

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
FAKULTA STAVEBNÍ  
KATEDRA HYDROMELIORACÍ A KRAJINNÉHO INŽENÝRSTVÍ



## **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

### **Vodohospodářské řešení koryta řeky Klabavy v rokycanském intravilánu**

**Adam Babuljak**

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Adam Vokurka, PhD.

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Vodní hospodářství a vodní stavby

**Praha, 2020**

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Babuljak Jméno: Adam Osobní číslo: 468227  
 Zadávající katedra: K143 - Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství  
 Studijní program: Stavební inženýrství  
 Studijní obor: Vodní hospodářství a vodní stavby

### II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Vodohospodářské řešení koryta řeky Klabava v rokycanském intravilánu  
 Název bakalářské práce anglicky: Water management solution of Klabava channel in Rokycany urban area  
 Pokyny pro vypracování:  
 Ve své bakalářské práci se pokuste navrhnout úpravu koryta v intravilánu Rokycan tak, aby bylo možné vodní prvek v intravilánu vnímat jako biotop a zároveň byla zajištěna potřebná míra PPO města. Pro řešení využijte dostupné informace o intravilánových revitalizacích nebo o přírodě blízkých protipovodňových opatření. V rámci své práce proveďte pasportizaci koryta, popište stávající a cílový stav, který se pokuste navrhnout ve variantách. V rámci práce sestavte model koryta pro možné automatizované modelování stávajícího a návrhových stavů.  
 Práci dělte na část rešeršní, ve které popište principy technických úprav koryt VT v intravilánech, dále popište principy jejich revitalizace. Dále popište stav VT a svůj návrh řešení. Stávající stav i návrhy ověřte pomocí modelu. Součástí práce bude i popis použitého modelu včetně popisu vstupů a výstupů pro jednotlivé modelové stavy. Práci rozšiřte o schémata návrhu úpravy koryta.  
 Seznam doporučené literatury:  
 Metodiky MŽP - příroděblízká PPO, po konzultaci s vedoucím práce  
 Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Adam Vokurka, Ph.D.  
 Datum zadání bakalářské práce: 17.2.2020 Termín odevzdání bakalářské práce: 17.5.2020  
Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku  

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

*Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.*

25.2.2020

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

### Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Vodohospodářské řešení koryta řeky Klabavy v rokycanském intravilánu** zpracoval samostatně za použití uvedené literatury a pramenů.

Dále prohlašuji, že nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne ...

.....  
Jméno Příjmení

## Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu práce, Ing. Adamu Vokurkovi, Ph.D za užitečné rady a odborné vedení. Děkuji také doc. Ing. Aleši Havlíkovi, CSc. za obětovaný čas a poskytnutou pomoc se softwarem HEC-RAS a především za poskytnutí podkladů, bez kterých by tato práce nemohla vzniknout. Děkuji také své rodině a blízkým za veškerou podporu a zázemí, které mi poskytují po celou dobu studia, stejně jako za motivaci a dobrou náladu, kterou mi dodávají, když ji nejvíce potřebuji, a bez které by celé studium bylo mnohem náročnější. A děkuji také svým skvělým spolužákům, co mi tolikrát za těch pár semestrů pomohli.

## Anotace

Bakalářská práce popisuje problematiku protipovodňové ochrany v České republice a blíže specifikuje opatření v intravilánech měst, u kterých je kladen důraz na přírodě blízké provedení. Dále se práce zabývá úsekem řeky Klabavy v intravilánu města Rokycan. Zájmové území je nejprve podrobně popsáno, následně je vytvořen matematický model ustáleného proudění v softwaru HEC-RAS a je provedeno posouzení koryta na  $Q_{100}$ . Na základě jeho vyhodnocení, majetkoprávních vztahů a prostorového uspořádání zájmového území jsou navrženy tři varianty řešení protipovodňového opatření, které plní nejen funkci ochrannou, ale dle své klasifikace také do různé míry funkci ekologickou a rekreační.

## Klíčová slova:

Protipovodňová ochrana, revitalizace, HEC-RAS, matematické modelování, úprava koryta

## Summary

The bachelor thesis describes the issue of flood protection in the Czech Republic and specifies the measures in urban areas, where the emphasis is on a nature-friendly solution, in more detail. Furthermore, the work deals with the section of the river Klabava in Rokycany urban area. Firstly, the area of interest is described in detail and then a mathematical steady flow model is created in HEC-RAS software, which is used for channel assessment in the case of flow rate  $Q_{100}$ . Based on the results of the assessment, on property relations and spatial arrangement of the area of interest, three variants of the solution of flood protection are designed. In these variants, the newly designed channel not only provides an appropriate flood protection but to a certain degree (depending on the variant specifications) also provides ecological and recreational function.

