

**UNIVERZITA PARDUBICE  
FAKULTA EKONOMICKO-SPRÁVNÍ**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**2010**

**Tomáš Cabrnoch**

**Univerzita Pardubice**  
**Fakulta ekonomicko-správní**

**Rizika povodní a protipovodňová opatření**

**Tomáš Cabrnch**

**Bakalářská práce**  
**2010**

Univerzita Pardubice  
Fakulta ekonomicko-správní  
Ústav ekonomiky a managementu  
Akademický rok: 2009/2010

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Tomáš CABRNOCH**

Studijní program: **B6208 Ekonomika a management**

Studijní obor: **Management podniku - Management malých a středních podniků**

Název tématu: **Rizika povodní a protipovodňová opatření**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

- Obecné pojmy - povodeň, rizika povodní, zátopové oblasti, ochrana obyvatelstva a majetku
- Analýza rizik povodní
- Ekonomický dopad povodní
- Ochrana měst proti povodním

Rozsah grafických prací: -  
Rozsah pracovní zprávy: cca 30 stran  
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

CONSTANZA, Robert, JORGENSEN, Sven Erik. Understanding and solving environmental problems in the 21st century : toward new, integrated hard problem science. Oxford : Oxford : Elsevier. 2002. 324 s. ISBN 0-08-044111-4.

ČAMRDOVÁ, Lenka, JÍLKOVÁ, Jiřina. Povodně v území : institucionální a ekonomické souvislosti. 1. vyd. Praha : Vydavatel Eurolex Bohe-mia. 2006. 172 s. ISBN 80-7379-000-9.

JANATA, Jiří, et al. Povodně v českých zemích. Praha : Profesional pu-blishing. 2007. 146 s. ISBN 978-80-86946-39-9.

KONVIČKA, Miloslav. Město a povodeň : strategie rozvoje měst po po-vodních.

Šlapanice: ERA. 2001. 219 s. ISBN: 80-86517-38-1.

KUKAL, Zdeněk. Přírodní katastrofy. Brno: Horizont. Vyd. 2. 1983. 264 s. ISBN 40-023-83.

ROUDNÝ, Radim. Krizový management I : ochrana obyvatelstva, mi-mořádné události. Pardubice : Univerzita Pardubice. Vyd. 1. 2005. 97 s. ISBN 80-7194-674-5.

TNV 75 2931 Povodňové plány : odvětvová technická norma vodního hos-podářství. Věstník a Zpravodaj MŽP. 2001. č. 4. 31 s.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Radim Roudný, CSc.**  
Ústav ekonomiky a managementu

Datum zadání bakalářské práce: **22. června 2009**

Termín odevzdání bakalářské práce: **30. dubna 2010**

doc. Ing. et Ing. Renáta Myšková, Ph.D.

děkanka

L.S.

Ing. Marcela Kožená, Ph.D.

vedoucí ústavu

V Pardubicích dne 22. června 2009

## **Prohlašuji:**

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 7. 2. 2010

Tomáš Cabrnch

## **Poděkování:**

Tímto vyjadřuji poděkování vedoucímu své bakalářské práce doc. Ing. Radimu Roudnému, CSc., za cenné připomínky a rady k obsahu práce. Dále bych chtěl poděkovat mému strýci Ing. Jiřímu Cabrnochovi, CSc., za poskytnuté materiály, které byly využity při zpracování bakalářské práce a jsou uvedeny v seznamu literatury.

**Anotace:**

Tato práce vymezuje hlavní teoretické pojmy na téma povodeň, čtenář je seznámen s krizovými situacemi a také s doporučeným postupem evakuace při povodni. Dále se práce zabývá ochranou měst a obyvatelstva před hrozbou povodně a také analyzuje rizika povodní se záměrem o odhad vývoje těchto rizik v budoucnosti a jejich dopadů. Závěrečná část práce obsahuje již konkrétnější výpočty a závěry k daným výsledkům. V práci je také množství grafů, tabulek a obrázků pro lepší představu a pochopení tématu.

**Klíčová slova:**

Povodeň, stupně povodňové aktivity, záplavová území, N-letá voda, vodní dílo, ochrana, riziko, opatření

**Počet stran:** 62

**Title (english):** Risks of the floods and their precautions

**Annotation:**

This thesis defines the main teoretic notions of floods, reader is informed about potential crisis and how to evacuate and what to do. It deals with protection of towns and citizens over the threat of floods and also analyses risks of floods with study about development of this risks in the future and their impacts. Concrete calculation and conclusion is mentioned at the end of this thesis. Reader can also find lots of charts, tables and Picture for better orientation and understanding the topic of thesis.

**Keywords:**

Flood, floods activity degrese, flood teritory, N-year flood, hydro-electric plant, protection, risk, precaution

**Number of pages: 62**

## Obsah

Úvod.....	9
1. Obecné přístupy k povodním.....	11
1.1 Vymezení základních pojmů .....	11
1.1.1 Povodeň .....	11
1.1.2 Stupně povodňové aktivity .....	13
Vyhlašování SPA.....	14
1.1.3 Záplavová území.....	14
1.1.4 N-letá voda.....	15
1.1.5 Vodní dílo .....	16
1.2 Základní fakta .....	16
1.3 Zásady ochrany měst ohrožených povodněmi.....	20
1.3.1 Základní výchozí údaje.....	20
1.3.2 Určení záplavového území.....	20
1.3.3 Protipovodňová opatření.....	21
1.4 Příklady protipovodňových opatření v Evropě.....	24
Ochrana Benátek.....	24
1.5 Ochrana před povodněmi v České republice .....	25
1.5.1 Zásady chování obyvatelstva při povodni .....	27
1.5.2 Uvědomění obyvatel v případě ohrožení povodní.....	28
1.5.3 Evakuační zavazadlo.....	29
2. Povodně v Praze.....	32
2.1 Charakteristika hlavního města Praha.....	32
2.2 Protipovodňová ochrana Prahy .....	33
2.2.1 První etapa E 01 - Staré Město a Josefov .....	35
2.2.2 Druhá etapa E 02 - Malá Strana a Kampa .....	36
2.2.3 Třetí etapa E 03 – Karlín a Libeň .....	37



2.2.4	Čtvrtá etapa E 04 - Holešovice, Stromovka.....	38
2.2.5	Pátá etapa E 05 - Výtoň, Podolí, Smíchov.....	39
2.2.6	Šestá etapa E 06 - Zbraslav, Radotín .....	40
2.2.7	Sedmá etapa E 07 – Trója.....	41
2.2.8	Osmá etapa E 08 – Modřany.....	42
2.3	Analýza průtoků vody.....	43
2.3.1	Teorie k výpočtu .....	44
2.3.2	Postup výpočtu.....	45
2.3.3	Zhodnocení výsledku.....	47
2.4	Ekonomické dopady povodně.....	48
2.4.1	Teorie k výpočtu .....	49
2.4.2	Postup výpočtu.....	49
2.4.3	Zhodnocení výsledku.....	50
2.5	Analýza účinnosti protipovodňových opatření .....	50
2.5.1	Analýza spolehlivosti ve vybraných oblastech.....	51
3.	Závěr .....	58
	Seznam literatury	
	Seznam obrázků, grafů a tabulek	

## Úvod

Lidstvo je již od počátku své existence vystaveno přírodním vlivům, které nedokáže ovlivnit (např. zemětřesení, povodně, sesuvy půdy, cyklony atd.), ale muselo se s těmito jevy naučit bojovat a vyrovnat se s nimi. Naši předkové v daleké minulosti měli situaci určitě složitější, mnohdy ani nevěděli, odkud se tyto pohromy berou a jak s nimi bojovat. Až současný vývoj vědy a stupeň poznání nám již odhaluje příčiny většiny katastrof, a proto jsme schopni většině z nich zabránit nebo včas před nimi varovat obyvatelstvo.

Podle statistických výzkumů jsou největší hrozbou pro lidstvo přírodní pohromy, obzvláště povodně, které v posledních letech dosáhly extrémních hodnot. Důkazem toho je i narůstající počet obětí těchto katastrof, který se značně zvýšil v posledních dvaceti letech. Velká voda znamená pro lidstvo také velké ekonomické ztráty jak na majetku lidí, tak na infrastruktuře i na škodách vzniklých zaplavením zemědělské půdy.

Problematika výskytu povodní, jejich následků a ochrany proti nim, mě natolik zaujala, že jsem se rozhodl zpracovat bakalářskou práci na téma *“Rizika povodní a protipovodňová opatření”*. Zaujaly mě povodně v roce 2002, které za sebou zanechaly velké škody. Jedním z nejvíce postižených míst bylo i naše hlavní město Praha. O průběhu povodní v Praze, škodách způsobených povodní i následných opatřeních bylo mnoho publikováno. Využil jsem také možnosti, že můj strýc Ing. Jiří Cabrnok, CSc. v této problematice pracuje a mohl mi poskytnout další cenné informace a rady.

V úvodní části své práce blíže specifikuji základní obecné pojmy, které se týkají tématu povodní a úzce s nim souvisejí. V dalších částech práce se zabývám zásadami ochrany měst a jejich obyvatelstva před povodněmi. Věnuji se též ekonomické stránce dopadu povodní v Praze a ochrany města proti povodni. V práci jsou použity metody literárního průzkumu, vyhodnocení historických záznamů a zpracování informací získaných z internetu. Z těchto údajů poté deduktivní metodou vyvozují své závěry. Pro vyhodnocení tendence výskytu povodní jsem použil statistické metody. Seznam literatury, z které bylo čerpáno je uveden v závěrečné části práce.

Prvním cílem práce je obecný popis problematiky povodní, dále bližší popis řešení protipovodňové ochrany hlavního města Prahy. Dalším cílem je analýza kulminačního průtoku na Vltavě v čase a neposledním cílem práce je analýza rizika a ekonomického dopadu povodní.

## 1. Obecné přístupy k povodním

Voda byla již od samého počátku stvoření naší planety činitelem, který zasahoval do života lidí více, než kterýkoliv jiný. Není tomu tak jen proto, že člověk potřebuje vypít denně průměrně tři litry vody, a bez vody umírá on i ostatní živočichové po několika dnech. Voda je ale i živel, který může způsobit při povodních smrt až desetitisíců lidí, a naopak při jejím nedostatku se mohou dříve úrodné a prosperující kraje a území proměnit v poušť. Obrovské škody může voda způsobit na ztrátě lidského života, tak i na ekologické stránce a v neposlední řadě také může poškodit nebo totálně zdevastovat majetky lidí.

V poslední době neustále slýcháme z medií zprávy, které nás informují o výskytu přírodních katastrof a pohrom. Většina odborníků na klima se shoduje, že za tyto pohromy může neustále měnící se klima naší planety. Za prudký nárůst těchto změn může z větší části lidstvo samo, protože jsou tyto změny spojovány hlavně s činností člověka. Na změnách klimatu se také podílí geologické procesy, kterými si naše planeta Země prošla během svého vývoje od samého počátku a stále jimi prochází.

V důsledku klimatických změn dochází a bude docházet k nárůstu srážek v mírném pásu a toto povede samozřejmě i k vzniku povodní. Řeky se můžou vylévat ze svých koryt, postupná vlna vody bude zaplňovat kapacity přehrad a může vést až k jejich protržení. Při protržení přehrady se voda povalí do měst a obcí a může zanechat katastrofální následky jak na majetku, tak na životech lidí.

### 1.1 Vymezení základních pojmů

#### 1.1.1 Povodeň

*„Povodní se rozumí přechodné výrazné stoupnutí hladiny vodního toku, při němž hrozí vylití vody z koryta nebo při němž se voda z koryta vylévá a může způsobit škody, to platí přiměřeně i při výskytu vnitřních vod, chodu ledů a při ohrožení bezpečnosti nebo stability vodohospodářského díla. Povodně jsou výrazně náhodným jevem. Povodně mají nepříznivé*

*až katastrofální následky ekonomické i mimoekonomické. Proto patří ochrana před nimi mezi prvořadé úkoly vodohospodářů a mezi důležité povinnosti státu a samosprávy. “<sup>1</sup>*

Povodně jsou způsobeny zejména přírodními jevy, obzvláště táním nadměrného množství sněhu, vydatnými dešťovými srážkami nebo pohybem ledových ker. Tyto jevy jsou označovány termínem **přírozené povodně**. Dále jsou definovány **zvláštní povodně**, které jsou většinou způsobeny jinými vlivy, zvláště poruchami vodních děl, vytvořených člověkem. Jsou to například protržení hrází, havárie přehrad, havárie velkých vodovodních potrubí. Může se jednat též o nevhodné a opožděné řešení krizových situací na vodním díle, jako tomu bylo například na Slapské kaskádě v roce 2002.

Povodeň začíná, podle zákona č. 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů v § 64, „*vyhlášením druhého nebo třetího stupně povodňové aktivity (viz. 1.1.2) a končí odvoláním třetího stupně povodňové aktivity, není-li v době odvolání třetího stupně povodňové aktivity vyhlášen druhý stupeň povodňové aktivity. V tom případě končí povodeň odvoláním druhého stupně povodňové aktivity. Povodní je rovněž situace, při níž nebyl vyhlášen druhý nebo třetí stupeň povodňové aktivity, ale stav nebo průtok vody v příslušném profilu nebo srážka dosáhla směrodatné úrovně pro některý z těchto stupňů povodňové aktivity podle povodňového plánu příslušného územního celku. Pochybnosti o tom, zda v určitém území a v určitém čase byla povodeň, rozhoduje, je-li splněna některá z těchto podmínek, vodoprávní úřad. “.*

Za hrozbu povodně jsou považovány následující situace:

- a) dosažení nebo překročení limitu stavu vody, který je stanoven, nebo průtoku vody v m<sup>3</sup>/hod na vodním toku a jeho stoupající tendenci,
- b) déletrvající vydatné dešťové srážky, popřípadě prognóza dalších intenzivních srážek, očekávané náhlé tání sněhu, nebezpečí chodu ledů nebo při vzniku ledových bariér a jejich nahromadění,
- c) vznik mimořádné situace na vodním díle, kdy hrozí nebezpečí poruchy nebo havárie tohoto díla.

---

<sup>1</sup> VOTRUBA, Ladislav, HEŘMAN, Jiří. *Spolehlivost vodohospodářských děl*. Praha: Brázda: Česká matice technická, 1993. 488 s. ISBN 80-209-0251-1. s. 236

### 1.1.2 Stupně povodňové aktivity

Stupně povodňové aktivity (SPA) můžeme definovat jako určitou míru povodňového nebezpečí. Tyto stupně jsou vázány na směrodatné limity, kterými jsou vodní stavy nebo průtoky na jednotlivých tocích. Také se mohou stahovat na mezní nebo kritické hodnoty jiného jevu, které jsou uvedeny v příslušném povodňovém plánu (denní úhrn srážek, hladina vody v nádrži, vznik ledových bariér, atd.). U povodní také stupně povodňové aktivity vyjadřují změnu a míru povodňového nebezpečí na vodním díle a území pod ním.

Rozsahy opatření, které jsou prováděny při ochraně před povodněmi jsou řízeny nebezpečím a vývojem povodňové situace, kterou popisujeme pomocí třech základních stupňů povodňové aktivity:

a) **první stupeň (stav bdělosti)** se vyhláší při hrozbě přirozené povodně a zanikne, pomínou-li příčiny tohoto nebezpečí. Vyžaduje věnovat zvýšenou pozornost vodnímu toku nebo jinému zdroji povodňového nebezpečí. Při vyhlášení prvního stupně povodňového nebezpečí také musíme zahájit pozorování vodního toku a hlásit změny hladiny vody a případný růst. Jsou vyrozuměny povodňové komise, které jsou ve spojení (v pohotovosti). Na vodních dílech nastává tato hrozba při dosažení mezních hodnot sledovaných jevů a skutečností z hlediska bezpečnosti vodního díla nebo také když zjistíme mimořádné okolností, které by mohly vést ke vzniku zvláštní povodně,

b) **druhý stupeň (stav pohotovosti)** nastává v případě, že nebezpečí přirozené povodně přerůstá v povodeň. Vyhláší se také při překročení mezních hodnot sledovaných jevů a skutečností z hlediska bezpečnosti na vodním díle. Při této situaci je velice důležitá aktivizace povodňových orgánů a dalších účastníků ochrany před povodněmi, dále je třeba uvést do pohotovosti prostředky na zabezpečovací práce, provádějí se opatření ke zmírnění průběhu povodně podle povodňového plánu,

c) **třetí stupeň (stav ohrožení)** je vyhlášován při nebezpečí vzniku škod většího rozsahu, jako například ohrožení životů a majetku v záplavovém území. Vyhláší se také při dosažení nebo překročení kritických hodnot sledovaných jevů a skutečností na vodním díle z hlediska jeho bezpečnosti. Zahajují se nouzová opatření, provádějí se

zabezpečovací práce. V nejkrajnějších případech i záchranné práce nebo evakuace obyvatelstva (domácích zvířat).

