizik je prováděno pro povodňové stavy při průtocích Q_5 , Q_{20} , Q_{100} , Q_{500} . Při hodnocení povodňového rizika se využívá hodnocení semikvantitativní nebo hodnocení kvantitativní. Určení způsobu hodnocení nám ovlivňuje více hledisek.

Semikvantitativní hodnocení nám vyjádří, jak je velké riziko na určité ploše buď číselnou hodnotou, nebo pomocí barevné stupnice. Riziko se nevyjadřuje v peněžních jednotkách nebo v lidských životech jako u kvantitativního hodnocení. Tato práce se zabývá semikvantitativním hodnocením s využitím metody matice rizika.

Postup metody matice rizika je stanoven následujícími kroky:

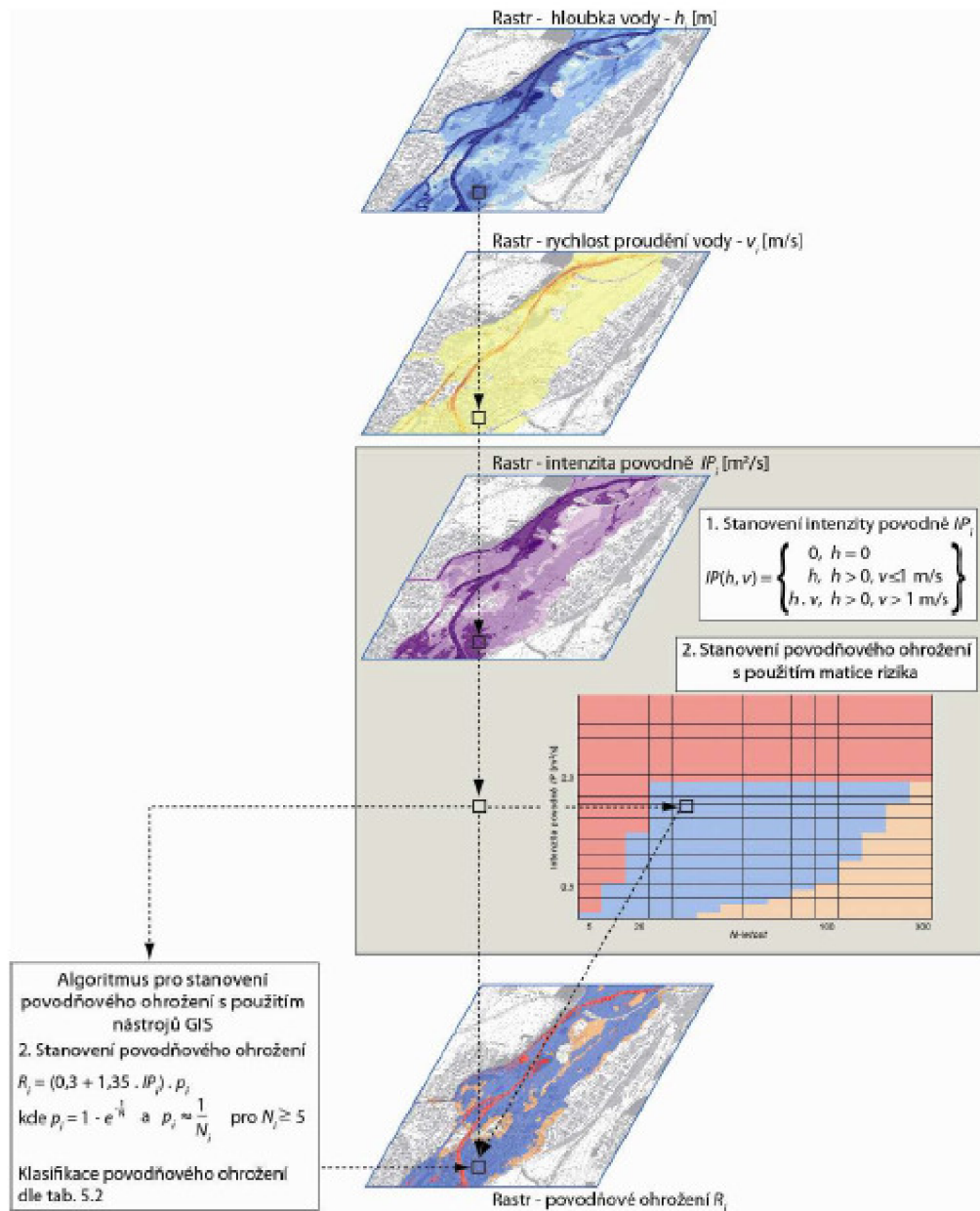
- kvantifikace povodňového nebezpečí,
- stanovení povodňového ohrožení,
- stanovení povodňového rizika.

4.1 Kvantifikace povodňového nebezpečí

Jaké povodeň vytváří riziko, je založeno na intenzitě povodně IP . Intenzita povodně je funkce hloubky h [m] a rychlosti v [m/s]. Výpočet intenzity povodně se provádí pro vybrané N -leté průtoky v záplavovém území.