## Key words:

Flood protection, revitalization, HEC-RAS, mathematical modeling, channel adjustment

# OBSAH

ÚVOD .....	9
<b>1. PROTIPOVODŇOVÁ OCHRANA .....</b>	<b>10</b>
1.1. DĚLENÍ PROTIPOVODŇOVÝCH OPATŘENÍ.....	11
1.1.1. DĚLENÍ PODLE ÚČELU .....	11
1.1.2. DĚLENÍ PODLE KONSTRUKČNÍ PODSTATY .....	11
1.1.3. DĚLENÍ DLE LEGISLATIVNÍCH A FINANČNÍCH VAZEB MEZI ZÚČASTNĚNÝMI SUBJEKTY .....	14
1.2. LEGISLATIVNÍ RÁMEC .....	15
1.2.1. OBLAST ÚZEMNÍHO PLÁNOVÁNÍ.....	15
1.2.2. OBLAST VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ.....	16
1.3. PROTIPOVODŇOVÁ OCHRANA V INTRAVILÁNECH .....	22
1.4. PŘÍRODĚ BLÍZKÁ ŘEŠENÍ.....	25
1.5. VYUŽÍVANÉ PRVKY A TYPY ÚPRAV .....	28
1.6. PŘÍKLADY PROVEDENÝCH OPATŘENÍ VE SVĚTĚ .....	33
<b>2. ZÁJMOVÁ LOKALITA.....</b>	<b>37</b>
2.1. ŘEKA KLABAVA .....	37
2.2. VÝVOJ PPO V ROKYCANECH .....	40
2.3. PRŮZKUM TERÉNU A URČENÍ VÝZNAMNÝCH BODŮ.....	43
2.4. MAJETKOPRÁVNÍ VZTAHY .....	49
2.5. INŽENÝRSKÉ SÍTĚ .....	50
<b>3. HYDRAULICKÝ MODEL STÁVAJÍCÍHO STAVU KORYTA.....</b>	<b>52</b>
3.1. MODELOVÁNÍ USTÁLENÉHO PROUDĚNÍ V HEC-RAS.....	52
3.2. VSTUPNÍ DATA.....	52
3.2.1. GEOMETRICKÁ DATA.....	52
3.2.2. HYDROLOGICKÁ DATA A OKRAJOVÁ PODMÍNKA.....	55
3.2.3. MANNINGŮV DRSNOSTNÍ SOUČINITEL .....	55
3.3. VYHODNOCENÍ MODELU, KRITICKÉ PROFILY .....	57

<b>4. VODOHOSPODÁŘSKÉ ŘEŠENÍ KORYTA .....</b>	<b>59</b>
4.1. <i>VARIANTA TECHNICKÉ PPO</i> .....	59
4.1.1. NAVRHOVANÉ ÚPRAVY .....	59
4.1.2. HYDRAULICKÝ MODEL .....	60
4.2. <i>VARIANTA PBPO</i> .....	62
4.2.1. NÁVRH KYNETY .....	62
4.2.2. NAVRHOVANÉ ÚPRAVY .....	64
4.2.3. HYDRAULICKÝ MODEL .....	64
4.3. <i>KOMPROMIS MEZI PBPO A TECHNICKOU PPO</i> .....	68
4.3.1. NAVRHOVANÉ ÚPRAVY .....	68
4.3.2. HYDRAULICKÝ MODEL .....	69
<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>72</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....</b>	<b>74</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK .....</b>	<b>79</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH .....</b>	<b>83</b>



## ÚVOD

Bakalářská práce se zabývá úsekem řeky Klabavy mezi jezem na ř. km 21,043 a koncem technické úpravy koryta řeky na ř. km 19,723.

Řeka Klabava velmi rychle reaguje na srážky v povodí, její hladina stoupá nejrychleji ze všech řek v Plzeňském kraji a představuje tak výrazné povodňové riziko. Okresní město Rokycany, jehož intravilánem řeka protéká, ale i přesto není proti povodním dostatečně chráněno. Od povodně v roce 2002, která ve městě způsobila značné škody, se projednává zvýšení kapacity koryta řeky a zabezpečení ochrany okolní zástavby. Původní projekt měl však pouze posílit stávající nevzhlednou a ekologicky nefunkční technickou úpravu koryta. Aktivní obyvatelé Rokycan toužící po přírodě blízké, ekologicky funkční a rekreačně atraktivní protipovodňové ochraně ale vyvinuli na vedení města takový nátlak, že od původního záměru bylo upuštěno a nyní se hledá způsob, jak koryto Klabavy v Rokycanech účinně revitalizovat. Tuto problematiku řeší také tato bakalářská práce.