## **Vyhlašování SPA**

Vyhlašování SPA je rozebráno v zákoně č. 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů. Tento zákon v § 70 popisuje vyhlašování SPA takto: *„Druhý a třetí stupeň povodňové aktivity vyhláší a odvolávají ve svém územním obvodu povodňové orgány. Podkladem je dosažení nebo předpověď dosažení směrodatného limitu hladin nebo průtoků stanovených v povodňových plánech, zpráva předpovědní nebo hlásné povodňové služby, doporučení správce vodního toku, oznámení vlastníka vodního díla, případně další skutečnosti charakterizující míru povodňového nebezpečí. O vyhlášení a odvolání povodňové aktivity je povodňový orgán povinen informovat subjekty uvedené v povodňovém plánu a vyšší povodňový orgán. Směrodatné limity vodních stavů pro vyhlašování stupňů povodňové aktivity jsou obsaženy v povodňových plánech.“*

Povodňovými plány rozumíme dokumenty, ve kterých se nachází způsob zajištění včasných a spolehlivých informací o vývoji povodní, dále možnost ovlivnění odtoků, organizace zabezpečovacích prací a také včasnou aktivizaci příslušných povodňových orgánů, organizace hlásné a hlídkové služby a ochrana objektů. Dále také obsahují organizaci záchranných prací a zajištění povodní narušených základních funkcí v objektech a v území a také stanovené směrodatné limity stupňů povodňové aktivity.

### **1.1.3 Záplavová území**

Pojem záplavové území je definován v zákoně č. 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon). Tento zákon v § 66 říká, že *„Záplavová území jsou administrativně určená území, která mohou být při výskytu přirozené povodně zaplavena vodou. Jejich rozsah je povinen stanovit na návrh správce vodního toku vodoprávní úřad. Vodoprávní úřad může uložit správci vodního toku povinnost zpracovat a předložit takový návrh v souladu s plány hlavních povodí a s plány oblastí povodí. V zastavěných územích, v zastavitelných plochách podle územně plánovací dokumentace, případně podle potřeby v*

*dalších územích, vymezí vodoprávní úřad na návrh správce vodního toku aktivní zónu záplavového území podle nebezpečnosti povodňových průtoků.“. Způsob a rozsah zpracování těchto návrhů a stanovení záplavových území stanovuje Ministerstvo životního prostředí. Dále podle výše uvedeného zákona „Pokud záplavová území nejsou určena, mohou vodoprávní a stavební úřady a orgány územního plánování při své činnosti vycházet zejména z dostupných podkladů správců povodí a správců vodních toků o pravděpodobné hranici území ohroženého povodněmi. Ministerstvo životního prostředí podle podkladů správců vodních toků zajišťuje vedení dokumentace o stanovených záplavových územích na území České republiky a zabezpečuje jejich evidenci v informačním systému veřejné správy.“.*

#### **1.1.4 N-letá 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. 100-letá povodeň je taková povodeň, jejíž kulminační průtok  $Q$  je v dlouhodobém průměru dosažen nebo překročen 1 krát za 100 let. Jde o statistickou charakteristiku, nikoli predikční. Tudíž neplatí, že v případě výskytu 100-leté povodně se další povodeň této velikosti či vyšší vyskytne až za 100 let. Reciproční hodnotou doby opakování je periodičita. Průměrná periodičita 100-leté povodně je  $p = 0,01$ . To znamená, že průtok této velikosti nebo větší má pravděpodobnost výskytu 1% v každém běžném roce (tedy i v roce následujícím po předchozí 100-leté povodni).*

Naopak není vůbec jisté, že se 100-letá povodeň během období dlouhého 100 let vůbec vyskytne. Z používané metodiky výpočtu vyplývá, že 100-letá nebo vyšší povodeň se teoreticky vyskytne za období dlouhé 100 let s pravděpodobností 63,4 %, za období 200 let s pravděpodobností 86,6 % a až za období 500 let s pravděpodobností 99,3 %.“<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> Český hydrometeorologický ústav [online]. 2006 [cit. 2010-02-12]. Předběžná souhrnná zpráva o hydrometeorologické situaci v srpnu 2002. Dostupné z WWW: <[http://www.chmi.cz/hydro/pov02/100\\_voda.htm](http://www.chmi.cz/hydro/pov02/100_voda.htm)>.



### 1.1.5 Vodní dílo

Definici tohoto pojmu nalezneme v zákoně č. 254/2001 Sb., o vodách, podle něhož jsou v § 55 za vodní díla považovány „stavby, které slouží ke vzdouvání a zadržování vod, umělému usměrňování odtokového režimu povrchových vod, k ochraně a užívání vod, k nakládání s vodami, ochraně před škodlivými účinky vod, k úpravě vodních poměrů nebo k jiným účelům sledovaným tímto zákonem. Těmito stavbami mohou být:

- a) přehrady, hráze, vodní nádrže, jezy a zdrže,
- b) stavby, jimiž se upravují, mění nebo zřizují koryta vodních toků,
- c) stavby vodovodních řadů a vodárenských objektů vč. úpraven vody, kanalizačních stok, kanalizačních objektů, čistíren odpadních vod, jakož i stavby i čištění odpadních vod před jejich vypouštěním do kanalizací,
- d) stavby na ochranu před povodněmi a další stavby. “

## 1.2 Základní fakta

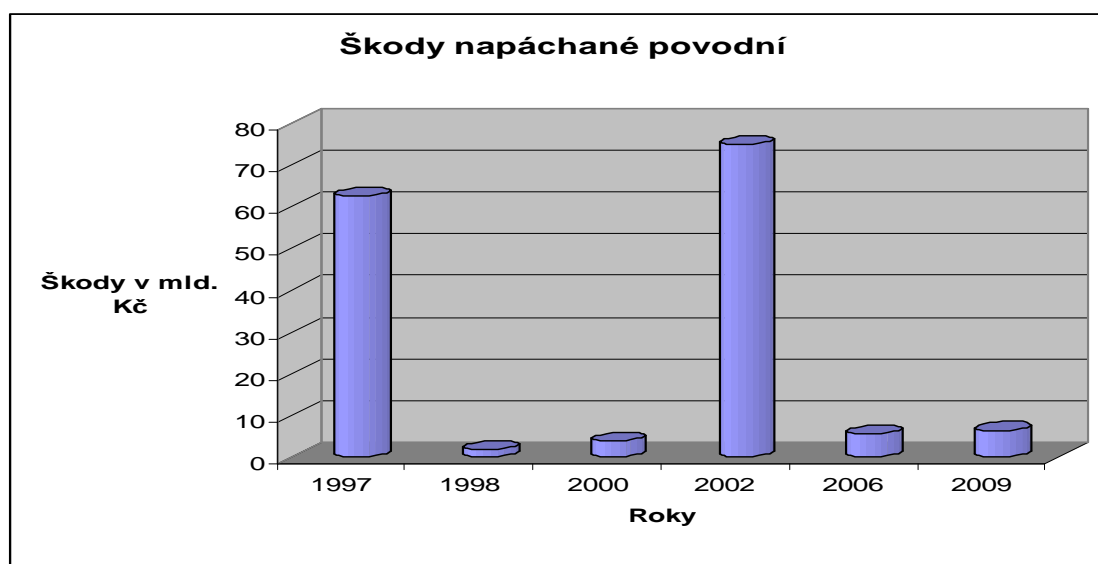
V dřívější minulosti bývaly povodně velkého rozsahu. Jsou známa například data, kdy byl v Praze v důsledku velké vody stržen Karlův most. V ulicích Starého Města v Praze jsou na některých místech označeny úrovně hladiny Vltavy, které dosahují až čtyř metrů, s vyznačením data povodně. V důsledku výše uvedeného faktu, tedy relativní absence povodňových situací ve druhé polovině 20. století, byla předběžná opatrnost před výskytem povodní po celé roky zanedbávána. Lidé a samosprávy měst a obcí také zanedbávali potřebnou opatrnost před výskytem povodní a také velice podceňovali preventivní opatření proti výskytu povodní. Zároveň ale pokračoval masivní rozvoj měst a obcí podél vodních toků. Většinou lidé nebyli seznámeni s povodňovou situací okolo těchto měst a obcí a s povodňovými plány, zátopovými oblastmi a jejich charakteristikami, které s tímto přímo souvisí. V důsledku této nedbalosti se potenciální ohrožení majetku, riziko a rozsah možných povodňových škod nadále zvyšovalo. Potencionální rozsah škod byl navíc posílen technickým rozvojem a vybaveností domácností a výrobních technologií infrastruktury.

Zpracování, které navrhuje a blíže popisuje ochranu měst před povodněmi je požadováno v rámci zpracování územních plánů a je pevně zakotveno v legislativě územního plánování podle zákona č. 183/2006, o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon). Je zde popsán požadavek na řešení protipovodňové ochrany území v územních plánech obcí z hlediska dopadu povodní a jejich vlivu na území, na sídla a na urbanistickou strukturu tohoto území. Povodňová opatření však mají většinou dlouhodobý realizační horizont, který se značně rozchází se spíše střednědobým charakterem měst a obcí. Vzhledem k tomuto faktu je třeba, aby byly návrhy ochrany měst před povodněmi součástí nejen územního plánu obcí, ale také strategií rozvoje města. Její součástí by také měl být strategický plán rozdělení na etapy, který obsahuje zásady a kritéria pro taktické vybrání způsobu, postupu a v neposlední řadě také ke koordinované povodňové ochraně na všech územně plánovacích úrovních.

Historické přístupy k ochraně před povodněmi, většinou tvořením hrází na vodních tocích na území obcí a měst, často omezily původní rozlivy vody. Toto se negativně projevilo na průběhu povodní v řadě západoevropských měst v první polovině devadesátých let minulého století.

Kromě toho navíc dlouhodobě nezátížené zemní hráze kvůli extrémnímu zatopení následkem hydraulických sil toku vody na mnoha místech nevydržely a způsobily druhotné záplavy v místech, odkud i po opadnutí povodňové vlny voda neodtekla a byla příčinou znásobení majetkových škod. V posledních desetiletích 20. století a na začátku 21. století se na evropském kontinentě, kde situaci sledujeme, a tedy též v České republice, vyskytují extrémní povodňové situace, které nebyly v průběhu předchozích desetiletích vůbec zaznamenány. Tyto povodně měly také mnohdy katastrofální následky.

Orientační rozsahy škod na majetku ve specifikovaných rocích popisuje graf č.1.

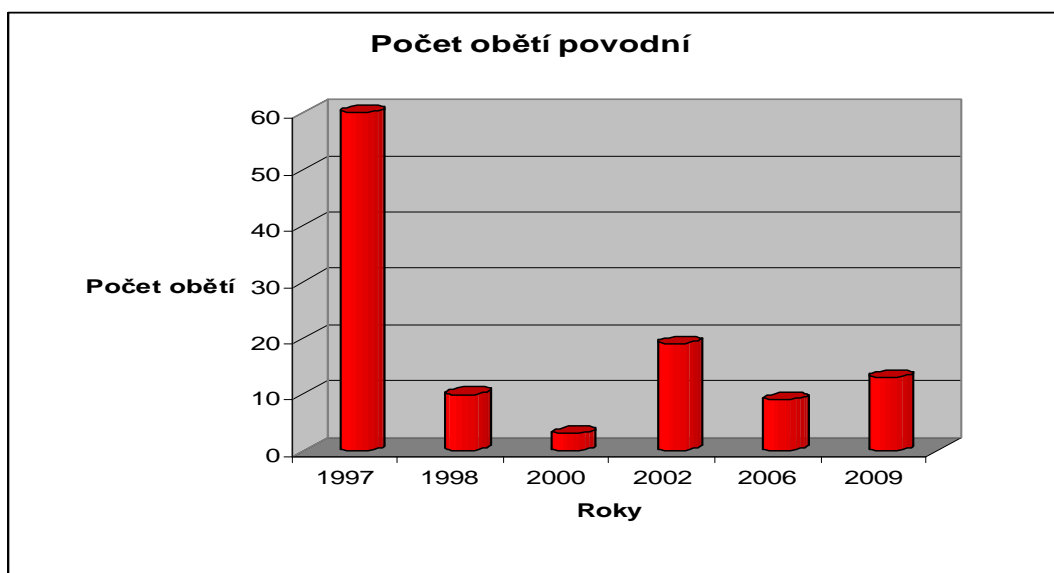


**Graf 1: Škody na majetku při největších povodních v letech 1997-2009**

Zdroj: upraveno podle: Výskyt povodňových situací v České republice. *Vodní toky 2003 Protipovodňová ochrana obcí*. Hradec Králové: VRV, 2003. s. 228.

Z grafu č. 1 je vidět, že největší škody byly napáchány při povodních v letech 1997 a 2002. Tyto škody jsou odhadovány, na cca 75 mld. Kč v roce 2002 a 63 mld. Kč v roce 1997. Povodeň v roce 2002 byla označována dokonce jako *“pětisetletá voda”*. Naopak v roce 1998 dosáhly škody *“pouze”* 2 mld. Kč, což je ve srovnání s lety 1997 a 2002 zanedbatelné číslo.

Ztráty na životech při těchto povodních jsou zobrazeny na grafu č.2.



**Graf 2: Počty obětí největších povodní v letech 1997-2009**

Zdroj: upraveno podle: Výskyt povodňových situací v České republice. *Vodní toky 2003 Protipovodňová ochrana obcí*. Hradec Králové: VRV, 2003. s. 228.

Z grafu č. 2 je zřejmé, že při první velké povodni v roce 1997 bylo lidských obětí relativně mnoho (60). Lze to přičíst i tomu, že v té době nebyla protipovodňová opatření ještě na patřičné úrovni a v dostatečném rozsahu.

Průběh povodní i zjištěné katastrofální následky vedly v posledních deseti letech k výraznému posunu názorů. Rychlá změna koncepce v kulturně využívaném prostoru Evropy je ovšem obtížná a v mnohých oblastech dokonce nerealizovatelná. To se týká hlavně kopcovitého terénu s úzkými údolními v horních částech vodních toků. To je charakteristické především pro území České republiky, které je známo výskytem čtyř velkých evropských řek - Labe, Odry, Vltavy a Moravy. V údolích těchto řek došlo k rozvoji osídlení, které souvisí s nezbytnou potřebou vody jako podmínky ekonomického rozvoje a života. V takovýchto podmínkách je prostor k rozlivům řek minimální, navíc povodňové situace vznikají velmi rychle po atmosférických srážkách, což je velmi

nebezpečné vzhledem k minimální době pro varování obyvatelstva. Změny ve využívání krajiny i způsobu hospodaření ovlivnily odtokové poměry v povodích jednotlivých vodních toků a řada odborníků se domnívá, že úpravou zemědělského hospodaření a změnou využívání krajiny lze omezit povodňové situace. Extrémní povodně opakované v úseku 50-100 let však tato opatření sníží asi o 10%. V minulosti, kdy krajina nebyla zdaleka tak rozsáhle zasažena lidskou aktivitou, se vyskytly rovněž povodně dosahující velikosti zaznamenané v posledních letech. Nelze ovšem vyloučit, že historicky zaznamenané povodně by mohly mít ještě větší následky v případě tak silného využití krajiny, k němuž dochází do dnešní doby. Proto jsou také velice důležitá opatření, která zvýší členitost území, a podpoří retenci vody v půdním profilu. Toto zmírní škody na povodních ilepší naše životní prostředí.

### **1.3 Zásady ochrany měst ohrožených povodněmi**

#### **1.3.1 Základní výchozí údaje**

*„Města ohrožená povodněmi by měla provést komplexní analýzu důvodů a příčin, které měly vliv na průběh povodně a podílely se na výši škod a dalších negativních dopadech na městský organismus. Analýza by měla obsahovat zhodnocení přírodních, územně technických a urbanistických podmínek, historie povodní v daném regionu a společensko-ekonomických aspektů. Dále by měla identifikovat kritické prvky území, přírodní a technické překážky odtoku, identifikovat příčiny, průběh a důsledky povodně.“<sup>3</sup>*

V této analýze by dále nemělo chybět ani zhodnocení účinnosti ochranných opatření, rozbor dopadu povodně na město a jeho okolí.