Intenzita povodně je stanovena následujícím vztahem:

$$IP = \left\{ \begin{array}{ll} 0 & h = 0[m] \\ h & h > 0[m], v \leq 1 \left[\frac{m}{s} \right] \\ h * v & v > 1 \left[\frac{m}{s} \right] \end{array} \right\} \quad (4.1)$$



Obr. 4.1 Schéma postupu metody matice rizika pro daný scénář nebezpečí [3]

4.2 Stanovení povodňového ohrožení

Stanovení míry ohrožení R vychází z hodnot intenzity povodně IP pro jednotlivé scénáře (N -letých povodní) povodňového nebezpečí. Pro každou buňku rastru vyjadřujícího intenzitu povodně IP je třeba stanovit ohrožení vyjádřené hodnotou v rozmezí 4 (vysoké) až 1 (reziduální)[3].

Vztah pro výpočet ohrožení R:

$$R_i = (0,3 + 1,35 * IP) * p_i, \quad (4.2)$$

kde p_i je pravděpodobnost N-leté povodně $p_i = \frac{1}{n}$ a n je N-letost povodně.

Dále se provede vyhodnocení maximálního ohrožení R z jednotlivých i -tých ohrožení R_i odpovídajících jednotlivým scénářům dle vztahu:

$$R = \max_{i=1}^n R_i \quad (4.3)$$

Výsledné maximální hodnoty ohrožení se zobrazují pomocí barevné škály tab. 4.1 do mapy ohrožení. Záplavové území je tak rozčleněno z hlediska povodňového ohrožení. Toto členění umožňuje posouzení vhodnosti stávajícího nebo budoucího funkčního využití ploch a doporučení na omezení případných aktivit na plochách v záplavovém území s vyšší mírou ohrožení.

Tab. 4.1 Klasifikace ohrožení R [3]

Ohrožení R	Kategorie Ohrožení	Doporučení
$R \geq 0,1$ nebo $IP \geq 2$	(4) Vysoké (červená barva)	Doporučuje se nepovolovat novou a ani nerozšiřovat stávající zástavbu, ve které se zdržují lidé nebo umísťují zvířata. Pro stávající zástavbu je třeba provést návrh povodňových opatření, která zajistí odpovídající snížení rizika, nebo zpracovat program vymístění této zástavby.
$0,01 \leq R < 0,1$	(3) Střední (modrá barva)	Výstavba je možná s omezeními vycházejícími z podrobného posouzení nezbytnosti funkce objektů v ohroženém území a z potenciálního ohrožení objektů povodňovým nebezpečím. Nevhodná je výstavba citlivých objektů (např. zdravotnická zařízení, hasiči apod.). Nedoporučuje se rozšiřovat stávající plochy určené pro výstavbu.
$R < 0,01$	(2) Nízké (oranžová barva)	Výstavba je možná , přičemž vlastníci dotčených pozemků a objektů musí být upozorněni na potenciální ohrožení povodňovým nebezpečím. Pro citlivé objekty je třeba přijmout traumatologický plán ve smyslu krizového řízení.
$P < 0,0033$ tj. $N > 300$	(1) Reziduální (žlutá barva)	Otázky spojené s povodňovou ochranou se zpravidla doporučuje řešit prostřednictvím dlouhodobého územního plánování se zaměřením na zvláště citlivé objekty (zdravotnická zařízení, památkové objekty apod.). Snahou je vyhýbat se objektům a zařízením se zvýšeným potenciálem škod.

4.3 Stanovení povodňového rizika

Základním podkladem pro stanovení povodňového rizika jsou informace o způsobu využití území založené především na Územně plánovací dokumentaci (dále ÚPD) a mapa povodňového ohrožení. ÚPD je barevně rozlišeno dle způsobu využití dané plochy. Každý typ využití území má stanovené přijatelné riziko a průnikem s mapou ohrožení se zjistí, kde vzniknou rizikové plochy. Z ploch s překročeným rizikem se následně vytvoří mapa povodňového rizika.

Tab. 4.2 Přijatelné riziko pro jednotlivé kategorie zranitelnosti území [3].

Kategorie zranitelnosti území	Označení	Přijatelné riziko
Bydlení	BY	Nízké
Občanská vybavenost	OV	Nízké
Technická infrastruktura	TV	Nízké
Dopravní infrastruktura	DO	Nízké
Výrobní plochy a sklady	VY	Nízké
	ZV	Nízké
Sport a hromadná rekreace	RS	Střední
Lesy, zeleň	Zel	Vysoké

5 RIZIKOVÁ ANALÝZA VYBRANÉ LOKALITY

5.1 Popis zájmové lokality

Převzato z [4] a průzkumu lokality.

Říčka je vodní tok v Moravském krasu, kde tvoří hlavní osu jižní části tohoto území, a v Dyjsko-svrateckém úvalu. Hydrologické pořadí toku je 4-15-03-0920. Délka Říčky je 38,9 km, plocha povodí měří 144,3 km² a její průměrný průtok je 0,28 m³/s. Říčka pramení v nadmořské výšce 470 m n. m. v Drahanské vrchovině asi jeden kilometr východně od malé obce Říčky, po které si nese její název. Vlévá se do toku Litava z pravé strany u obce Měnín v nadmořské výšce 185 m n. m.