Cílem práce je posouzení současného stavu koryta pomocí matematického modelu a návržení tří variant úpravy koryta, které zajistí jeho kapacitu na  $Q_{100}$  a jejichž hydraulická funkčnost bude doložena matematickým modelem v softwaru HEC-RAS. První varianta se bude snažit o zkapacitnění koryta pragmatickými, technickými úpravami. Druhá varianta bude maximálně využívat okolní prostor pro rozšíření koryta a vytvoření přírodě blízkého, ekologicky funkčního protipovodňového opatření, které zatraktivní prostředí v blízkosti toku pro veřejnost a propojí cyklostezkou Husovy sady s již existující cyklostezkou mezi Rokycany a Kamenným Újezdem. Poslední varianta bude hledat po všech stránkách funkční kompromis mezi prvními dvěma variantami.



Obrázek 1 – Současné koryto řeky Klabavy v Rokycanech  
Zdroj: Autorská fotografie

# 1. PROTIPOVODŇOVÁ OCHRANA

Povodně jsou fenoménem, který ze všech přírodních katastrof představuje pro Českou republiku největší nebezpečí. Přírozené povodně jsou způsobeny přírodními jevy, jako jsou dešťové srážky, tání a chod ledů, zvláštní povodně jsou způsobeny událostmi, jako je havárie vodního díla. Při povodních, jak již historie mnohokrát ukázala, může docházet ke ztrátám na životech obyvatel zasaženého území i k rozsáhlým škodám materiálním, ekologickým a ke znehodnocení a devastaci kulturní krajiny v postižené oblasti. Nebezpečí představuje také nepravidelný výskyt povodní, díky kterému je obtížnější vnímat a vyhodnocovat rizika s povodněmi spojená a efektivně a systematicky realizovat preventivní opatření, která proti nim zajistí účinnou ochranu. Hlavní legislativní pilíř ve vodohospodářském prostředí, zákon č. 254/2001 Sb., známý jako Vodní zákon (dále Vodní zákon), definuje povodeň jako přechodné výrazné zvýšení hladiny vodních toků nebo jiných povrchových vod, při kterém voda již zaplavuje území mimo koryto vodního toku a může způsobit škody. K předcházení a zvládnutí povodňového rizika v lokalitě, která je výskytem povodňové události ohrožená, slouží činnosti a opatření, která se souhrnně označují jako *ochrana před povodněmi* (1) (2) (3).

Ochrana před povodněmi je Vodním zákonem definována jako systematická prevence a operativní opatření, která slouží k předcházení a zvládnutí povodňového rizika. Povodňová opatření pak Vodní zákon definuje jako přípravná opatření, opatření prováděná při nebezpečí povodně, během povodně a po povodni (4) (5).

Ochrana před povodněmi se zajišťuje systematickou prevencí a operativními opatřeními zabezpečenými podle povodňových plánů nebo krizových plánů v případě vyhlášení krizového stavu, nemůže však být nikdy absolutní. Jejím cílem je především určité omezení kulminačních průtoků, kterými bývá často povodeň definována, a transformace povodňové vlny, což vede k pozitivnímu ovlivnění časového průběhu povodně a k ochraně zasaženého území. Ovlivnění časového průběhu povodní navíc umožňuje přijetí účinnějších opatření, která vedou k záchraně životů a majetku (1) (2).

Nejefektivnější formou ochrany před povodněmi jsou preventivní opatření. K maximalizaci jejich účinnosti je ale třeba, aby se na jejich realizaci podíleli vlastníci a správci nemovitostí situovaných v ohroženém území. Musí být prováděna systémově, v ucelených hydrologických povodích. Jednotlivá opatření v rámci povodí

musí být vzájemně provázaná a při realizaci opatření je třeba klást důraz na nalezení vhodné kombinace opatření v krajině a technických opatření (2).

V této kapitole se práce zabývá dělením protipovodňových opatření, jejich zakotvením v české legislativě, systémem protipovodňové ochrany v České republice, současným stavem a způsobem řešení protipovodňové ochrany v intravilánech českých měst, definováním přírodně blízkých povodňových opatření a detailnějším rozbohem způsobů provádění takových úprav v zastavěném území.

## **1.1. DĚLENÍ PROTIPOVODŇOVÝCH OPATŘENÍ**

### **1.1.1. DĚLENÍ PODLE ÚČELU**

První variantou dělení protipovodňových opatření je dělení dle jejich účelu. Tento postup je také obvykle aplikován v dokumentech Evropské unie.