#### **1.3.2 Určení záplavového území**

Stanovení záplavového území je blíže popsáno v kapitole 1.1.3. Bezpečný režim ochrany měst by měl rozlišovat území :

- a) bez ohrožení (současné i budoucí),

---

<sup>3</sup> KONVIČKA, Miloslav. Město a povodeň: strategie rozvoje měst po povodních. Šlapanice: ERA. 2001. 219 s. ISBN: 80-86517-38-1. s. 124

b) dočasně ohrožené povodní (do doby realizace protipovodňových ochranných opatření),

c) dlouhodobě ohrožená povodní s omezením rozvoje a zásadami chování při povodni.

### 1.3.3 Protipovodňová opatření

Opatření proti povodním chápeme jako ochranu lidských životů, zvířat a majetku před náhodně se vyskytující hrozbou – povodní. Úkolem této ochrany je usměrnění odtokových poměrů, které spočívá hlavně v časném zjištění kulminačních průtoků a jeho snížení a dále pak v neškodném odvedení povodňové vlny. Tato opatření můžeme z hlediska času a průběhu povodně rozdělit na :

a) **preventivní**, která realizujeme před hrozbou povodně. Spočívají hlavně v sestavení povodňových plánů, zajištění spolehlivé a odborné hydrologické předpovědi povodňových situací, hlášené a kontrolní služby. Velice důležité je také připravit složky civilní obrany pro případ povodně. Mezi preventivní opatření patří i opatření ekologického rázu jako například využití prvků spojených s přírodou a snížení kulminačních průtoků zejména v návaznosti na posílení infiltračních a retenčních schopností povodí. Dále je snahou odborníků snížit kulminační průtoky a rozložit povodňovou vlnu v prostoru a čase. Mezi tyto opatření patří stavebně-technické prvky, které zvyšují retenční schopnost krajiny a urbanizovaného území. Prvky ochrany mohou být jak mobilní, tak stabilní.

b) **operativní**, která jsou realizována v době povodně. Spadá mezi ně hlavně výstavba provizorních mobilních konstrukcí, které mají zabránit rozlití vody v případě přímé povodňové vlny a také záchranné a evakuační práce a jejich zajištění. V období po povodni je třeba zajistit zejména sanační a nápravné práce.

c) **organizační**, která v souladu s cíly územního plánování sledují plochy a pozemky ohrožené povodněmi a jejich vazby tak, aby tato území ochránila před možnou povodní nebo alespoň minimalizovala negativní následky povodně. Mezi organizační opatření také počítáme vymezení záplavových území ve městech, dále také chráněná území kvůli ochraně stávajících staveb, například historických objektů atd. Dalším velice důležitým prvkem je akceptování rizika povodní „*nikdy nelze vyloučit povodeň takového rozsahu,*

*na jakou nejsou technická opatření dimenzována, nelze ani vyloučit selhání nebo i úmyslné poškození některých technických opatření. Život s rizikem povodní představuje prakticky soubor zásad, zahrnující mimo jiné stavebně-technická opatření, vhodnou pojišťovací politiku a efektivní civilní ochranu. “<sup>4</sup>*

Také je velice důležité dodržovat zákaz výstavby určitých zařízení, která v případě povodně můžou ohrozit obyvatelstvo, životní prostředí nebo objekty. V neposlední řadě nesmíme také zapomenout na varovné a předpovědní systémy, systémy záchranné služby atp. Kvůli povodním vznikají nejrůznější škody, kterým je potřeba zabránit. Na prevenci proti škodám se podílí hlavně tzv. **povodňová služba**, kterou řídí orgány měst a obcí, správci povodí, ČHMÚ, hospodáři, policie ČR a složky integrovaného záchranného systému. Pravomoci, povinnosti a podřízenost jednotlivých komisí upravuje zákon č 134/1974 Sb. ve znění pozdějších předpisů. Činnosti těchto komisí a občanů se řídí podle povodňových plánů.

d) **ekologická** mají za úkol zvýšit retenční schopnost území (schopnost zadržovat vodu) a zvýšit infiltrační schopnost (vsakování vody do půdy). Mezi nejvýznamnější ekologické změny v krajině patří přeměna orné půdy na lesní. Avšak protipovodňový efekt tohoto opatření se většinou projevuje až v dlouhodobějším rázu (desítky let). Z krajinotvorného hlediska je ovšem aplikování těchto opatření velice vhodné a žádoucí. Usměrnování aktivit v tomto směru je řízeno jak stavebními úřady, tak vodohospodářskými orgány. Další ekologická opatření mohou být například:

- rozšíření záplavového území a umožnění samovolného rozlití vody do plání,
- ohrazení řek z jejich vnější strany zelení tak, aby i nadále byla chráněna orná půda i objekty,
- ve městech lokálním ohrazováním koryt a nebo zprůtočněním koryt řek.

Pro podporu těchto ekologických opatření hovoří i nejnovější trendy Evropské unie, kde je kladen mnohem větší důraz než byl v ČR před vstupem do EU.

e) **stavebně-technická**, kde hlavními prvky ochrany před povodní jsou technická opatření na vodních tocích. Mezi tato opatření patří hlavně úprava toků, která je spojována hlavně se

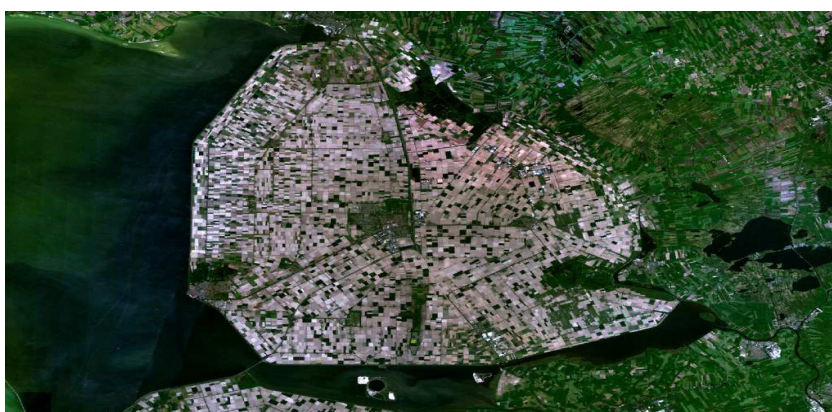
---

<sup>4</sup> KONVIČKA, Miloslav. Město a povodeň: strategie rozvoje měst po povodních. Šlapanice: ERA. 2001. 219 s. ISBN: 80-86517-38-1. s. 135

zajištěním dostatečné kapacity koryt toků. Toho můžeme docílit vhodným návrhem průtočného profilu, ohrazováním toku nebo také pravidelnou údržbou (odstranění porostů a nánosů v toku). Také se zvyšuje retenční schopnost toku nádržemi nebo poldry<sup>5</sup> („*vysušené zúrodněné dno bývalého šelfového moře chráněné hrázemi proti zaplavení, zejména při pobřeží Severního moře a v Nizozemsku*“) – viz. Obrázek č. 1. Další možností ochrany před povodní jsou objekty, které umožňují velké rozlivy vody a nebo například budování obtokových kanálů nebo odlehčovacích ramen. Velkou nevýhodou vytváření ploch v nádržích a poldrech je poměrně vysoká cena a jejich složitá údržba a v jisté míře i vliv na životní prostředí a okolí. V dnešní době naráží povolení budování poldrů na odpor ekologů, podle jejich tvrzení jde totiž nevratné a rozsáhlé zásahy do krajiny. Likvidují se tím některé chráněné druhy fauny a flory.

Nejstaršími opatřeními proti povodním jsou však hrázové systémy, které jsou obvykle navrhovány jako liniové prvky podél toků nebo do kruhu, kdy zajišťují ochranu obce jako celku ze všech stran. Ovšem i hrázové systémy mají svá rizika, která musíme brát v úvahu jako je například možné prosakování hráze, odvodnění území za hrázemi, možné problémy se založením zemních objektů a také koordinace s ostatními prvky ochrany. Velice náročná je i jejich údržba a monitoring. Hráze by měly být situované co nejdále od vodního toku, měly by být stabilní a volba materiálu, který se použije na hráze by měla vycházet z poznatků mechaniky zemin (nepropustnost, zrnitost, stabilita atd.)

**Obrázek 1: Satelitní snímek polderu Noordoostpolder (Nizozemsko)**



Zdroj: Noordoostpolder *Netherlands* - *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida): Wikipedia Foundation, [cit. 2010-03-14]. Dostupné z WWW:

<sup>5</sup> CHROBÁKOVÁ, Eliška, et al. *Malá ilustrovaná encyklopedie*. Praha: Encyklopedický dům, s.r.o., 1999. 1213 s. ISBN 80-86044-12-2., s. 797



<[http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Satellite\\_image\\_of\\_Noordoostpolder,\\_Netherlands\\_\(5.78E\\_52.71N\).png](http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Satellite_image_of_Noordoostpolder,_Netherlands_(5.78E_52.71N).png)>.

Posledním stavebně-technickým opatřením jsou mobilní prvky. Tyto prvky potřebují včasné varování před povodněmi a zajištění skladovacích prostor v době normálních průtoků. Mobilní prvky ochrany proti povodním se obvykle používají zejména u velkých toků (Labe, Vltava, Dunaj). Používají se hlavně k ochraně urbanizovaných území, jsou realizovány jako zabudované konstrukce do země a část z těchto prvků je instalována i mobilně hlavně kvůli estetickým a finančním důvodům.

## **1.4 Příklady protipovodňových opatření v Evropě**

### **Ochrana Benátek**

Jedním z nejznámějších míst v Evropě, které je ohrožováno problémy s vodou, jsou italské Benátky – historické město na břehu Jaderského moře, které je chráněnou světovou památkou UNESCO.

Benátky jsou historické město, které bylo vybudováno ve středověku na mořské laguně na písku a bahně. Už od svého založení měly Benátky problémy s poklesem jeho podloží, a tedy i staveb, o několik milimetrů ročně. V literatuře se uvádí, že v průběhu 20. století pokleslo město o cca 23 cm. Mnoho přízemních bytů a restaurací se stalo prakticky neobyvatelnými. Obyvatelé Benátek již sami začali budovat opatření, která mohou v případě stoupnutí hladiny vody vytvořit zábrany. Po stranách dveřních rámců jsou mnohdy vidět úzké kovové lišty, do kterých lze zasunout prkna k alespoň dočasnému vniknutí vody do domů. Je to prakticky obdoba pražských protipovodňových zdí.

V posledních letech, v souvislosti s globálním oteplováním planety, je však nutno provést důkladnější opatření. Budování náročného technického díla podporuje italská vláda i Evropská unie. Místo malých dosavadních dílčích řešení jsou budovány mohutné protipovodňové brány, které uzavřou okolo 1,5 km pobřeží Benátek. Projekt je nazván "MOSE", což je v italštině zkratka pro "Experimentální elektromechanický modul". Rozpočet na jeho realizaci je odhadován na cca 4,2 mld. eur, tedy v přepočtu 100 mld. Kč. Základní kámen projektu byl položen v roce 2003 a byl provázen složitým jednáním italské vlády.

Principem zabránění vniknutí mořské vody do města je vybudování linie mechanických zábran. Jsou to duté ocelové krabice, které za normální situace leží naplněné vodou na mořském dně, ke kterému jsou kotveny kloubovými závěsy. V případě vzniku povodně z moře se tyto krabice naplní vzduchem, čímž se napřímí pod úhlem cca 45° a nad hladinou vytvoří umělou bariéru, která omezí další pronikání vody na město. Technické parametry krabic jsou následující:

Počet 78 kusů, výška od 18,5 do 29,6 metrů (podle hloubky moře v daném místě), délka jedné krabice 20 metrů, šířka od 3,6 do 5 metrů.

Tento technický projekt "MOSE" byl vyvinut na modelu, který byl vybudován na ploše 16000m<sup>2</sup>.

Projekt má ale i mnoho odpůrců, obzvláště ekologických aktivistů a části obyvatel Benátek, kteří tvrdí, že vybudování zábran znehodnotí historický ráz města a jeho okolí.

Až budoucnost ukáže, jestli tento monstrózní projekt byl účinný a jestli se vynaložené náklady vyplatily.

Dalším příkladem povodňových opatření určitě proslul **Londýn** a jeho bariéry na řece Temži, tyto bariéry jsou i jedny z největších na světě. Svým propracovaným systémem ochrany proti povodním je známo i **Nizozemsko**.

## **1.5 Ochrana před povodněmi v České republice**

Ochrana před povodněmi zahrnuje opatření k omezení a zabránění škod vzniklých před nebo při povodni, a to jak na životech a majetku občanů, tak také na životním prostředí. Ochrana je prováděna zejména systematickou prevencí před povodní, zvýšením retenční schopnosti vodních toků a ovlivňováním průběhu povodní. Ochrana před povodněmi je vykonávána podle povodňových plánů a při vzniku krizové situace krizovými plány uvedenými v zákoně. Podle zákona č. 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů je v § 63 uvedeno, že „*K zajištění ochrany před povodněmi je každý povinen umožnit vstup, případně vjezd na své pozemky, popřípadě stavby těm, kteří řídí, koordinují a provádějí zabezpečovací a záchranné práce, přispět na příkaz povodňových orgánů osobní a věcnou pomocí k ochraně životů a majetku před povodněmi a řídit se příkazy povodňových orgánů. Pokud při této činnosti vznikla vlastníkově pozemku nebo stavby škoda, má nárok na její náhradu.*“.

V době kdy přeroste ohrožení z přirozených a zvláštních povodní v krizovou situaci, při které je vyhlášen **stav nebezpečí nebo nouzový stav**, je ochrana před povodní zabezpečována pomocí orgánů krizového řízení dle zákona č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon). Činnosti jednotlivých složek k provádění záchranných a likvidačních prací jsou vykonávány na základě zákona č. 239/2000 Sb. o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů. Samotná ochrana před hrozbou povodní je řízena povodňovými orgány, které jsou ve své územní působnosti odpovědný za koordinaci a kontrolu činnosti ostatních účastníků, a za organizaci povodňové ochrany v době povodně i po ní. Povodňové orgány se řídí příslušnými povodňovými plány a postavení a činnosti těchto orgánů jsou určeny ve dvou časových úrovních:

**a) v době mimo povodeň jsou povodňovými orgány**

- orgány obcí,
- orgány obcí s rozšířenou působností,
- orgány krajů v přenesené působnosti,
- Ministerstvo životního prostředí, přičemž obstarání přípravy záchranných prací spadá pod Ministerstvo vnitra.

**b) po dobu povodně jsou povodňovými orgány**

- povodňové komise obcí,
- povodňové komise obcí s rozšířenou pravomocí,
- povodňové komise jednotlivých krajů,
- Ústřední povodňová komise

Hlavní povodňové orgány:

- **Ministerstvo životního prostředí**, které řídí ochranu před povodněmi a provádí výkon dozoru nad nimi. Dále také připravuje opatření na ochranu před povodněmi, zejména práci s povodňovými plány a provádí organizaci hlásné služby. Také zajišťuje průzkumné a dokumentační práce většího rozsahu.
- **Ústřední povodňová komise**, kterou zřizuje vláda a také schvaluje její statut. Předsedou Ústřední povodňové komise je ministr životního prostředí, místopředsedou je ministr vnitra. Tato komise podle zákona č. 254/2001 Sb. o

vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), podle § 81 „řídí, kontroluje, koordinuje a v případě potřeby ukládá v celém rozsahu řízení ochrany před povodněmi v době povodně ohrožující rozsáhlá území, pokud povodňové komise krajů vlastními silami a prostředky nestačí činit potřebná opatření. V rámci plnění úkolů při ochraně před povodněmi informuje o průběhu a důsledcích povodní vládu, nařizuje po projednání s příslušnými povodňovými orgány krajů a příslušnými správci povodí mimořádné manipulace na vodních dílech nad rámec schváleného manipulačního řádu s možným dosahem přesahujícím rámec oblastí povodí, koordinuje a kontroluje činnost povodňových komisí krajů a vede záznamy v povodňové knize.“

- **Generální ředitelství hasičského záchranného sboru ČR (GŘ HZS ČR)**, které zahrnuje krajská ředitelství hasičského záchranného sboru, jednotky hasičského záchranného sboru kraje. Usměrnjuje integrovaný záchranný systém při realizaci záchranných a likvidačních prací, dále také zajišťuje a podílí se na provozu jednotného systému varování a vyrozumění obyvatelstva před povodní, sjednocuje postupy evakuace obyvatelstva, zřizuje humanitární pomoc. V době povodně koordinuje záchranné a likvidační práce, řídí záchranné povodňové práce a také zajišťuje informovanost obcí.

