

Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta životního prostředí
Katedra aplikované geoinformatiky a územního plánování



Povodně v Chrastavě a protipovodňová ochrana

Floods in Chrastava and flood protection

Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Daniel Franke, Ph.D.

Bakalant: Michaela Horníková

2017

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Michaela Horníková

Územní plánování

Název práce

Povodně v Chrastavě a protipovodňová ochrana

Název anglicky

Floods in Chrastava and flood protection

Cíle práce

Cílem práce je analýza povodní v obci Chrastava. Součástí práce bude vyhodnocení současných protipovodňových opatření provedených po povodni 2010. Dalším cílem je vytvoření simulace vodního toku, která by napodobila povodeň a zhodnocení účinnost nynějších opatření a vliv na území města.

Metodika

V řešeném území studentka zhodnotí povodně, které proběhly v roce 2010 a porovná jejich důsledky se současným stavem území. Rovněž se bude zabývat příčinami povodní, i samotnými povodněmi z historického hlediska a hledat spojitosti s těmi, které se posledně udály. Součástí práce bude samotný popis protipovodňových opatření. Studentka vyhodnotí územně plánovací dokumentaci ve vztahu k protipovodňovým opatřením. Pomocí simulace v programu ArcMap vytvoří schéma, které bude znázorňovat povodeň v roce 2010 a případnou povodeň s realizovanými protipovodňovými opatřeními. Ověří tím, zda-li provedená protipovodňová opatření skutečně fungují. Jako zdroje dat a informací využije zejména archivní data, dále informace poskytnuté Geoportálem Libereckého kraje a také publikace města Chrastavy.

Doporučený rozsah práce

cca. 40 stran + mapové výstupy v podobě schémat a kartogramů

Klíčová slova

povodeň, GIS, protipovodňová opatření, simulace, Chrastava

Doporučené zdroje informací

- ČAMROVÁ, L. (ed), 2007. Ochrana před povodněmi v urbanizovaných územích. Praha: IREAS, Institut pro strukturální politiku, 2007. ISBN 978-80-86684-48-2.
- DAŇHELKA, J., KUBÁT J., ŠERCL, P. (eds.), 2012. Povodně v České republice v roce 2010. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 2012.
- HAVLÍK, A. *Matematické modely v ochraně před povodněmi*. Praha: ČVUT, Stavební fakulta, 2001. ISBN 80-7212-198-7.
- KONVIČKA, Miloslav. *Město a povodeň: strategie rozvoje měst po povodních*. Brno: ERA, 2002. ISBN 80-86517-38-1.
- KOVÁŘ, M., 2004. Ochrana před povodněmi: řešení přirozených a zvláštních povodní. Praha: Triton, 2004. ISBN 80-7254-499-3.
- LANGHAMMER, J. (ed.), 2007. Povodně a změny v krajině. Praha: Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, katedra fyzické geografie, 2007, 396 s. ISBN 9788086561868.
- MAIER, K. *Udržitelný rozvoj území*. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-4198-7.

Předběžný termín obhajoby

2016/17 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Daniel Franke, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra aplikované geoinformatiky a územního plánování

Elektronicky schváleno dne 27. 3. 2017

doc. Ing. Petra Šímová, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 28. 3. 2017

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 10. 04. 2017

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že bakalářskou práci na téma „Povodně v Chrastavě a protipovodňová ochrana“ jsem vypracovala samostatně a veškerou použitou literaturu a další prameny jsem řádně označila a uvedla v příloženém seznamu.

V Praze dne 10. dubna 2017

.....
Michaela Horníková

Poděkování

Ráda bych poděkovala Ing. D. Frankemu, Ph.D. za cenné rady, věcné připomínky a vstřícnost při konzultacích a vedení mé bakalářské práce. Mé poděkování patří též Bc. M. Spáčilovi z Odboru výstavby a územní správy na MÚ Chrastava za spolupráci při poskytování informací a dat pro praktickou část práce.

V Praze dne 10. dubna 2017

.....
Michaela Horníková

ABSTRAKT

Bakalářská práce formou rešerše pojednává o povodních proběhlých v roce 2010 i historických souvislostech na území obce Chrastava, se vztahem k zastavěnému i nezastavěnému území. Schématické vyjádření potenciální povodně zhodnotí účinnost protipovodňových opatření nově vybudovaných na řece Jeřici. Přínosem práce budou získané údaje, které by mohly být užitečné při tvorbě dalších analýz či budoucích projektů a sloužit tak jako podkladový materiál.

Klíčová slova: povodeň, záplavy, protipovodňová opatření, simulace, řeka

ABSTRACT

The bachelor thesis in the form of recherche describes both floods that took place in 2010 as well as historical context in an area of Chrastava town with respect to occupied and unoccupied territory. Scheme expression of potential flood will evaluate the efficiency of flood precautions newly built along the river Jeřice. The outcome of the thesis to be aquired data which may be used while developing further analysis or other similar projects and might help as an initial basis.

Key words: floods, flooding, flood protection, simulation, river

OBSAH

1	ÚVOD.....	9
2	CÍLE PRÁCE.....	10
3	METODIKA	11
4	VYMEZENÍ ŘEŠENÉHO ÚZEMÍ	12
4.1	Geografie	12
4.2	Hydrologie, klima.....	13
4.3	Geologie, geomorfologie, krajina	15
4.4	Sídelní struktura, vybavení	16
5	HISTORIE MĚSTA A POVODNÍ	18
5.1	Historie povodní na Liberecku	18
6	POVODNĚ A ÚZEMÍ	20
6.1	Co to jsou POVODNĚ	20
6.2	Typy povodní.....	20
6.3	Příčiny vzniku povodní	21
6.4	Stoletá voda	23
7	KRAJINA, LIDÉ A ÚZEMNÍ PLÁNOVAČI.....	24
7.1	Otázka zástavby v záplavových územích	24
7.2	Územní plánování	25
7.3	Nástroje plánování zajišťující ochranu před povodněmi	26
7.3.1	Územně plánovací dokumentace	27
7.3.2	Zásady ochrany měst ohrožených povodněmi	28
7.3.3	Strategie vývoje obcí a měst ohrožených povodněmi z hlediska urbanismu	30
7.4	Vliv krajiny na povodně	33
7.5	Protipovodňová opatření	34
7.5.1	Stanovení limitů a regulativ, včetně zásad protipovodňové ochrany	35
8	POVODNĚ 2010	42
8.1	Příčiny povodní 2010.....	42
8.2	Chrastava a Jeřice	43
8.3	Návrh a realizace opatření v řešeném území, obnova vodního toku.....	47
9	PRAKTICKÁ ČÁST	51
9.1	Simulace povodně v roce 2010	51

9.2	Simulace potenciální povodně v roce 2017	55
9.3	Výsledky, soulad PPO s ÚP Chrastava	57
10	DISKUZE	60
11	ZÁVĚR	61
12	ZDROJE.....	62
12.1	Literatura.....	62
12.2	Internetové zdroje	64
13	SEZNAM PŘÍLOH	65

1 ÚVOD

Ve své bakalářské práci se zajímám o území nacházející se v severním výběžku České republiky. Jedná se o povodí Lužické Nisy spolu s jejím přítokem, řekou Jeřicí, která se v srpnu roku 2010 podílela na rozsáhlých povodních v Libereckém kraji. Ve své bakalářské práci se věnuji obci Chrastava, jež byla na území kraje postižena nejvíce.

Lužická Nisa spadá do úmoří Baltského moře, do kterého je svedena řekou Odrou. Tvoří významnou říční osu napříč Libereckým krajem. V krajském městě opouští severní výběžek Ještědského hřbetu a dále pokračuje na sever, přes úpatí Lužických hor až do Německa. Do Nisy se v Chrastavě vlévá řeka Jeřice, pramenící v Jizerských horách, která je předmětem mé práce.

Problematika povodní nejen na území Chrastavy je v dnešní době poměrně aktuálním tématem. V České republice tvoří povodně největší přímé ohrožení v oblasti přírodních katastrof. Proto se ochrana před povodněmi snaží o minimalizaci škod a ohrožení jak na lidech, tak na majetku, krajině a celém území.

Ochrana před povodněmi se opírá o několik pilířů, a sice o přirozenou retenci krajiny, technická opatření, celkovou prevenci a strategii ochrany spočívající ve vytvoření legislativního rámce včetně zaznamenávání v územně plánovací dokumentaci. Pro správné vymezení záplavových území a posílení ochrany zastavěného a nezastavěného území je potřeba analyzovat veškeré aspekty a vlastnosti dané oblasti zvyšující riziko výskytu záplav. Příčinou může být špatné zacházení s okolní krajinou, neregulovaná výstavba či používání nevhodných technik. Průběžné vyhodnocování povodní vzniklých v posledních letech vytváří předpoklady pro lepší a účinnější ochranu urbanizovaného území.

2 CÍLE PRÁCE

Cílem práce je analýza povodní v obci Chrastava. Součástí práce je vyhodnocení současných protipovodňových opatření provedených po povodni 2010. Dalším cílem je vytvoření simulace vodního toku, která by napodobila povodeň a zhodnocení účinnosti nynějších opatření a vliv na území města. Simulace provedu v programu ArcMap, který mi schematicky znázorní rozliv vody v zájmovém území.

Výsledkem bude analýza nynějších protiopatření na vodním toku a vyjádření jejich efektivity co do ochrany zastavěného a nezastavěného území.

3 METODIKA

Má bakalářská práce je psána formou rešerše, kdy v první části, teoretické, nadefinuji zájmové území. Pomocí základních analýz (geografická, hydrologická, geologická a urbanistická) vymezím určité charakteristiky obce. V historické analýze nepopíšu jen souvislosti, jež se udály na území obce Chrastava, ale uvedu návaznosti na historii povodní na území celého Liberecka se vztahem ke krajskému městu. V teoretické části dále pokračuji analýzou samotných povodní, a to podrobným vysvětlením pojmů, včetně jednotlivých druhů záplav a jejich příčin a důsledků.

V návaznosti na historické předpoklady a rozvoj osídlení v zájmovém území popíši roli a strategii územního plánování při budování ochrany zastavěného a nezastavěného území během povodní. Součástí teoretické části rešerše bude popis jednotlivých nástrojů územního plánování čili územně plánovací dokumentace, a jejich vztah k řešenému území. V rámci svého „výzkumu“ vytvořím teoretický základ popsáním jednotlivých druhů protipovodňových opatření, včetně výše zmíněné strategie plánování v umístování jednotlivých typů při vodních tocích.

Teoretická část bakalářské práce obsahuje podkapitolu týkající se povodní, jež v roce 2010 proběhly na území města Chrastava. Detailním popisem uvedu příčiny a následky, které tato „tisíciletá voda“ přinesla a v reakci na to zanalyzuji dopad na nově vytvořený územní plán z roku 2014, včetně vybudovaných protipovodňových opatření.

V druhé části, praktické, využiji programu ArcMap, který mi umožní vytvořit simulaci povodně v roce 2010, která na území Chrastavy proběhla, a to za předpokladu, že povodňové vlně nebrání v rozlivu žádné překážky ani protipovodňová opatření. V druhém kroku vytvořím simulaci teoretické záplavy v roce 2017, která zhodnotí nynější protipovodňová opatření realizovaná v posledních letech na vodním toce. Výsledkem bude porovnání rozlivu stoleté vody v roce 2017 a aktuálně vymezeného záplavového území Q_{100} příslušnými orgány Libereckého kraje. K samotné simulaci využiji informací ze získaných učebních materiálů předmětu GIS II. a internetových stránek. Podrobný popis dílčích postupů bude uveden v konkrétní kapitole.

Konečný souhrn bude obsahovat informace o efektivitě nově vybudovaných protipovodňových opatření na řece Jeřici i vliv potenciální povodně na zastavěné území a jeho budoucí rozvoj. Jednotlivé mapové výstupy budou přikládány k příslušným odstavcům a poté jako součást příloh.

4 VYMEZENÍ ŘEŠENÉHO ÚZEMÍ

4.1 Geografie

Město Chrastava se nachází v severní části České republiky, v Libereckém kraji. Obec se nachází zhruba 8 km od města Liberec, v nadmořské výšce 295 m n. m. Dle posledního sčítání lidu zde žije přes 6 013 obyvatel.

Město Chrastava přísluší ORP Liberec. Sousedí s obcemi Hrádek nad Nisou, Nová Ves, Bílý Kostel nad Nisou a Kryštofovo údolí v ORP Liberec a s obcemi Heřmanice a Frýdlant v ORP Frýdlant. Zároveň severní část obce Chrastava tvoří hranici s Polskem. Chrastava vytváří část Euroregionu Nisa, který sdružuje obce nacházející se na Trojmezí, vytvářející prostředí pro vzájemnou podporu rozvoje obcí formou vzájemné přeshraniční spolupráce.

Chrastava se nachází na přímém spojení s krajským městem po rychlostní komunikaci I/35, která představuje silnici mezinárodního charakteru. Silnice I/35 zprostředkovává vazby směrem na Hrádek nad Nisou až k hranicím s Polskem a Německem, s dopravní návazností na multimodální koridor III.A (Dresden – Wrocław) prostřednictvím spolkové silnice B178. V opačném směru zajišťuje silnice I/35 spojení s krajským městem a následně Prahou.

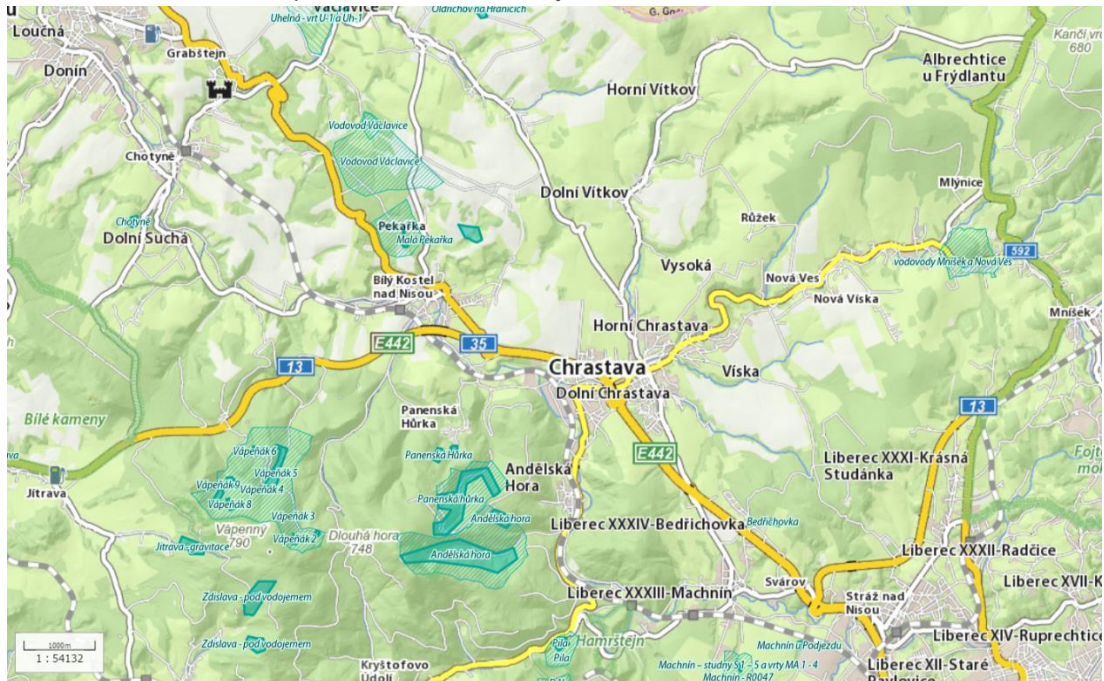
Hlavní část obce se rozléhá v okolí silničního průtahu I/35. Tato pozemní komunikace rozděluje obec na dvě části a tvoří její pomyslnou osu. Hlavní část zástavby se nachází v údolí podél vodního toku Jeřice a Lužické Nisy, dále v okolí pozemních komunikací II/529, III/27251 ve směru Mníšek – Nová Ves – Frýdlant a III/27252 ve směru na Václavice. Územím obce prochází železniční trať Liberec – Hrádek nad Nisou – Zittau, se železničními stanicemi v Andělské Hoře a Chrastavě. Chrastava je typická množstvím cyklostezek, jež protínají její území. Nejvýznamnější z nich jsou trasy Krajem pískovcových skal, Jizersko-krkonošská magistrála nebo trasy směřující na Ještědsko-kozákovský hřbet a do Lužických hor.

Město Chrastava je tvořeno sedmi katastrálními územími, rozkládající se na celkové ploše 2 746 ha, a sice Andělskou horou u Chrastavy, Chrastavou I a II, Dolní Chrastavou, Horní Chrastavou, Dolním Vítkovem a Horním Vítkovem. Řeka Jeřice protéká katastrálními územími Andělská hora, Chrastava I a II, Horní Chrastava, Dolní Chrastava a Vysoká. Právě v těchto oblastech tvoří záplavové území. Jediné katastrální území Víška se nachází mimo dosah rozvodnění, jelikož tímto katastrem řeka neprotéká.

Obec leží v údolí Žitavské pánve a je obklopena téměř ze všech stran pohořími – na jihozápadě se rozprostírá Ještědsko-kozákovský hřbet s vysílačem Ještěd jakožto krajskou dominantou, dále Lužickými horami na západě a Jizerskými horami na východě. Severní částí území vede státní hranice mezi Českou republikou a Polskem.

Katastrální území Andělská hora u Chrastavy částečně zasahuje do přírodního parku Ještěd. V této části území je zřízena přírodní rezervace Dlouhá hora, jejíž vymezení přesahuje i do sousedících katastrálních území. Územní systémy ekologické stability představují prvky místního i vyššího biogeografického významu se zajištěnou návazností na území okolních obcí.

Obrázek 1: Ochranná pásma vodních zdrojů



Zdroj: Geoportál Libereckého kraje

4.2 Hydrologie, klima

Řešené území náleží do povodí Odry – Lužické Nisy, Jeřice a Vítkovského potoka. Nejzajímavější je v oblasti rybník Oko, dále se zde nachází mnoho bezejmenných vodních nádrží a drobných rybníků, které jsou určeny především k chovným účelům. V řešeném území se nenachází žádné chráněné oblasti akumulace vod. Chrastava zasahuje do klimatické oblasti MT7 a MT4 region mírně teplý, s mírně suchým a mírně teplým létem, krátkým přechodným obdobím s mírným jarem a mírně teplým podzimem. Zima je normálně dlouhá, mírně teplá a suchá s krátkým trváním sněhové pokrývky. Velmi malá lesnatá jihozápadní část území obce spadá do klimatické oblasti chladné, podoblasti CH7.

Tabulka 1: Základní hydrologické údaje vodního toku Jeřice



Vodní tok	Hlásný profil	Průtok m^3/s	N-leté průtoky m^3/s						
			Q_N	1	2	5	10	20	50
Jeřice	Mníšek	0,5	8,3	13	21	30	40	54	67
	Chrastava	1,07	13,8	-	39	56,1	-	114	147

Zdroj: Povodňový portál Libereckého kraje

Chrastavou protéká řeka Jeřice, která se vlévá do Lužické Nisy. Jeřice pramení jihovýchodně od kopce Poledníku, který se nachází v CHKO Jizerské hory, v nadmořské výšce 815 m n.m. a do Lužické Nisy ústí zprava u Chrastavy ve výšce 300 m n. m. Celková plocha povodí Jeřice činí 76,08 km². Celková délka toku je 19,4 km. Průměrný průtok u ústí dosahuje rychlosti 1,07 m³.s⁻¹. Ačkoli Lužická Nisa spolu s přítokem Jeřice spadají do povodí řeky Odry, jejich správu uskutečňuje Povodí Labe, a.s.

Jedná se o vodohospodářsky významný tok přirozeného rázu. V horní části je bystřinný s peřejemi a drobnými vodopády, na průtoku Mníškem částečně regulovaný, avšak výraznější regulace jsou vymezeny na konci toku v obci Chrastava. Charakteristikou Jeřice je pstruhová voda po celém jejím toku. Jeřice protéká intravilánem obce, mimo zástavbu se v okolí břehů nachází přirozená vegetace představující lesní porosty nebo stromové doprovody.