Prvním z těchto účelů **prevence**, kdy smyslem protipovodňových opatření je zabránění škodám pomocí vhodného umístění staveb, jejich přizpůsobení povodňovému riziku, využívání území vhodným způsobem, používáním odpovídajících a šetrných zemědělských a lesohospodářských praktik a obecně komplexnímu přizpůsobení koncepce krajiny povodňovému riziku.

Druhým účelem je **ochrana**. Zde se využívají nástroje strukturní protipovodňové ochrany (viz níže) ke snížení povodňového rizika a omezení dopadů případné povodňové události.

Třetím účelem je **připravenost**. Sem spadají opatření, která si kladou za cíl ochranu obyvatelstva v případě povodně pomocí informovanosti veřejnosti o protipovodňové ochraně, o povodňovém riziku a o tom, jak se občané mají v případě povodně chovat. Do této kategorie se řadí například existence místního informačního systému, sirén nebo webového portálu obsahujícího zásadní informace.

Poslední skupinu tvoří **záchranný systém**, kam spadají opatření, která slouží k řízení a ochraně obyvatelstva v průběhu povodňové události. Do této kategorie spadají například záchranné plány nebo organizační části povodňových plánů měst (6).

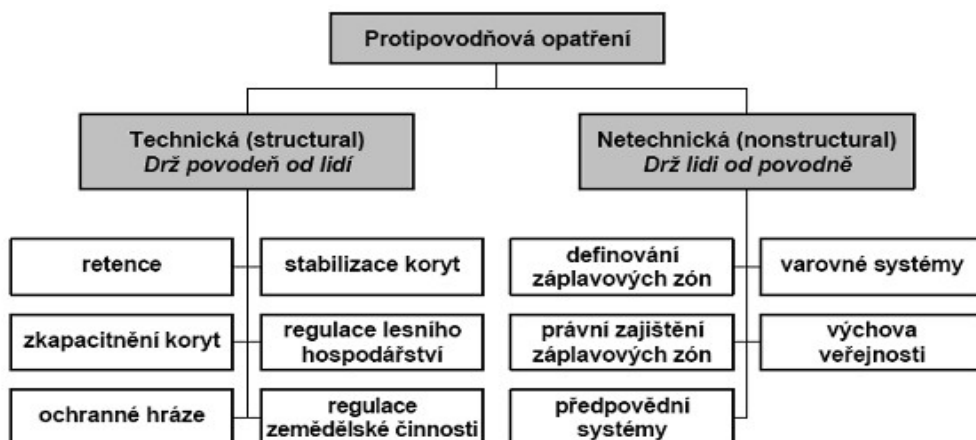
### **1.1.2. DĚLENÍ PODLE KONSTRUKČNÍ PODSTATY**

Další variantou je dělení protipovodňové ochrany dle konstrukční podstaty opatření na technická a netechnická. Vzhledem k tomu, že technická opatření se pak dále dělí na

technická a přírodě blízká, použijeme na této úrovni dělení PPO raději termíny strukturální (= technická) a nestrukturální (= netechnická) (6).

Mezi **nestrukturální** řadíme přípravná opatření a opatření při nebezpečí povodně, jejichž podstatou je obecně ochrana obyvatelstva a majetku snahou zmenšit jeho koncentraci v rizikových zónách. K tomuto slouží definice záplavových zón, tedy území, k jejichž zaplavení dochází v případě výskytu povodně určité charakteristiky, vytvoření povodňových plánů, které zajišťují organizaci a přípravu zabezpečovacích prací, včasné a spolehlivé informace při povodňové události a definují možnosti ovlivnění odtokového režimu, provádění povodňových prohlídek, které mají za cíl odhalit závady na vodních dílech, které by mohly vést ke zvýšení nebezpečí povodně, předpovědní a hlásná povodňová služba, která varuje a informuje povodňové orgány a další účastníky ochrany před povodněmi o možnosti vzniku a případně dalším vývoji povodňových událostí. Dále do této kategorie patří povodňové záchranné práce, technická a organizační opatření prováděná za povodně v zasaženém území, zpracování dokumentace a vyhodnocení povodní pro efektivnější ochranu před povodněmi budoucími, funkce povodňových orgánů a nástroje územního plánování. Podrobné vymezení nestrukturálních opatření je obsaženo ve Vodním zákoně (7).

Mezi **strukturální** protipovodňová opatření se naopak řadí úpravy toků a inundačních území. Snahou těchto opatření je zajištění dostatečné kapacity koryt toků, stability dna a břehů koryt, zvýšení retenční schopnosti krajiny a dosažení transformace povodňové vlny v prostoru a čase. Do této kategorie spadá například zkapacitnění koryt, konstrukce ochranných hrází a protipovodňových zdí nebo opatření v povodí vedoucí ke zvýšení retenční schopnosti krajiny (7).