### **1.5.1 Zásady chování obyvatelstva při povodni**

Obyvatelstvo ohrožené povodní by mělo průběžně sledovat vyhlášené stupně povodňové aktivity z hromadných informačních prostředků nebo od orgánů samosprávy ve městě nebo obci. Při zvláštní povodni, při vzniku mimořádné situace na vodním díle, která může znamenat i protržení hráze přehrady a poté vzniku průlomové povodňové vlny. Při této situaci, která svým rozsahem, destrukčními účinky a rychlostí průběhu vyžaduje okamžitá bezodkladná opatření musíme dbát hlavně na varování a evakuaci obyvatel, zvířat a cenného majetku. Doporučuje se také:

- připravit si evakuační zavazadlo,
- zajistit si trvalou kontrolu veřejných informačních prostředků,
- při vzniku ohrožení povodňovou vlnou sledovat informační systém (sirény) a informace od orgánů samosprávy a státní správy,

- sledovat důsledky zatopení, čas příchodu povodňové vlny, předpokládanou dobu zatopení, sledovat volnou únikovou cestu (komunikaci) pro možnost případného opuštění (evakuování) postižené oblasti,
- informovat své sousedy, uvědomit rodinné příslušníky a příbuzenské, připravit domácí zvířata k evakuaci,
- dbát na příkazy a doporučení orgánů obce, záchranářů.

Při úplné uzemní evakuaci, zpravidla při protržení hráze přehrady, je doporučováno:

- varovat sousedy a bližní a v případě potřeby jim pomoci při evakuaci,
- uvolnit zvířata, která se nacházejí v ohroženém území,
- odpojit přívody elektrického proudu, uzavřít hlavní přívody plynu a vody,
- urychleně se přesunout do evakuačního prostoru.

### 1.5.2 Uvědomění obyvatel v případě ohrožení povodní

Obyvatelstvo je v případě ohrožení uvědomováno těmito cestami:

a) **sirénami**, od 1.11.2001 zavedlo Ministerstvo vnitra jeden varovný signál pro výstrahu obyvatelstvu při vzniku mimořádné situace. Signál sirény je vyhlášen kolísavým tónem po dobu 140 vteřin, poté zazní verbální informace, která sdělí občanům vážnost ohrožení a detaily o možném ohrožení a vzniku mimořádné situace.

Činnosti obyvatel jsou v podstatě stejné jako v kapitole 1.5.1, kde jsou uvedena doporučení, jak se v dané situaci chovat. Všeobecná výstraha vyhlášená sirénou vypadá například takto: „*Všeobecná výstraha, všeobecná výstraha, všeobecná výstraha. Sledujte vysílání Českého rozhlasu, televize a regionálních rozhlasů. Všeobecná výstraha, všeobecná výstraha, všeobecná výstraha.*“<sup>6</sup>

Dalším velice důležitým faktem je testování sirén které probíhá každou první středu v měsíci ve 12 hodin akustickou zkouškou koncových prvků varování (nepřerušovaný tón sirény po dobu 140 vteřin). Je ověřována provozuschopnost systému varování a vyznění. Tato zkouška se provádí zkušebním tónem sirén. O této skutečnosti se obyvatelé dozvědí z hromadných informačních prostředků.

---

<sup>6</sup> *Řešení krizových situací* [online]. 2003 [cit. 2010-03-11]. Krizové situace. Dostupné z WWW: <<http://www.stechovice.info/pages/krize.htm#zvlastni>>.

#### b) sdělovacími prostředky

- Vysíláním Českého rozhlasu a České televize,
- regionálním vysíláním rozhlasových stanic,
- regionálním vysíláním televize, kabelovou televizí.

#### c) dalšími způsoby

- Místním rozhlasem
- rozhlasovými vozy s megafony,
- policií, hasiči,
- prostřednictvím spoluobčanů.

### 1.5.3 Evakuační zavazadlo

Pod pojmem **evakuační zavazadlo** (Obrázek č.2) rozumíme většinou něco jako batoh, tašku nebo kufr s věcmi, které nezbytně potřebujeme v případě opuštění domova, kdy lze v okamžiku naší evakuace počítat s více než jedním dnem. Toto zavazadlo je velice důležité, protože mnohdy nám nezbude nic jiného po opuštění domova. Při evakuaci nebo opuštění objektu na kratší dobu (např. bomba v objektu, únik plynu nebo nebezpečné látky) lze očekávat návrat během několika málo hodin, v tomto případě je evakuační zavazadlo zbytečné.

#### **Jak by mělo evakuační zavazadlo vypadat**

V případě evakuace na delší časové období než několik hodin je potřeba připravit evakuační zavazadlo pro sebe i ostatní členy domácnosti.

Platí zásada, že každá osoba by měla mít jen jedno zavazadlo

- dospělí do 25 kg,
- děti do 10 kg,

vhodný je kufr na kolečkách, který má dobrou skladnost a snadno se s ním manipuluje, dokonce i jednou rukou. Dále můžeme využít batohu, kdy máme obě ruce volné a nebo tašky, ta je však nejméně vhodná. Je důležité si uvědomit i fakt, že během povodní nelze používat osobní automobil a například na vesnicích mají lidé domácí zvířata, o která je třeba se také postarat.

## Co by mělo evakuační zavazadlo obsahovat

Pro snadné zapamatování a rychlé připravení evakuačního zavazadla, lze obsah zavazadla členit do pěti skupin:

- I. jídlo a pití + nádobí,
- II. cennosti a dokumenty,
- III. léky a hygiena,
- IV. oblečení a vybavení pro přespaní,
- V. přístroje, nástroje a zábava.

I. Do této skupiny patří trvanlivé a dobře zabalené potraviny, pitná voda (na 2-3 dny pro každého ze členů domácnosti), krmivo pro domácí zvíře, hrnek nebo miska, příbor a otvírák na konzervy. V případě, že máme individuální dietetický režim, můžeme počítat s tím, že v místech náhradního ubytování bude možné nám vyjít vstříc jen v omezené míře, kvůli tomu je vždy lépe mít s sebou více potravin do zásoby.

II. Do druhé skupiny řadíme osobní dokumenty (rodný list, občanský průkaz, cestovní pas, kartu zdravotní pojišťovny), jiné důležité dokumenty (pojistné smlouvy, stavební spoření, akcie), také peníze v hotovosti a platební karty.

III. Ve třetí skupině by neměly chybět léky, které pravidelně užíváme, zdravotní pomůcky, dále jsou doporučeny vitamíny. Nesmí chybět ani hygienické potřeby.

IV. Tato skupina obsahuje oblečení, které odpovídá danému ročnímu období, náhradní obuv a prádlo, spací pytel, deštník nebo pláštěnku.

V. V poslední skupině bychom měli mít mobilní telefon s nabíječkou, FM rádio, zavírací nůž, psací potřeby, hrací potřeby pro děti – jejich oblíbenou hračku, věci pro zábavu.

Při balení zavazadla zvažujeme priority. Nejdůležitější jsou předměty, zařazené do druhé a třetí skupiny. Při balení musíme co nejlépe využít omezený prostor zavazadla a každé zavazadlo opatřit cedulkou se jménem, adresou a číslem mobilního telefonu majitele.

Obrázek 2: evakuační zavazadlo



Zdroj: *MP Hrušovany* [online]. 2006 [cit. 2010-02-14]. Co má obsahovat evakuační zavazadlo?. Dostupné z WWW: <[http://www.mphrusovany.cz/rady/evakuacni\\_zavazadlo.pdf](http://www.mphrusovany.cz/rady/evakuacni_zavazadlo.pdf)>.



## **2. Povodně v Praze**

### **2.1 Charakteristika hlavního města Praha**

Praha, Praga (v latině a slovanských jazycích), Prag (v němčině) nebo Prague (v angličtině a francouzštině) je hlavním a také největším městem České republiky, historickou metropolí Čech. Leží ve středu Čech, uvnitř Středočeského kraje, jehož je správním centrem, ale jako samostatný kraj není jeho součástí. Praha se rozkládá v údolí řeky Vltavy a jejích přítoků například Berounky. Erozní činnost řek vymodelovala velmi členitý reliéf, nejnižším bodem je hladina Vltavy u Suchdola (177 m n. m.), nejvyšším bodem je pak vrch Teleček (399 m n. m.). V centru se nachází výrazný vrchol Petřín, který se strmě zvedá od Vltavy (327 m n. m.). Na Petříně je i velice známá rozhledna s krásným výhledem na město. V Praze sídlí velká část firem, které se nachází v České Republice a také je sídlem mnoha státních institucí. Kromě toho je Praha sídlem řady úřadů, jak ústředních, tak i územních samosprávných celků. Také zde můžeme najít ústředí většiny politických stran a centrály většiny církví a dalších sdružení s celorepublikovou působností registrovaných v ČR. V hlavním městě české republiky, v Praze, má sídlo také prezident republiky Václav Klaus, vláda, Vrchní soud a ústřední orgány státu.

První zmínky o historii Prahy se datují do 6. století, kdy začali pražskou kotlinu osidlovat Slované, v 10. století byly položeny základy Pražského hradu, kam se později přesídlil i kníže Svatopluk I. Na začátku 12. století byla Praha ve svém rozkvětu a nad ní se mocně vypínala dominantní hrad. Na rozkvětu Prahy se přičinil i Karel IV., který chtěl z Prahy udělat dokonce hlavní město Svaté říše římské. Na konci 19. století se Praha stala rychle se rozvíjejícím městem se železnicí a průmyslem. Poté Praha byla také hlavním městem Československa a dodnes je hlavním městem České republiky. Prahu můžeme také považovat za jedno z nejkrásnějších měst v Evropě. Historickému centru města vládne jedinečné panorama Pražského hradu, největšího hradního komplexu na světě, patří mezi památkové rezervace UNESCO. Nejenom historické jádro města, ale také mnohé památky přilákají ročně miliony turistů z celého světa, což je důkaz, že Praha je jedním z nejnavštěvovanějších měst v Evropě. Praha má také hodně přívlastků, které jsou známy na celém světě například Praga Caput Regni (Praha hlava království), Praha matka měst (latinsky Praga mater urbium) a stověžatá Praha. Naše hlavní město je také považováno za

dopravní uzel, kříží se zde železnice, dálnice, obchodní cesty a v Praze také můžeme najít mezinárodní letiště Ruzyně.

Fakta o Praze:

- Rozloha: 496 km<sup>2</sup>
- Počet obyvatel: 1 285 995 (k 11.12.2009)
- Počet městských obvodů: 10
- Počet městských částí: 57
- Počet administrativních částí: 146
- Starosta: Pavel Bém (ODS)

## **2.2 Protipovodňová ochrana Prahy**

Na začátku roku 1997 se Hlavní město Praha rozhodlo zahájit realizaci systému protipovodňové ochrany Prahy. Toto rozhodnutí vyplynulo a navázalo na léta úvah, výzkumů, teoretických studií a realizovaných dílčích opatření. S využitím poznatků z velkých záplav v zahraničí, hlavně v Kolíně nad Rýnem, bylo rozhodnuto o výstavbě systému mobilních hradících prvků, který umožňuje bez citelných zásahů do stávajícího vzhledu města zabránit vzniku škod na majetku, včetně škod a poškození kulturních památek. Mobilní hrazení jsou využita především v historickém centru města, především na Malé Straně a Starém Městě, dále také v úsecích na okraji města, kde je využito stabilních opatření jako jsou například zídky, hráze atd. Tady jsou kombinována s mobilním hrazením zejména v místech křížení s komunikacemi. Příprava výstavby protipovodňových opatření byla zahájena úsekem na Starém Městě a Josefově a také vypracováním studie na ochranu Malé Strany. V listopadu 1997 přijalo Zastupitelstvo Hlavního města Prahy koncepci ochrany před povodní pro celé území Prahy, ve které byla opatření rozdělena do sedmi etap:

- E 01 - Staré Město a Josefov
- E 02 - Malá Strana a Kampa

- část 1 - Říční ulice - Karlův most

- část 2 - Karlův most - Čertovka
- část 3 - Hergetova cihelna
- část 4 - Hergetova cihelna - Kosárkovo nábřeží
  - E 03 - Libeň, Karlín
- část 1 - Štefánikův most - Negrelliho viadukt
- část 2 - Rohanský ostrov - Most Barikádníků
  - E 04 - Holešovice, Stromovka
  - E 05 - Výtoň, Podolí, Smíchov
  - E 06 - Zbraslav, Radotín
- část 11 - Zbraslav
- část 12 - Radotín, Chuchle
  - E 07 - Troja
  - E 08 - Modřany

Při přípravě první etapy bylo rozhodnuto, že systém ochrany pomocí mobilních hradících prvků bude použit na celém území hlavního města Prahy jednotně. Byl zde použit návrh firmy Eko-systém s maximální hradicí výškou 3 metry. Ten byl vybrán pro etapu E 01, kde byly využity zkušenosti z Německa i Rakouska. Systém protipovodňových opatření využívá hlavně v centru Prahy stávajících nábřežních zdí podél Vltavy. V místech, kde je výška zdí nedostatečná, brání proniknutí vody při povodni do města mobilní protipovodňová bariéra (snadno montovatelná a demontovatelná).

Jako další součást ochrany proti povodním byla navržena i opatření na konstrukci kanalizace, kdy se instalací hradidlových uzávěrů na stokách zabrání vnikání vody z Vltavy. Tímto opatřením můžeme zamezit nepřímému zaplavení města z kanalizace. V rámci každé etapy bylo dále řešeno zabezpečení vodních toků ústících do Vltavy v řešeném úseku.

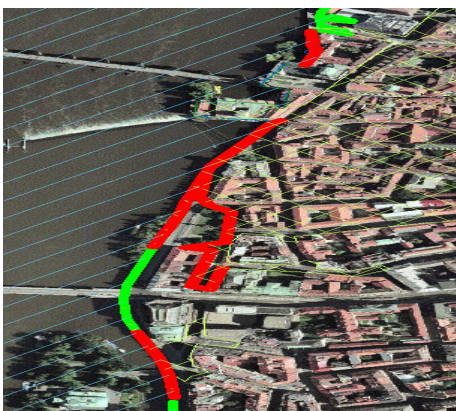
### 2.2.1 První etapa E 01 - Staré Město a Josefov

První etapa stavby opatření proti povodním zajišťuje komplexní ochranu Starého Města a Josefova od Jiráskova mostu po most Štefánikův. Její součástí jsou také linie mobilního hrazení na Masarykově nábřeží a také na Smetanově nábřeží, kde bylo nutné ve velmi stísněných podmínkách provést betonovou injektáž a založení prahu pro 2,8 m vysoké mobilní hrazení. Avšak v době, kdy povodeň nehrozí, a nejsou namontovány ani svislé ocelové konstrukce, ani do nich vkládaná hliníková hradidla, je zde patrný pouze kamenný práh v chodníku. Dalším dílem této etapy jsou také ochranné bariéry Na Františku, hrazení v obloucích Karlových lázní, průchodu do Divadelní ulice a opatření v čapadlech Lažanských a u Novotného lávky. Dále bylo navrženo a realizováno opatření, které chrání Prahu proti vniknutí vzduté vody do kanalizačního systému pomocí hradidlových komor a také zabezpečení historických stok. Mimo tuto stavbu, v roce 2000, bylo na Starém Městě nainstalováno mobilní hrazení v prostoru snížené části Alšova nábřeží. V srpnu 2002, při známé velké povodni, soubor těchto opatření úspěšně zabránil zatopení chráněné části Starého Města.

Fakta první etapy:

- Zahájení realizace – duben 1999
- Dokončení realizace – květen 2000
- Kolaudace stavby – prosinec 2000
- Zhotovitel stavby – Vodní stavby a.s.
- Celkové přibližné náklady – 47 mil. Kč

Obrázek 3: Pravý břeh Vltavy okolo Karlova mostu    Obrázek 4: Hrazení v obloucích Karlových lázní



Zdroj: podle [9]



Zdroj: podle [9]

### 2.2.2 Druhá etapa E 02 - Malá Strana a Kampa

Tato etapa byla rozdělena na čtyři základní části. Celá druhá etapa Malá Strana a Kampa je nejsložitějším úsekem jak z technického hlediska, tak i z hlediska ochrany památek. Příprava a samotná realizace etapy byla velmi komplikovaná a časově náročná. V rámci první části druhé etapy se využívá linie ochrany mobilního hrazení obnovovanou a stávající historickou zeď od Říčnické ulice, místy až 3,8 m unikátní výšky. Navazující mobilní hrazení prochází parkem na Kampě, poté míjí Sovovy mlýny a Lichtenštejnský palác. V oblasti Na Kampě je linie této ochrany zdvojená. Blok domů U Staleté báby je kvůli své nízké poloze chráněn na úroveň hladiny zhruba padesátileté povodně, zatímco hlavní linie ochrany prochází náměstím k pilíři Karlova mostu.