Zájmová lokalita pro rizikovou analýzu se nachází v 9,753 km – 14,165 km toku Říčka. Tato část toku Říčky protéká městem Šlapanice. V zájmové lokalitě se nachází bytová zástavba a občanská vybavenost města Šlapanice dále louky, lesy a pole. V oblasti, která je ohrožena některými z řešených N-letých povodní se nachází pouze bytová zástavba nebo pole a louky. V zájmové lokalitě se na toku vyskytuje 9 mostů, 4 lávky, jeden betonový skluz, a zaklenutí toku v délce 85m. Žádná další významná vodní díla se na toku v zájmové lokalitě nevyskytují. Koryto toku v zájmové lokalitě je většinou lichoběžníkové, místy ve městě obdélníkové opevněno kamennými zídkami. V lokalitě jsou pouze dva přítoky. První je levobřežní přítok Rokytnice na říčním kilometru 10,275 km. Druhým je bezejmenný pravostranný přítok na říčním kilometru 13,580 km.

Objekty na toku:

- (9,980 km) Betonový most,
- (10,000 km) Železniční most,
- (11,237 km) Betonová lávka,
- (11,402 km) Betonová lávka,
- (11,752 km) Betonový most,
- (11,928 km) Betonový most,
- (12,040 km) betonová lávka,
- (12,174 km – 12,259 km) zaklenutí toku,

- (12,278 km) betonový skluz,
- (12,339 km) betonová lávka,
- (12,411 km) betonový most,
- (12,722 km) dřevěný mostek,
- (12,752 km) betonový most,
- (13,196 km) betonový mostek,
- (13,716 km) betonový most.

Tyto objekty jsou vyznačeny v příloze P2 a lze je najít ve fotodokumentaci.



Obr. 5.1 Zájmová lokalita [4]

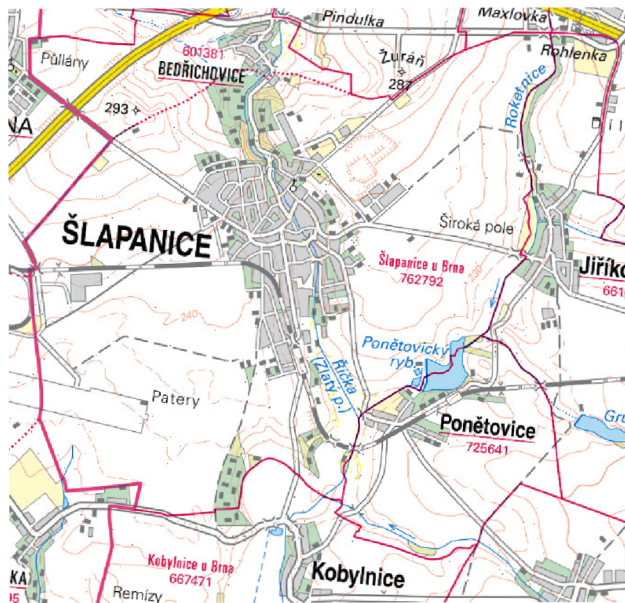
5.2 Popis vstupních dat

Vstupní data byla získána jednak od města Šlapanice a z příslušných webových stránek [4] a [5].

5.2.1 Mapové podklady

K dispozici byly tyto mapové podklady:

- ZVM 50 [4],



Obr. 5.2 Ukázka ZVM 50 [4]

- ÚPD (Územně plánovací dokumentace),
- kilometráž,
- situace zájmové lokality.

5.2.2 Hydrologické a hydraulické podklady

Tyto podklady byly získány od města Šlapanice a část podkladů z webových stránek [3] a [4].

Hydrologické podklady obsahují informace o toku a povodí toku:

- plocha povodí: 144,3 km²
- délka toku: 38,9 km

- průměrný průtok: 0,28 m³/s

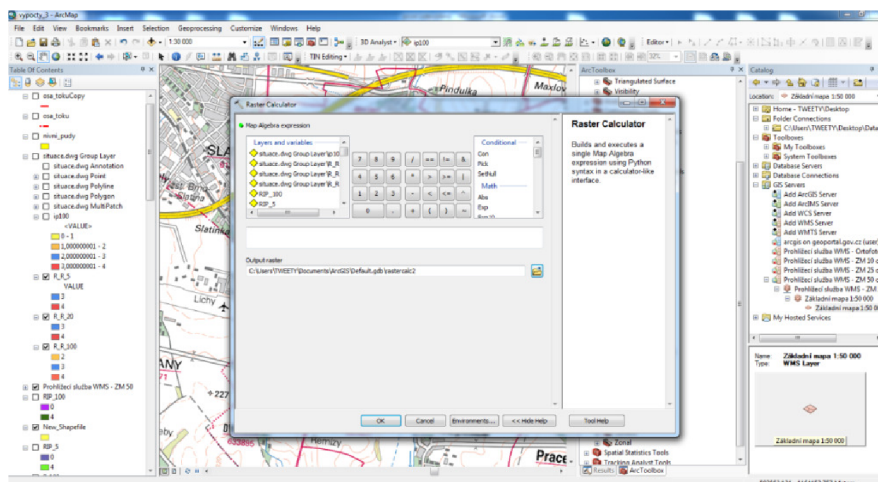
Tab. 5.1 V tabulce jsou uvedeny N-leté průtoky toku Říčka a jejich přítoků v zájmové lokalitě

	N-leté průtoky [m ³ /s]						
	Q ₁	Q ₂	Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀
Říčka	5,90	8,70	13,00	16,50	20,50	26,50	31,50
Rokytnice	3,60	5,60	9,30	12,50	16,20	22,00	27,00
Druhý přítok	3,40	5,30	8,90	12,00	15,60	21,20	26,20

Jako hydraulické podklady byly k dispozici příčné profily se známou nadmořskou výškou hladin a rychlosti proudění v těchto profilech při jednotlivých N-letých povodních a rastrová mapa nadmořských výšek terénu.