Obrázek 2: Evidenční list vodního toku Jeřice

Evidenční list operativního profilu				Stanice kategorie : C				
				 				
Tok:	Jeřice	Stanice:	Chrastava					
Kraj:	Liberecký kraj	ORP:	Liberec	Obec:	Chrastava			
Provozovatel stanice:								
Centrum automatického sběru dat:				ČHMÚ Ústí nad Labem				
Staničení:		[km]	Číslo hydrologického pořadí:	2-04-07-40				
Plocha povodí:	76.08	[km ²]	Zeměpisné souřadnice:	v.d. s.š.				
Nula vodočtu:	291.17	[m.n.m.]	Procento plochy povodí toku:					
Stupně povodňové aktivity:		[cm]	[m ³ .s ⁻¹]					
Sucho		14	0.2					
Bdělost		80	12.9					
Pohotovost		100	18.6					
Ohrožení		125	26.3					
Extrémní ohrožení		334	114					
Průměrný roční stav:	27	[cm]	N-leté průtoky:	Q ₁	Q ₅	Q ₁₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀
Průměrný roční průtok:	1.07	[m ³ s ⁻¹]		13.8	39	56.1	114	147
Nejvyšší zaznamenané vodní stavy:				Mapa v měřítku 1:50 000 :				
[cm]	V. - XI.	[cm]	XII. - IV.	<input type="text" value="Umístění profilu"/>				
Popis umístění profilu :								

Zdroj: ČHMÚ

4.3 Geologie, geomorfologie, krajina

Z regionálně geologického hlediska se vymezená oblast nachází na území Krkonošského a Jizerskohorského krystalinika. Proto jsou v tomto území dominantní žuly a ruly. Z hlediska členění dle geomorfologie leží obec v Krkonošské oblasti. Ta se poté dělí dále na celky: Jizerské hory, Žitavská pánev a Ještědsko-kozákovský hřbet. Část území leží v kvartéru Liberecké kotliny.

Na území obce Chrastava je vymezena část regionálního biokoridoru. Krajinný ráz obce je poměrně různorodý. Na území obce zasahují Jizerské hory, Liberecká kotlina i Ještědský hřbet. Do jižní části obce zasahuje přírodní park Ještěd, v jihozápadní části se nachází přírodní rezervace Dlouhá Hora. V jednotlivých katastrálních území

Chrastavy se vyskytuje množství významných krajinných prvků, mezi které se řadí mimo lesy a vodní toky a plochy i mokřady či nivní plochy podél vodních toků.

4.4 Sídelní struktura, vybavení

Obec Chrastava je město sídelního typu a městského charakteru. Jako správní celek je město řešeno celkem v 15 urbanistických obvodech. Tyto části byly vymezeny v roce 1989 a většina z nich je označována jako městský sídelní útvar. Zástavba je v některých částech území, především v okolí řek, mírně rozvolněná, což vychází zejména z historického osidlování a zakládání usedlostí. Směrem od vodních toků dál vytváří přechod do čisté a volné zemědělské krajiny. Jedná se tedy o obec liniového charakteru.

Z hlediska funkce převažuje ve městě smíšená obytnost s výrobou a službami. V centru obce se nachází veškerá základní občanská vybavenost. Vyšší občanská vybavenost se nachází v krajském městě. Na okraji území se vyskytují výrobní areály a haly. Nejvýznamnější, skoro i jediné, se nachází v západní části území obce u železniční stanice a u sjezdu z komunikace I/35.

V Chrastavě se nachází celkem 2 571 bytů, z nichž je obydlených pouze 2 487. Polovina z bytů se nachází v bytových domech a druhá polovina v rodinných domech. V osobním vlastnictví se nachází pouze 52 % z celkového počtu bytů (RD nebo BD), necelých 14 % je v držení bytového družstva.

Chrastava, ačkoli je poměrně malým městem, poskytuje širokou škálu občanské vybavenosti. Nachází se zde několik mateřských a základních škol, dostačující lékařská péče včetně lékárny (ordinace praktického lékaře, ordinace pro děti a dorost, stomatologická ordinace či ordinace gynekologie). V centru lze využít množství restauračních zařízení, obchodů a institucí nabízející společenské vyžití (kino, městská knihovna, muzea, Společenský klub). Město poskytuje také zázemí pro rekreaci a sport, a sice fotbalové hřiště, víceúčelové sportoviště, tenisové kurty, lyžařský vlek aj. Pro odpočinek jsou v Chrastavě k dispozici nesčetné parky a městské koupaliště. Ačkoli nabídka občanské vybavenosti je pestrá a odpovídající místním potřebám, nejedná se o spádové město pro dojíždění. V tomto ohledu si Chrastava cení výborné dostupnosti do Liberce.

Tabulka 2: Význam obce ve struktuře osídlení

<i>Význam obce</i>	Centrum mikroregionálního významu
<i>Zatížení území</i>	Průměrné
<i>Rozvojové předpoklady</i>	Velmi dobré – zázemí Liberce
<i>Ekonomický potenciál</i>	Stabilizovaný
<i>Cestovní ruch</i>	Turistická oblast Lužické hory, podoblast Hrádecko- Chrastavsko
<i>Chráněná památková území</i>	Nejsou vyhlášena
<i>Ochrana přírody a krajiny</i>	PR Dlouhá hora, PP Ještěd, prvky ÚSES Krajinný typ: B – zvýšený zájem o ochranu krajiny Lesnatost 24 %

Zdroj: Odvodnění územního plánu obce Chrastava

5 HISTORIE MĚSTA A POVODNÍ

V následující kapitole se budu věnovat povodním zejména z historického hlediska. Pro lepší pochopení souvislostí jsem vybrala historii povodní na území celých Jizerských hor. Bez historického podkladu není možné důsledně porozumět jednotlivým případům.

Které povodně byly nejvýznamnější? To lze jen těžko posoudit. Odpověď by se dala najít pro období 120 až 130 let z údajů hydrologických měření. Starší údaje lze vyzískat z dokumentárních zdrojů, kterými jsou značky povodní, kronikářské záznamy, zprávy o škodách apod. Problémem však je, že povodňových značek je velice málo. Nalézt by se daly u Lužické Nisy i jejich přítocích. Jediná značka, nalezená v Chrastavě, pochází z roku 1897. Avšak historie sahá mnohem hlouběji...

Nejstarší kronikářský záznam o chrastavských povodních pochází z roku 1595. Tehdy byla postižená část zvaná Hradčany, rozkládající se na pravém břehu Jeřice, pod kostelem, v místě dnešní Družstevní ulice.

Další povodně, které zasáhly město, přicházely v poměrně krátkých intervalech a hlavně nečekaně. Ty nejničivější byly v letech 1718, 1723, 1725, 1804, 1858, 1861, 1880 a 1897. Ačkoli Jeřice je řekou pramenící v Jizerských horách, dalo by se očekávat, že se povodně přičenou v období tání sněhu a ledu. Opak je však pravdou. Naprostá většina povodní přicházela v období letních měsíců. Samozřejmě byly i výjimky – jednou z nich byly povodně v roce 1723, které překvapily obyvatele města o Vánocích.

Místní kronika zaznamenávala různé změny počasí, k nimž v průběhu času docházelo. Tuhé březnové mrazy střídaly květnová sněžení a celoroční sucho. Průzkumy udávají, že povodně se na Liberecku nejvíce vyskytovaly v období léta, v rozmezí července až srpna. Mezi jednotlivými povodněmi byl v minulosti krátký časový úsek. Odstup několika týdnů však ale nebyl podmínkou – některé povodně se přihnaly po několika letech, někdy až desítek let. Ze všech záplav by se dalo říci, že nejničivější a nejhroznější přišly nečekaně 30. července 1897 (kromě těch, které se udály v roce 2010). Z historických pramenů je známo, že tehdy přšelo 4 dny bez ustání. Řeky i potoky po celých severních Čechách se rozvodnily a zasáhly obce. Mnoho dřevěných domů odnesl proud. Mezi Horní Chrastavou a Novou Vsí byl zničen asi 80 metrů dlouhý úsek cesty mezi obcemi, a tak povozy tažené koňmi musely jezdit přes osadu Vysoká.

5.1 Historie povodní na Liberecku

V minulosti byla nejvíce rozvodněná Černá Nisa. Z historických pramenů by se povodním z roku 2010 dala přirovnat svojí extremitou povodeň z roku 1897, která postihla Liberecko na konci července. Ačkoli se z této doby nezachovaly žádné

detailní záznamy o průběhu povodní na řece Jeřici, pouze zachovalé povodňové značky v obci Bílý Kostel nad Nisou, víme, že obě povodně (1897 i 2010) jsou spolu srovnatelné.

Magické datum 29.7. 1897 se zapsalo do dějin. Půda, která byla po předchozích dlouhotrvajících deštích nasáklá, nebyla schopna pozřít další vodu a tisíce litrů se začalo valit z Jizerských hor. Právě Černá Nisa způsobila na Liberecku největší škody. V Liberci v podstatě zničila průmyslové město Kateřinky. Jeřice, řeka protékající Chrastavou, a Harcovský potok, protékající přímo Libercem, se nedaly zastavit.

„Povodňová vlna dosáhla maxima 30. a 31. července, nízko položené části Liberce se ocitly pod vodou. Uvádí se, že jen na českém (tj. rakousko-uherském) úseku Nisy, tedy mezi Jizerskými horami a státní hranicí u Hrádku nad Nisou, zahynulo 120 lidí, hmotné škody v povodí Lužické Nisy až po německý Zhořelec dosáhly astronomické výše 3 360 000 korun. Pouhý týden po katastrofě vyšla v Liberci stodvacetistránková publikace „Die Hochwasser-Katastrophe“ se snímky a podrobným líčením oněch dvou dnů hrůzy.“

Záplavy postihovaly Liberecký kraj poměrně často. První regulace Černé Nisy byly započaty po povodních v roce 1846. Avšak v roce 1897 se zjistilo, že veškerá protipovodňová opatření byla „zbytečná“. Voda překonala dosavadní snahy o její zachycení a opět zatopila Liberec. Proto bylo 25. září 1899 založeno Vodní družstvo k regulování říčních toků a ke stavbě přehrad v povodí Zhořelecké Nisy, jako vzpoura proti nebezpečné vodě. Do čela sboru byl postaven liberecký továrník K. Zimmermann. Jako finanční podpora kraje byli vyzváni vlastníci pozemků a továren nejen z okolí Liberce, ale ze Saska, Pruska, Horní Lužice i Slezska.

Liberecko tehdy navštívila vláda v čele s hrabětem von Coudenhove. Na popud bylo rozhodnuto vybudovat na části povodí Nisy celkem šest údolních přehrad, aby k podobným katastrofám již nedocházelo. Byl povolán odborník z Cách (dnešní Aachen), který doporučil onu výstavbu přehrad. Ing. Ulrich Huber se zasloužil o vystavění pěti přehrad v rozmezí let 1903 až 1911, tj. na 72 km² povodí Nisy, včetně vodních nádrží Mlýnice a Fojtka. Jediný návrh na přehradu, která měla stát na řece Jeřici protékající Chrastavou, nebyl uskutečněn. Přehrada nad Bedřichovem byla v té době nejvýše položenou hrází v Evropě.

Děni v severních Čechách shrnuje následující citát libereckého kronikáře:

"Ruka Páně těžce spočinula na vlasti naší a krajích středoevropských v posledních dnech měsíce července t.r. Hrůzy pohrom živelních stihly opět požehnané kraje tyto a způsobily škody nesmírné na statcích i životech lidských v poušť proměněny luzné krajiny. Zprávy, které z krajů živelní pohromou stížených došly, zvěstovaly, že nikde není pamětníků tak nezměrného neštěstí."

(Veliká povodeň v Čechách, vyd. Alois Hynek, Praha 1897)

6 POVODNĚ A ÚZEMÍ

6.1 Co to jsou POVODNĚ

Co vůbec znamená pojem *povodeň*? Tuto otázku je třeba zodpovědět hned na začátku. Povodeň se od běžného vzestupu vodní hladiny řeky liší tím, že voda z daného toku vystoupí mimo koryto, voda se tzv. vyleje a tím začne působit škody. „Stoletá“ povodeň se od té obyčejné liší tím, že způsobené škody jsou mnohem extrémnější a trvá delší dobu (obyčejně několik dní).

Povodně bývají způsobeny vydatnými dešťovými srážkami. Mezi druhy povodní patří přívalové, způsobené lokálními krátkodobými srážkami, letní povodně z vydatných dešťů a smíšené povodně způsobené nejen srážkami, ale i jarním táním sněhu a ledu.

Povodně bývají způsobeny zvýšeným množstvím vody v krajině, která se není schopna vsáknout do půdy.

6.2 Typy povodní

Povodně z tání

Povodně z tání vznikají v zimních a jarních obdobích. Jsou způsobeny velkým množstvím sněhu, který v zimě napadá. Zejména v nižších nadmořských výškách způsobují zaplavení území kvůli promrzlé půdě pod sněhovou pokrývkou, díky čemuž se voda nemá během tání kam vsakovat. Dalším důvodem vzniku takových povodní jsou četné dešťové srážky a fakt, že v území se naskytne málo dílčích tání a veškerý sníh rozmrzá najednou.

Ledové povodně

Dalším typem jsou ledové povodně. Příčinou takových povodní je zámraz vodního toku, který způsobuje nižší průtočnost koryta. Během oblevy jsou kusy ledu unášeny po toku, kde se zachycují v místech mělčin či jezů a vytváří tak ledové bariéry, za kterými se voda kumuluje a poté zaplavuje území v údolích. V našich přírodních podmínkách se spíše jedná o místa lokálního zaplavení než plošně velkých.

Letní povodně

Vydatné intenzivní několikadenní srážky přesycují půdu, která už není schopna pojmout další množství vody. Tím vznikají povodně, které postihují nejen malé říčky a potoky, ale i velké vodní toky. Povodně v létě zaplavují rozsáhlá území říčních niv i po několik dní. Právě letní povodně jsou z historických poznatků nejznámější.

Letní přívalové povodně

Přívalové povodně vznikají jako následek krátkodobých, avšak velice intenzivních srážek během letních bouřek. Opět se snižuje retenční schopnost půdy a voda stéká dále po povrchu bez sebemenšího vsaku. Oproti „klasickým“ letním přívalové povodně působí v menším územním rozsahu, za to naopak voda proudí mnohem rychleji a tím se zvyšuje i její energie. Povodně mají ničivý charakter a způsobují velké škody. Voda smete takřka vše, co se jí postaví do cesty.

Zvláštní povodně

Zvláštní povodně nevznikají tolik ze zvýšeného objemu srážek dopadajících na určité území, jako haváriemi vodních děl. Protržené hráze rybníků a přehrad vypouští vodu velmi rychle a ta poté způsobuje značné škody. Povodně takového charakteru působí naštěstí výjimečně. Největší zvláštní povodeň nastala v minulosti v Jizerských horách protržením přehradu Bílá Desná dne 18. 9. 1916.

Pluviální povodně

V České republice nejsou tak časté jako například přívalové povodně, spíše ojedinělé. Vznikají zaplavením rozměrných rovinatých území vlivem velkého množství srážek, které neodtékají vodními toky.

Shrnuto – nejvýznamnější povodně, které řešenou oblast zasahují jsou regionální povodně z letních vydatných srážek.

6.3 Příčiny vzniku povodní

Povodně nevznikají jen ze srážek. Častým původcem je okolní zástavba. Každý tok má určenou kapacitu koryta, kterou je schopno unést při zvětšeném průtoku vody. Samotná průtočná kapacita vodního toku je navrhována při budování zástavby v okolí řeky. Ve většině případů se zpevňuje břeh toku jakožto součást pozemkové úpravy než z důvodu vyšší průtočnosti koryta. Lidský faktor je ten nejzásadnější, který ovlivňuje nebezpečí vzniku povodní. Nepřiměřené zásahy do volné krajiny a zástavba podél vodních toků přispívají ke vzniku povodní.

Jizerské hory jsou nejvlhčím místem v České republice. Průměrný roční úhrn srážek, samozřejmě dle lokality, se zde pohybuje v rozmezí 1 300 až 1 700 mm, ve zvláštních případech dosahují až čísla kolem 2 tisíců. Denní maxima dosahují i 300 mm. Co z toho vyplývá? Retenční schopnost krajiny Jizerských hor je též důležitým faktorem určujícím velikost povodně. Právě schopnost vsakovat (vázat) vodu určuje výši průtoků po celé délce vodního toku. Původní zalesněná krajina před působením samotného člověka měla schopnost vysokého vsaku vody do půdy. Velké množství rašelinišť působilo v horách jako „houba“ – vsakovala veškerou vodu „navíc“. Proto se srážkové extrémy na řekách neprojevovaly. Teprve stálá činnost člověka, vysoká

míra osídlování krajiny a s tím spojené kácení lesů snižuje schopnost půdy pohltit nadbytečnou vodu z rozvodněných řek. Smíšené lesy byly postupně nahrazovány smrky, jejichž semena často ani nepocházejí z oblasti samotné výsadby. Proto se mladé stromky nebyly schopny adaptovat na zdejší klima. Změna druhového složení lesa měla negativní vliv na stabilitu vodního režimu území.

Ve 20. století nebylo stěžejním problémem kácení lesů, nýbrž jeho odumírání vlivem spalovacích továren na polské a německé straně Jizerských hor. Stromy se staly náchylnými na škůdce a emise. Pokácením nemocných stromů vznikly holé plošiny. Terén byl zaplněn trávovými rostlinami, které zhoršují schopnost vsakování srážkové vody. Vodní režim byl narušen a přebytečná voda si našla cestu k obcím v údolích.

V zastavěné ploše se proto břehy opevňovaly často pomocí kamenných zdí, které tvořily souvislý pás. Kolonizace severních Čech postupovala podél vodních toků. Ty se nabízely jako zdroj energie pro mlýny a později pro továrny. Samotná sídla vznikající v jejich blízkosti si pro obranu začala zpevňovat břehy. Jako další regulace působilo napřímení trasy řeky či zpevnění i samotného dna toku. Tím byly obce chráněny před rozlivem divoké vody, protože ta byla odváděna dál podél toku. Jenže domy, které stály v nižší části povodí byly v povodňovém nebezpečí, neboť rozvodněná řeka neměla příležitost zbavit se energie v horní části, takže směrem do údolí pořád nabývala na síle.

Mezi vlastnosti přirozeného a neupraveného vodního toku patří například to, že koryto se tvoří zcela přirozeně, závisle na krajinném reliéfu. Ten mění svůj tvar a polohu, ale jeho objemová kapacita přitom zůstává stejná. Rozliv vody během povodní je tudíž naprosto přirozeným jevem. Pokud není okolí řeky zastavěno, mělo by se nechat v původním, tj. přirozeném stavu. Když se voda během povodně rozleje v krajině, je to dobré pro celkové zpomalení povodňové vlny.

Pro lepší a efektivnější hledání příčin povodní mají obce dle zákona provádět jednou ročně „povodňové prohlídky“. Účelem takové prohlídky je zjištění závad v záplavovém území řeky a eliminace případné povodně. Jeden z problémů je zanášení koryt řek odplavitelným materiálem, způsobené rozšiřováním samotných koryt a následným zvyšováním samotné průtočnosti.

Samotnou kapitolu tvoří zemědělství. To je úzce spjato s půdou a krajinotvorbou. Intenzivní zemědělství odvádí vodu pomocí melioračních systémů, scelování pozemků a rušení mezí způsobuje ničení přírodních překážek pro odtok vody v daném území. Stabilnější travnaté porosty nahradily pusté plochy orné půdy umocněné špatným obděláváním a pěstováním nevhodných plodin.