Obrázek 2 – Dělení protipovodňových opatření

Dostupné z: <http://www.cs-povodne.eu/getattachment/Protipovodnova-ochrana-a-povodne/Protipovodnova-opatreni/strom.png.aspx>

Tato bakalářská práce se zabývá strukturálními protipovodňovými opatřeními. Proto je vhodné detailněji analyzovat tuto skupinu PPO. Strukturální protipovodňová opatření kombinují přirozenou retenci a technická protipovodňová opatření.

Je nezbytně nutné, aby bylo prováděno koncepční, ucelené řešení ochrany celých povodí využívající obě tyto skupiny opatření. Toto je také prioritou strategie ochrany před povodněmi v České republice. Cílem je hledání prostorové rovnováhy mezi hospodářským rozvojem a urbanizací území a využitím území k eliminaci povodňového rizika pomocí umožnění rozlivu, přirozené retence a akumulace vody a zpomalení odtoku, které vede k transformaci povodňové vlny. Je nezbytně nutné sledovat dopad, který mají konstruovaná opatření na životní prostředí (2).

V nezastavěném území jde tedy především o umožnění rozlivu toků do říčních niv. Jev zcela přirozený byl zásahem člověka do krajiny značně omezen. Intenzivní využívání říčních údolí snížilo možnost rozlivu toků a s tím i možnost retence a akumulace vody v krajině. Protipovodňová ochrana zde spočívá v zajištění nezastavěných území pro rozlivy a v opětovném aktivování někdejších přirozených inundačních území. K tomuto účelu se využívá řada opatření, jako je například odsazení či odstranění stávajících hrází, opětovné propojení toků s jejich nivami, revitalizace toků a obnovování krajinných prvků, jako jsou mokřady, lužní lesy nebo remízky, napomáhajících k přirozené retenci vody v přírodě (8).

V urbanizovaném území je na prvním místě ochrana obyvatelstva a majetku. Nelze se zde tedy vzdát technických protipovodňových opatření, která zajistí bezpečné převedení povodní intravilánem měst. Je vhodné je však maximálně doplnit přírodě blízkými prvky, které zvyšují ekologickou hodnotu toku. V urbanizovaném území je také vhodné zvyšování retenčního potenciálu pomocí zasakování dešťové vody (8) (9).

Tím se dostáváme k dílčímu dělení strukturálních protipovodňových opatření, která se dělí podle svojí podstaty na technická a přírodě blízká.

**Technická opatření** slouží ke zmírnění účinků povodně zachycením části jejího objemu a zmenšením kulminačních průtoků a tedy i rozlivů v urbanizovaném území. Ze své podstaty kladou důraz na efektivitu a hydraulickou funkčnost. Ekologické či rekreační funkce toku ovlivňují spíše negativním způsobem. Do této kategorie se řadí zkapacitňování koryt, ohrázování toků, výstavba velkých retenčních nádrží a suchých poldrů (2) (6).

**Přírodě blízká protipovodňová opatření** (zkráceně PBPO) slouží k zajištění ochrany osob a majetku před povodněmi a k zajištění dobrého ekologického stavu toku a krajiny. Tato opatření přesahují rozměr koryta toku a zasahují také jeho okolí a říční nivy, ideálně jsou aplikována v celé ploše povodí toku (6).

Moderní filozofií protipovodňových opatření je tedy nejen funkční a efektivní ochrana majetku a zdraví obyvatelstva, ale také zlepšení ekologického stavu vodních toků a niv. Tohoto ideálního stavu lze docílit pouze vhodnou kombinací technických a přírodě blízkých opatření, protipovodňovou ochranou řešenou komplexně a uceleně v rámci celých povodí (10).

### **1.1.3. DĚLENÍ DLE LEGISLATIVNÍCH A FINANČNÍCH VAZEB MEZI ZÚČASTNĚNÝMI SUBJEKTY**

Tato krátká podkapitola je věnována poslednímu typu dělení PPO, který protipovodňová opatření dělí na aktivní a pasivní a který postihuje především legislativní a finanční vazby mezi jednotlivými zúčastněnými subjekty (6).