5.3 Použitý software

ArcGIS 10.1 Geografický Informační Systém (dále GIS) je systém pro správu, analýzu a zobrazování geografických informací. Geografické informace jsou reprezentovány sadami geografických dat. Sady geografických dat modelují realitu pomocí jednoduchých obecných datových struktur. GIS obsahuje kompletní sadu nástrojů pro práci s geografickými daty [6].



Obr. 5.3 Program ArcGIS 10.1

MS Office MS Word je pro vytváření, upravování a prohlížení textových dokumentů.

5.4 Řešení rizikové analýzy v ArcGIS

V této části je uveden postup zpracování RA na dané lokalitě. V prvním kroku je nutné zpracování digitálních map terénu a příčných profilů na toku pomocí nástrojů ArcGIS pro vytvoření rastrů hloubek a rastrů rychlostí u jednotlivých N-letých průtoků. Druhým krokem je vytvoření intenzit povodní z rastrů hloubek a rastrů rychlostí. Poté pomocí rastrů intenzit povodní vytvoření rastru ohrožení a z těchto rastrů získají mapy s maximálním ohrožením. Posledním krokem je způsob vytvoření mapy rizik a to kombinací mapy ohrožení a ÚPD. Jednotlivé mapy intenzit povodně, ohrožení a rizika byly podloženy katastrální mapou města Šlapanice M 1:10 000.

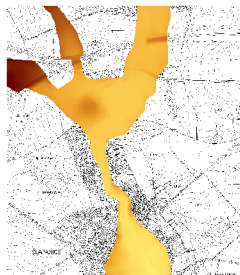
Postup zpracování je následující:

- vytvoření rastrů hloubek,
- vytvoření rastrů rychlostí,
- vytvoření map intenzit povodně,
- vytvoření mapy ohrožení,
- vytvoření mapy rizik.

5.4.1 Postup při vytvoření rastrů hloubek

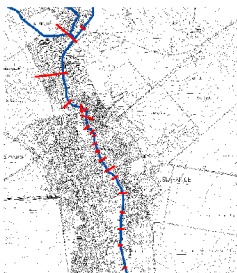
Jako vstupy pro vytvoření rastrů hloubek byly použity:

- rastr nadmořských výšek terénu obr. 5.5,



Obr. 5.5 Rastr nadmořských výšek terénu

- příčné profily se známými souřadnicemi obr. 5.6,

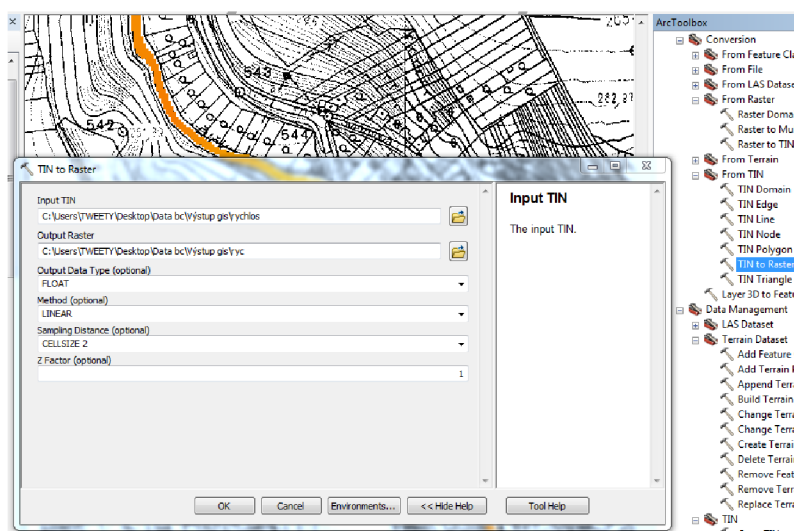


Obr 5.6 Příčné profily na toku

- tabulka v MS excel s nadmořskými výškami hladin u jednotlivých příčných profilů pro povodňové průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} .