Z hlediska udržitelného rozvoje je leckdy lepší nestát vodě v cestě – doslova, a nepřizpůsobovat si krajinu sobě sama. Od poloviny 20. století dochází k obnově lesů v Jizerských horách, stejně tak nastaly i pozitivní změny v obhospodařování

půdy. K moderním přístupům patří i samotné revitalizace vodních toků. Přírodní protipovodňová opatření jsou doplňována těmi technickými.

6.4 Stoletá voda

Podle platné názvoslovné normy vyjadřují tzv. N-leté hodnoty průměrnou dobu opakování nějakého hydrologického jevu. V případě povodní jde o posouzení extrémnosti kulminačního průtoku. Hodnoty se zjišťují analýzou dlouhodobých časových řad pozorování, uvádí definici N-leté vody Český hydrometeorologický ústav. Hodnoty se zjišťují analýzou časových řad po dobu několika let. Stoletá voda je v tom případě takový druh povodně, jejíž kulminační průtok dosahuje nebo přesahuje v dlouhodobém časovém rozmezí určitou hodnotu právě jednou za 100 let. Jedná se pouze o statistický údaj, nikoli údaj, který bude tvrdit, že taková povodeň zasáhne území přesně za 100 let od poslední takové stoleté povodně. Ačkoli je periodičita jednou z vlastností povodní, není dáno, že například 50letá voda přijde ve stejném intervalu od předchozí podobné. Průměrná periodičita stoleté povodně je 0,01. To znamená, že pravděpodobnost výskytu průtoku takové kapacity je 1 % v každém roce. Jak uvádí ČHMÚ, stoletá voda se pravděpodobně může přihnat jednou za 100 let z 63,4 %, za období 200 let s pravděpodobností 86,6 % a za období např. 500 let 99,3 %.

Stejně tak ani není dáno, že dílčí N-leté vody jsou násobky těch předchozích. Rozhodně neplatí, že voda s Q_{100} je dvojnásobkem padesátileté povodně.

7 KRAJINA, LIDÉ A ÚZEMNÍ PLÁNOVAČI

7.1 Otázka zástavby v záplavových územích

Z historického hlediska hrála řeka v obcích vždy důležitou roli. Podél říčních toků se situovaly centra vesnic. V jiných případech byly říční nivy naopak zastavovány chalupami a domy nemajetných obyvatel obce, pro nebezpečí v okolí řeky. V 19. století se vlivem rozvoje průmyslu zvýšila poptávka po pozemcích podél řek, jelikož továrny potřebovaly k provozu vodní energii. Právě tovární komplexy vznikaly na dnech údolí.

Obecně u měst postižených povodní se prokázala předvídatost našich předků a urbanistickém vývoji obcí. Ovšem ve většině případů vyhrál vliv rychlého ekonomického růstu. Na přelomu 19. a 20. století začalo docházet k popírání historických predikcí povodní, kdy se začalo intenzivně stavět v rizikových oblastech řek. Tehdejší přístupy a chování se k vodním tokům ovlivnilo průběhy a četnosti povodní, které nastávaly.

Řešení problematiky záplavových území se zkoumá v koncepcích od měřítka povodí, až k samotným obcím a městům v územních plánech. Vyhlášená záplavová území nebo aktivní záplavové zóny jsou zakresleny v grafické části územního plánu.

Pro kontinuální rozvoj měst byly v problematice rozsahu povodní dle Miloslava Konvičky¹ vytyčeny dva cíle:

1. Zásady ochrany měst ohrožených povodněmi;
2. Strategie urbanistického vývoje měst ohrožených povodněmi.

Tyto cíle shromažďují informace o přírodních i technických aspektech daného území, které zapříčiňují povodně. Historická souvislost a návaznost na společensko-ekonomický rozvoj obcí poskytuje podklady pro konkrétnější analýzy vzniku povodní v území. Tím lze identifikovat kritické prvky území, technické i přírodní překážky odtoku vody, příčiny a důsledky dílčích povodní, jež se v řešené obci udály. Veškeré nabyté znalosti a zkušenosti se poté aplikují na tvorbu protipovodňových opatření v jednotlivých částech města, potažmo po délce celého toku. V rámci územně

¹ KONVIČKA, Miloslav. Město a povodeň: strategie rozvoje měst po povodních. Brno: ERA, 2002. ISBN 80-86517-38-1.

plánovací dokumentace lze zhodnotit účinnost opatření a vytvořit systém ochrany v širším regionu.

V rámci analýzy povodňové problematiky vznikají nové souvislosti ve vztahu územního plánování a vodohospodářské činnosti. Mísí se zde zkušenosti s výstavbou vodohospodářských staveb, tvorbou a ochranou krajiny jejíž součástí je i ekologie, dále geografie, ekonomie a sociologie a samozřejmostí je i matematický aspekt, díky němuž lze modelovat například povodňové průtoky, rozliv vody v reliéfu apod. Z těchto informací lze poté sestavit zásady ochrany měst a obcí ohrožených povodněmi, ve kterých jsou definována protipovodňová opatření v širším kontextu území (nejen samotné obce). Ochrana se týká nejen jednotlivých protipovodňových opatření, ale i opatření v oblasti technické a dopravní infrastruktury, funkčního a prostorového uspořádání a ostatních opatření ovlivňující chování vodního toku. Jelikož problematika povodně je „obor“ poměrně interdisciplinární, jedná se v podstatě o opatření regionálně-organizační, ekologická a stavebně-technická.

Pro ochranu měst a obcí ohrožených záplavami je důležité v územním plánu vymezit záplavové území a jeho kategorizaci, stanovit přípustné limity a určit regulace, jež budou definovat ochranu v oblasti vodního toku. Avšak nejde o čisté omezení či jednostranné regulace, které by způsobily znehodnocení nábřežních struktur a charakteru města, ve smyslu „Jednou přišla velká řeka, tak už tady nebudeme stavět!“. Nutné je vytvořit rovnováhu mezi urbánním prostředím, které často charakterizuje danou obec či město a mezi regulacemi, které nezardí jeho přirozený rozvoj.

Na základě vyhodnocení blízkých i historických povodní se došlo k několika závěrům:

1. Je vhodné měnit strukturu využití území v místech, kde vzniká nejvyšší průtok. Trvalý travní porost by měl nahrazovat lány orné půdy. Menší, ale pořád zásadní má vliv změny druhové skladby lesů.
2. Neměnit jen prostředí řeky s nejvyšším odtokem, ale i v její nivě. Samozřejmostí je opět nahrazení orné půdy loukami, ale také vymezení aktivní zóny záplavového území v územních plánech – čili vymezení, či dokonce odstranění staveb a překážek v říčních nivách.
3. Vytvářet taková revitalizační opatření, která by zkracovala říční síť. Neprohlužovat koryta řek v zastavěném území, ale umožnit řece se v údolních nivách volně roztéct do krajiny a umožnit tak samovolnou a přirozenou revitalizaci území.

7.2 Územní plánování

K problematice povodní v České republice se váže několik dokumentů. Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon) stanovuje

evidenci územně plánovací činnosti a definuje nástroje územního plánování. Součástí územního plánu obce musí být stanovení záplavového území a limitů, regulativů a zásad protipovodňových opatření (u obcí postihovaných povodněmi). O protipovodňovou ochranu se dále starají i dílčí dokumenty, jež jsou aktualizovány a vydávány nezávazně na ÚPD. Příkladem může být Ochrana před povodněmi v územním plánování, vydaná Ministerstvem pro místní rozvoj.

Dalším dokumentem je zákon č. 254/2001 Sb., zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), který definuje ochranu před povodněmi, vytváří podmínky pro snižování jejich nepříznivých vlivů na území. V rámci plánování v oblasti vodního hospodářství se pořizují plány povodí a plány pro zvládnutí povodňových rizik, které jsou podklady pro výkon veřejné správy, zejména pro oblast územního plánování. Vodní zákon rovněž zakládá Správu jednotlivých povodí, stanovuje záplavová území vodních toků a zajišťuje ochranu před záplavami pomocí protipovodňových opatření.

Další legislativou, v níž je zakotveno nakládání s pozemky v územích ohrožených povodněmi je zákon č. 139/2002 Sb., o pozemkových úpravách a pozemkových úřadech a o změně zákona č. 229/1991 Sb., o úpravě vlastnických vztahů k půdě a jinému zemědělskému majetku, ve znění pozdějších předpisů. Jedním z cílů pozemkových úprav je zvýšení kvality životního prostředí v oblasti vodního hospodářství, zejména ve snižování nepříznivých účinků povodní a sucha, řešení odtokových poměrů v krajině a zvýšení ekologické stability krajiny. Pozemkové úpravy rovněž slouží jako podklad pro územní plánování.

7.3 Nástroje plánování zajišťující ochranu před povodněmi

Nástroje, které ovlivňují či zabezpečují ochranu před povodněmi se rozdělují na ty, které jsou zakotvené v legislativě a ostatní. Z hlediska svého charakteru a způsobu provádění se dělí na preventivní a operativní. Mezi legislativně založené nástroje mimo zákonů, vyhlášek a norem patří:

- územně plánovací dokumentace (zásady územního rozvoje, územní plány, regulační plány),
- vodohospodářské plány,
- povodňové plány.

Mezi preventivní nástroje se řadí ÚPD a vodohospodářské plány. Naopak povodňové plány jsou operativní.

Tabulka 3: Přehled nástrojů územního plánování

Rozdělení nástrojů

<i>Preventivní</i>	Územně plánovací dokumentace
	Vodohospodářské plány
<i>Operativní</i>	Povodňové plány

Zdroj: KONVIČKA, Miloslav. Město a povodeň: strategie rozvoje měst po povodních

Mezi ostatní nástroje zajišťující ochranu před povodněmi patří například studie ekonomických aspektů z pohledu vyhodnocení ekonomické stránky trvale udržitelného rozvoje ve vztahu k povodňovému ohrožení. Charakterově se jedná o nástroje preventivní.

7.3.1 Územně plánovací dokumentace

V zákoně č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon) jsou zakotveny požadavky na ochranu měst a obcí před povodněmi. Jedná se o návrhy ochrany z hlediska dopadu na území, tvorbu a rozvoj urbanistické a krajinné struktury a samotná řešení protipovodňové ochrany. Navržené regulativy stanovují pravidla, omezují určité aktivity v území, které by mohly v případě povodně způsobit ohrožení obyvatel obce a staveb nebo narušení, popř. zničení příznivého životního prostředí. Prostřednictvím určených pravidel, regulací a doporučení se prosazuje ochrana obyvatel a hodnot v území. V zákoně je rovněž zakotvena ochrana prvků ÚSES, které jsou součástí územního plánování.

Protipovodňová ochrana bývá řešena v rámci větších územních celků. Jedná se o komplexní řešení, které zabezpečuje ochranu na celém povodí řeky i v širším kontextu. Základem pro tvorbu územních plánů s ohledem na vodní toky jsou vodohospodářské plány, které shromažďují informace o vlastnostech vodního toku v celé jeho délce, jeho chování v určitých částech roku, statistické údaje i historické souvislosti. Z vyzískaných informací poté čerpá územní plán, který stanovuje regulativy a limity využití území, které pomáhají k udržení stability urbánního prostředí a zajištění bezpečí v okolí vodního toku.

Obce a města ohrožená povodněmi musí při pořizování územního plánu soustředit pozornost na veškeré údaje a jevy, které by mohly záplavy způsobovat. Jako podklady tak slouží i dokumentace územních systémů ekologické stability, dokumentace o komplexních pozemkových úpravách a úpravách na vodních tocích, a výše zmíněné vodohospodářské plány a studie. Poté se vytyčí jednotlivá protipovodňová opatření společně s jasně formulovanými limity a regulacemi, které jsou vázané na stupeň ohrožení záplavami. Protipovodňová opatření jsou poté zařazena mezi prospěšné stavby a zaneseny do územního plánu. Na rozhodování o způsobu ochrany před

velkou vodou se podílí i ekonomická posouzení navrhovaných řešení, stejně jako tradice, historie a vztah lidí k území.

Územní plán může stanovit etapizaci jednotlivých postupů z hlediska budování staveb a opatření proti povodním. Na ně se váže vydávání jednotlivých územních rozhodnutí a stavebních povolení. Ohled se bere na realizovatelnost plánovací dokumentace, tj. ekonomické postavení obce a její výše rozpočtu, popř. schopnost zajištění finančních prostředků. Než dojde k realizaci jednotlivých opatření, lze vydat na určitá místa v území potenciálně ohrožená záplavami dočasné rozhodnutí o stavební uzávěře.

Samotná protipovodňová opatření mají dlouhodobý realizační horizont, který není v souladu se střednědobým využitím územního plánu. Proto vzniká problém, kdy navržená opatření nevyhovují potřebám budoucích plánů a dochází ke vzniku plánovacích překážek, které neumožňují plánovaný rozvoj v území. Z toho důvodu musí být realizace opatření proti záplavám součástí nejen současných územních plánů obcí, ale i součástí plánu (strategie) rozvoje obce, mající charakter dlouhodobý. Ochrana proti záplavám by měla být součástí plánovacích dokumentů na všech úrovních, tj. nejen definována územním plánem obcí, ale i „územním plánem“ krajů. Pomocí zásad územního rozvoje lze zajistit ochranu na ploše větších územních celků a v lepších případech na ploše celého povodí vodního toku. Jak už jsem se výše zmínila, cílem opatření proti velké vodě je ochrana obyvatel a hodnot v území – zvýšení efektivnosti a usnadnění realizovatelnosti v čase.

7.3.2 Zásady ochrany měst ohrožených povodněmi

Na základě legislativního rámce se vypracovávají *Zásady ochrany měst ohrožených před povodněmi* (dále jen „Zásady“). Jedná se o dokument, zobrazující charakteristiku určité oblasti (území, obec, kraj), jejíž součástí je definice a kategorizace záplavového území, stanovení bezpečného režimu ochrany obce, dále protipovodňová ochrana z hlediska funkčního a prostorového uspořádání s využitím území, protipovodňová opatření realizována v rámci určitých oborů (opatření na úseku dopravní a technické infrastruktury, protipovodňová opatření na vodních tocích, protierozní opatření) a v neposlední řadě i stanovení limitů, regulací a zásad protipovodňových opatření.

Základem Zásad je kompletní analýza důvodů a příčin, které měly vliv na tvorbu a průběh záplav v dané obci. Analýza by měla obsahovat rozbor škod a dalších negativních dopadů na prostředí obce. Součástí Zásad je zhodnocení přírodních, územně technických, urbanistických a historických podmínek, společenských a ekonomických aspektů, které měly za následek přirozený vývoj zástavby v území, zejména zástavby v inundační oblasti obce. Jako nezbytné je dále identifikovat nebezpečné či dokonce kritické prvky v krajině, které brání volnému proudění vodního toku (překážky, zúžená místa, násilně transformovaná území vlivem masivní zástavby

apod.). Součástí analýzy je rovněž vyhodnocení historických záplav a účinnost vytvořených protipovodňových opatření.

Požadavek na stanovení záplavového území je zakotven ve vyhlášce č. 500/2006 Sb. o územně analytických podkladech a územně plánovací dokumentaci a ve vodním zákoně č. 254/2001 Sb. a ve vyhlášce Ministerstva životního prostředí o způsobu a rozsahu zpracovávání návrhu a stanovování záplavových území č. 236/200 Sb.

Ze stanoveného záplavového území vychází nejen jednotná ochrana obce před povodněmi, ale i budoucí rozvoj urbanistických funkcí v rámci určitých celků. Z charakteristiky záplavového území vychází kategorizace obcí (území) dle míry potencionálního ohrožení:

1. území dlouhodobě ohrožená povodněmi s režimem omezení rozvoje a se stanovenými zásadami chování při povodni,
2. území dočasně ohrožené povodněmi,
3. území bez ohrožení.

Dílčí kategorizace záplavového území rozlišuje dva aspekty, a sice přirozenou diferenciaci nivy vodního toku, které se liší funkčním využitím ploch a hodnoty ochraňovaných území, v jejichž zájmu jsou přirozená centra, důležité dopravní tahy či jiné významné objekty (historické budovy).

Legislativa také definuje *přirozená záplavová území*, která se dělí z hlediska charakteru na část zastavěnou (ať už s prolukami či nikoliv) a nezastavěnou, tzn. část umožňující přirozenou inundaci. Z pohledu pravděpodobnosti výskytu povodně a její nebezpečnosti se v rámci přirozeného záplavového území vyznačuje několik pojmů. *Aktivní průtočná zóna*, je část území, do kterého se během záplav soustřeďuje největší množství protékající vody. K této zóně se přistupuje jako k nejvíce nebezpečné a jsou zde vymezeny přísné regulace. Do této zóny se nesmí umísťovat stavby s výjimkou vodohospodářských děl a staveb včetně dopravní technické infrastruktury, díky nimž se upravuje vodní tok (dochází ke zlepšování odtokových poměrů a průtočnosti). Na tyto stavby jsou kladeny nároky na technickou a stavební odolnost vůči navrhované povodni s podmínkou nezhoršování odtokových poměrů. Zároveň je v aktivní zóně zakázáno těžit nerosty či zeminu, provádět terénní úpravy, které by měly za následek zhoršení průtočnosti, zřizovat oplocení či umísťovat v této oblasti odplavitelný materiál a překážky. *Pasivní průtočná zóna* je charakteristická nízkým průtokem vody. Voda většinou protéká mezi překážkami a jsou zde vymezeny obecné regulace v území. Je zde povoleno rekonstruovat a modernizovat stávající stavby a je nutno dbát, aby tyto stavby byly odolné vůči možnému zaplavení. V této zóně lze umísťovat pouze objekty určené k bydlení, stavby pro občanskou vybavenost a technickou infrastrukturu, pokud výška dosažené povodně nepřesáhne v místě stavby 0,50 m. Zakázána je zde výstavba objektů pro vzdělávací instituce,

zdravotnická a sociální zařízení, včetně zařízení pro ubytování. Dále objekty průmyslové a zemědělské výroby, sklady látek a odpadu včetně sběrných míst či čerpací stanice. Třetí vymezenou zónou je *historická průtočná zóna*, která je charakterizována historickým záplavovým územím, avšak pokud se zde nevyskytuje aktivní průtočná zóna. V této oblasti jsou stanoveny nejnižší regulace, pouze „pro opatrnost, kdyby náhodou“. Do této oblasti lze umisťovat stavby v rámci vymezených rozvojových ploch a zastavěného území. U nových staveb je nutné zajištění odolnosti vůči případné povodni.

Při vymezení záplavového území je nutné zmínit i metodu, jež je popisována v materiálu „Povodně ohrožující životy a stavby“ (Nacházel, Gabriel, 1997). Zmíněná metoda kategorizuje záplavová území do čtyř skupin označených písmeny:

- kategorie A – pasivní inundační území, neprůtočná oblast, chráněná;
- kategorie B – pasivní inundační území, neprůtočná oblast, nechráněná;
- kategorie C – aktivní inundační území, částečně průtočná;
- kategorie D – aktivní inundační území, průtočná.

7.3.3 Strategie vývoje obcí a měst ohrožených povodněmi z hlediska urbanismu

Výsledkem dlouhodobé studie podkladů a informací (lokální faktory, historické aspekty povodní a vývoje obcí, působení protipovodňových opatření, zásah člověka aj.) je komplexní analýza příčin a důsledků povodní, které formují sídelní strukturu obcí a měst a podněcují z budoucímu rozvoji určitým směrem. Úkolem územního plánování je, aby pomocí vhodných nástrojů a prostředků formovalo a restrukturalizovalo urbanistické uspořádání a co do nejvyšší míry omezilo ohrožení potenciálními záplavami. Velkou roli hrají právě prostředky a nástroje v lokálním měřítku, jenž jsou zanesena zejména v územních a regulačních plánech obcí. Základním kamenem ochrany obcí a měst ohrožených povodněmi je vytvoření strategie jejich urbanistického rozvoje, které čerpají z nástrojů uvedených v měřítku větším, a to na úrovni krajů. Zásady územního rozvoje jednotlivých krajů stanovují požadavky na ochranu území a vytváří koncepce rozvoje území.