Odtud pokračuje druhá část až k ústí Čertovky, kde byl dlouho hledán kompromis mezi požadavky památkové ochrany a možnostmi technického řešení pro ochranu této části. Výsledkem tohoto snažení je ocelová posuvná hradící stěna, která je v klidové poloze schována za nábrežní zdi směrem ke Karlovu mostu, tím pádem jsou v řečišti Čertovky umístěny pouze dva subtilní opěrné sloupy. Hradící uzávěr je vysoký 4,9 m a na místě byl sestaven ze čtyř samostatných dílů. V případě náhlé povodňové situace je na konečnou hradící výšku opatřen mobilním hrazením.

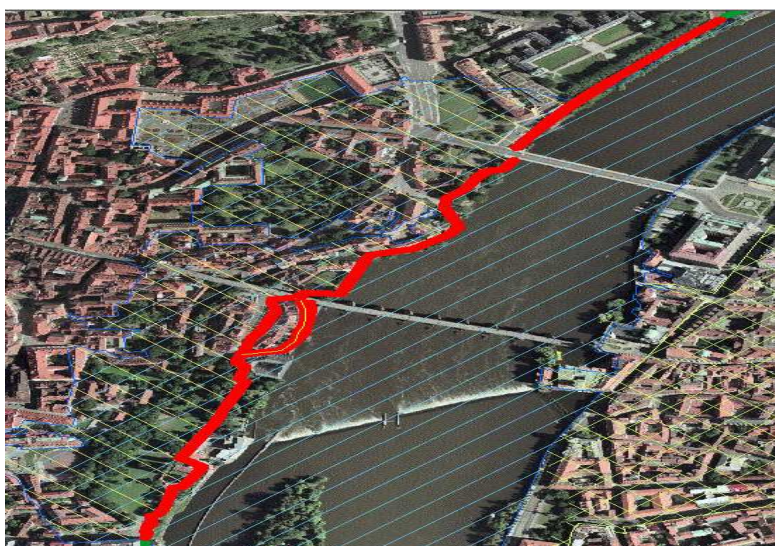
Dále navazuje třetí část, v rámci které byla společně s rekonstrukcí areálu Hergetovy cihelny navýšena její zeď (také bude navýšena při povodni mobilním hrazením), na níž

navazuje poslední čtvrtá část, zahrnující mobilní hrazení jdoucí přes náplavku až k Mánesovu mostu a opatření na Kosárkově nábřeží.

Fakta druhé etapy:

- Zahájení realizace – únor 2002
- Dokončení realizace – duben 2005
- Zhotovitel stavby – SUBTERA a.s.
- Celkové přibližné náklady – 260 mil. Kč

**Obrázek 5: Levý břeh Vltavy okolo Karlova mostu**



Zdroj: podle [9]

### **2.2.3 Třetí etapa E 03 – Karlín a Libeň**

Předmětem třetí etapy, která se dělí na dvě hlavní části, byla oblast Libně a Karlína, kde se očekávaly zátopy rozsáhlého území při vzniku povodňové situace. Navržená opatření pomocí mobilního hrazení navazují u Štefáníkova mostu na dokončenou první etapu a pokračují po nábřeží na Těšnov, kde mají ochránit Těšnovský tunel. Na hranici Karlína za Negrelliho viaduktem využívají zvýšeného terénu v areálu River City Prague zemní hrázkou, která je vysoká zhruba 2 m a dále jako druhá část třetí etapy pokračuje přes Rohanský ostrov. Samostatný úsek, který zahrnujeme do této části představuje i ochrana Matematicko-fyzikální fakulty Univerzity Karlovy u mostu Barikádníků, která kombinuje jak mobilní hrazení, pevnou zídku, tak i zemní valy. Od Libeňského mostu bude

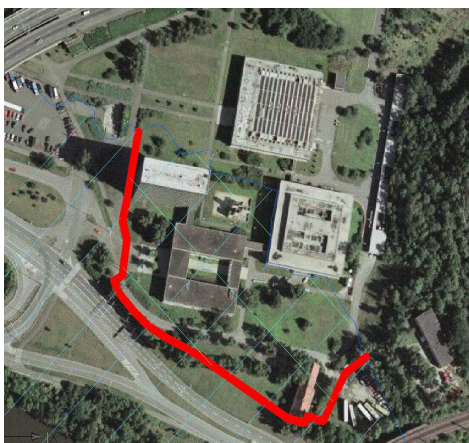


pokračovat po Libeňském ostrově prostorem mezi přístavy, řešení bude v souladu s budoucím řešením území využívat pevné zídky, zemní valy a úpravy výšky terénu. Součástí etapy je i opatření na kanalizaci, které zamezuje jejímu zatopení vzduťou vodou.

Fakta třetí etapy:

- Zahájení realizace – listopad 2003
- Dokončení realizace – prosinec 2006
- Zhotovitel stavby – Metrostav, a.s., SUBTERA a.s., GEOSAN GROUP a.s.
- Celkové přibližné náklady – 625 Mil. Kč

Obrázek 6: Areál MFF UK



Zdroj: podle [9]

Obrázek 7: Provizorní ochrana Karlín



Zdroj: podle [9]

#### 2.2.4 Čtvrtá etapa E 04 - Holešovice, Stromovka

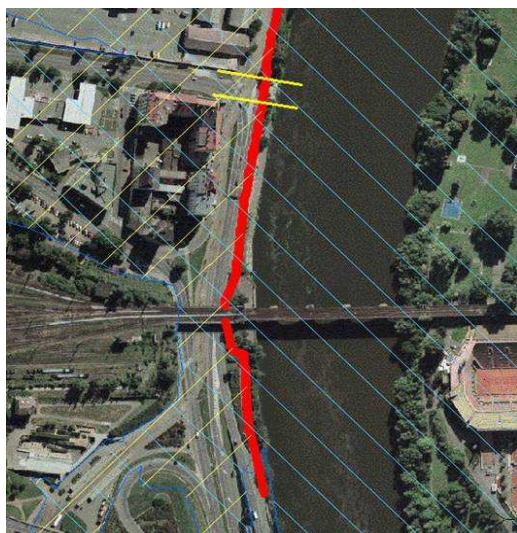
Čtvrtá etapa má za cíl ochránit Holešovice včetně Stromovky na levém břehu Vltavy od Čechova mostu až po plavební kanál v prostoru Císařského mlýna. V rámci ochrany této části Prahy bylo také renovováno mobilní hrazení, které je navrženo po povodni v roce 2002 ve snížených částech mezi Hlávkovým mostem a Negrelliho viaduktem, a dále až po Bubenské nábřeží, kde bylo dřívější hrazení realizované v roce 2001. V prostoru komunikace Jankovcova je navržena betonová zeď v kombinaci s mobilním hrazením, která je zavázaná do objektu Lighthouse na jižní straně Libeňského mostu, od kterého pokračuje mobilní hrazení až k mostu Barikádníků. Od mostu Barikádníků se jako protipovodňové linie využívá těleso železniční trati. Některé otvory v tomto tělese byly

opatřeny již dříve hrazením dvanáctimetrovými hradidly. Kolem objektu TOKOVO a přes areál Českých přístavů pokračuje pevná zeď, která přechází v zídku navyšovanou v případě potřeby mobilním hrazením.

Fakta čtvrté etapy:

- Zahájení realizace – listopad 2003
- Dokončení realizace – září 2005
- Zhotovitel stavby – Průmstav a.s., NAVATYP a.s., GEOSAN GROUP a.s.
- Celkové přibližné náklady – 640 Mil. Kč

Obrázek 8: Okolí Štvanice



Zdroj: podle [9]

Obrázek 9: Okolí holešovického přístavu



Zdroj: podle [9]

### 2.2.5 Pátá etapa E 05 - Výtoň, Podolí, Smíchov

Pátá etapa obsahuje komplexní protipovodňovou ochranu od Branického mostu po Jiráskův most na pravém břehu Vltavy a na levém břehu od Barrandovského mostu až po most Legií. V úseku pravého břehu Vltavy mezi Branickým mostem a Jiráskovým je linie pasivní ochrany doplněna zahrazením podchodů, kterými při povodni dochází k zaplavení Braníku, a dalšími dílčími opatřeními v oblasti Podolí a před bývalou výtoňskou celnicí. Také jsou zde realizována i opatření na Kunratickém potoce. Na levém břehu Vltavy mezi Barrandovským mostem a mostem Legií jsou protipovodňová opatření realizována na dvou



úsecích, kde řeka zatápí území při zvýšených povodňových hladinách, hlavně v prostoru mezi stadionem TJ Tatra Smíchov a Palackého mostem a také v okolí u Jiráskova mostu. Protipovodňová opatření v této části jsou kombinací mobilního hrazení, pevných zídek a zemních hrázek, aby zvýšily úroveň terénu. Na obou březích byla součástí etapy také opatření proti vniknutí vody do kanalizační sítě.

Fakta páté etapy:

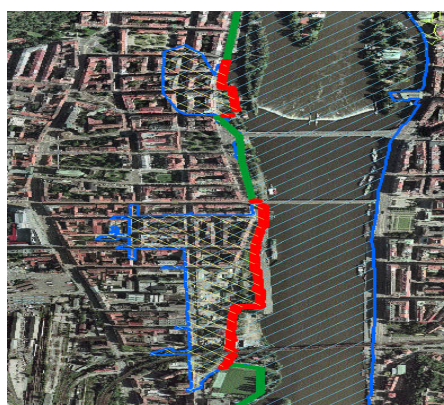
- Zahájení realizace – listopad 2003
- Dokončení realizace – říjen 2005
- Zhotovitel stavby – Energie – stavební a báňská a.s.
- Celkové přibližné náklady – 60 Mil. Kč

Obrázek 10: Výtoň



Zdroj: podle [9]

Obrázek 11: Smíchov



Zdroj: podle [9]

### 2.2.6 Šestá etapa E 06 - Zbraslav, Radotín

Šestá etapa má zabránit ohrožení povodní Zbraslavsko – radotínské kotliny okolo řeky Berounky a Zbraslavi na levém břehu řeky Vltavy. Na levém břehu Vltavy je navržena ochrana Zbraslavi pomocí kombinací pevných zídek a mobilního hrazení, které vede až ke Zbraslavskému zámku.

Řešený úsek zahrnuje levý břeh Vltavy od vtoku na území hlavního města Prahy na Zbraslavi po Barrandovský most a celé údolí Berounky od jejího vtoku na území Prahy až po její zaústění do Vltavy. Údolí Berounky v úseku mezi Kazínem a vtoku do Vltavy se rozšiřuje do rozsáhlé údolní nivy, která bývá zatápěna již při průchodu dvouleté povodně.

V Radotíně zůstává návrhová hladina protipovodňových opatření na úrovni dle usnesení Rady hl.m. Prahy. Ve značné části zůstává linie protipovodňové ochrany beze změny. Změna linie bude v prostoru průmyslových areálů, kde vzhledem k problémům při návrhu vedení linie mezi jednotlivými areály, bylo rozhodnuto chránit pouze obytnou zástavbu a konečná trasa je navržena v ulicích Věšínská a U Jankovky. Poslední částí této etapy je i ochrana Malé a Velké Chuchle, kde bude vybudována většinou ochrana proti průsaku podzemní vody a také opatření na kanalizaci včetně ochrany čerpacích stanic. Tato etapa měla podle původních plánů začít v listopadu 2003, avšak kvůli odkladům, hledání prostředků na pokrytí výstavby a průtahům nebyla ještě dokončena.

Fakta šesté etapy:

- Zahájení realizace – rok 2007
- Dokončení realizace – zatím neznámo
- Zhotovitel stavby – Vodohospodářský rozvoj a výstavba a.s.
- Celkové odhadované náklady – 460 Mil. Kč

### **2.2.7 Sedmá etapa E 07 – Trója**

Předmětem řešení etapy E 07 je protipovodňová ochrana Troji. Tato etapa zahrnuje území na levém břehu Vltavy od plavebního kanálu v prostoru Císařského mlýna. Na pravém břehu od mostu Barikádníků až po hranici hlavního města Prahy. Také je navržena lokální ochrana kolejí u mostu Barikádníků, ochrana území mezi tramvajovým mostem a zahradou Trojského zámku, úprava Ústřední čistírny odpadních vod a dále rozsáhlé úpravy na kanalizační síti tak, aby při povodni zpětně nezatápěla ochráněné území vzdutou vodou z Vltavy. Do sedmé etapy patří také navržení na ochranu Šáreckého údolí před povodní, která může být vyvolána zvýšeným průtokem Šáreckého potoka. V současné době se hledá optimální varianta vedení a rozsahu protipovodňových opatření v této části. Sedmá etapa je stejně jako šestá zatím nedokončená, ale pracuje se na jejím dokončení, které by mělo být zhruba v horizontu dvou let.

Fakta sedmé etapy:

- Zahájení realizace – rok 2007
- Dokončení realizace – zatím neznámo
- Zhotovitel stavby – Vodohospodářský rozvoj a výstavba a.s.
- Celkové odhadované náklady – 340 Mil. Kč

### **2.2.8 Osmá etapa E 08 – Modřany**

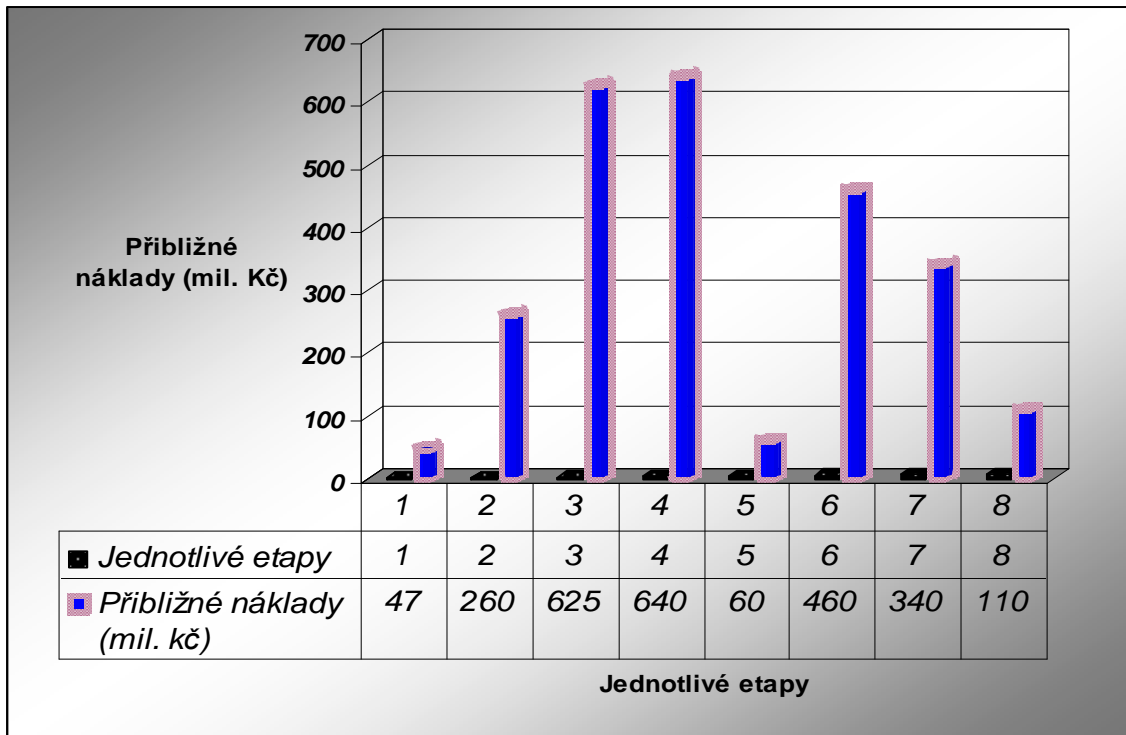
Etapa E 08 Modřany byla rozdělena na část 1, kde byly posíleny kanalizační řady, část 2, v které byly provedeny rekonstrukce potoků, a část 3, protipovodňovou ochranu v oblasti Modřan. V této etapě byly provedeny práce, které navýšily a doplnily opatření již realizovaných etap. Tato etapa byla původně dokončena již před povodní v srpnu 2002, později modernizována tak, aby vyhověla nové, zvýšené návrhové hladině.