*“Aktivní protipovodňová opatření jsou založena na preventivním přístupu při využívání záplavových území. Hlavním cílem aktivních protipovodňových opatření v tomto pojetí je zajistit optimální rozvoj v záplavových územích a tím rovněž optimalizovat dopad povodňových škod na národní hospodářství. Znamená to, že tato opatření řeší problém škod ex ante pomocí principu individuální odpovědnosti za využívání oblastí v okolí řek (6).”*

*“Pasivní protipovodňová opatření jsou přijímána k ochraně majetku, který byl v záplavovém území již umístěn. Jsou přijímána na ochranu majetku obyvatel, kteří se již v záplavovém území usídlili – tj. dobrovolně se rozhodli nést riziko. Významný rozdíl oproti aktivním protipovodňovým opatřením je ten, že na realizaci pasivních opatření je potřeba vynaložit dodatečné (soukromé či veřejné) prostředky (6).”*

## 1.2. LEGISLATIVNÍ RÁMEC

Z legislativního hlediska jsou pro problematiku protipovodňové ochrany klíčové dva zákony - zákon č. 183/2006 Sb. o územním plánování a stavebním řádu, tzv. Stavební zákon a již zmiňovaný zákon č. 254/2001 Sb. o vodách, tzv. Vodní zákon (3).

Dalšími významnými zákony v oblasti povodní je například zákon č. 240/2000 Sb. o krizovém řízení a o změně některých zákonů, zákon č. 241/2000 Sb. o hospodářských opatřeních pro krizové stavy a o změně některých souvisejících zákonů, zákon č. 239/2000 Sb. o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů či zákon č. 238/2000 Sb. o Hasičském záchranném sboru České republiky a o změně některých zákonů. Tyto zákony však nijak významně nesouvisí s předmětem této práce a následující kapitoly se proto zabývají právními dokumenty a metodikami s tématem práce blíže spjatými (11).

### 1.2.1. OBLAST ÚZEMNÍHO PLÁNOVÁNÍ

V oblasti územního plánování upravují legislativu protipovodňových opatření následující právní dokumenty:

Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (Stavební zákon), ve znění pozdějších předpisů:

Vyhláška č. 500/2006 Sb., o územně analytických podkladech, územně plánovací dokumentaci a způsobu evidence územně plánovací činnosti, ve znění pozdějších předpisů.

Vyhláška č. 501/2006 Sb., o obecných požadavcích na využívání území, ve znění pozdějších předpisů.

Zákon 139/2002 Sb. o pozemkových úpravách a pozemkových úřadech a o změně zákona 229/1991 Sb., o úpravě vlastnických vztahů k půdě a jinému zemědělskému majetku, ve znění pozdějších předpisů: §2 Pozemkové úpravy, §9 Návrh pozemkových úprav.

Politika územního rozvoje ČR, MMR, ÚÚR, 2008

Usnesení vlády č. 276/2015 dne 15. dubna 2015 o aktualizaci č. 1 Politiky územního rozvoje ČR (3)

**Stavební zákon** se dotýká problematiky ochrany před povodněmi ve dvou paragrafech. V §2 určuje, že stavby ke snižování ohrožení území živelnou nebo jinou pohromou jsou součástí veřejné infrastruktury. V §19 stanovuje vytváření podmínek

pro snižování nebezpečí ekologických a přírodních katastrof a pro odstranění jejich důsledků, a to přírodě blízkým způsobem, jako jeden z úkolů územního plánování. Prováděcí vyhlášky č. 500/2006 Sb., o územně analytických podkladech a č. 501/2006 Sb., o obecných požadavcích na využívání území obsahují mimo jiné informace potřebné pro správné zahrnutí protipovodňových opatření do územních plánů měst a obcí (3).

### **1.2.2. OBLAST VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ**

V oblasti vodního hospodářství upravují legislativu protipovodňových opatření následující právní dokumenty:

Usnesení vlády č. 382 ze dne 19. 4. 2000 - Strategie ochrany před povodněmi v České republice

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (Vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů.

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2007/60/ES ze dne 23. 10. 2007 o vyhodnocování a zvládnutí povodňových rizik (povodňová směrnice)

A příslušné vyhlášky a usnesení (3).

**Strategie ochrany před povodněmi v České republice** (dále Strategie) je první ucelený dokument zabývající se ochranou před povodněmi. Zásady v něm uvedené jsou uplatněny ve Vodním zákoně. Vznik strategie byl reakcí vlády na povodně v roce 1997. Ministerstva zemědělství a životního prostředí byla pověřena vypracováním koncepčního dokumentu, jehož cílem byla změna dosavadního přístupu k ochraně před povodněmi v České republice (2) (3).