Strategie urbanistického rozvoje obce zpravidla obsahuje návrh koordinace a postupu provádění protipovodňových opatření, ať už opatření realizovaná v rámci stavebního rozvoje, tak opatření určitého charakteru. Strategie také obsahuje vyhodnocení rozsahu a účinnosti opatření a v neposlední řadě i návrh podmínek rozdílného využití jednotlivých ploch řešeného území účinných do doby, než začnou účinkovat jednotlivá protipovodňová opatření.

Zásady územního rozvoje Libereckého kraje²

ZÚR Libereckého kraje stanovují ve výrokové části priority, které vytváří podmínky pro preventivní ochranu území a obyvatelstva před potenciálními riziky a přírodními katastrofami v území s cílem minimalizovat rozsah případných škod. V případě záplav zajistit územní ochranu ploch potřebných pro umístování staveb a opatření na ochranu před povodněmi a ploch určených k řízeným rozlivům povodní. Dále vymezují a chrání zastavitelné plochy pro přemístění zástavby z území s vysokou mírou rizika vzniku povodňových škod. ZÚR také stanovuje rozvojové plochy a osy (konkrétně rozvojová oblast Liberec, jejíž součástí je obec Chrastava) a pro územní plánování stanovují úkoly ve formě příprav územních podmínek pro realizaci efektivní protipovodňové ochrany, podpory rozlivu a zadržování vody ve volné krajině a zabraňování zvyšování povrchového odtoku, dále přistupovat citlivě k regulaci na Lužické Nise a jejích přítocích návrhem k přírodě šetrným forem protipovodňové ochrany, a to zejména na území CHKO Jizerské hory. V Zásadách koncepce rozvoje technické infrastruktury stanovují ZÚR protipovodňovou ochranu území, definovanou jako „Vytvářet územní předpoklady pro realizaci adekvátních protipovodňových opatření především formou celkové revitalizace krajiny a vodních ekosystémů umožňující zvýšení ochrany proti povodním prostřednictvím zvýšení retenční schopnosti krajiny, formy protipovodňových opatření technického charakteru musí respektovat principy minimalizace negativních vlivů na stabilitu ekosystémů.“ Pro obec Chrastava vymezují oblast *P09 Lužická Nisa, úsek Jablonec nad Nisou – Hrádek nad Nisou*, ve kterém se doporučuje umístění veřejně prospěšných staveb a opatření za účelem snižování ohrožení území povodněmi a zároveň stabilizovat, zpřesňovat a koordinovat vymezené koridory pro protipovodňové stavby a opatření na tocích. V této oblasti vykonávat následující:

- Vymezovat zastavitelné plochy v záplavových územích a umisťovat do nich veřejnou infrastrukturu jen ve zcela výjimečných a zvláště odůvodněných případech, dále vymezovat a chránit zastavitelné plochy pro přemístění zástavby z území s vysokou mírou rizika vzniku povodňových škod.
- Vytvářet územní podmínky pro navyšování retenční schopnosti krajiny, a to především formou revitalizací toků a mokřadních biotopů v nivách a v pramenných oblastech, návrhem vhodných krajinných a technických úprav území zabraňovat vzniku povrchového odtoku vod, erozních a transportních

² Zásady územního rozvoje Libereckého kraje, spol. SAUL s.r.o., Krajský úřad Libereckého kraje

procesů z povodí. Podporovat revitalizaci nevhodně upravených toků jako součást protipovodňové ochrany.

- V místech, kde je to vhodné, vytvářet územní podmínky pro neškodný přirozený rozliv povodňových toků ve volné krajině.
- Obce a významné provozy chránit adekvátní protipovodňovou ochranou.
- Koordinovat, územně zpřesňovat a územně chránit koridory protipovodňových opatření ve vzájemných návaznostech, nepovolovat taková opatření, která by mohla zhoršit průtok povodňové vlny v jiné obci.

V zásadách koncepce rozvoje ÚSES jeho prvky respektovat jako plochy a koridory nezastavitelné, s využitím pro zvýšení biodiverzity a ekologické stability krajiny, kde lze výjimečně umístit protipovodňová opatření a stavby dopravní a technické infrastruktury, vytvářet územní předpoklady pro funkčnost systému v prostorech protipovodňových opatření, včetně stanovení dalších způsobů využívání těchto ploch s ohledem na zájmy ochrany přírody a krajiny, na základě zpracované podrobné projektové dokumentace dle metodiky ÚSES.

ZÚR Libereckého kraje se dále zavazuje chránit území s potenciálním ohrožením povodňovou vlnou způsobenou zvláštní povodní vzniklou havárií nebo nouzovým řešením s adekvátní protipovodňovou ochranou, posuzovat umístování nových investic do těchto území (ekonomické hledisko, lidské zdroje). Vhodným a účelným rozčleňováním nadměrně scelených zemědělských ploch (remízy a doprovodné linie podél silnic a účelových cest) zvyšovat krajinnou hodnotu, ekologickou stabilitu a protipovodňovou ochranu území.

Územní plán obce Chrastava³

V textové části Územního plánu města Chrastava se definují požadavky „vyplývající ze zvláštních právních předpisů (například požadavky na ochranu veřejného zdraví, civilní ochrany, obrany a bezpečnosti státu, ochrany ložisek nerostných surovin, geologické stavby území, ochrany před povodněmi a jinými rizikovými přírodními jevy)“.

V koncepci rozvoje území města, ochrany a rozvoje jeho hodnot je definováno v rámci bezpečnosti zabránění další urbanizace v inundačním území, koordinace realizací protipovodňových opatření v rámci vymezených protipovodňových koridorů na

³ Územní plán města Chrastava, úprava podle § 188/1 SZ vč. 11. Změny územního plánu, SAUL s.r.o., Městský úřad Chrastava

jednotlivých tocích v rámci města, dále následovat dříve realizovaná protipovodňová opatření realizací dalších záměrů, především uvolnění koryta Lužické Nisy a Jeřice, asanace zahrádkářských osad v záplavovém území a úprava koryt potoků. Kromě protipovodňových opatření spojených s revitalizací Lužické Nisy provádět v rámci údržby stavební úpravy koryt drobných vodních toků a rekonstrukce nábrežních zdí přeložky silnice II/592 podél Jeřice a ozelenit cenné nábrežní prostory.

V urbanistické koncepci města je zadáno „posilovat vodní fenomén území úpravami především Lužické Nisy a Jeřice ostatních toků a nádrží včetně zakládání nových, rozvíjet nábreží za účelem zpřístupnění a zapojení vodních ploch do města s přihlédnutím k potřebám protipovodňových opatření“.

Koncepce veřejné infrastruktury klade požadavky na ochranu území před průchodem průlomové vlny vzniklé zvláštní povodní, a to opatřeními prováděnými dle Havarijního plánu Libereckého kraje, se zaměřením na včasné varování a evakuaci obyvatelstva z ohroženého území.

Koncepce uspořádání krajiny definuje ochranu před povodněmi jako zákaz výstavby objektů a opatření, která by mohla zhoršit průtok povodňové vlny v jiné obci, realizaci adekvátních protipovodňových opatření (rozšiřování pásů sídelní zeleně podél vodních toků a v záplavových územích, výstavba protipovodňových opatření a staveb ve volné krajině jako nedílnou součást využití nezastavitelných ploch). Investice do protipovodňových opatření územně stabilizovat jako veřejně prospěšné stavby a opatření, jedná se zejména o koridor protipovodňových opatření PO9 na Lužické Nise vyplývající ze ZÚR LK.

7.4 Vliv krajiny na povodně

Krajinotvorba má zásadní vliv na charakter a vlastnosti řek v povodích. Z přírodního hlediska lze vlastnosti krajiny zařadit do několika skupin. Retenční schopnost krajiny pojmout vodu během srážek je určena hustotou, stavem a druhem porostu, který na půdě roste. Avšak vliv na samotnou povodeň má tato schopnost pouze v počáteční fázi povodně. Vegetace nemá vliv jen na množství vody, které do sebe „natáhne“, ale také tvoří přírodní překážku – rostliny jsou schopny zpomalovat tok vody, udržet ho konstantně na určité ploše či v určitém území a prodloužit tak dobu vsaku do půdy. Dalším faktorem ovlivňující povodňovou vlnu je terén. Zvlněný povrch umožňuje tekoucí vodě vyplnit prohlubně. Na rovinaté ploše se voda kumuluje více než na skloněném terénu. Půdní povrch je schopen dlouhodobého vsakování srážkové vody. Kolik půda do sebe vsákne závisí na druhu půdy, půdním typu, dále pórovitosti či zrnitosti materiálu. Pokud je intenzita deště větší než schopnost vodu vsakovat, dochází k odtoku vody, kterému se říká povrchový odtok. Při dalším a déle trvajícím dešti už není půda schopna do sebe přijmout další srážkovou vodu a povrchový odtok začne nabývat na množství i síle.

S tvorbou krajiny souvisí budování nádrží. Jedná se sice o nepřírozenou cestu, jak ovlivnit vývoj povodně, ale nezbytnou. Nádrže vybudované na povodích jsou schopny zmenšovat průtok vody korytem řeky. Vodní nádrže zpomalují nástup kulminace povodně. Samozřejmě jejich účinek závisí na velikosti retenčních prostorů nádrže. Vybudovaným nádržím pomáhají odvodňovací kanály, které odvedou část přebytečné vody mimo území, nebo celkově odkloní říční průtok do jiného povodí.

Důležitým faktorem, který je opomínáný v ochraně území před povodněmi jsou fyzicko-geografické vlastnosti území. Řeka a její průtok se bude chovat jinak v horských oblastech než v údolích. Zeměpisná orientace svahů, výškopis či umístění lidských sídel a ovlivňování vegetace kolem zástavby mají za následek to, do jaké míry se řeka vylíje či nikoli.

7.5 Protipovodňová opatření

Jak bylo uvedeno výše, povodně na Liberecku by se daly rozdělit do několika kategorií, a to i z hlediska historického vývoje obcí v území a chování společnosti uvnitř. Jestli se povodně přihnaly nebo ne, zaručeně vysvětlují historické zlomy, které deklarují dosavadní zkušenosti člověka s vodou.

V 18. století, kdy ještě nebylo v módě technicky upravovat vodní toky, se každé jaro voda rozlévala volně do prostor říčních niv a ohrožovala stavby, jakými byly například mlýny, manufaktury či výjimečně domy pro bydlení. Lidé si byli vědomi nebezpečí stavění domů blízko řek, proto byly nivy nezastavěné a města tak netrpěla během povodní velkými škodami. Rozvoj zástavby v blízkosti řek „nastartovala“ teprve výstavba kamenných cest, které nahrazovaly nezpevněné úvozové cesty. Ve městech se rovněž začala budovat síť kanalizačních struh a na cestách dlažba, což umožňovalo lepší rozlévání vody. Na vesnicích se silnice začaly stavět především do výšky – vznikly tak násypy. Původní výšku terénu dokumentují místa vstupů do domů, které leckdy ležely i o metr níže, než byla silnice. V takových případech fungovala komunikace jako hráz. Přelom nastal v 19. století. Ačkoli vodní toky stále existovaly bez jakýchkoli protipovodňových zábran, rozvoj průmyslu způsoboval expanzi podniků, které se rozrůstaly směrem k vodním tokům, ze kterých průmyslové továrny čerpaly vodu. Výše zmíněná masivní povodeň v roce 1897 podnítila ke budování přehrad, které vodní toky mohly do jisté míry regulovat. Začala tak éra výstavby protipovodňových opatření, mezi které v té době patřily stavby zaměřené výhradně na regulaci řek, nebo úprava samotné krajiny – úprava horských říček a potoků pomáhala k umírnění divoké vody linoucí se z hor. Na počátku 20. století už společnost dokázala do jisté míry predikovat místa kde se vyskytne povodeň. Velká voda tehdy přestala být neřešitelným otazníkem.

V 21. století se už protipovodňová ochrana chápe ve větším měřítku – jak územním, tak obsahovým. V širším slova smyslu se jedná o přiměřenou ochranu životů obyvatel, zvířat a majetku před výskytem záplav. Ale co znamená přiměřená ochrana?

Jedná se o kompromis mezi ekonomickými, politickými, sociálními, urbanistickými a jinými aspekty. Hlavním úkolem protipovodňové ochrany je zaručení všeho výše uvedeného, pomocí ovlivnění odtokových poměrů, které spočívají v regulaci kulminačního průtoku a odvedení povodňových průtoků ohrožujících území.

7.5.1 Stanovení limitů a regulativ, včetně zásad protipovodňové ochrany

Cílem územního plánování je zabezpečení trvale udržitelného rozvoje území, jehož součástí je ochrana hodnot jak přírodních, tak sociálních, společenských i historických, a to s ohledem na udržení příznivého životního prostředí a ochranu jeho složek (půda, voda, ovzduší). Pro splnění výše uvedených kritérií je nutné vytvořit soulad mezi využitím území a přírodními podmínkami pomocí definice limitů a regulací funkčního a prostorového uspořádání území. Předpokladem je zájem územně plánovací dokumentace o začlenění protipovodňových opatření do návrhu územních a regulačních plánů. Výsledné požadavky na změny v území by měly zohledňovat potřeby obyvatel daného města či obce, požadavky na kvalitní a příznivé životní prostředí a samozřejmě i finanční stránku předmětných návrhů. Návrhy výsledných protipovodňových opatření by měly zohledňovat legislativu (zákon, vodohospodářské plány), stupeň povodňového ohrožení, kategorizaci záplavového území a prvky konkrétních limitů (vodní toky, díla na vodních tocích, ochranná pásma apod.). Principem budování jednotlivých opatření je nutné dodržovat zásadu „Každý, kdo může utrpět v důsledku povodňových událostí, má přijmout svá vlastní preventivní opatření“⁴. Principiálně se vymezují dva způsoby řešení problémů, a sice ochrana obyvatel v urbanizovaném prostředí, a za druhé problematiku vodního toku, který protéká volnou (neurbanizovanou) krajinou.

Územní plánování stanovuje v rámci svého oboru vymezení limitů využití území spolu s regulativy, které vychází z požadavku na minimalizaci škod během a po záplavách. Výkres limitů využití území jsou dle vyhlášky č. 500/2006 Sb., o územně analytických podkladech, územně plánovací dokumentaci a o způsobu evidence územně plánovací činnosti součástí koordinačního výkresu a rozboru udržitelného rozvoje území, jakožto územně analytických podkladů. Tento dokument se z hlediska povodní týká především:

- Ochrany přírody a krajiny včetně prvků ÚSES v obcích ohrožených povodněmi. V takovém území prvky ÚSES zadržují vodu z povodní, kterou provedou intravilánem způsobem, jenž způsobí minimální škody jak

⁴ ECE UN (2000): Pokyny k udržitelnému řízení povodní, Evropská hospodářská komise, OSN, Haag.

v samotné obci, tak i v území za ní. Ve výkrese limitů se stanovují například biocentra a biokoridory jako prvky ÚSES, chráněné krajinné oblasti či jiné přírodní památky.

- Přirozené obnovy lesa a dřevinné skladby, která je jedním ze základních principů zvýšení retenceschopnosti půdy a omezení eroze. Ve výkrese se definuje kategorizace a ochranné pásmo lesů.
- Ochrany staveb a zařízení, která jsou chráněná pomocí stanovení záplavového území a jeho kategorie. V souvislosti se záplavami je potřebné také respektovat ochranná pásma vodních toků, hygienické a bezpečnostní limity.
- Ochrany památek, která je přísnější než v případě bodu výše. Ve výkrese limitů se definují například památkové zóny, ochranná pásma památkových rezervací nebo archeologická naleziště.
- Ochrany technické infrastruktury – ať už se jedná o ochranu podzemních vod a pramenišť pitné vody, včetně zásobování obyvatel obce pitnou vodou nebo ochranu inženýrských sítí a dopravní infrastruktury způsobem stanovení bezpečnostních a ochranných pásem.

Problematiku povodní ohrožujících obce a města se lidé snaží řešit pomocí rozdílných typů opatření. Pro podporu redukce rizik vznikajících povodní byla vyvinuta celá řada opatření, jež antropogenně ovlivňují okolí vodního toku či jsou naopak založena na přírodní obnově krajiny. Mezi současné i minulé přístupy usilující o ochranu obcí můžeme obecně zahrnout do několika kategorií:

- a) prohlubování a napřimování koryta vodního toku, včetně změn jeho trasy a vytváření paralelních obtoků,
- b) budování protipovodňových hrází, stěn a jiných bariér a s tím spojené zpevňování břehů a dna řek či využívání usměrňovačů proudu,
- c) výstavba přehrad a poldrů,
- d) vytvoření protipovodňového systému, a to zejména organizačního,
- e) samotná revitalizace a obnova vodního toku a jeho prostředí,
- f) politika motivace obyvatel obcí k nezastavování vodních niv.

Záleží na situaci – v některých případech se určitá opatření jeví jako nedostačující či neúčinná. Většina řešení uplatňujících v minulosti byla stavebně technického charakteru. V současnosti je trendem využívání opatření podporující přirozenou obnovu, revitalizačních či organizačních opatření.

Stejným způsobem, jakým se dělí nástroje územního plánování na preventivní a operativní, se dělí i protipovodňová opatření. *Preventivní opatření* jsou realizována v delším časovém horizontu před povodní. Tato opatření lze rozlišovat dle charakteru na opatření územně organizační, jež se realizují na úrovni regionů a sídel, ekologická

opatření a opatření stavebně-technická. Ekologická opatření využívají prvků přírodě blízkých (ÚSES) s cílem snížit průtočnost vodního toku a zvýšit retenční schopnost krajiny. Kulminační průtoky snižují i opatření technického charakteru, která zároveň umožňují redukci objemu povodňové vlny. Naopak územně organizační opatření souvisí s vytvářením celistvého komplexu opatření, které jsou součástí povodňových plánů, územně plánovací dokumentace či zajišťování kvalitních předpovědních služeb a hlásných orgánů. *Operativní opatření* se realizují operativně během záplav. Ve většině případů se jako první realizuje výstavba mobilních konstrukcí a objektů zastavující šíření vody (technická opatření) a zajišťují záchranné a evakuační činnosti (organizační opatření). Po uplynutí nebezpečí dalších záplav a snížení hladiny toku se přechází na sčítání škod a realizaci sanačních a zajišťovacích prací.

Opatření organizační

Územně organizační opatření se sestavují na úrovni regionů nebo sídel, a to v souladu s platným územním plánem. Koncepce takových opatření dělí území na jednotlivé kategorie, vymezuje záplavové území a chráněné oblasti za účelem zachování například historických objektů. Hlavní funkcí organizačních opatření je rozdělení území dle funkčního využití jednotlivých ploch a změnu jejich nevhodné funkce. Nejúčinnější formou takového druhu opatření je zamezení výstavby v záplavovém území řek, případně lokalizace nových staveb do území neohrožených záplavami či do chráněných území, kde je pravděpodobnost výskytu povodně minimální. Takovému způsobu rozvoje města se laicky říká „vzdálení lidí od povodní“ (Konvička, 2002). Tento trend je v dnešní době poměrně oblíbený. Výstavba průmyslových objektů už není závislá na železnici, jako tomu bylo v 19. století, nýbrž na silniční dopravě, která se dokáže do jisté míry přizpůsobit výstavbě, což umožňuje umístění průmyslu mimo říční nivy. Nové obytné zóny se dle strategie rozmisťují více do prostoru území obce. Problém nastává v případě, že v inundačním územím již stavby stojí (dáno historicky). Z čehož vyplývá, že strategii „vzdálení lidí od povodní“ lze aplikovat pouze na novou zástavbu. V opačném případě je nutné akceptovat rizika povodní. Tento přístup je poměrně nevyhnutelný, neboť nikdy nelze počítat s povodní pouze v určitém rozsahu, na který jsou technická opatření připravená. Smíření se s rizikem záplav představuje soubor zásad či pravidel, dobrou politiku pojišťování majetku a účinnou civilní ochranu.