Fakta osmé etapy:

- Původní zahájení realizace – rok 2004
- Dokončení realizace – rok 2006
- Zhotovitel stavby – Vodohospodářský rozvoj a výstavba a.s.
- Celkové odhadované náklady – 110 Mil. Kč

#### **Zhodnocení:**

Celkové náklady na realizování protipovodňových opatření na ochranu hl. m. Prahy jsou odhadovány na 3,2 miliardy Kč, kdy do konce roku 2006 bylo vynaloženo něco málo přes 2 miliardy Kč (pro zajímavost obnova poškozeného metra v roce 2002 vyšla zhruba na 7 miliard Kč). První etapy financovalo přímo hlavní město Praha, pro zbývající části se město snažilo získat podporu ze státního rozpočtu i příslušných evropských fondů. V roce 2007 byla poskytnuta dotace ze státního rozpočtu o výši 0,6 miliardy Kč. Dokončení celého systému protipovodňové ochrany Prahy je předpokládáno do roku 2011. Shrnutí nákladů je zachyceno v grafu č.3. Podle čísel z grafu jsou celkové náklady odhadnuty na 2,6 mld. Kč, toto číslo se oproti oficiálnímu číslu liší zejména z důvodu složitějšího stanovení přesných nákladů a nezahrnutí některých dalších opatření, které byly také realizovány.



Graf 3: Přibližné náklady na realizaci jednotlivých etap

Zdroj: Vlastní vypracování

### 2.3 Analýza průtoků vody

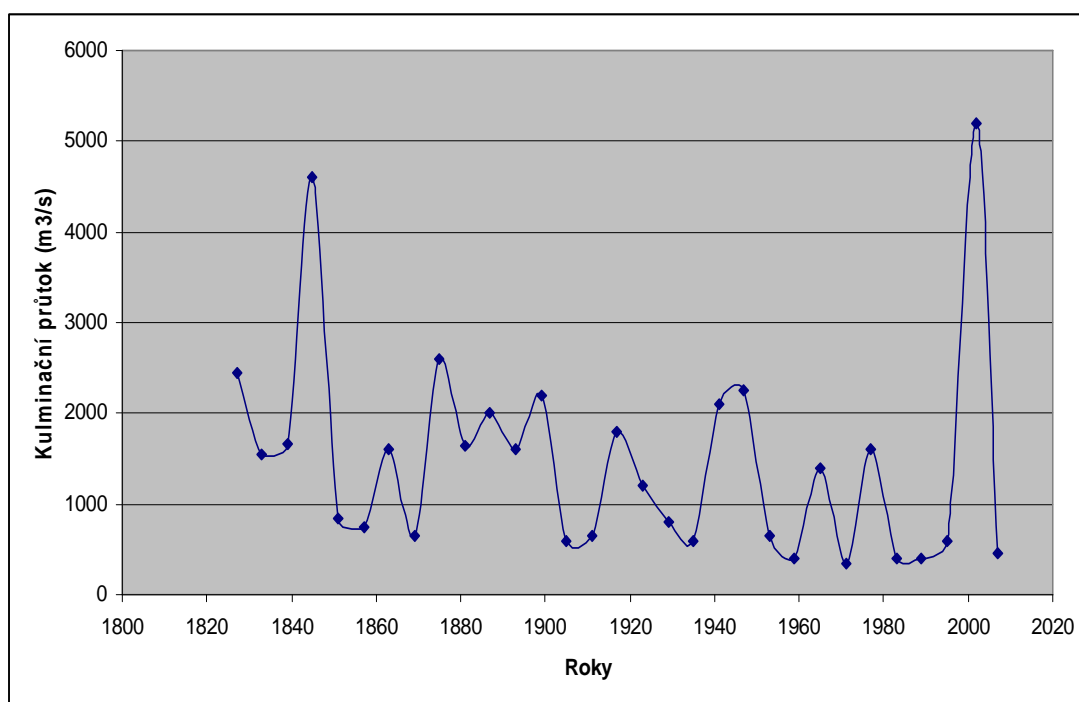
Základním zdrojem pro rozbor velikosti průtoků je graf, který znázorňuje kulminační průtoky vody v jednotlivých letech na Vltavě ve stanici Praha-Chuchle od roku 1827. Data pro analýzu byla převzata z Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ).

Z údajů, které jsem zanesl do grafu č.4, je zřejmé, že hladiny kulminačních průtoků v průběhu jednotlivých let jsou relativně rozdílné. Extrémní hodnoty se vyskytly v letech 1845 a 2002, tedy v rozmezí asi 150 let. V průběhu let kulminační hladiny Vltavy kolísají přibližně kolem hodnoty 850 m<sup>3</sup>/s, což odpovídá také jednoleté vodě. Třetí povodňový stupeň je pro zajímavost vyhlášován při průtoku 1500 m<sup>3</sup>/s. V druhé polovině 20. století byly průtoky vody ještě menší. Velká povodeň v roce 2002 přišla nečekaně, následně byla experty hydrometeorologického ústavu označena jako 200-500letá voda (viz. kapitola 1.1.4).

Z těchto údajů jsem se pokusil pomocí matematických a statistických metod provést rozbor s ohledem na rizika povodní v budoucnosti. Podle charakteristiky dat jsem zamítl

použití regrese, protože tato metoda se používá při posuzování závislosti hodnot jedné proměnné na hodnotách druhé, tedy v případech, že lze přesně určit ze znalosti konkrétní hodnoty  $x$  přesnou hodnotu  $y$ . Regresní analýza bude sloužit pouze jako porovnání výpočtu.

Z tohoto důvodu jsem se rozhodl **korelační analýzou** určit, zda existuje nějaká závislost mezi roky a průtočným množstvím ve Vltavě, nebo je to jev zcela náhodný a určit, zda je možné vysledovat průběh průtoků vody ve Vltavě v příštích letech.



**Graf 4: Hladiny kulminačních průtoků vody na Vltavě v Praze-Chuchli v jednotlivých letech**

Zdroj: Vlastní vypracování

### 2.3.1 Teorie k výpočtu

*„V reálném životě často sledujeme více statistických znaků současně a kromě jejich vlastností nás zajímá i těsnost (velikost, síla) jejich vzájemného ovlivňování. Protože v praxi většinou neznáme společně rozdělení pravděpodobností těchto znaků, musíme pro zkoumání těsnosti jejich závislosti použít metod matematické statistiky, které nazýváme korelační analýza.*

Předpokládejme, že máme dvě náhodné veličiny  $X$  a  $Y$  s konečnými nenulovými rozptyly  $DX$  a  $DY$ . Jsou-li tyto náhodné veličiny závislé, je třeba tuto závislost kvantitativně vyjádřit. K vyjádření míry závislosti se v případě lineárního typu závislosti používá korelační koeficient  $\rho$ . Jestliže  $\rho_{X,Y} = 0$ , říkáme, že náhodné veličiny  $X$  a  $Y$  jsou nekorelované. V opačném případě existuje mezi veličinami korelační vztah<sup>7</sup>.

Dále z teorie pravděpodobnosti víme, že výběrový korelační koeficient dvou náhodných veličin (Pearsonův) je definován pro výpočty vztahem:

$$r = \frac{\sum x_i y_i - n \bar{x} \bar{y}}{\sqrt{\sum x_i^2 - n \bar{x}^2} \sqrt{\sum y_i^2 - n \bar{y}^2}} \quad (1)$$

A hodnota testovacího kritéria dle vztahu:

$$t = \frac{r}{\sqrt{1-r^2}} * \sqrt{n-2} \quad (2)$$

Kritickou hranici hledáme v tabulkách Studentova T-rozdělení pravděpodobnosti pro  $n-2$  stupňů volnosti. Kritická oblast je definována vztahem:

$$W = \{ T : |t| > t_{\alpha, n-2} \}, \text{ kde } t_{\alpha, n-2} = F_{\alpha, n-2}^{-1} * \left( \frac{2-\alpha}{2} \right) \quad (3)$$

U tohoto testu je podstatný předpoklad, že náhodný výběr pochází ze základního souboru s normálním rozdělením pravděpodobností.

### 2.3.2 Postup výpočtu

Před provedením vlastního výpočtu jsem zavedl tyto hypotézy:

$H_0: \rho=0$  ( předpokládám, že mezi náhodnými veličinami není korelační vztah)

$H_1: \rho \neq 0$  ( mezi korelovanými veličinami není vztah)

Kulminační průtoky v jednotlivých letech jsou uvedeny v tabulce č.1:

<sup>7</sup> KUBANOVÁ, Jana. *Statistické metody pro ekonomickou a technickou praxi*. Bratislava: STATIS, 2008. 247 s. ISBN 978-80-85659-47-4. str. 143

**Tabulka 1: Tabulka kulminačních průtoků v jednotlivých letech**

$x_i$	$y_i$	$x_i$	$y_i$
1827	2450	1917	1800
1833	1550	1923	1200
1839	1670	1929	800
1845	4605	1935	600
1851	850	1941	2100
1857	750	1947	2250
1863	1600	1953	650
1869	650	1959	400
1875	2600	1965	1400
1881	1650	1971	350
1887	2000	1977	1600
1893	1600	1983	400
1899	2200	1989	400
1905	600	1995	600
1911	650	2002	5200

Zdroj: vlastní vypracování

Další výpočty jsou uvedeny v tabulce č.2:

**Tabulka 2: Výpočty pro korelaci**

$i$	$x_i$	$y_i$	$x_i^2$	$x_i * y_i$	$y_i^2$
1	1827	2450	3337929,00	6002500,00	4476150,00
2	1833	1550	3359889,00	2402500,00	2841150,00
3	1839	1670	3381921,00	2788900,00	3071130,00
4	1845	4605	3404025,00	21206025,00	8496225,00
5	1851	850	3426201,00	722500,00	1573350,00
6	1857	750	3448449,00	562500,00	1392750,00
7	1863	1600	3470769,00	2560000,00	2980800,00
8	1869	650	3493161,00	422500,00	1214850,00
9	1875	2600	3515625,00	6760000,00	4875000,00
10	1881	1650	3538161,00	2722500,00	3103650,00
11	1887	2000	3560769,00	4000000,00	3774000,00
12	1893	1600	3583449,00	2560000,00	3028800,00
13	1899	2200	3606201,00	4840000,00	4177800,00
14	1905	600	3629025,00	360000,00	1143000,00
15	1911	650	3651921,00	422500,00	1242150,00
16	1917	1800	3674889,00	3240000,00	3450600,00
17	1923	1200	3697929,00	1440000,00	2307600,00
18	1929	800	3721041,00	640000,00	1543200,00
19	1935	600	3744225,00	360000,00	1161000,00
20	1941	2100	3767481,00	4410000,00	4076100,00

21	1947	2250	3790809,00	5062500,00	4380750,00
22	1953	650	3814209,00	422500,00	1269450,00
23	1959	400	3837681,00	160000,00	783600,00
24	1965	1400	3861225,00	1960000,00	2751000,00
25	1971	350	3884841,00	122500,00	689850,00
26	1977	1600	3908529,00	2560000,00	3163200,00
27	1983	400	3932289,00	160000,00	793200,00
28	1989	400	3956121,00	160000,00	795600,00
29	1995	600	3980025,00	360000,00	1197000,00
30	2002	5200	4008004,00	27040000,00	10410400,00
31	2007	450	4028049,00	202500,00	903150,00
<b>součty</b>	<b>59428</b>	<b>45625</b>	<b>114014842,00</b>	<b>106632425,00</b>	<b>87066505,00</b>
<b>průměr</b>	<b>1917,03</b>	<b>1471,77</b>			

Zdroj: vlastní vypracování

kde  $x^i$  jsou jednotlivé roky,  $y^i$  jsou kulminační průtoky v  $m^3/s$ .

Dále vypočítáme hodnotu výběrového korelačního koeficientu viz. vztah ( 1 )

$$r = -0,2118$$

A také testovací kritérium viz. vztah ( 2 )

$$t = -1,1672$$

Pro tento příklad jsem zvolil hladinu významnosti  $\alpha = 0,05$ , následně jsem našel kritickou hranici v tabulkách Studentova T-rozdělení pravděpodobnosti pro 29 stupňů volnosti ( $n = 31-2$ ).

Pro zvolenou  $\alpha = 0,05$  je tato hranice 2,0452.

**Platí, že  $-1,1672 < 2,0452$ , z toho vyplývá, že hodnota testovacího kritéria padla do oblasti přípustných hodnot. Proto není důvod hypotézu zamítnout a mezi jednotlivými roky a kulminačním průtokem ve Vltavě není korelační vztah.**

### 2.3.3 Zhodnocení výsledku

Pomocí korelační analýzy jsem zjistil, že korelační vztah mezi kulminačním průtokem ve Vltavě v Praze-Chuchli v jednotlivých letech v daném intervalu od roku 1827-2007 nelze přesně určit. Korelační vztah zřejmě neexistuje, z toho vyplývá, že nelze stanovit přesný stav kulminačních hladin v budoucích letech.



Přesto lze z grafu vyčíst, že hodnot kulminačních hladin kolísají podél jisté průměrné hodnoty. Tato zdánlivě střední hodnota má mírně klesající tendenci, z čehož vyplývá, že kulminační průtoky by se v budoucnosti měly mírně zmenšovat. Nelze z toho však usoudit příchod extrémů, které jsou naprosto nepředvídatelné. Svůj vliv na to bude mít jistě aktuální problém globálního oteplování Země a meteorologická situace v jednotlivých letech.

Touto problematikou se zabývali i odborníci z oblasti hydrometeorologie, kteří řeší tento problém vědecky. I závěry z jejich výzkumů ukazují, že odhadnout vývoj výskytu povodní v budoucnosti nelze s naprostou jistotou a spolehlivostí.

## 2.4 Ekonomické dopady povodně

Následky hrozivé povodně v Praze na řece Vltavě v roce 2002 jsou známy téměř všem lidem v České republice a zejména lidé z Prahy a okolí je mají v živé paměti. 14. srpna 2002 protékala Vltavou voda, která měla kulminační průtok  $Q = 5160 \text{ m}^3/\text{s}$ , této povodni byla odborníky přiřazena doba opakování povodně  $N = 200\text{-}500$  let. Pro srovnání jsou uvedeny hodnoty  $N$ -letých průtoků na Vltavě ve stanici Praha-Chuchle v tabulce č.3

**Tabulka 3: Hodnoty  $N$ -letých průtoků ve stanici Praha-Chuchle**

N(roky)	Q(m <sup>3</sup> /s)
1	856
5	1770
10	2230
50	3440
100	4020
200-500	5160

Zdroj: vlastní vypracování

Analýza povodňového rizika a ekonomických dopadů mě zaujala a v této kapitole se pokusím analyzovat ekonomické dopady povodně v roce 2002 a dobu návratnosti investic do protipovodňové ochrany, která byla popsána v kapitole 2.2.

### 2.4.1 Teorie k výpočtu

Riziko R můžeme vyjádřit pomocí mnoha faktorů, za základní považujeme velikost škody S, pravděpodobnost vzniku škody p a čas t. Riziko můžeme také vyjádřit jako funkci

$$R = f ( S, p, t, \text{další faktory} )$$

*„Metodika pro posouzení rizik spojených s vodou a využíváním území byla vytvořena na základě zkušeností jak z Nizozemí tak z České republiky. Povodňové riziko (pro jednoduchý případ) lze vypočítat pomocí následující rovnice:*

$$\text{povodňové riziko} = \text{pravděpodobnost} * \text{škoda} \quad ( 4 )$$

*„Pravděpodobnost“ zaplavení bude vycházet z hydraulických výpočtů, s využitím klimatických a meteorologických předpokladů. Je nutné, aby tyto údaje poskytli místní odborníci na základě hydraulických modelů. U „škody“ se v této studii zohledňuje celková škoda, hmotná i nehmotná. Hmotná škoda představuje ekonomickou hodnotu škod v městských a venkovských oblastech (zničené domy, poškozené silnice). K nehmotným škodám patří škody ekologické, ztráta důvěry ve státní instituce, ušlý zisk atd. “<sup>8</sup>*

### 2.4.2 Postup výpočtu

Do tabulky č.4 jsem uvedl hodnoty N-leté vody podle odhadů odborníků v periodě opakování 200-500 let. Z toho je zřejmé, že např. 200-letá voda se může vyskytnout s pravděpodobností 1/200 každý rok. V dalším sloupci jsou uvedeny škody, které napáchala povodeň v roce 2002. Jedná se pouze o přímé hmotné škody. Nehmotné škody nejsou vyčísleny, protože se jedná o škody těžko odhadnutelné (například ztráta příjmů z turistického ruchu se odhaduje zhruba na 10 mil. Kč). Ve třetím sloupci je vypočítaná roční hmotná škoda pro N-letou vodu (povodňové riziko za rok v mil. Kč) dle vztahu ( 4 ). V předposledním sloupci jsou uvedeny náklady na realizaci protipovodňových opatření, která byla blíže rozebrána v kapitole 2.2. V posledním sloupci je vypočítaná doba návratnosti vynaložených prostředků na protipovodňovou ochranu.