*“Strategie ochrany před povodněmi je dokument, který na základě zkušeností z průběhů povodní a s ohledem na stav technických a právních norem a organizačních předpisů formuluje další postup ke snížení jejich ničivých účinků. Strategie vytváří rámec pro definování konkrétních postupů a preventivních opatření ke zvýšení systémové ochrany před povodněmi v České republice (2).”*

Strategie definuje prevenci jako své základní východisko a nejefektivnější způsob protipovodňové ochrany. Stanovuje role zúčastněných subjektů, kdy jednotlivá sídla jsou zodpovědná za realizaci lokálních protipovodňových opatření. Stát koordinuje pomocí systematického plánování výstavbu protipovodňových zařízení tak, aby nově vzniklá opatření nezhoršovala průběh povodní na úseku toku pod nimi (2).



Strategie ochrany před povodněmi v České republice také stanovuje hlavní principy protipovodňové ochrany na našem území: Jako nejúčinnější formu ochrany stanovuje prevenci, jejíž podpora je zájmem státu, neboť účinná prevence se pojí s menšími náklady než hrazení povodňových škod. Je nezbytně nutné, aby se na ochraně území před povodněmi podíleli vlastníci a správci nemovitostí. Je třeba kombinovat technická protipovodňová opatření, která snižují povodňové průtoky a rozliv toku v ohroženém území, s přírodě blízkými, která proti povodním bojují retencí a akumulací vody v krajině, a hledat kompromis, který do nejvyšší možné míry zabezpečí ochranu obyvatelstva a majetku i zlepšení rekreační a ekologické hodnoty toku. Tato opatření je třeba provádět systémově, v ucelených povodích a s ohledem na provázání s předchozími a následujícími úseky toku či povodí. Je třeba využívat, vyvíjet a zlepšovat informační technologie pro modelování průběhu povodní. (2)

Přestože nutnost hledání kompromisu mezi přírodě blízkými a technickými protipovodňovými opatření je tedy právně zakotvena v české legislativě, její realizaci v praxi brání řada faktorů, jako jsou vlastnické vztahy, dostupnost finančních prostředků i zažitá stereotypy panující ve společnosti. Proto se tento strategický bod v realitě nedaří dokonale naplňovat.

**Povodňová směrnice (2007/60/ES)** je doplňkovou směrnicí k Rámcové směrnici o vodách (2000/60/ES) a její vznik byl reakcí na ničivé povodňové události z roku 2002. Směrnice se zabývá celoevropskou strategií a koordinovaným přístupem států k problematice povodní. Členským státům ukládá povinnosti týkající se předběžného vyhodnocení povodňových rizik, tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik a plánů pro jejich zvládnutí. Také tato směrnice podporuje přírodě blízká opatření, když doporučuje podporu udržitelného využívání území, zlepšení schopnosti půdy zadržovat vodu a umožnění kontrolovaného zaplavení určitých oblastí v případě výskytu povodně v plánech pro zvládnutí povodňových rizik (3) (12).

V roce 2009 byla Ministerstvem životního prostředí zahájena implementace Povodňové směrnice (2007/60/ES) do Vodního zákona, čímž došlo ke změně hlavy IV *Plánování v oblasti vod* a hlavy IX *Ochrana před povodněmi*. Plánování v oblasti vod probíhá v cyklech, které trvají šest let, během kterých probíhají tři na sebe navazující fáze – předběžné vyhodnocení povodňových rizik, mapy povodňového nebezpečí a povodňových rizik a plány pro zvládnutí povodňových rizik (3).

**Vodní zákon** implementuje do české legislativy obě zmíněné směrnice a zabývá se povodněmi v několika paragrafech. V § 23 vymezuje oblast plánování, která má harmonizovat veřejné zájmy včetně snížení nepříznivých důsledků povodní a sucha. V § 25 je definován postup zpracování plánů pro zvládnutí povodňových rizik a dobu, po jejímž uplynutí by měl být plán aktualizován, která činí šest let. Protipovodňové ochrany jsou pak věnované paragrafy § 63–87, kde jsou mimo jiné definována záplavová území a s nimi spojená omezení, jako je například zákaz umístování, povolování a provádění staveb v aktivní zóně záplavového území s výjimkou děl upravujících vodní tok (3).

Důraz kladený na realizaci přírodě blízkých opatření dal v roce 2008 vzniknout **Metodice odboru ochrany vod Ministerstva životního prostředí, která stanovuje postup komplexního řešení protipovodňové a protierozní ochrany pomocí přírodě blízkých opatření** (Dále Metodika PBPO) a která byla publikována ve Věstníku MŽP 11/2008 (3). *“Smyslem této metodiky je vytvořit konkrétní věcný a metodický rámec komplexního řešení protipovodňové a protierozní ochrany území a přiblížit se původnímu přírodnímu stavu toků a niv. Metodika PBPO stanoví jednotný postup při analýze a návrzích soustavy přírodě blízkých opatření (13).”*