Organizační opatření dále zahrnují systémy varování a předpovědní službu, dále organizaci povodňové a záchranné služby. Povodňová služba má za úkol vytvoření povodňových plánů. Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) § 71 definuje povodňové plány jako „dokumenty, které obsahují způsob zajištění včasných a spolehlivých informací o vývoji povodně, možnosti ovlivnění odtokového režimu, organizaci a přípravu zabezpečovacích prací; dále obsahují způsob zajištění včasné aktivizace povodňových orgánů, zabezpečení hlásné a hlídkové služby a ochrany objektů, přípravy a organizace záchranných prací a zajištění povodní narušených základních funkcí v objektech a v území a stanovené směrodatné limity stupňů povodňové aktivity“. Povodňové plány jsou zpracovávány

orgány obcí, v jejichž územních obvodech může dojít k povodni a správními orgány ORP. Dále kraji, které zpracovávají příslušné plány v přenesené působnosti ve spolupráci se správcem povodí. Nejvýše se zpracovává povodňový plán České republiky, který má na starost Ministerstvo životního prostředí.

Mezi organizační opatření patří *povodňové prohlídky*, které slouží ke zjištění, zda-li na vodních tocích, dílech a jiných objektech, včetně záplavového území, nejsou závady, které by mohly zapříčinit povodně a umocnit její ničivé následky. Prohlídky provádí povodňový orgán ve spolupráci se správcem vodního toku, včetně samotného zpracovatele povodňového plánu. Prohlídky se konají minimálně jednou ročně, a sice před obdobím tání na jaře nebo na konci května, které symbolizuje období letních povodní. Ze zasedání se zpracovávají zápisy včetně přílohové dokumentace. Na základě analýz se poté provádí určitá opatření, a to nejen pro nápravu závad a rizik, ale i samotná opatření zvyšující kladné vlastnosti vodního toku. Povodňové orgány Libereckého kraje ve své působnosti povodňové prohlídky prováděné povodňovými orgány ORP prověřují, koordinují a podílejí se na řízení.

Ekologická opatření

Opatření ekologického charakteru mají za úkol zvýšit retenční schopnost krajiny a vytvořit systém ochrany urbanizovaného prostředí. Tato opatření se dělí na dvě skupiny:

- a) opatření vybudovaná v širším povodí řek,
- b) opatření nezbytná ke zvýšení protipovodňové funkce v záplavovém území.

Protipovodňová opatření realizovaná v širším povodí řek přetvářejí ohroženou krajinu, která je poté schopna vsakovat větší množství vody. Součástí jsou biotechnická a lesnická opatření, spočívající v obnově přirozené dřevinné skladby lesů, regeneraci půdy a snížení erozivity půdy. Schopnost půdy zadržet vodu ovlivňují navržené prvky ÚSES, s čímž souvisí i vhodné rozmístění biokoridorů a biocenter, dále pozemkové úpravy a přeměna funkce půdních ploch (zejména přeměna orné půdy v lesní porosty či louky).

Návrhy opatření ke zvýšení protipovodňové funkce vychází z nadměrných regulací vodních toků a zmenšování ploch přirozeného rozlivu, jenž byly trendem v minulém století. Právě zmenšením plochy (zúžením) inundačních území a neefektivním využíváním zemědělských ploch docházelo k nepřiměřeným rozlivům vodních toků, které způsobovaly v obcích nadměrné škody na lidech i majetku. V reakci na to se začalo s postupným rozšiřováním záplavových území, která umožňují přirozeně volný rozliv vody do krajiny s rukou v ruce přetvářením orné půdy v lesní porosty, lužní lesy a doplňující břehové porosty. Cílem ekologických opatření je také vytvoření souvislého pásu zeleně podél řeky, která bude schopna během povodní vodu alespoň částečně vsakovat a snižovat tak objem povodňové vlny.

Soubor opatření, směřující k obnově ekologické funkce řek napomáhají *revitalizace vodního toku*. Jedná se o proces navrácení vodního prostředí do stavu přírodě blízkém. Tato opatření fungují jako náprava nevhodných zásahů. Příkladem revitalizace může být opětovné zmeandrování koryta (laicky zaklikatění), vytvoření soustavy brodů, tůní a migračních přechodů pro ryby. Dále opětovné zprůtočnění bočních ramen či odstranění betonových hrází, působících jako překážka nejen pro vodu, ale i živočichy. Revitalizace říční krajiny tak zpomaluje odtok vody z území a přispívá k utlumení ničících schopností záplav. Podporovaná migrace živočichů má zároveň příznivý dopad na zvýšení biodiverzity a čistoty vod. Revitalizace vodních toků je příbuzná s *revitalizací v intravilánu*. Ta je na rozdíl od revitalizací realizovaných ve volné krajině značně složitější (náhrada nepůvodní vegetace, vytváření celých parků apod.) V zastavěném území mají revitalizace podobu spíše doplňkových nebo estetických opatření.

Opatření stavebně technická

Na ekologická opatření přímo navazují opatření technického a stavebního charakteru. Jejich cílem je úprava krajiny kolem toků, technická úprava břehů i regulace říční sítě. Opatření zajišťují snížení kulminačního průtoku a jeho dostatečnou kapacitu, stabilitu říčního dna a břehů a v neposlední řadě opět zvýšení retenceschopnosti pomocí prvků, jakými jsou nádrže, poldry a jiné stavby podporující rozliv vody. Výhodou obdobných opatření je jejich okamžitá efektivnost, fungující ihned po vybudování.

Při ochraně městského prostředí slouží dobře vytvořené přírodní rezervace na krajích měst, která dokáží pojmout či alespoň částečně zachytit povodňovou vlnu. Tyto prvky tvoří souběžně s revitalizačními opatřeními a protipovodňovým organizačním systémem nedílnou součást ochrany proti povodním. Je nutné zdůraznit, že stavební a technická opatření nelze realizovat samostatně, nýbrž v kombinaci s jinými protipovodňovými opatřeními. V dnešní době jejich obliba klesá, a to zejména z důvodu finanční a časové náročnosti (financování výstavby a její provedení v horizontu až několika let) či narušování ekologické stability krajiny.

Veřejnoprávní subjekty při rozhodování pro uplatnění stavebně technických opatření zohledňují níže vypsané faktory a priority (řazeno sestupně):

1. sídla s vysokou hustotou osídlení, velkým počtem obyvatel a cennou zástavbou,
2. přítomnost průmyslových areálů s technologicky a ekonomicky obtížnou možností na přesun výroby či produkce nebo průmyslové areály, jež výrazně ovlivňují zaměstnanost v daném regionu,
3. významné stavby liniového charakteru (důležitá technická a dopravní infrastruktura, koridory).

V nižších polohách řebříčku se nalézají ochrana rekreační zástavby, ochrana zemědělského půdního fondu, zachování místních (i historických) cest apod.

Protierozní opatření

Erozi lze omezovat pouze v lokálním měřítku, a to v mnohem menším, než je katastrální území obce. Ve většině případů se řeší oblast o výměře menší než 1 km². Jedná se o souvislé územní celky, které jsou uzavřené v rámci erozních procesů. Protierozní opatření se vymezují pro jednotlivé složky prostředí (zemědělská půda, síť polních cest, pozemky lesa, interakční prvky či prvky ÚSES).

Největší množství splavenin, které mohou vyvolat neprůtočnost vodního koryta a následné záplavy se „získává“ z orné půdy, proto je jejich ochrana proti erozi velmi účinná a hlavně důležitá. Způsobů, jak chránit půdu proti erozi, je několik. Trendem je zmenšování pozemků orné půdy v rámci pozemkových úprav, nahrazení svažitých pozemků polí lesním porostem, změna způsobu obdělávání půdy a minimalizace jejího zpracování. Důležitým faktorem vedoucím ke snížení erozivity půdy je účinné střídání pěstebních plodin a změna způsobu hnojení. Zdrojem značného množství splavenin mohou být vinice. Ačkoli se jedná o pozemky s mnohaletými kulturami, jejich nevýhodou je časté zakládání na svažitých pozemcích, ze kterých se hromadí splaveniny, špatný způsob obdělávání půdy nebo nedostatek zatravnění mezi jednotlivými řádky. Naopak nejvyšší stupeň zajištění půdy proti erozi poskytují trvalé travní porosty.

Proti erozi účinně fungují i prvky ÚSES, ať už se jedná o stromořadí nebo vytvořené meze či doprovodné porosty podél cest. Takové interakční prvky se hojně využívají při komplexních pozemkových úpravách, jelikož podporují diverzifikaci krajiny.

Tabulka 4: Přehled jednotlivých druhů PPO

Název skupiny opatření	Příklady opatření
<i>Preventivní opatření</i>	Vymezení záplavových území
	Opatření vymezená v ÚP
	Tvorba povodňových plánů
	Předpovědní a hlásná povodňová služba
	Povodňové prohlídky
<i>Revize a náprava stávajícího stavu</i>	Opatření ke zvýšení průtočné kapacity vodních toků
	Opatření v zahrádkářských koloniích
	Opatření v zatrubněných vodních tocích
	Řešení míst s omezeným průtokem a odtokem

<i>Přírodě blízká a technická opatření</i>	Revitalizace extravilánu
	Revitalizace intravilánu
	Suchá retenční nádrž (poldr)
<i>Protierozní opatření</i>	Revitalizace a navazující technická opatření
	Protierozní osevní postupy
	Pásové střídání plodin
	Změny velikosti a tvaru pozemku
	Bezorebné obdělávání půdy, mulčování
	Vrstevnicové obdělávání půdy
	Využívání ochranných plodin
	Protierozní průlehy
	Protierozní meze
	Protierozní hrázky
<i>Ostatní opatření</i>	Stabilizace drah soustředěného povrchového odtoku
	Opatření na lesních porostech
	Opatření na vodních nádržích
<i>Opatření zajišťující zpětnou vazbu</i>	Pojištění
	Evidence a dokumentace po povodni

Zdroj: NOVÁK, Pavel a Martin TOMEK. Prevence a zmírňování následků přívalových povodní ve vztahu k působnosti obcí: certifikovaná metodika výsledků výzkumu, vývoje a inovací. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2015.

8 POVODNĚ 2010

Jak je známo z historických analýz, povodně z roku 2010 byly typické nebo i výjimečné „povodňovým klidem“ minulého století, který jim předcházel. Povodně, které se vyskytly 7. a 8. srpna na povodí Lužické Nisy překonaly dosavadní rekordy co do velikosti kulminačního průtoku ve stoletých opakováních. Nejvýznamnější záplava se v tomto povodí přihnala na řece Jeřici a jejích přítocích. Jednalo se o jednu z nejničivějších povodní, které postihly toho území za celou dobu existence pozorování. Významem a vlastnostmi se povodeň v povodí Lužické Nisy přiblížila historické povodni z léta 1897.

Povodně na Liberecku byly způsobeny trvalými, vydatnými a velmi intenzivními regionálními srážkami, jejichž intenzita se rovnala přívalovým deštům. Extremitě srážek odpovídala odtoková schopnost. Voda, která napadala 7. srpna se nedokázala vsakovat do tak již nasyceného povodí. Řeka Jeřice se přelila a způsobila přívalovou vlnu. V Chrastavě došlo k překročení výšky stoletého průtoku. Srážky, které přicházely v dalších hodinách, přinesly druhou přívalovou vlnu. Došlo k přetržení hráze nedaleké retenční nádrže Mlýnice, pár kilometrů od Chrastavy.

8.1 Příčiny povodní 2010

Povodeň, která se přihnala 7. srpna do Chrastavy, byla způsobena intenzivními srážkami dopadajícími na území. Zasaženo bylo zejména povodí Lužické Nisy s Jeřicí. V tento den se tlaková níže z oblasti Jaderského moře přesunula na severovýchod. Pršelo téměř bez ustání 30 až 36 hodin nepřetržitě. Srážky sužovaly severní Čechy od dopoledne 6. srpna až do rána o dva dny později. V ranních hodinách byly deště výrazně slabší, a naopak odpoledne se mimořádně zesílily a jejich intenzita lámala rekordy. Po osmé hodině ranní 6. srpna bylo území vodou poměrně nasyceno a voda se už neměla kam vsakovat. Jeřicí v Chrastavě už tou dobou protékal 90tídní průtok.

Nejvyšší intenzita deště byla zaznamenána na přelomu 6. a 7. srpna, kdy spadly na oblast Libereckého kraje neobvykle intenzivní srážky – srážkové úhrny dosahovaly až 60 mm. Nárůst hladin řek přeskočil limit hladin stoleté vody. Ovlivňujícím faktorem byl i fakt, že srážky během několik dnů zasáhly území ve dvou vlnách v rozsahu 8 až 10 hodin. Ráno 7. srpna vystoupila hladina Jeřice o 4,2 metru (během 5,5 hodin) a v druhé vlně odpoledne o další 4 metry.

Avšak samotný příchod velké vody nebyl způsoben jen těmito letními dešti. První vydatné srážky přišly už ke konci července, po kterých nebyla půda schopna vstřebat přebytečnou vodu. Vysoký stupeň nasycení půdy způsobil nízký vsak deště v dalších dnech. Téměř všechna srážková voda odtékala po povrchu do vodních toků, kde se hromadila. Průtok v tocích byl limitující. Koryta řek nezvládala tak velký objem vody a řeky se začaly vylévat do okolí.

Celkový úhrn srážek za období od 1. do 8. srpna přesahoval na některých měrných stanicích až 300 mm.

V následujících dnech se tlaková výše začala posouvat k severovýchodu. Dne 12. srpna se střed tlakové níže přenesl nad státy v Pobaltí.

8.2 Chrastava a Jeřice

Silné a dlouhotrvající srážky v kombinaci s lokálními přivalovými vyvolaly extrémní odtokovou odezvu toků, na kterých kulminační průtoky přesahovaly úroveň stoleté vody. V tabulce níže jsou uvedeny povodňové vlny v měrném profilu Chrastava na řece Jeřici. Povodeň na Jeřici, v kontextu celého povodí Lužické Nisy, byla významnější díky velikosti odtokového koeficientu. Poměr kulminačního průtoky ku 100letému průtoky na řece byl výrazně vyšší než na jiných řekách v povodí.

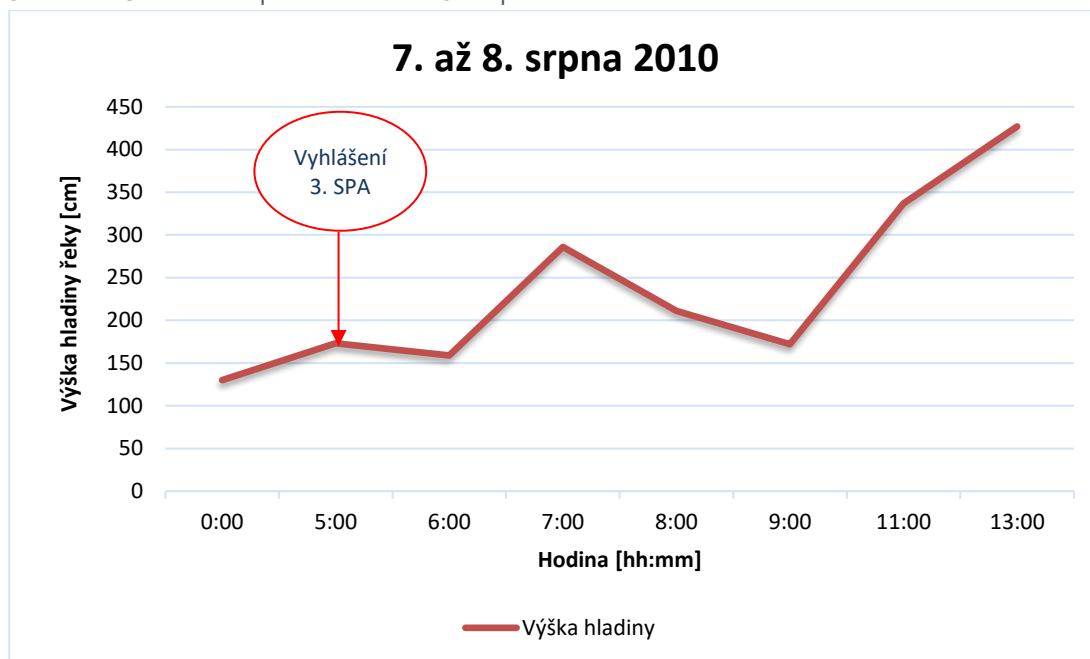
V sobotu 7. srpna bylo město Chrastava zasaženo nejničivější povodní v celé své historii. Voda se hrnula prakticky odevšad. Extrémní srážky v předchozích dnech způsobily nárůst vodní hladiny Lužické Nisy a následně i samotné Jeřice. V průměru stoupla voda v korytě o 30 až 40 cm za hodinu. Voda neustále kulminovala, ale pořád se držela v rozmezí třetího povodňového stupně označující stav ohrožení (viz tabulka níže). Ve 2 hodiny ráno byla svolána Povodňová komise a složky povodňové ochrany.

Tabulka 5: Přehled vodního stavu na Jeřici dne 7. a 8. srpna

Den	Hodina	Výška hladiny
7. srpna	0:00	130 cm
8. srpna	5:00	173 cm (vyhlášení 3. SPA)
	6:00	159 cm
	7:00	286 cm
	8:00	211 cm
	9:00	172 cm
	11:00	337 cm
	13:00	427 cm

Zdroj: Mikroregion Hrádecko-Chrastavsko, Povodně 2010: obnova regionu, Liberec, 2014

Obrázek 3: Průběh povodně 7. a 8. srpna



;Zdroj: Mikroregion Hrádecko-Chrastavsko, Povodně 2010: obnova regionu, Liberec, 2014.

V odpoledních hodinách došlo k přeplnění a následnému přelití vodní nádrže Mlýnice. Průtok vody dosahoval rychlosti 1,7krát vyšší, než činí průtok tisícileté vody ($Q_{1000} = 36,3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$). Nastalá situace zapříčinila druhou povodňovou vlnu, která byla v Chrastavě zaznamenána 8. srpna v 10 hodin dopoledne. O 3 hodiny později hladina toku dosahovala neuvěřitelných 427 cm.

Tabulka 6: Charakteristika povodňových vln v Chrastavě

Tok **Profil** **Charakteristiky povodňových vln**

		Plocha povodí [km ²]	Kulminační průtok [m ³ ·s ⁻¹]	Specifický odtok [m ³ ·s ⁻¹ ·km ⁻²]	Srážky na povodí [mm]	Odtoková výška [mm]	Koeficient odtoku
<i>Jeřice</i>	Chrastava	76,08	271	3,56	277	198	0,71

Zdroj: Hydrologická ročenka České republiky

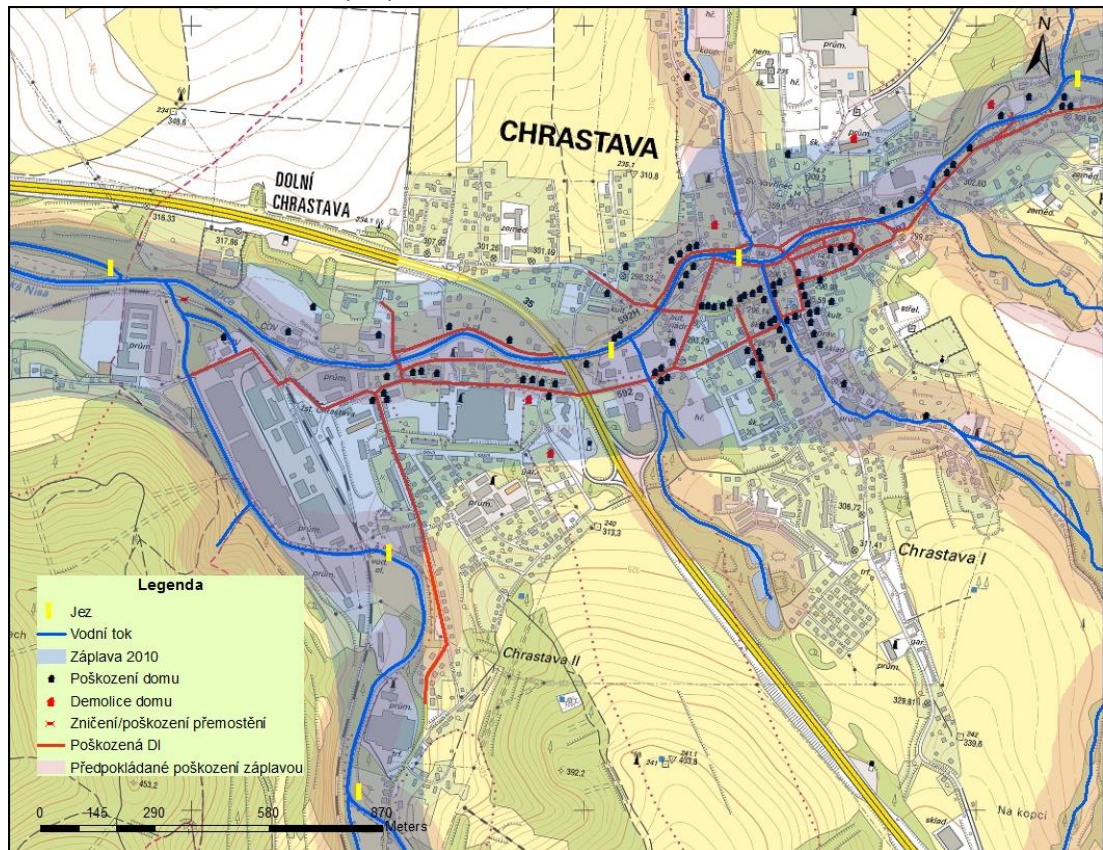
Velikost zátopy jsem vypočítala z dat naměřených během povodně. Při dosažení kulminačního průtoku 271 m³/s přesáhl celkový objem vody v řece a mimo vodní tok 23 milionů metru krychlových vody za 24 hodin, což je 250krát více než dosahující denní objem vodního toku při běžném průtoku.