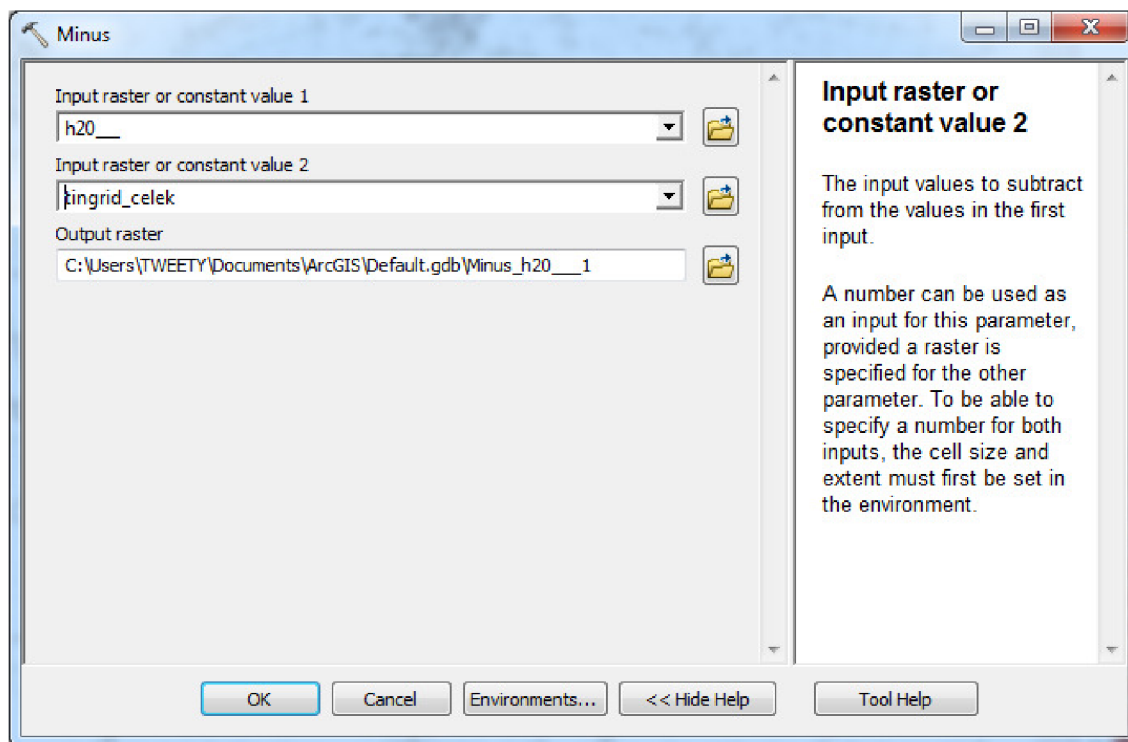
V prvním kroku v programu ArcGIS bylo třeba ke každému profilu přiřadit danou nadmořskou výšku hladiny pro jednotlivé N-leté průtoky. Toto přiřazení bylo provedeno v atributové tabulce u každého profilu zvlášť. Tímto byly vytvořeny tři soubory *.shp pro každou řešenou N-letou povodeň zvlášť. Každý soubor *.shp obsahoval informace o pozici jednotlivých profilů a nadmořské výšce hladin v těchto profilech.

V druhém kroku byly z jednotlivých souborů *.shp pomocí nástavby programu ArcGIS (3D Analyst) obr. 5.7 vytvořeny povrchy nadmořských výšek hladin ve formátu TIN mezi jednotlivými profily. Dále byly povrchy ve formě TINů převedeny na rastrové mapy nadmořských výšek hladin o velikosti jedné buňky 2x2m.



Obr. 5.7 Nástavba 3D Analyst (TIN to Raster)

V třetím kroku byly vytvořeny rastry hloubek vody pro jednotlivé N-leté povodně. Toto bylo provedeno v rastrové kalkulačce (Raster Math) z nadstavby Spatial Analyst obr. 5.8. Pomocí rastrové kalkulačky byl od jednotlivých rastrů nadmořských výšek hladin odečten rastr s nadmořskými výškami terénu. Výsledkem byl rastr hloubek vody



Obr. 5.8 Raster Math funkce mínus

Při provedení těchto třech kroků vycházeli v některých místech v korytě hloubky záporné. Zpětnou analýzou, na základě pozorování vrstevnic a fotodokumentace, bylo zjištěno, že model terénu nevystihoval zcela přesně povrch terénu. Z tohoto důvodu byl editován původní terén ve formě TINu. Editace byla provedena na základě mapových podkladů, osobního průzkumu v terénu (fotodokumentace). Z tohoto nového TINu byl vytvořen pomocí 3D Analyst nový rastr nadmořských výšek terénu a ten použit při vytváření nových hloubek pro jednotlivé povodňové stavy.

5.4.2 Postup při vytvoření rastrů rychlostí

Jako vstupy pro vytvoření rastru rychlostí byly použity:

- příčné profily se známými souřadnicemi,

- tabulka v MS excel s rychlostmi u jednotlivých profilů pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} .

V prvním kroku při vytváření rastrů rychlostí bylo zapotřebí, podobně jako v prvním kroku u vytváření rastrů hloubek, přiřadit ke každému profilu se známou polohou dané rychlosti z tabulky. Tím byly vytvořeny tři soubory *.shp pro každou řešenou N-letou povodeň zvlášť. Každý soubor *.shp obsahoval tedy informace o pozici jednotlivých profilů a rychlostech v těchto profilech.

V druhém kroku z jednotlivých souborů *.shp pomocí nastavby programu ArcGIS (3D Analyst) byly vytvořeny rychlosti ve formátu TIN, tímto byly zjištěny i postupně se měnící rychlosti mezi jednotlivými profily. Dále byl povrch rychlostí ve formě TINů, také pomocí nastavby 3D Analyst převeden na rastry rychlostí o velikosti jedné buňky 2x2m.