---

<sup>8</sup> Teorie povodňového rizika. *Posílení rizikové analýzy*. Praha: Arcadis, 2004. s. 108.

**Tabulka 4: Výpočty doby návratnosti protipovodňových opatření**

N-letá voda (roky)	škody povodně v roce 2002 (mld. Kč)	přepočítané škody za rok (mil. Kč)	povodňová opatření (mil. Kč)	doba návratnosti (roky)
200	35	175,0	3150	18
300	35	116,7	3150	27
400	35	87,5	3150	36
500	35	70,0	3150	45

Zdroj: vlastní vypracování

### **2.4.3 Zhodnocení výsledku**

Pomocí teorie výpočtu povodňového rizika jsem zjistil přibližné škody, které by mohla napáchat povodeň v jednotlivých letech v budoucnu. Výpočet jsem založil na odhadu frekvence výskytu povodně podle odborníků, kteří katastrofální povodni v roce 2002 v Praze přisoudili dobu (frekvenci) opakování 200-500 let. Dále jsem z těchto údajů zjistil dobu návratnosti investic do protipovodňové ochrany Prahy, která byla realizována právě po této ničivé povodni, aby dalším takovým následkům zabránila. Všechny výsledky jsou uvedeny v tabulce č.4, z výsledků vyplývá, že když budou údaje N-leté vody menší (povodeň bude mít větší frekvenci opakování), tak by způsobila i větší škody, kterým by ale měla zabránit zmíněná ochrana Prahy. Doba návratnosti investic do protipovodňové ochrany bude s klesající N-letou vodou také klesat, protože by se povodeň vyskytovala častěji, tím pádem by byla ochrana více využita. Uvedené náklady na protipovodňová opatření se můžou také lišit, protože náklady, které jsem uvedl jsou jednorázové, nejsou v nich zahrnuty další náklady například na skladování, ošetřování, revize a také zkoušky funkčnosti.

### **2.5 Analýza účinnosti protipovodňových opatření**

Ochrana hlavního města Prahy proti povodním byla vybudována v osmi etapách, jak bylo uvedeno v kapitole 2.2, a to v oblastech Prahy, situovaných kolem Vltavy, kde záplavám bezprostředně dochází. Tato opatření byla neprojektována tak, aby omezila dopady povodňové vlny. Jako výchozí podklad byla vzata situace z roku 2002 s rezervou 30 cm.

Tato problematika zaplavení území a účinnosti opatření proti povodním mě natolik zaujala, že jsem se rozhodl provést bližší analýzu se zaměřením na spolehlivost provedených opatření.

Výchozím podkladem pro moji práci byla ortofotomapa Prahy, ze které bylo možno vyčíst rozlohu zaplaveného území při povodni v roce 2002 v příslušných městských částech Prahy. Z mapy lze rovněž vyčíst územní rozlohy, zaplavené území, stavy průtoků Vltavy při N-leté vodě jak bez provedených protipovodňových opatření, tak i s těmito opatřeními.

Na vybudování protipovodňového opatření byly vynaloženy náklady, které jsou uvedeny v kapitole 2.2. Problematika spolehlivosti a poměru vynaložených nákladů na opatření proti povodním mě zaujala a pro výpočet jsem použil následující vzorce. Analýza je provedena pro městské oblasti které bývají nejvíce zatopeny, tj. Holešovice, Karlín, Libeň, Stromovka.

$$J = \frac{S}{A} \quad (5)$$

kde je J – jakost [%]...kvalita ochrany území

S – spolehlivost [km<sup>2</sup>]...rozloha území, která není zaplavena

A – aktivum [km<sup>2</sup>]...celková rozloha území

$$J_n = \frac{\Delta S}{N} \quad (6)$$

kde je J<sub>n</sub> – jakost (efektivita) nákladů [km<sup>2</sup>/Kč]

ΔS - spolehlivost ochráněného území [km<sup>2</sup>]

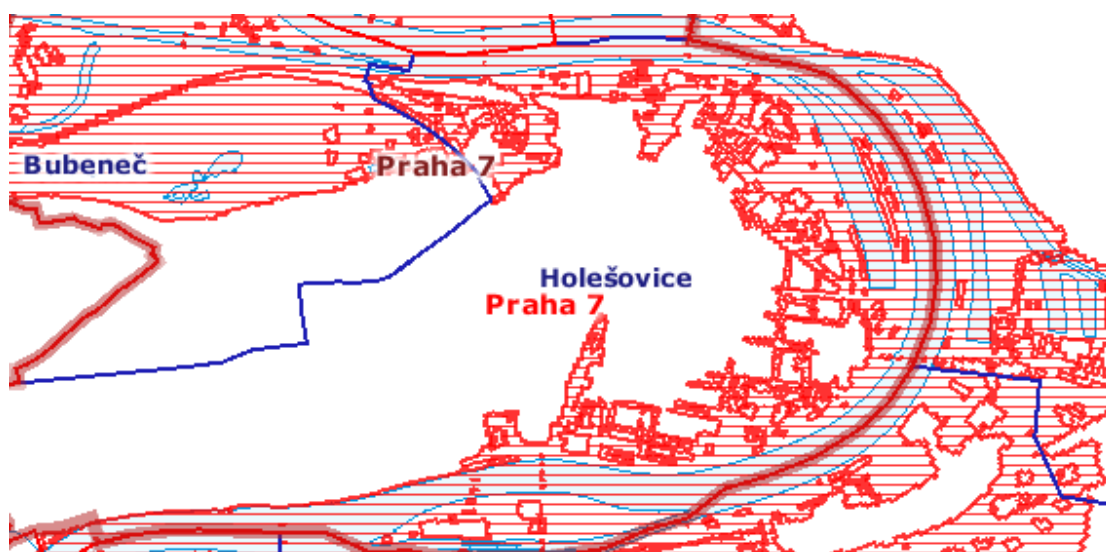
N – náklady vynaložené na ochranu území [mil. Kč]

### 2.5.1 Analýza spolehlivosti ve vybraných oblastech

#### Holešovice

Jedna z nejvíce postižených oblastí s celkovou rozlohou A = 4,690 km<sup>2</sup>. Zaplavená rozloha území při povodni bez provedených opatření v roce 2002 Z<sub>1</sub> = 40% velikosti území (odhad na Obrázku č.12) Z<sub>1</sub> = 4,69 \* 0,4 = 1,876 km<sup>2</sup>. S<sub>1</sub> se tedy rovná A-Z<sub>1</sub> = 4,690-1,876 = 2,814 km<sup>2</sup>. Jakost J<sub>1</sub> tedy vychází podle vzorce ( 5 ). J = 2,814/4,690 = 0,6

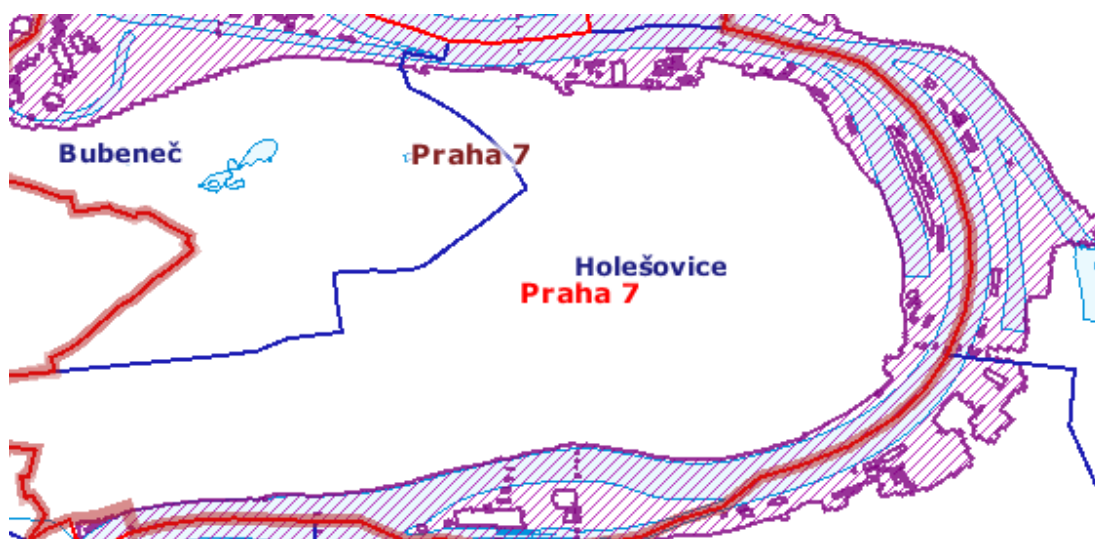
Obrázek 12: Holešovice bez opatření



Zdroj: upraveno podle [17]

Zaplavená rozloha území při povodni s provedenými opatřeními v roce 2002.  $Z_2 = 5\%$  velikosti území (odhad na Obrázku č.13). Z toho vyplývá, že  $S_2 = 95\%$  tj.  $4,455 \text{ km}^2$ .  $\Delta S = S_2 - S_1 = 1,641 \text{ km}^2$  (velikost ochráněného území zavedením protipovodňových opatření).

Obrázek 13: Holešovice s povodňovou ochranou



Zdroj: upraveno podle [17]

Z toho vypočítáme  $J_n$  podle vzorce ( 6 ).  $J = 1,641/531 = 0,0031 \text{ km}^2/\text{Kč}$ , z toho vyplývá, že za 1 milion Kč bude ochráněno  $0,0031 \text{ km}^2$  území Holešovic, a nebo ochrana  $1 \text{ km}^2$  stojí 323,5 milionů Kč.

### Karlín

Nejvíce postižená oblast povodní s celkovou rozlohou  $A = 2,160 \text{ km}^2$ . Zaplavená rozloha území při povodni bez provedených opatření v roce 2002  $Z_1 = 95\%$  velikosti území (odhad na Obrázku č.14)  $Z_1 = 2,160 * 0,9 = 2,052 \text{ km}^2$ .  $S_1$  se tedy rovná  $A - Z_1 = 2,160 - 1,944 = 0,108 \text{ km}^2$ . Jakost  $J_1$  tedy vychází podle vzorce ( 5 ).  $J = 0,108/2,160 = 0,05$

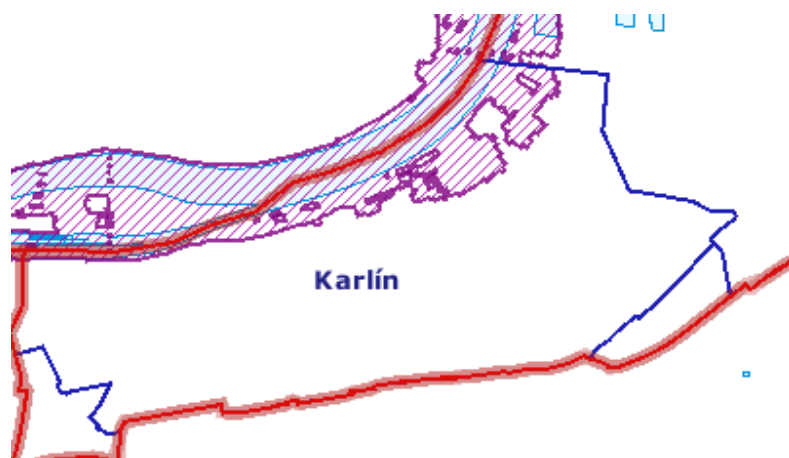
Obrázek 14: Karlín bez opatření



Zdroj: upraveno podle [17]

Zaplavená rozloha území při povodni s provedenými opatřeními v roce 2002.  $Z_2 = 20\%$  velikosti území (odhad na Obrázku č.15). Z toho vyplývá, že  $S_2 = 80\%$  tj.  $1,728 \text{ km}^2$ .  $\Delta S = S_2 - S_1 = 1,620 \text{ km}^2$  (velikost ochráněného území zavedením protipovodňových opatření).

Obrázek 15: Karlín s povodňovou ochranou



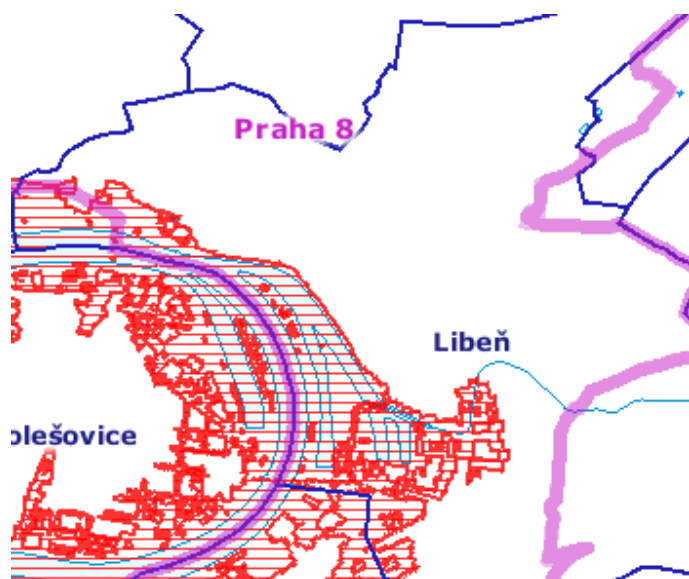
Zdroj: upraveno podle [17]

Z toho vypočítáme  $J_n$  podle vzorce ( 6 ).  $J = 1,620/70,5 = 0,023 \text{ km}^2/\text{Kč}$ , z toho vyplývá, že za 1 milion Kč bude ochráněno  $0,023 \text{ km}^2$  území Holešovic, a nebo ochrana  $1 \text{ km}^2$  stojí 43,5 milionů Kč.

### Libeň

Celková rozloha území  $A = 7,380 \text{ km}^2$ . Zaplavená rozloha území při povodni bez provedených opatření v roce 2002  $Z_1 = 20\%$  velikosti území (odhad na Obrázku č.16)  $Z_1 = 7,380 * 0,2 = 1,476 \text{ km}^2$ .  $S_1$  se tedy rovná  $A - Z_1 = 7,380 - 1,476 = 5,904 \text{ km}^2$ . Jakost  $J_1$  tedy vychází podle vzorce ( 5 ).  $J = 5,904/7,380 = 0,8$

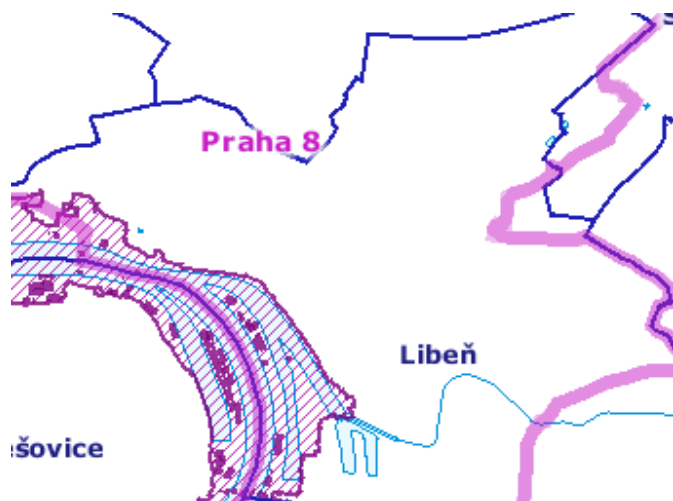
Obrázek 16: Libeň bez opatření



Zdroj: upraveno podle [17]

Zaplavená rozloha území při povodni s provedenými opatřeními v roce 2002.  $Z_2 = 10\%$  velikosti území (odhad na Obrázku č.17). Z toho vyplývá, že  $S_2 = 90\%$  tj.  $6,642 \text{ km}^2$ .  $\Delta S = S_2 - S_1 = 0,738 \text{ km}^2$  (velikost ochráněného území zavedením protipovodňových opatření).