Lužická Nisa a její průběh

Lužická Nisa, která částečně zasahuje na území Andělské hory, se vybřežila na území města v k. ú. Andělská Hora a částečně Dolní Chrastava. Došlo převážně k zatopení pozemků, v několika případech zatopila přímo objekty rodinných domů, sklepní prostory a průmyslové areály podél řeky (např. Pela s. r. o., Grupo Antolin Bohemia a.s., MIPA s. r. o. atd.). Areál firmy Rotec nebyl zaplaven vodou z řeky Nisy, ale vodou stékající z výše položených kopců. Avšak největší povodňové škody byly způsobeny vodou z řeky Jeřice, která vystoupila z břehů vysoko nad úroveň, kterou by dosáhla při průtoku stoleté vody (Q_{100}). Rozsah zátopy a množství zasažených objektů je zobrazeno na mapovém schématu níže. Průmyslový areál bývalého Elitexu v k. ú. Dolní Chrastava, ležící na břehu Lužické Nisy, byl vytopen zčásti vodou vzdušnou zachycenými splaveninami na mostě do areálu firmy Pela s. r. o. a částečně vodou ze vzedmuté Jeřice, která do areálu proudila podjezdem pod železniční tratí. U ostatních malých vodotečů (Vítkovský, Jílový a Selský potok) došlo k vybřežení a zasažení pozemků a objektů v jejich sousedství. Mimořádně velké množství srážkových vod způsobilo škody u vyústění téměř všech terénních údolnic, bez ohledu na to, zda se na jejich dně nalézají vodoteč nebo ne. Některé domy byly vytopeny vodou vyvěrající z níže položených částí svahů, což se týkalo především části Vítkov.

Během povodní, které zasáhly území města Chrastava, nebyla praktická žádná dešťová kanalizace schopna pojmout velké množství přitékající vody. V důsledku toho došlo k zatopení mnoha sklepů a objektů v sousedství komunikací, zejména ulice Liberecká, Luční a k nim přilehlých. Následně došlo u některých úseků kanalizací k zanesení splaveninami, v jiných částech území došlo v důsledku eroze a velkého náporu vody se splaveninami i k poškození jednotlivých staveb.

Obrázek 4: Schéma škod po povodni 2010



Zdroj: Databáze ArcČR500, Geoportál Libereckého kraje, vlastní zpracování v programu ArcMap

Obrázek 5: Výše dosahující povodně, ul. Malá Kostelní



Zdroj: Vlastní fotodokumentace

8.3 Návrh a realizace opatření v řešeném území, obnova vodního toku

Území, jež bylo zasaženo během povodní v roce 2010 se rozprostírá v katastrálních územích Dolní Chrastava, Chrastava I a Horní Chrastava. Řeka Jeřice protéká především zastavěnou částí města Chrastava, intravilánem, a jeho okrajovými částmi. Koryto obepíná zástavbu rodinných domů se zahradami, v některých částech obce, jež byly zasaženy povodňovou vlnou, protéká Jeřice kolem bývalých i současných továrních areálů a dalších hospodářských staveb.

Souhrnná zpráva o povodních, vypracovaná Ing. Miroslavem Chválou a vydaná starostou Michaelem Canovem ze dne 8. listopadu 2010, navrhuje opatření na vodním toku Jeřice. Primárně se jednalo o návrh opatření na odstranění následků povodně (úklid a likvidace naplavenin, obnovená provizorní opravy technické infrastruktury, opravy a obnovy objektů majetku města včetně zásobování teplem a TUV a definitivní opravy dopravní infrastruktury, finančně zajištěné prostřednictvím dotací Ministerstva pro místní rozvoj). Na základě vyhodnocení průběhu povodně byla navržena opatření preventivního, technického a organizačního charakteru, jež jsou nastíněna níže.

Organizační opatření preventivního charakteru:

- a) Opětovně vyzvat fyzické osoby ke zpracování povodňových plánů nemovitostí a jejich předání MěÚ,
- b) Opětovně vyzvat právnické osoby k vypracování, případně aktualizaci jejich vlastních povodňových plánů,
- c) Provést aktualizaci povodňového plánu města s ohledem na zkušenosti z této povodně (posílení MPK při mimořádně velkém rozsahu povodně, organizace evakuačních skupin, přehodnotit systém hlášené služby),
- d) Zpracovat dílčí výpisy z povodňového plánu, a to i pro použití v terénu,
- e) Projednat a zajistit efektivnější způsob předávání zpráv potenciálně ohroženým právnickým a fyzickým osobám,
- f) Zvážit potřebu instalace další vodočtů pro sledování hladin malých toků (Vítkovský, Selský a Jílový potok).

Materiálové vybavení:

- a) Zajistit potřebné vybavení pro členy MPK, hlídek MěP, členů SDH, (pláště, obuv, baterky, krátkovlnné vysílačky),
- b) Udržovat dostatečnou zásobu pytlů s pískem na min. počtu 500 ks.

Technická opatření:

- a) Úpravy odtokových poměrů mimo zastavěné území (výstavba horizontálních zasakovacích pásů na zemědělských pozemcích nad R 35 na úbočí Ovčí hory, soubor vegetačních úprav – tvorba a výsadba zpevňovacích vegetačních pásů na zemědělských půdách nad č.p. 63 Horní Vítkov, zřízení odvodňovacích svodnic na lesních a polních cestách v majetku města, obnova kapacity příkopů a propustků u komunikací, zejména krajských)
- b) Úpravy odtokových poměrů v zastavěném území (bezeškodné odvedení povrchových vod z hřiště Spartaku a dopravního hřiště, bezeškodné odvedení povrchových vod z Bílokoštecké ulice, posunutí části pravobřežního břehového porostu v ul. Pobřežní od křížení s R35 směrem na ČOV Chrastava od koryta ke komunikaci, zřízení odvodňovacích svodnic na místních komunikacích, posoudit možnost zřízení protipovodňových zábran v železničním podjezdu před průmyslovou zónou (bývalý Elitex)

Požadavky na správce vodních toků

- a) Obnovit propustnost a kapacitu koryt všech vodních toků vytěžením nánosů,
- b) Obnovit pobožené pobřežní zdi v zastavěném území Chrastavy,
- c) Stabilizovat všechny nátrže břehů koryt kamennou rovnaninou a ve vhodných úsecích vegetačními úpravami,
- d) Zvýšení náběžní zdi v úseku od křížení Jeřice s R35 směrem na ČOV Chrastava na výškovou úroveň komunikace na druhém břehu.

Požadavky na ČHMÚ: Doplnit na webové stránky hlásné a předpovědní služby ČHMÚ stupně povodňové aktivity pro hlásný profil Jeřice Chrastava.

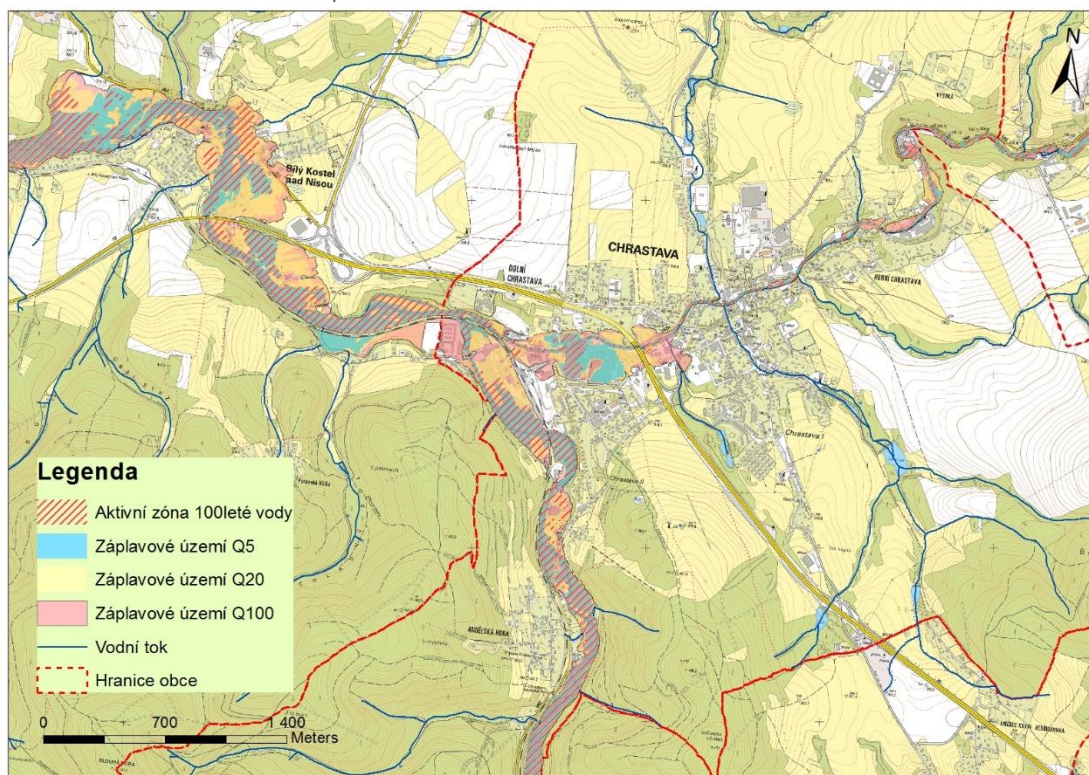
Řešení technické obnovy, která proběhla po katastrofální záplavě, bylo vypracováno na základě geodetických analýz, terénních průzkumů a samozřejmě také jednání mezi představiteli města a vlastníků zasažených pozemků. Výsledkem byla obnova trasy a tvaru koryta Jeřice, kopírující původní stav před povodněmi. Celková délka trasy vodního toku, která prošla obnovou, činí 3,45 km. Cílem obnovy bylo odstranění následků záplav i intravilánu obce. Cílem oprav byla obnova zničeného vodního koryta, stabilizování břehového opevnění Jeřice včetně opevnění svahů, vyčištění vodního toku od nánosů a splavenin a revitalizace území přiléhajícího k vodnímu toku.

Státní podnik Povodí Labe uskutečnil opravu na vodním toku Jeřice, jež je popsána v textu dále, cituji: „Vzniklé břehové nátrže byly sanovány hutnějším zásepem a opevněním svahů záhozem z lomového kamene o hmotnosti 200-500 kg s urovnáním líce, které bylo opřeno o záhozovou patu z kamene nad 500 kg. Stávající břehové opěrné zdi byly sanovány. Bylo provedeno jejich očištění, vyspravení vypadlých kamenů, doplnění koruny zdí, přespárování a přibetonávka paty zdí, popř. sanace římsy zdí. Poničené zdi byly nahrazeny novými kamennými tížnými zárubními zdmi

s betonovým jádrem, popř. tížnou betonovou zeď s kamenným obkladem. Na dvou objektech byly stávající poničené zdi sanovány formou hřebíkované zdi přikotvené ke zdi stávající. Na některých sanovaných zdech byla provedena také obnova schodiště a zábradlí. Poškozený říční stabilizační stupeň byl obnoven vyplněním kaverny betonem, očištěním tlakovou vodou, osazením kamenné rovnaniny před lícovou hranu stupně, doplněním opracovaných kamenů přelivné hrany a dlažby pod i nad stupněm včetně hloubkového přespárování. Na dvou úsecích byly odtěženy nánosy v korytě vodního toku.“ Další obnova vodního toku a budování protipovodňových opatření je plánováno na rok 2021, kdy se bude jednat o výstavbu ochranných zdí pro zvýšení ochrany města před budoucí povodní.

Dle výsledků analýz a požadavků na ochranu území obce Chrastava před povodněmi byly stanoveny plochy záplavových území pro Q_5 , Q_{20} a stoletou vodu, jež jsou znázorněny ve schématu níže.

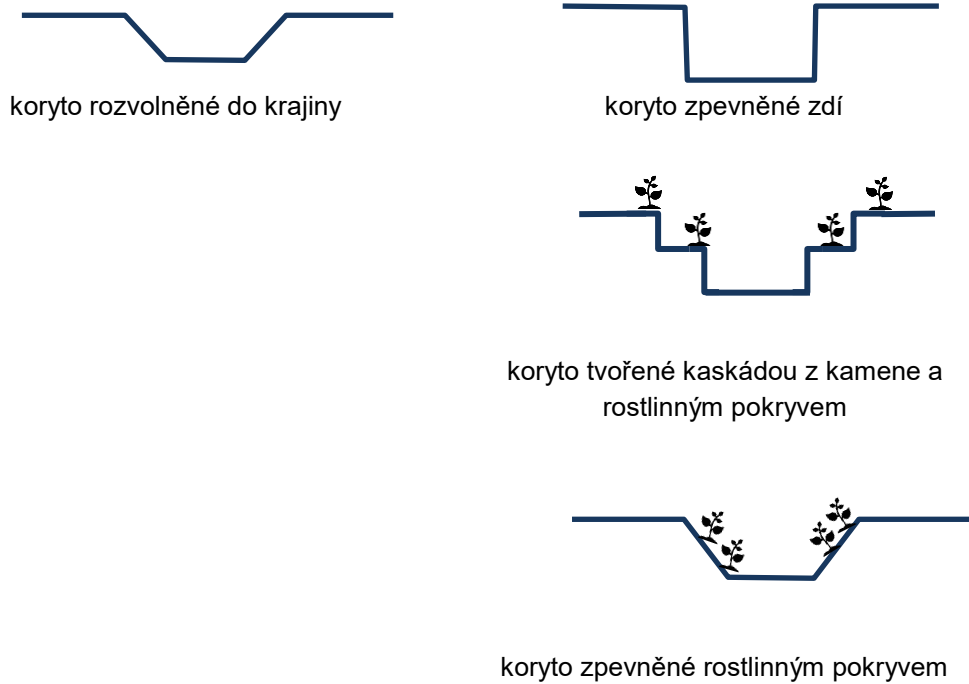
Obrázek 6: Stanovení záplavového území



Zdroj: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, vlastní zpracování v programu ArcMap

Vlastní analýzou (vlastní fotodokumentace, konzultace na odboru Územního plánování na MěÚ Chrastava) bylo zjištěno, že v rámci budování protipovodňových opatření byly postaveny nové posuvné mosty, které by byly „nezničitelné“ při budoucí povodni. V rámci úprav koryta Jeřice došlo k jeho zpevnění zdi a narovnání stěn. Schémata níže představují grafické znázornění jednotlivých druhů úprav vodního koryta v profilu, které byly realizovány po povodních v roce 2010.

Obrázek 7: Profil vodního koryta v r. 2010 a v r. 2017



Zdroj: Vlastní zpracování

9 PRAKTICKÁ ČÁST

Cílem praktické části bakalářské práce je vytvoření simulace vodního toku, která znázorňuje povodeň v roce 2010 a potenciální povodně v roce 2017. Výsledkem bude vyhodnocení povodně budoucí, její vliv na zástavbu města a s tím spojená účinnost nynějších protipovodňových opatření vybudovaných po povodni v roce 2010.

9.1 Simulace povodně v roce 2010

Práci v programu ArcMap jsem začala nastavením relativních cest k cílům, souřadnicového systému S-JTSK Křovák East North a nahrála potřebná data, díky nimž jsem v programu tvořila simulaci. Jednotlivé kroky a dílčí postupy jsem v bakalářské práci zaznamenávala formou printscreenů.

Nejdříve jsem nahrála data z databáze ArcČR500 – shapefile „vrstevnice“. Tato vrstva dat mi vymezuje řešené území do jednotlivých výškových skupin. Vrstevnice jsou dle ArcČR500 rozděleny do tří skupin – základní, zdůrazněné a doplňkové, a vymezené po 25 metrech. Jako podklad jsem nahrála ortofoto mapu pomocí služby WMS. Nad řešeným územím, jež bylo vykresleno snímkem, vynikly jednotlivé čáry vrstevnic.

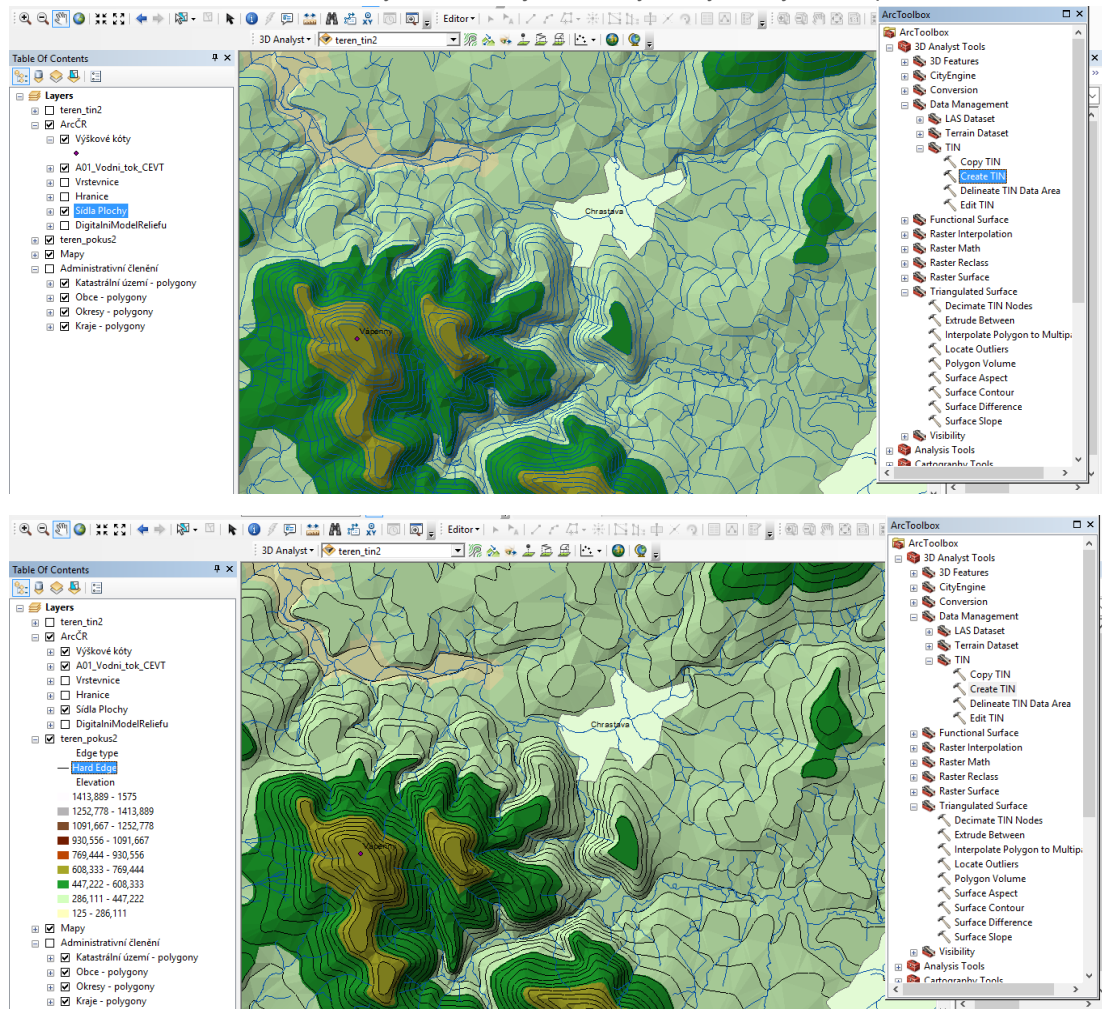
Obrázek 8: Vykreslení vrstevnice



Zdroj: Databáze ArcČR500, vlastní zpracování. Vytvořeno v programu ArcMap.