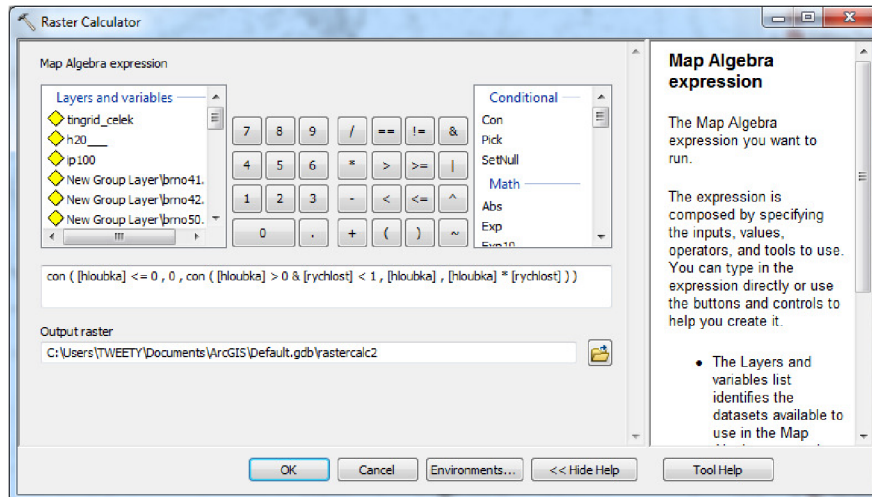
Porovnáním měnicích se rychlostí v jednotlivých profilech při různých povodňových stavech bylo zjištěno, že se jednalo o střední rychlosti a rychlosti v korytě byly mnohem vyšší než rychlosti v rozlivech. Toto bylo bráno v potaz při vytváření intenzit povodně a rizik.

5.4.3 Postup při vytvoření map intenzit povodně

Jako vstupy pro vytvoření map intenzit povodně byly použity:

- rastry hloubek pro povodňové stavy Q_5 , Q_{20} , Q_{100} ,
- rastry rychlostí v korytě.

Při vytváření map intenzit povodně byla využita nastavba SpatialAnalyst (Raster Calculator) obr. 5.11. Dle vzorce (4.1) byly pomocí rastrů hloubek a rastrů rychlostí v korytě vytvořeny mapy intenzit povodně pro jednotlivé povodně zvlášť.

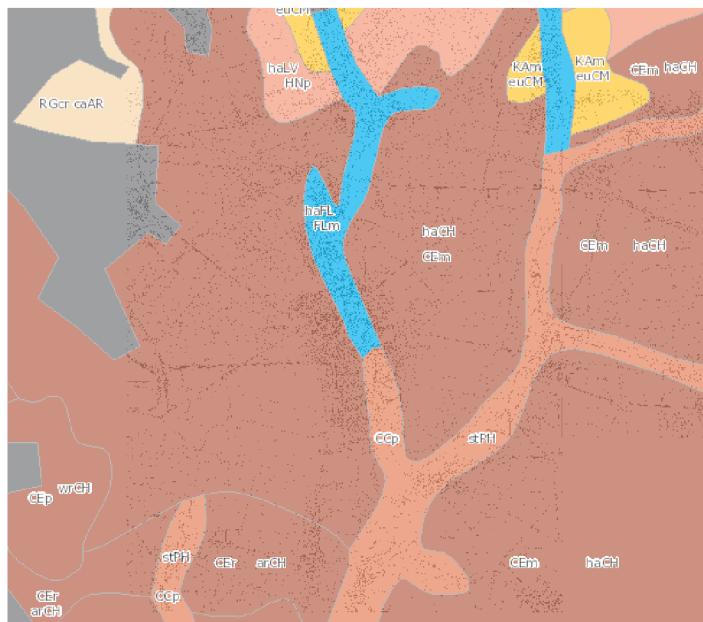


Obr. 5.11 Rastr Calculator pro vytvoření rastrů intenzit

5.4.4 Postup při vytvoření map ohrožení

Jako vstup pro vytvoření map ohrožení byly použity:

- mapy intenzit povodně Q_5 , Q_{20} , Q_{100} ,
- mapa nivních půd (jako náhrada za reziduální ohrožení) obr. 5.12 [8].



Obr. 5.12 Mapa typů půd [8]

V prvním kroku při vytváření map ohrožení byla využita Raster Calculator z nástavby Spatial Analyst. Byl použit vzorec (4.2) dle kterého byly z jednotlivých rastrů intenzit povodně vytvořeny rastry ohrožení pro každou N-letou povodeň zvlášť.

Ve druhém kroku byly dle tab. 4.1 a pomocí Raster Calculator zkombinovány mapy intenzit povodní, rastry ohrožení. Výstupem byly tři rastry, každá pro jeden daný povodňový stav. Na každé mapě bylo barevně vyznačeno, do které kategorie ohrožení dle tab. 4.1 je daná plocha zařazena.

Ve třetím kroku byla vytvořena jedna mapa s maximálním ohrožením. Na této mapě bylo zobrazeno pro každou ohroženou plochu vždy jen to největší ohrožení od jednotlivých N-letých povodní. Pro tento krok byla využita nástavba Spatial Analyst (Raster Calculator). Pomocí rastrové kalkulačky, kombinací map ohrožení od jednotlivých N-letých povodní, byla vytvořena mapa maximálního ohrožení.