Obrázek 17: Libeň s povodňovou ochranou



Zdroj: upraveno podle [17]

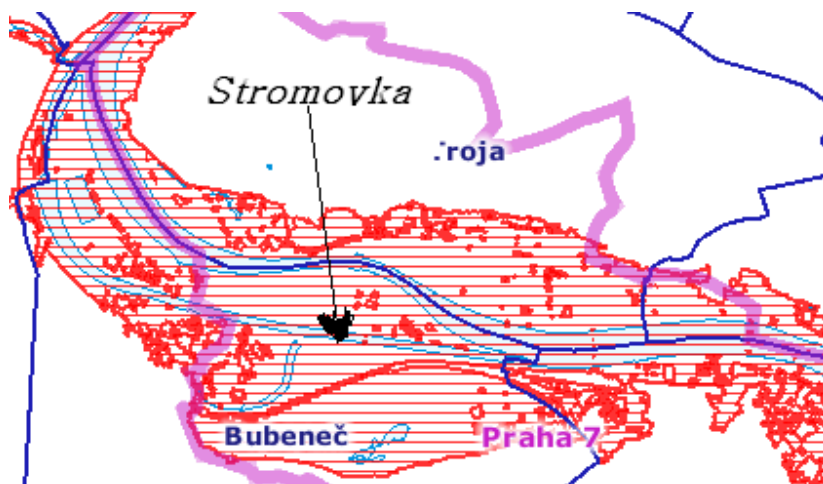


Z toho vypočítáme  $J_n$  podle vzorce ( 6 ).  $J = 0,738/588 = 0,0013 \text{ km}^2/\text{Kč}$ , z toho vyplývá, že za 1 milion Kč bude ochráněno  $0,0013 \text{ km}^2$  území Holešovic, a nebo ochrana  $1 \text{ km}^2$  stojí 796,7 milionů Kč.

### Stromovka

Celková rozloha území  $A = 1,040 \text{ km}^2$ . Zaplavená rozloha území při povodni bez provedených opatření v roce 2002  $Z_1 = 90\%$  velikosti území (odhad na Obrázku č.18)  $Z_1 = 1,040 * 0,8 = 0,936 \text{ km}^2$ .  $S_1$  se tedy rovná  $A - Z_1 = 1,040 - 0,936 = 0,104 \text{ km}^2$ . Jakost  $J_1$  tedy vychází podle vzorce ( 5 ).  $J = 0,104/1,040 = 0,1$

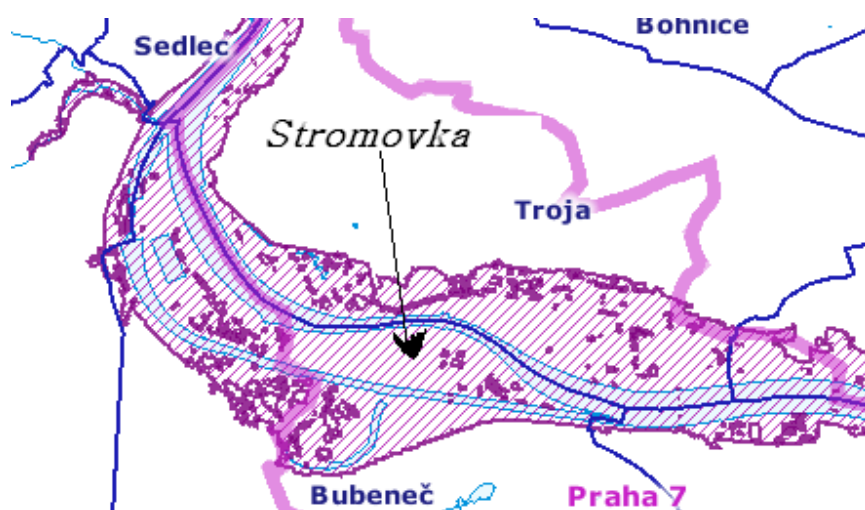
Obrázek 18: Stromovka s povodňovou ochranou



Zdroj: upraveno podle [17]

Zaplavená rozloha území při povodni s provedenými opatřeními v roce 2002.  $Z_2 = 45\%$  velikosti území (odhad na Obrázku č.19). Z toho vyplývá, že  $S_2 = 55\%$  tj.  $0,572 \text{ km}^2$ .  $\Delta S = S_2 - S_1 = 0,468 \text{ km}^2$  (velikost ochráněného území zavedením protipovodňových opatření).

Obrázek 19: Stromovka s povodňovou ochranou



Zdroj: upraveno podle [17]

Z toho vypočítáme  $J_n$  podle vzorce ( 6 ).  $J = 0,468/80 = 0,0058 \text{ km}^2/\text{Kč}$ , z toho vyplývá, že za 1 milion Kč bude ochráněno  $0,0058 \text{ km}^2$  území Holešovic, a nebo ochrana  $1 \text{ km}^2$  stojí 170,94 milionů Kč.

### Zhodnocení výsledku

Největší náklady na ochranu  $1 \text{ km}^2$  vycházejí pro Prahu-Libeň, jejich výše je 796,7 mil. Kč. Toto číslo se mně zdá relativně veliké. Z výsledků vyplývá, že poměr nákladů na ochranu území ve vybraných částech Prahy se liší. Největší je jak je již uvedeno pro Prahu-Libeň, kde za 1 mil. Kč je uchráněno cca.  $0,0013 \text{ km}^2$  území. Naopak nejmenší poměr je v části Praha-Karlín, kde jsou tato opatření nejvíce efektivní.

### 3. Závěr

Ve své práci jsem se zabýval tématem povodně, jak z teoretického hlediska, tak z praktického. Jak bylo vysvětleno v úvodu práce i v samotné práci v posledních letech se vyskytují extrémní, které dříve nebyly tak časté. Tyto problémy mě natolik zaujaly, že byly podnětem k vypracování bakalářské práce.

V první části práce jsem vymezil samotnou podstatu povodní, jejich vznik, zásady ochrany proti nim a také vysvětlil základní pojmy, které jsou s prací úzce spojeny. Čtenář je zde seznámen například s pojmy povodeň, povodňová aktivita, záplavová území, N-letá voda, vodní dílo a další. V první části práce jsou také obsaženy zásady a postup evakuace obyvatel při náhlé hrozbě povodně.

Další kapitola je zaměřena na hlavní město Praha, které bylo zasaženo v roce 2002 povodní s obrovskými následky. Povodni neuniklo ani pražské metro, kde byly také škody obrovského rozsahu. V kapitole 2.2 je blíže popsána protipovodňová ochrana, která byla vybudována právě v návaznosti na zmírnění následků při možném opakování takto velké hrozby. Z uvedených poznatků jsem vyvodil závěr, že vláda a orgány České republiky neopomněly následky této obrovské povodně a po povodni v roce 2002 se zabývaly, jak vyprojektovat zábrany, které by pomohly snížit riziko a dopad povodní na město. Budoucí pokolení by jistě rádo zachovalo průmysl, krajinu, historické památky i samotná jádro města a cítilo se bezpečněji. Podle mého názoru, který jsem si stihl při tvorbě této práce udělat, se zde jednalo velice odpovědně a realizace protipovodňové ochrany je až na výjimky v dnešní době hotova i finančně pokryta. Je však nadále nutné se o tyto zábrany starat, udržovat je, mít vhodná místa pro skladování, vytvořit tým, který by zkoušel funkčnost zábran a tak dále.

Výskyt povodně takové velikosti, jako byla právě v roce 2002, mě podnítil také k tomu se pokusit o odhad vývoje kulminačního průtoku na Vltavě ve stanici Praha-Chuchle, a zjistit, zda je možné předpovědět dobu opakování takto obrovské povodně. Pomocí statistických metod korelační analýzy jsem zjistil, že korelační vztah mezi kulminačním průtokem ve Vltavě v Praze-Chuchli v jednotlivých letech v daném intervalu od roku 1827-2007 nelze přesně určit, z toho vyplývá, že nelze stanovit přesný stav kulminačních hladin v budoucích letech. Z výzkumu jsem ale zjistil, že hodnoty kulminačních hladin kolísají

podél jisté průměrné hodnoty. Tato zdánlivě střední hodnota má mírně klesající tendenci, z čehož vyplývá, že kulminační průtoky by se v budoucnosti měly mírně zmenšovat. Nelze z toho však usoudit příchod extrémů, které jsou naprosto nepředvídatelné. Svůj vliv na to bude mít jistě aktuální problém globálního oteplování Země a meteorologická situace v jednotlivých letech.

Touto problematikou se zabývali i odborníci z oblasti hydrometeorologie, kteří řeší tento problém vědecky. I závěry z jejich výzkumů ukazují, že odhadnout vývoj výskytu povodní v budoucnosti nelze s naprostou jistotou a spolehlivostí. Jde pouze predikční statistickou metodou odhadnou dobu opakování (periodicitu) povodně kdy například stoletá voda se vyskytne každý rok s pravděpodobností 1/100. Naopak není vůbec jisté, že se 100-letá povodeň během období dlouhého 100 let vůbec vyskytne.

V poslední části práce v kapitole 2.5 jsem se zabýval analýzou protipovodňových opatření a spolehlivostí ochráněného území díky vytvoření právě těchto zábran. Do výpočtu jsem zohlednil také náklady, které byly na jednotlivé etapy vynaloženy. Z výpočtů vyplývá, že z jednotlivých částí Prahy, které byly k výpočtu vybrány byla největší efektivita protipovodňové ochrany v části Praha-Karlín, která byla zatopena skoro z 95% svého území, díky navrhovaným opatřením bylo toto číslo sníženo podle mého odhadu na 20%, což znamená, že spolehlivost ochráněného území vzrostla o 75%. Toto odpovídá po přepočtu na vynaložené náklady přibližně číslu 43,5 mil. Kč na ochranu 1km<sup>2</sup> Karlína. Naopak v části Praha-Libeň se uchránilo pouze 10% území, protože tato část je velice rozlehlá a nebyla tolik zaplavena. Zde vychází 796,7 mil. Kč na ochranu území. Toto číslo je podle mého názoru přehnané. Mnoho prostředků bylo vynaloženo i na ochranu libeňských přístavů, a proto toto číslo může být lehce zkreslené.

První cíl práce byl splněn v kapitole 2.2, kde je rozebrána ochrana Prahy, dále analýza průtoku na Vltavě je blíže popsána v kapitole 2.3 a rizika a dopady povodně v kapitole 2.4. Oproti původnímu cíli byla přidána analýza efektivnosti nákladů vynaložených na ochranu proti povodni. Z toho lze usoudit, že cíle byly splněny a mírně překročeny.

## Seznam literatury

### Tištěné zdroje

- [1] CONSTANZA, Robert, JORGENSEN, Sven Erik. Understanding and solving environmental problems in the 21st century: toward new, integrated hard problem science. Oxford: Oxford: Elsevier. 2002. 324 s. ISBN 0-08-044111-4.
- [2] ČAMRDOVÁ, Lenka, JÍLKOVÁ, Jiřina. Povodně v území: institucionální a ekonomické souvislosti. 1. vyd. Praha: Vydavatel Eurolex Bohemia. 2006. 172 s. ISBN 80-7379-000-9.
- [3] CHROBÁKOVÁ, Eliška, et al. Malá ilustrovaná encyklopedie. Praha: Encyklopedický dům, s.r.o., 1999. 1213 s. ISBN 80-86044-12-2., s. 797
- [4] JANATA, Jiří, et al. Povodně v českých zemích. Praha: Profesional publishing. 2007. 146 s. ISBN 978-80-86946-39-9.
- [5] KONVIČKA, Miloslav. Město a povodeň: strategie rozvoje měst po povodních. Šlapanice: ERA. 2001. 219 s. ISBN: 80-86517-38-1.
- [6] KUBANOVÁ, Jana. Statistické metody pro ekonomickou a technickou praxi. Bratislava: STATIS, 2008. 247 s. ISBN 978-80-85659-47-4. str. 143
- [7] KUKAL, Zdeněk. Přírodní katastrofy. Brno: Horizont. Vyd. 2. 1983. 264 s. ISBN 40-023-83.
- [8] VOTRUBA, Ladislav, HEŘMAN, Jiří. Spolehlivost vodohospodářských děl. Praha: Brázda: Česká matice technická, 1993. 488 s. ISBN 80-209-0251-1. s. 236

### Firemní publikace

- [9] Etapy protipovodňové ochrany. *Protipovodňová opatření na ochranu Prahy*. Praha: VRV, 2007. s. 20.
- [10] Teorie povodňového rizika. *Posílení rizikové analýzy*. Praha: Arcadis, 2004. s. 108.
- [11] Výskyt povodňových situací v České republice. *Vodní toky 2003 Protipovodňová ochrana obcí*. Hradec Králové: VRV, 2003. s. 228.

## Zákony

[12] TNV 75 2931 Povodňové plány: odvětvová technická norma vodního hospodářství. Věstník a Zpravodaj MŽP. 2001. č. 4. 31 s.

[13] Zákon č. 239/2000 Sb., Parlamentu České republiky, o integrovaném záchranném systému, ve znění pozdějších novel.

[14] Zákon č. 240/2000 Sb., Parlamentu České republiky, o krizovém řízení (krizový zákon), ve znění pozdějších novel.

[15] Zákon č. 254/2001 Sb., Parlamentu České republiky, o vodách (vodní zákon), ve znění pozdějších novel.

## WWW zdroje

[16] *Český hydrometeorologický ústav* [online]. 2006 [cit. 2010-02-12]. Předběžná souhrnná zpráva o hydrometeorologické situaci v srpnu 2002. Dostupné z WWW: <[http://www.chmi.cz/hydro/pov02/100\\_voda.htm](http://www.chmi.cz/hydro/pov02/100_voda.htm)>.

[17] *Mapa Prahy - Zátopy* [online]. 2009 [cit. 2010-04-11]. Informační server pražské radnice. Dostupné z WWW: <[http://wgp.prahamesto.cz/tms/wgp\\_zatopy/index.php?client\\_type=gis\\_hr1&strange\\_opener=0&client\\_lang=cz\\_iso&autolog\\_anonymous=1](http://wgp.prahamesto.cz/tms/wgp_zatopy/index.php?client_type=gis_hr1&strange_opener=0&client_lang=cz_iso&autolog_anonymous=1)>.

[18] *MP Hrušovany* [online]. 2006 [cit. 2010-02-14]. Co má obsahovat evakuační zavazadlo?. Dostupné z WWW: <[http://www.mphrusovany.cz/rady/evakuacni\\_zavazadlo.pdf](http://www.mphrusovany.cz/rady/evakuacni_zavazadlo.pdf)>.

[19] *Noordoostpolder Netherlands - Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida): Wikipedia Foundation, [cit. 2010-03-14]. Dostupné z WWW: <[http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Satellite\\_image\\_of\\_Noordoostpolder,\\_Netherlands\\_\(5.78E\\_52.71N\).png](http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Satellite_image_of_Noordoostpolder,_Netherlands_(5.78E_52.71N).png)>.

[20] *Řešení krizových situací* [online]. 2003 [cit. 2010-03-11]. Krizové situace. Dostupné z WWW: <<http://www.stechovice.info/pages/krize.htm#zvlastni>>.

## Seznam obrázků, grafů a tabulek

Obrázek 1: Satelitní snímek polderu Noordoostpolder (Nizozemsko).....	23
Obrázek 2: evakuační zavazadlo.....	31
Obrázek 3: Pravý břeh Vltavy okolo Karlova mostu   Obrázek 4: Hrazení v obloucích Karlových lázní.....	36
Obrázek 5: Levý břeh Vltavy okolo Karlova mostu.....	37
Obrázek 6: Areál MFF UK.....Obrázek 7: Provizorní ochrana Karlín.....	38
Obrázek 8: Okolí Štvanice.....Obrázek 9: Okolí holešovického přístavu .....	39
Obrázek 10: Výtoň.....   Obrázek 11: Smíchov .....	40
Obrázek 12: Holešovice bez opatření .....	52
Obrázek 13: Holešovice s povodňovou ochranou .....	52
Obrázek 14: Karlín bez opatření.....	53
Obrázek 15: Karlín s povodňovou ochranou .....	54
Obrázek 16: Libeň bez opatření.....	55
Obrázek 17: Libeň s povodňovou ochranou .....	55
Obrázek 18: Stromovka s povodňovou ochranou.....	56
Obrázek 19: Stromovka s povodňovou ochranou.....	57
Graf 1: Škody na majetku při největších povodních v letech 1997-2009.....	18
Graf 2: Počty obětí největších povodní v letech 1997-2009.....	19
Graf 3: Přibližné náklady na realizaci jednotlivých etap .....	43
Graf 4: Hladiny kulminačních průtoků vody na Vltavě v Praze-Chuchli v jednotlivých letech.....	44
Tabulka 1: Tabulka kulminačních průtoků v jednotlivých letech .....	46
Tabulka 2: Výpočty pro korelaci .....	46
Tabulka 3: Hodnoty N-letých průtoků ve stanici Praha-Chuchle.....	48
Tabulka 4: Výpočty doby návratnosti protipovodňových opatření .....	50