Abych mohla vykreslit přesný model terénu dle nahraných vrstevnic, bylo potřeba vytvořit TIN soubor, který by představoval výsledný terén. TIN jsem vytvořila pomocí nástroje *ArcToolbox – Data Management – TIN – Create TIN*. V nastavení tvorby TINu jsem zadala jako *Input Feature Class* „vrstevnice.shp“, *Output TIN* „teren_tin2“ a *Height Field* „Nadmořská výška“. Tím vznikl model terénu, jenž se vykreslil dle nadmořské výšky jednotlivých vrstevnic.

Obrázek 9: Model terénu s vymezením jednotlivých výškových stupňů



Zdroj: Databáze ArcCR500, vlastní zpracování. Vytvořeno v programu ArcMap.

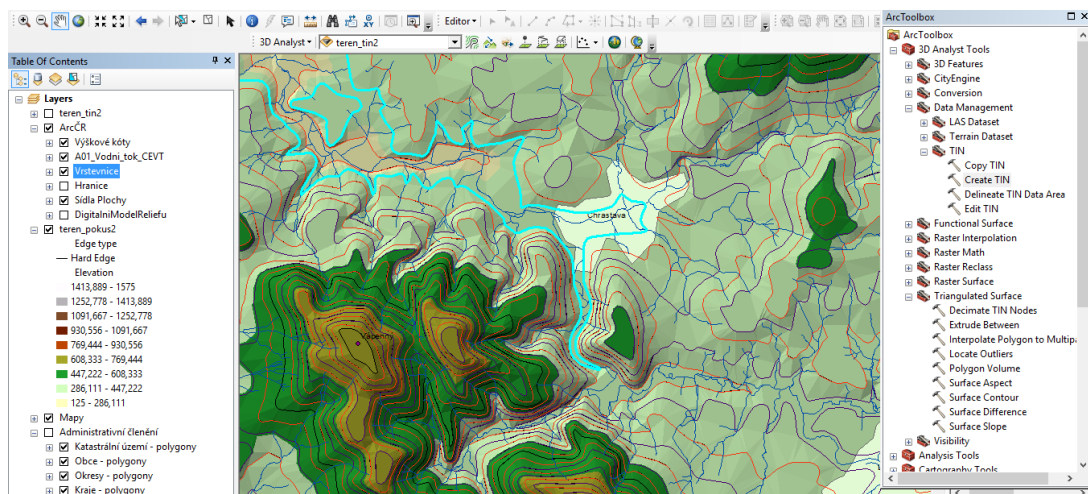
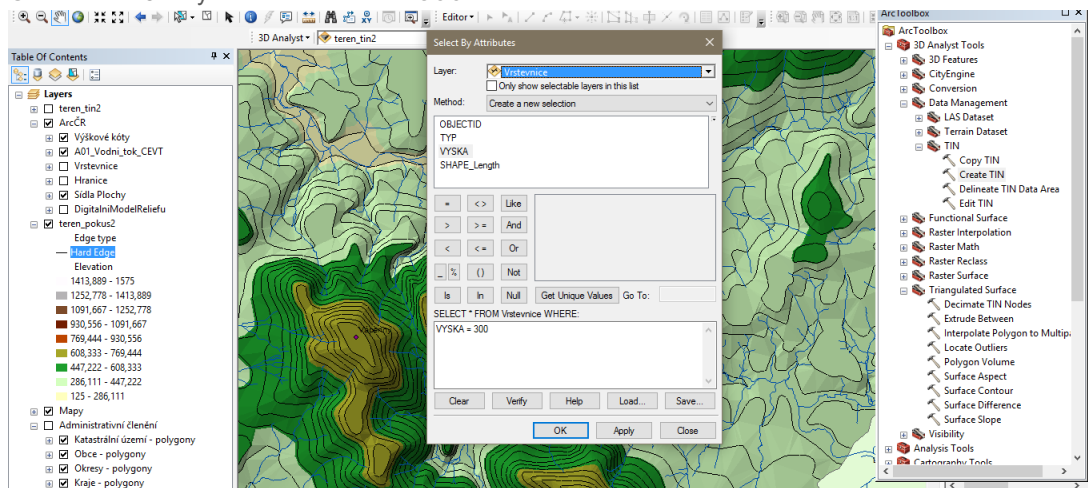
Nyní jsem došla do fáze, kdy je nutné vybrat pomocí nástroje *Select by Attributes* vrstevnici o určité nadmořské výšce, která by představovala maximální dosah rozlité vody během povodně. Dle provedeného výpočtu jsem vybrala vrstevnici v nadmořské výšce 300 m, která znázorňuje případné vylití vody z řeky.

Výpočet:

Nadmořská výška řeky: 295 až 300 m n.m.

Max. výška hladiny při povodni 2010: 427 cm → tomu odpovídá vrstevnice „300“

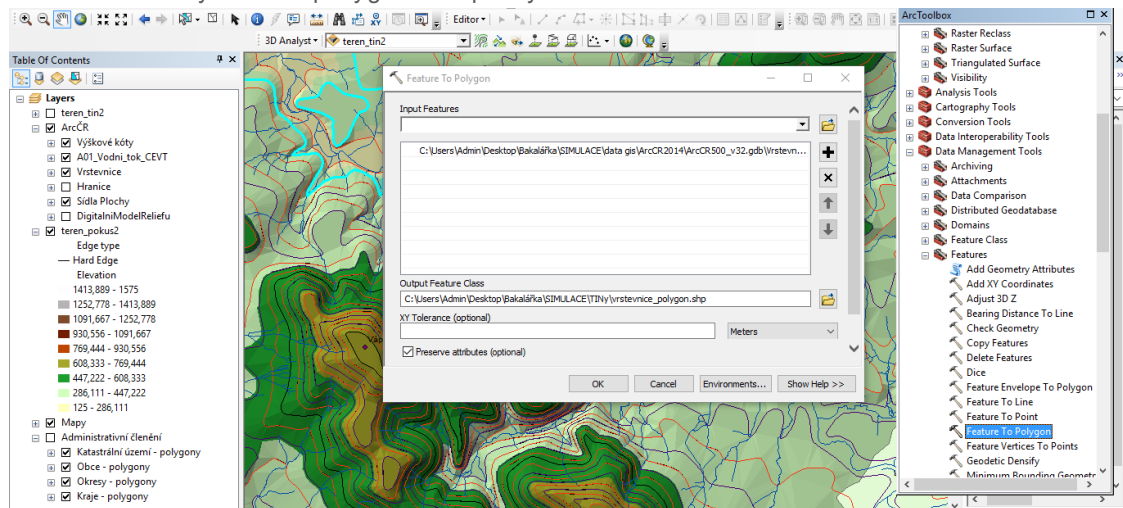
Obrázek 10: Výběr vrstevnice "300"



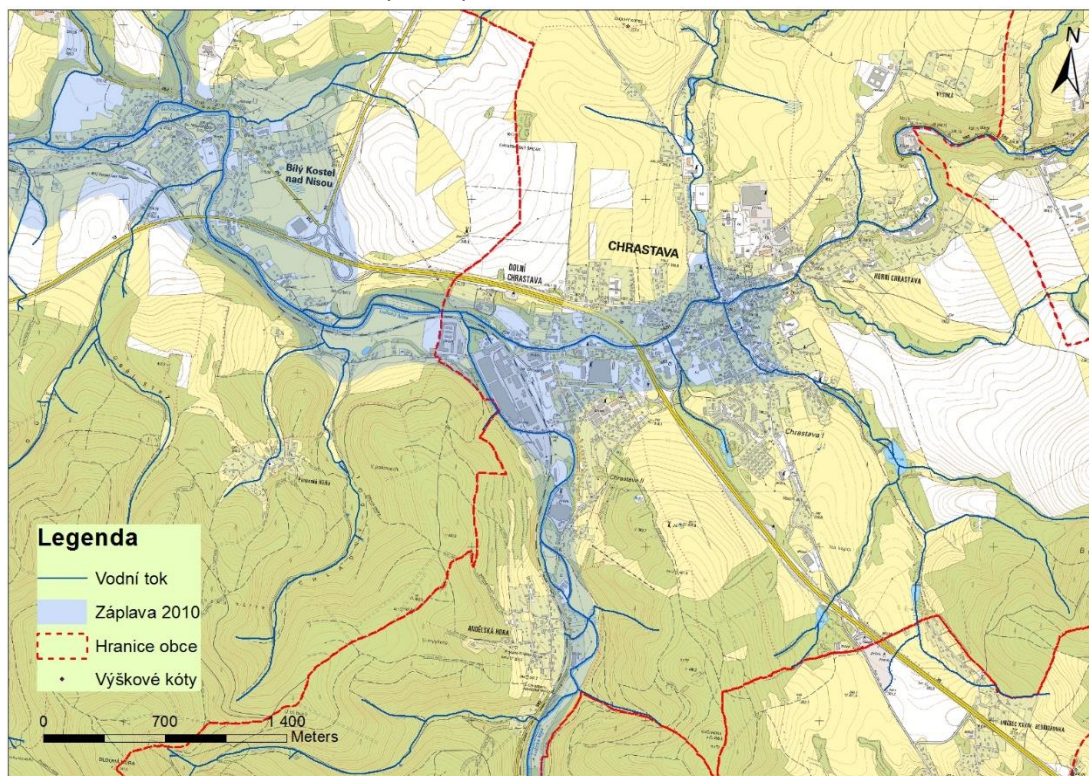
Zdroj: Databáze ArcČR500, vlastní zpracování. Vytvořeno v programu ArcMap.

Ze sady vrstevnic se ve výkrese zvýraznila vrstevnice „300“. Nyní z ní vytvořím polygon, který bude nahrazovat výběr a bude možno s ním dále pracovat. Polygon jsem vyrobila opět nástrojem *ArcToolbox*, tentokrát však výběrem *Data Management Tools – Features – Feature to Polygon*. Výsledkem byl polygon jako samostatný shapefile, jenž jsem uložila do cílové složky pod názvem „Záplava Q100“, nyní znázorňující potenciální rozliv vody při povodni za předpokladu, že na vodním toku nejsou postavena žádná protipovodňová opatření a řeka je v přirozené formě, nijak technicky ani ekologicky upravená, a zároveň nejsou na území postaveny žádné stavby, které by vodě bránily v rozlivu.

Obrázek 11: Vytvoření polygonu záplavy



Zdroj: Databáze ArcCR500, vlastní zpracování. Vytvořeno v programu ArcMap.

Obrázek 12: Schéma rozlivu při záplavě Q₁₀₀

Zdroj: Databáze ArcČR500, vlastní zpracování. Vytvořeno v programu ArcMap.

9.2 Simulace potenciální povodně v roce 2017

Ve druhé části praktické analýzy jsem si dala za cíl zhodnotit nynější protipovodňovou ochranu. Vytvořením druhé simulační povodňové vlny vyšel rozliv řeky Jeřice mnohem menší.

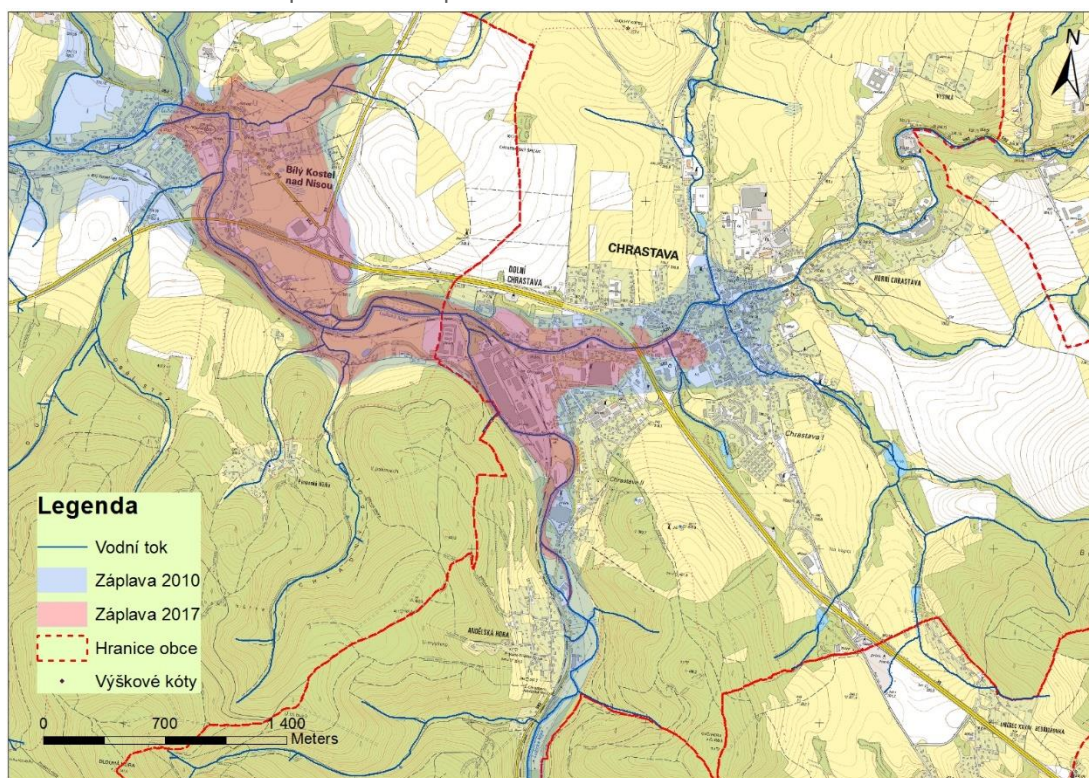
Pro simulaci potenciální povodňové vlny v roce 2017 jsem potřebovala vybrat vrstevnici, která by opět odpovídala míře rozlivu. V úvahu jsem brala výšku hladiny Jeřice při povodni v roce 2010, teda 427 cm. Nyní se nula vodotočtu vodního toku nachází ve výšce 291 m n. m., tudíž vrstevnice, která vyšla pro potenciální rozliv je ve výšce zhruba 295 m n.m.

Jelikož data vrstevnic, která jsem čerpala z databáze ArcČR500, byla o vrstevnicích v rozmezí po 25 metrech, musela jsem zvolenou vrstevnici „295“ vyrobit. Jako podklad jsem využila topografickou mapu České republiky s vrstevnicemi, které byly v rozestupu po 10ti metrech. Pomocí nástroje *Editor* jsem vektorizovala vrstevnici „295“. Pomocí funkce *Snapping – Snap to Sketch – Vertex Snapping* jsem vymodelovala vybranou vrstevnici. V *Attribute Table* jsem vložila nový sloupec pod názvem „VYSKA“ a pomocí výběru *Long Integer* definovala její nadmořskou výšku.

Výpočet: Nadmořská výška řeky: 291 m n.m.
Max. výška hladiny při povodni 2010: 427 cm → tomu odpovídá vrstevnice „295“

Jako v předchozí simulaci, nyní následovalo vytvoření polygonu nástrojem *ArcToolbox*, opět výběrem *Data Management Tools – Features – Feature to Polygon*. Výsledkem byl polygon, definovaný jako samostatný shapefile, jenž jsem uložila do cílové složky pod názvem „Záplava 2017“. Ve výsledku vznikla vrstva, která schematicky znázorňuje potenciální vylití řeky v roce 2017. Podstatou je snížení hladiny řeky Jeřice vůči okolní krajině. Nově rozšířené, vyhloubené a zpevněné koryto je schopno pojmout více průtočné vody, která se při potenciální povodni nemusí vylít z koryta vodního toku. Výsledné schéma znázorňuje rozliv Q_{100} , který je reálný při nynějších protipovodňových opatřeních.

Obrázek 13: Schéma potenciální povodně v r. 2017



Zdroj: Databáze ArcČR500, vlastní zpracování. Vytvořeno v programu ArcMap.

9.3 Výsledky, soulad PPO s ÚP Chrastava

Při porovnání výsledku z programu ArcMap se stanoveným záplavovým územím z Povodňového portálu Libereckého kraje je zřejmé, že moje analýza poměrně odpovídá skutečnosti. Samozřejmostí je odchylka, která vznikla při výpočtech pro volbu vrstevnice a vykreslování vlastních vrstevnic.

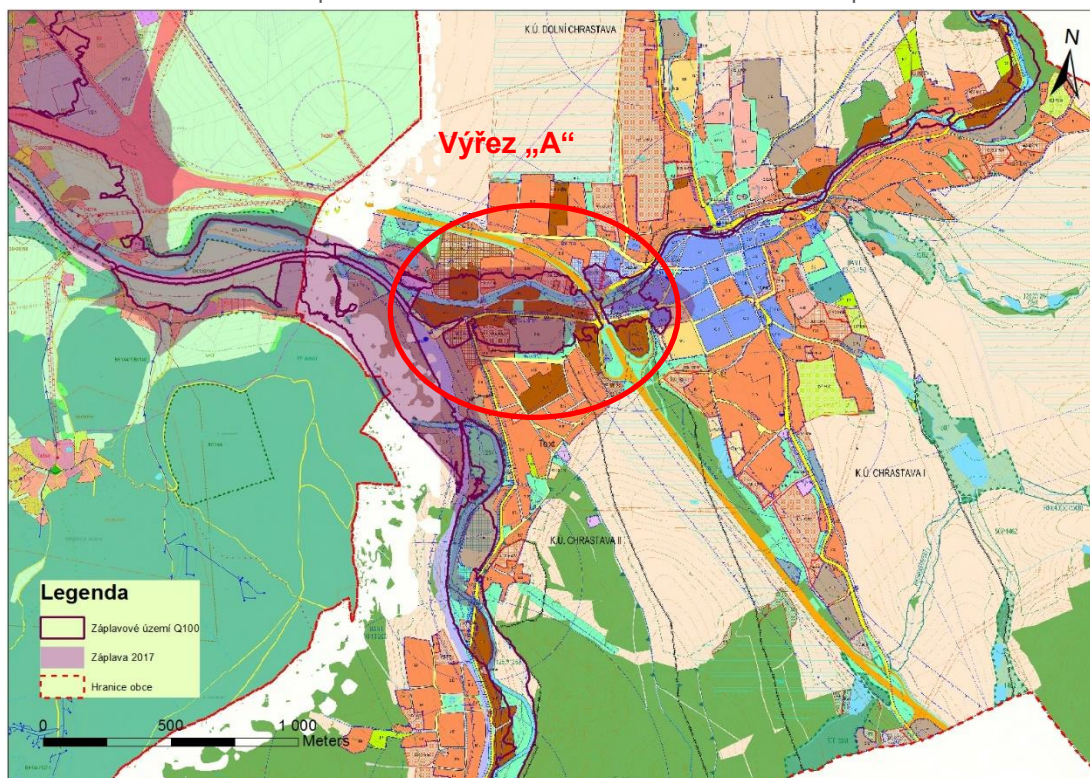
Nový územní plán obce Chrastava (2014) vymezuje záplavové území a aktivní zónu povodně na řece Jeřici dle provedených analýz a statistik Libereckého kraje. Výsledný zákres byl proveden do koordinačního výkresu územního plánu obce. Územní plán vymezuje záplavové území i v oblasti zastavitelného území, což znamená, že omezení v zástavbě vyplývá z požadavků na toto území a při přípravě projektové dokumentace je nutno prověřit individuální posouzení průtočného profilu vodního toku v daném místě. Při vypracování kontrétních návrhů výstavby je nutné brát v potaz reteční schopnost krajiny v daném místě, s čímž souvisí následné navýšování její retenceschopnosti, šetrné technické úpravy, zabránění povrchového odtoku či zpomalení řeky pro případ zvláštních povodní. Ačkoli je vymezené záplavové území poměrně široké, nenarušuje urbanistickou strukturu města.