Ve čtvrtém kroku bylo třeba k mapě zobrazující maximální ohrožení přidat ohrožení reziduální. To bylo dosaženo za pomoci Spatial Analyst z mapy nivních půd a digitálního modelu terénu. Výsledná mapa ohrožení zobrazuje tedy i ohrožení v kategorii 1.

5.4.5 Postup při vytvoření mapy rizik

Jako vstupy pro vytvoření mapy rizik byly použity:

- mapa ohrožení,
- ÚPD.

V prvním kroku byly pomocí ÚPD vytvořeny plochy, jako podklad byla naskenovaná mapa s barevným rozlišením využití ploch a dle této mapy byl vytvořen soubor *.shp s jednotlivými plochami, každá plocha obsahovala informaci o jejím využití.

V druhém kroku bylo pomocí ÚPD a tab. 4.2 v programu ArcGIS přiřazeno k jednotlivým plochám přijatelné riziko dle způsobu využití. Výstupem tohoto kroku je soubor *.shp obsahující polygony. Tyto polygony určují polohu a tvar jednotlivých ploch a obsahují popisné informace o typu využití plochy a přijatelné riziko.

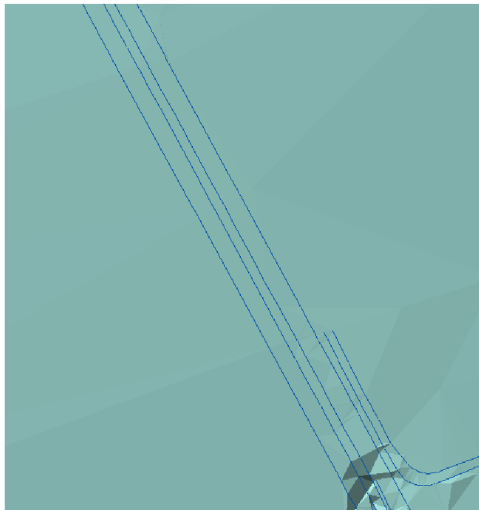
Ve třetím kroku byly v atributové tabulce ke každému polygonu pomocí zonální analýzy přidány informace z rastru ohrožení. To znamená, že každý polygon obsahoval i informace o maximálním, průměrném a minimálním ohrožení.

Ve čtvrtém kroku se vytvořila mapa rizika z polygonů, kde bylo ohrožení větší než přijatelné riziko. Tento krok byl proveden v nástroji Raster Calculator.

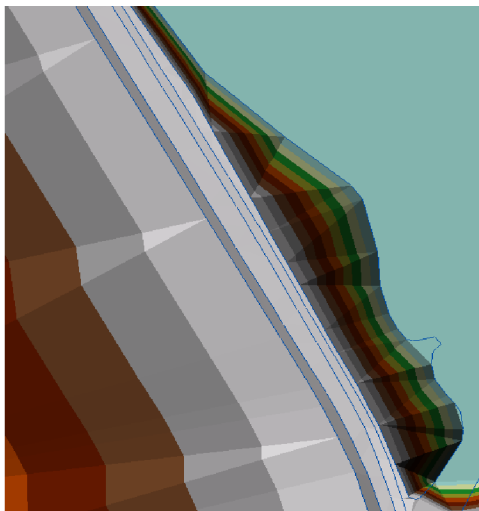
6 VÝSLEDKY A DISKUZE

6.1 Mapy intenzit

V rámci zpracování map intenzit bylo nutné upravit digitální model terénu, pro lepší výsledky by bylo nutné mít údaje o rychlostech nejen v profilech toku, ale v celé ploše zájmové lokality, z nichž by byl vygenerován rastr rychlostí. Digitální model terénu byl upraven v celé délce toku na území zájmové lokality obr. 6.1 a obr 6.2. Dále bylo nutné provést úpravy rastrů hloubek v místech se zápornou hloubkou. I přes tyto úpravy byly v některých místech v mapách intenzit chyby, tyto chyby byly zohledněny u generování mapy rizika.



Obr. 6.1 Detail terénu před úpravou



Obr. 6.2 Detail nového modelu koryta

6.2 Mapy ohrožení

Mapy ohrožení vycházeli z IP, V některých místech tyto mapy byly nepřesné na základě nepřesností digitálního modelu terénu. Tyto nepřesnosti vznikly mimo území města Šlapanice na říčním kilometru 10,500-10,759 a 13,723-14,000. Maximum bylo nutné dát do toku, bylo přihlíženo i k středním rychlostem z hydraulických podkladů.

6.3 Mapy rizika

Pro tvorbu mapy rizika, bylo nutné překreslit mapu využití ploch do vektorů, kde mohlo dojít k nepřesnostem. Dále byly zakomponovány všechny změny UPD. Problematická místa byla v intravilánu města Šlapanice. V těchto místech se nacházela obytná zástavba a komunikace. Některé plochy byly zasaženy vyšším než přijatelným rizikem, u těchto ploch bylo rozhodnuto, zda jsou nebo nejsou rizikovými a dle rozhodnutí byly zakresleny do mapy rizika. Dále při tvorbě rizika byl brán ohled na chyby v mapě ohrožení, některé tyto plochy ve skutečnosti měli nižší riziko, a proto nebyly do mapy rizik zakresleny.

7 ZÁVĚR

V této bakalářské práci byla dle dostupných podkladů zpracována riziková analýza na vybrané lokalitě toku. Daná lokalita byla na úseku toku Říčka 9,753-14,165 km.

Na základě hydraulických a hydrologických podkladů a digitálnímu terénu byly vytvořeny rastry hloubek pro jednotlivé povodňové scénáře. Jelikož byly zjištěny zpětnou analýzou chyby v těchto rastroch, bylo zapotřebí upravit digitální terén a rastry hloubek vytvořit znovu s opraveným digitálním modelem terénu. Z profilových rychlostí v toku byl vytvořen rastr rychlostí v korytě. Z vytvořených rastrů v kombinaci s dalšími podklady byly dále generovány mapy intenzit, ohrožení a rizik. Rastry, které tvoří základ pro tyto mapy, museli být zanalyzovány a v některých místech upraveny. Na základě nepřesného modelu digitálního terénu se i přes některé úpravy v tomto pod-

kladu, vyskytovaly ojedinělé chyby. Veškeré rastry a mapy byly zpracovány v programu ArcGIS a byly využity nástavby tohoto programu v ArcToolbox

Mapy povodňových intenzit jsou podmíněny hloubkami a rychlostmi vody N-letých scénářů dle vzorce (4.1). V případě dané lokality však intenzity v rozlivech ovlivňují pouze hloubky vody, jelikož analýzou hydraulických a hydrologických podkladů bylo zjištěno, že rychlosti větší než jedna byly pouze v korytě.

Mapa povodňového ohrožení byla vygenerována na základě maximálních ohrožení daných N-letých povodní. Je vyobrazena pomocí kategorie ohrožení dle tab. 4.1. Jako podklad pro reziduální ohrožení, byly využity mapy nivních půd. Ohrožení na dané lokalitě vzniká mimo koryto až při Q_{20} a Q_{100} . V některých místech i v obytné zástavbě. Do budoucna by bylo v hodné na těchto místech navrhnout protipovodňovou ochranu.

Mapa povodňového rizika byla získána na základě překrytí mapy ohrožení a ÚPD. Na této mapě byly zobrazeny územní celky, kde riziko překračuje přijatelné riziko dle tab. 4.2.

Na územních celcích, kde riziko překračuje přijatelnou míru rizika je nutné povodňové riziko snížit. Například toho můžeme dosáhnout protipovodňovou výstavbou.

Dle výstupů této práce by mohla být určena místa pro navržení protipovodňových opatření. Popřípadě by bylo možné, při změně ÚPD například pro rozšíření ploch pro obytnou zástavbu, určit kde by bylo vhodné ji umístit.

Při zpracování této práce, by bylo vhodné mít k dispozici přesný digitální model terénu a rastry rychlostí v celé ploše zájmové lokality. Jelikož tyto dva podklady nebyly přesné, docházelo k nepřesnostem a chybám.

8 FOTODOKUMENTACE



Obr. 7.1 Říční kilometr 10,000 železniční most



Obr. 7.2 Říční kilometr 10,300 pole zaplavené při Q_{100} levý břeh



Obr. 7.3 Říční kilometr 10,300 koryto v extravilánu



Obr. 7.4 Říční kilometr 11,402 betonová lávka



Obr. 7.5 Říční kilometr 11,402 koryto v intravilánu



Obr. 7.6 Říční kilometr 11,400 dešťová výpust'



Obr. 7.7 Říční kilometr 11,752 betonový most



Obr. 7.8 Říční kilometr 12,040 betonová lávka



Obr. 7.9 Říční kilometr 12,174 začátek zaklenutí toku



Obr. 7.10 Říční kilometr 12,259 konec zaklenutí toku



Obr. 7.11 Říční kilometr 12,278 betonový skluz



Obr 7.12 Říční kilometr 12,305 hasičská zbrojnice mimo rozliv Q_5 až Q_{100}



Obr. 7.13 Říční kilometr 12,351 dům zasažený při Q_{100}



Obr 7.14 Říční kilometr 12,411 betonový most



Obr. 7.15 Říční kilometr 12,746 koryto intravilán, pohled na dřevěný mostek, místo rozlivu Q_{20} a Q_{100}



Obr. 7.16 Říční kilometr 13,900 konec opevnění v oblouku

9 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] 254/2001 Sb. Zákon o vodách a o změně některých zákonů
- [2] Směrnice Evropského parlamentu a rady 2007/60/ES o vyhodnocování a zvládnutí povodňových rizik
- [3] MŽP ČR 2012. Metodika tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik. VÚV
- [4] <http://cs.wikipedia.org/>
- [5] <http://mapy.geology.cz>
- [6] Dumbrovský, M., Geografické informační systémy, modul CS02, studijní opora Brno, 2009.
- [7] Ivana Marková, Riziková analýza na vybrané lokalitě toku, VUT Brno 2012
- [8] <http://geoportal.gov.cz>

10 SEZNAM PŘÍLOH

P1 Situace širších vztahů

P2 Podrobná situace