Územní plán stanovuje území zvláštní povodně na celém toku řeky Jeřice pod vodním dílem Mlýnice a na toku Lužické Nisy pod vodním dílem Mšeno, zasahující do zastavěného území obce Chrastava. S ohledem na historické události urbanizovaného území se ÚP snaží najít plochy v nezastavěném území pro záměrný rozliv povodní. Avšak na území Chrastavy a Andělské hory se žádné nenacházejí, proto územní plán apeluje na maximální uvolnění koryta vodního toku od přebytečných překážek.

Vybudování nových protipatření (rozšíření koryta řeky, zpevnění jeho zdí, vyhloubení koryta a vymodelování do tvaru „U“) mají za následek, že během záplav dokáže vodní tok pojmout mnohem více protékající vody, než tomu bylo před povodní v roce 2010. V této době byly stěny koryta zkosené směrem do krajiny a neúměrně rozevřené, což odpovídalo přirozenému a nijak upravovanému stavu.

Konstatuji, že výsledek práce odpovídá skutečnosti vyjádřené příslušnými orgány územního plánování. Vybudovaná protipovodňová opatření pomáhají k lepšímu vypořádání se s vodou v době povodní a zamezují neúměrnému rozlivu vody v území. Obrázek níže znázorňuje záplavové území stoleté vody stanovené územním plánem obce a rozsah záplavy mnou vytvořené simulace. Z obrázku je zřejmé, jak jsem se již zmínila výše, že výsledek stanovených předpokladů pro potenciální povodeň v roce 2017 koresponduje s vyhlášeným inundačním územím při povodni o průtoku Q_{100} .

Obrázek 14: Schéma záplavového území stanoveného územním plánem



Zdroj: Územní plán města Chrastava vč. 11. Změny ÚP (2014), vlastní zpracování. Vytvořeno v programu ArcMap.

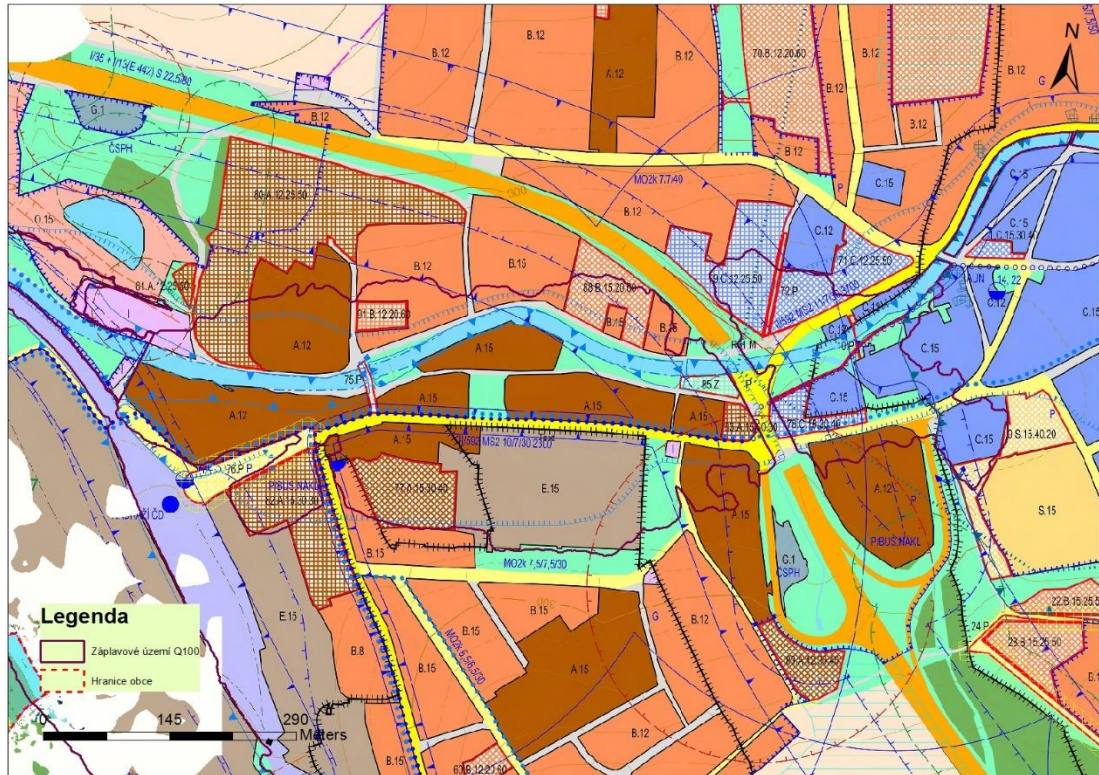
Obrázek níže představuje detailní zobrazení ve výřezu. Záplavové území stanovené územním plánem obce Chrastava zasahuje do území bydlení i výroby. Územní plán definuje plochy s rozdílným způsobem využití B12 a B15 vymežující území pro bydlení (oranžová barva), C15 a C12 vymežují plochy smíšené centrální (světle modrá), A15 plochy smíšených aktivit (hnědá) a E15 vymežují plochy pro výrobu a skladování (šedá barva). Takto stanovené záplavové území stoleté vody není bezpečné pro lidi žijící či pracující v této oblasti.

Ačkoli územní plán doporučuje respektovat stanovená záplavová území Lužické Nisy a Jeřice, není v něm zpřesněná ochrana těchto území. Ve stanoveném inundačním území platí pouze zákaz výstavby objektů a opatření, která by mohla zhoršit průtok povodňové vlny v jiné obci. Naopak je zde povolena výstavba pro potřeby rekreace, včetně cyklostezek a zahrádek. Rovněž je zde povolena výstavba objektů, které neomezí průchod velkých vod a jsou konstrukčně řešeny tak, aby nebyly potenciální záplavou ohroženy.

Z tohoto hlediska hodnotím reakci územního plánu Chrastavy jako neúměrnou ve smyslu žádoucí ochrany obyvatel a jeho majetku. Jelikož veškeré omezující podmínky pro výstavbu vyplývají z vodohospodářského souhlasu, je vymezení záplavového území v ÚP z mého pohledu pouze informativní – respektuje se zde pouze ochranné pásmo vodního toku, nikoli jeho potenciální nebezpečí. Rovněž nezastávám názor,

že by přiměřená ochrana v záplavovém území mohla narušit urbanistickou strukturu města při vodním toku.

Obrázek 15: Výřez „A“ – ulice Nádražní a Pobřežní



Zdroj: Územní plán města Chrastava vč. 11. Změny ÚP (2014), vlastní zpracování. Vytvořeno v programu ArcMap.

10 DISKUZE

K problematice ochrany obcí a měst před povodněmi se v České republice přistupuje jinak než v zahraničí. V dnešní době existuje velké množství obcí, které ještě nemají zpracované ani vymezení aktivní zóny záplavového území.

Využitím množství datových podkladů a dílčích analýz je možné rozdělit území do několika skupin dle příslušných parametrů. Příkladem může být povodňový plán francouzské Paříže. Tento plán definuje čtyři základní kategorie inundačního území, včetně příslušných regulativů. V aktivně průtočném území, potenciálně nejvíce ohroženém, platí přísný zákaz výstavby jakéhokoliv druhu objektů s výjimkou představující objekty vytvářející lepší průtočné vlastnosti vodního toku. Ve druhé, zelené zóně, platí rovněž zákaz výstavby, avšak toto území je prvotně vymezené pro rozliv rozvodněné řeky. Konkrétně zde byl zahrnut Bouloňský les a park Citroen. Ohrožená část města, označena modrou barvou, je regulována omezením výstavby pro bydlení pod nejvyšší stanovenou hladinou vody a uplatňují se zde předpisy pro použití konkrétních stavebních materiálů. Čtvrtá kategorie, fialově zónovaná, vyhrazuje určitý počet stavebních záměrů (MEDD, 2004)⁵.

Příkladem odlišného přístupu státu k územnímu plánování z legislativního hlediska je Velká Británie. Ochrana před povodněmi primárně náleží vlastníkovi pozemku či stavby a vláda není povinna chránit dané území či majetek před povodněmi. Striktní zákaz výstavby v záplavových územích je omezen na minimum a samotná odpovědnost ke snižování rizik záplav je dána do rukou developerů. Důraz je kladen na techniku a obsah zpracovaných koncepcí než například na samotné vymezení a umístování konkrétních veřejně prospěšných staveb a opatření. Naopak výše zmíněná Francie funguje poměrně centralizovaně. Prevenci rizik a následků po povodních přejímají správní orgány, které vytvářejí povodňové plány a s dotyčnými obcemi je pouze projednávají. Schválený povodňový plán se stává součástí územního plánu jako příloha a obce musí zcela přesně dodržovat stanovené předpisy a příslušná rozhodnutí o změnách využití území korigovat v souladu s povodňovým plánem.

⁵ Ministère d'écologie et du développement durable: Povodně. Informační brožura Ministerstva ekologie a udržitelného rozvoje v Paříži, 2004.

11 ZÁVĚR

Z historických souvislostí je známo, že povodně na Chrastavsku jsou poměrně častým problémem. V reakci na to se v Libereckém kraji od 19. století formuje snaha o ochranu obcí postihovaných záplavami, a to poměrně úspěšně. Za předpokladu vylití vody z koryta řeky v roce 2017 navrhovaná opatření sníží rozliv v území.

Každý stát Evropské unie přistupuje k metodice stanovení záplavových území a ochraně obyvatel a majetku jiným způsobem. V České republice je známo několik metod, jež jsou schopny vypočítat objem a rozsah rozlivu potenciální povodně a stanovit tak příslušné záplavové území v řešené obci. Vytvořením hydrologických simulačních modelů pomocí speciálně vytvořeného softwaru HEC lze na základě stanovení množství srážek vypočítat průtok povodně v daném bodě. Vždy se však bude jednat o průtok návrhový. Modelovým programem HYDROG lze využívat při modelaci povodně i informací o poldrech a vodních nádržích.

V mém případě jsem zvolila pro výpočet potenciální povodně model mnohem jednodušší, spíše schématický. Využila jsem prostředí GIS a programu ArcMap. Tento software nabízí efektivní využití prostorových dat a jejich jednoduchou aplikaci. Výsledkem mého snažení bylo vytvoření modelu potenciální záplavy v roce 2017, představující povodeň tzn. stoleté vody.

Výsledkem mnou provedených simulací a vyhodnocení protipovodňových opatření realizovaných na vodním toku po povodni v roce 2010 je zjištění, že realizovaná opatření pro ochranu obce před povodněmi jsou úměrná k charakteru řešeného území a odpovídají přiměřené ochraně urbanizovaného celku. Nově vybudovaná protipovodňová opatření jsou účinná a splňují „požadavky“ na ochranu obyvatel a území. Rozšíření koryta, jeho zpevnění a vybudování kamenných zdí v korytě umožňují vodnímu toku pojmout více protékající vody. Tím pádem se mnohem méně vody vylije do krajiny a zasáhne území obce. Povodeň zaplaví pouze území na východě obce Chrastava. Ohrožení na obyvatelích a majetku bude zde však minimální, jelikož se voda z řeky rozprostře do krajiny a mimo zastavěné území, a ohrožená bude pouze část „průmyslové zóny“ a několik domů.

Porovnáním potenciální povodně s povodní, která proběhla v roce 2010 lze konstatovat, že nynější vybudovaná protipovodňová opatření plní svoji funkci a zamezují přímému ohrožení centra obce, než tomu bylo právě v roce 2010. Dle mého názoru je moje bakalářské práce velkým přínosem, a to nejen pro sebe sama, ale i pro budoucí ochranu v obci Chrastava. Ačkoli se jedná pouze o rešerši popisující metodiku protipovodňové ochrany a dílčí analýzy včetně simulace, je velice pozitivní zjištění, že se obec snaží o postupnou realizaci opatření na vodním toku Jeřice prospěšných v rozsahu celého území a zejména v souladu s nadřazenou územně plánovací dokumentací. Řečeno s nadsázkou je tato metodika určena pro potřeby územního plánovače, nikoli zkušeného hydrologa.

12 ZDROJE

12.1 Literatura

Zákon č. 183/2006 Sb. o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon)

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

Zákon č. 258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů

Vyhláška MŽP č. 236/2002 Sb. o způsobu a rozsahu zpracování návrhu a stanovování záplavových území

Vyhláška MMR č. 500/2006 Sb. o územně analytických podkladech, územně plánovací dokumentaci a způsobu evidence územně plánovací činnosti

Ministere d'écologie et du développement durable: *Povodně. Informační brožura Ministerstva ekologie a udržitelného rozvoje v Paříži, 2004.*

Hydrologická ročenka České republiky: Hydrological yearbook of the Czech Republic. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 1993. ISBN 978-80-86690-95-7.

DAŇHELKA, Jan a Libor ELLEDER. *Vybrané kapitoly z historie povodní a hydrologické služby na území ČR.* Praha: Český hydrometeorologický ústav, 2012. ISBN 978-80-87577-12-7.

KENDER, Jan (ed.). *Voda v krajině: kniha o krajinnotvorných programech.* Praha: Consult, 2004. ISBN 80-902132-7-8.

LANGHAMMER, Jakub (ed.). *Povodně a změny v krajině.* Praha: Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, katedra fyzické geografie, 2007, 396 s. ISBN 978-80-86561-86-8.

LANGHAMMER, Jakub, ed. *Změny v krajině a povodňové riziko: sborník příspěvků ze semináře Povodně a změny v krajině: PŘF UK, Praha, 5.6.2007.* Praha: Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, 2007. ISBN 978-80-86561-87-5.

PENDER, G., 2011. *Flood risk science and management.* Hoboken, NJ: Wiley-Blackwell. ISBN 978-1-4051-8657-5.

JUST, Tomáš. *Vodohospodářské revitalizace a jejich uplatnění v ochraně před povodněmi.* Praha: Český svaz ochránců přírody, 2005, 359 s. ISBN 80-239-6351-1.

KONVIČKA, Miloslav. *Město a povodeň: strategie rozvoje měst po povodních.* Brno: ERA, 2002. ISBN 80-86517-38-1.

FLOROVÁ, Kamila, Helena KRÁLOVÁ. *Než nastanou deště/Jak nakládat s vodou v krajině*. Liberec: Náš kraj, 2014.

DAŇHELKA, Jan, Jan KUBÁT a Petr ŠERCL (eds.). *Povodně v České republice v roce 2010*. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 2012.

VYDRA, František. *Chrastava: kapitoly z historie města a jeho okolí*. Chrastava: Městský úřad, 1995.

VYDRA, František, 2010. Povodně z hlediska historie. *Bulletin Společnosti přátel historie města Chrastavy*. Chrastava: Společnost přátel historie města Chrastavy, 2010(No 187/11-2010), 1.

Mikroregion Hrádecko-Chrastavsko, *Povodně 2010: obnova regionu*, Liberec, 2014.

BEJČEK, Pavel, Libuše BUBENÍČKOVÁ, Roman ČERNÝ, et al., VINKLÁT, Pavel D. (ed.). *Voda blízko nás: povodeň na severu Čech 7. srpna 2010*. Liberec: Náš kraj, 2015.

KOVÁŘ, Milan. *Ochrana před povodněmi: řešení přirozených a zvláštních povodní*. Praha: Triton, 2004. ISBN 80-7254-499-3.

ČAMROVÁ, Lenka a Jiřina JÍLKOVÁ. *Povodně v území: institucionální a ekonomické souvislosti*. Praha: Eurolex Bohemia, 2006. Ekonomie (Eurolex Bohemia). ISBN 80-7379-000-9.

ČAMROVÁ, Lenka a kol. *Ochrana před povodněmi v urbanizovaných územích*. Praha: IREAS, Institut pro strukturální politiku, 2007. ISBN 978-80-86684-48-2.

NOVÁK, Pavel a Martin TOMEK. *Prevence a zmírňování následků přívalových povodní ve vztahu k působnosti obcí: certifikovaná metodika výsledků výzkumu, vývoje a inovací*. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2015. ISBN 978-80-87361-44-3.

VYDRA, František. *Povodně z hlediska historie. Bulletin Společnosti přátel historie města Chrastavy*. Chrastava: Společnost přátel historie města Chrastavy, 2010, 2010 (187/11), 1.

SKLENIČKA, Petr. *Základy krajinného plánování*. Vyd. 2. Praha: Naděžda Skleničková, 2003. ISBN 80-903206-1-9.

KOLEKTIV ústavu územního rozvoje Brno a OÚP Ministerstva pro místní rozvoj: *Protipovodňová ochrana v územních plánech obcí*, Brno, 1999

GABRIEL, P.; NACHÁZEL, K. *Povodně ohrožují životy a stavby. Inženýrská komora*, roč. 1997, 27-39.

12.2 Internetové zdroje

Prezentace a výuka, 2008. *Český hydrometeorologický ústav* [online]. Praha: Praha [cit. 2017-04-01]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/informace-pro-vas/prezentace-a-vyuka>

Český národní výbor pro hydrologii: Vybrané materiály z výstavy Voda a vzduch kolem nás [online], 2014. Praha: Český národní výbor pro hydrologii [cit. 2017-04-01]. Dostupné z: <http://cnvh.cz/index.php/vyukove-materialy/113-vybrane-materialy-z-vystavy-voda-a-vzduch-kolem-nas>

Archivní mapy: Prohlížení archiválií Ústředního archivu zeměměřictví a katastru [online], 2006. Praha: Český úřad zeměměřický a katastrální [cit. 2017-04-01]. Dostupné z: http://archivnimapy.cuzk.cz/index_temp_15.html

Povodňový portál Libereckého kraje: informační nástroj pro podporu povodňové ochrany v kraji [online], 2017. Liberec [cit. 2017-04-01]. Dostupné z: <http://maps.kraj-lbc.cz/mapserv/dpp/>

Mapový portál Města Liberce: Všeobecná datová sada [online], 2015. Liberec: Statutární město Liberec [cit. 2017-04-01]. Dostupné z: <http://marushkapub.liberec.cz/>

BURIÁNOVÁ, Jana, 2013. *Dokončení obnovy vodního toku Jeřice v Chrastavě: „Jeřice, Chrastava, obnova vodního toku, ř. km 0,00 - 3,45“*. In: Povodí Labe [online]. Hradec Králové: Povodí Labe – státní podnik [cit. 2017-03-12]. Dostupné z: http://www.pla.cz/planet/webportal/internet/cs/dokumenty/dokonceni-obnovy-vodniho-toku-jerice-v-chrastave_2924.html

PEREZ, Sergio, 2012. GIS for Water and Environmental Management: Calculating the volume and surface of a reservoir using ArcGIS. In: *GIS for Water and Environmental Management: Calculating the volume and surface of a reservoir using ArcGIS* [online]. WordPress [cit. 2017-04-01]. Dostupné z: <https://watergis.wordpress.com/2012/09/30/calculating-the-volume-and-surface-of-a-reservoir-using-arcgis/>

13 SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1 Hydrologická analýza
- Příloha 2 Schéma rozlivu při záplavě Q_{100}
- Příloha 3 Schéma škod a ohrožení v zastavěném území
- Příloha 4 Porovnání záplavy v roce 2010 a potenciální záplavy v roce 2017
- Příloha 5 Záplavové území