Metodika PBPO ukládá realizaci přírodě blízkých protipovodňových opatření na úsecích toků se špatným stavem hydromorfologické složky vod či nedostatečnou stávající protipovodňovou ochranou okolní zástavby tam, kde to prostorové uspořádání a charakter okolní zástavby umožňují. V intravilánech doporučuje provádění revitalizace koryta, zvýšení jeho kapacity a vytvoření stěhovavé kynety. Kapacita má být navýšena dle návrhového průtoku zabezpečujícího požadovanou ochranu okolní zástavby, zatímco stěhovavá kyneta má být navržena na korytotvorný průtok. Je vhodné obnovit korytotvorné procesy se stabilizací pat svahů v průsečíku s bermou a bez projevů akcelerované eroze. Dále je doporučena výstavba retenčních nádrží a poldrů jako dalších prvků zajišťujících ochranu před povodněmi přírodě blízkých způsobem. Pakliže v intravilánu není možné řešit protipovodňovou ochranu jako revitalizaci a dojde ke zhoršení kvality ekosystému, je třeba zajistit kompenzaci tohoto zhoršení na úsecích toku, které na řešenou lokalitu funkčně navazují (14).

Tuto metodiku v roce 2010 doplnila metodika zpracovaná Ing. Tomášem Justem, kterou vydala AOPK a která nese název **“Přírodě blízké úpravy vodních toků v intravilánech a jejich význam v ochraně před povodněmi”**.

Vznikly tak dva dokumenty obsahující metodické pokyny pro efektivní navrhování přírodně blízkých protipovodňových opatření, o které se opírá i tato bakalářská práce. Poznatky z druhé uvedené metodiky jsou hojně využity především v kapitolách 1.4 a 1.5, neboť tematika i podrobnost metodiky nejlépe odpovídá zpracovávanému tématu práce. Metodika Ing. Tomáše Justa je totiž obsáhlejší a zahrnuje i detailnější řešení vhodných prvků a opatření. Metodika PBPO Ministerstva životního prostředí se zabývá spíše komplexním řešením povodí z hlediska protipovodňové i protierozní ochrany. Nezabývá se specifikací vhodných opatření, ale spíše obecným postupem, kde definuje datové vstupy pro PBPO, způsob analýzy povodí a její vyhodnocení, stanovení priorit v provádění PBPO, obecnou filozofii postupu pro realizaci PBPO v různých typech prostředí, způsob vyhodnocení účinnosti, optimalizaci a interpretaci výstupů realizace opatření. Proto je více rozebrána v této kapitole než v kapitolách následujících (3) (14).

10. listopadu 2010 proběhlo usnesení vlády ke koncepci řešení problematiky ochrany před povodněmi v České republice s využitím technických a přírodně blízkých opatření. Cílem koncepce bylo stanovení zhodnocení tehdejšího stavu legislativy, zhodnocení stavu realizace tehdejších projektů a vyhodnocení a zvládání povodňových rizik v souladu s evropskými směnicemi 2007/60/ES a 2000/60/ES. Za účelem realizace těchto cílů byl připraven projekt **Strategie ochrany před negativními dopady povodní a erozními jevy přírodně blízkými opatřeními v České republice**. Prioritou tohoto dokumentu bylo především řešení střetu zájmu umístění stavby protipovodňového opatření se zájmy ochrany přírody a navrhování takových opatření, která kromě zvýšení ochrany před negativními účinky povodní zajistí zlepšení hydromorfologických vlastností toků a jejich ekologické a stabilizační funkce (15).

Hlavním východiskem byla již zmíněná Metodika odboru ochrany vod, která stanovuje postup komplexního řešení protipovodňové a protierozní ochrany pomocí přírodně blízkých opatření, z roku 2008, jejíž aplikace byla základem všech prací. Byla vytvořena koncepce řešení území s velmi vysokou mírou ohrožení povodněmi a erozí (cca 40 % území ČR) pomocí přírodně blízkých opatření, jako je například zkapacitnění koryta a urychlení odtoku jeho revitalizační úpravou spočívající ve vytvoření složeného profilu se stěhovavou kynetou. Bermy zastávají funkci říční nivy a zajišťují kapacitu pro převedení návrhového povodňového průtoku. Kyneta, která je navržena na korytotvorný průtok, pak slouží k zachování migrační prostupnosti a chodu

splavenin a zajišťuje přirozenou morfologii vodního toku. Takovéto opatření je vhodné doplnit vegetací, především dřevinami charakteru parkové úpravy. Opatření lze také doplnit například výstavbou tzv. povodňových parků (15) (16).

*“Jedná se tedy o rámcový návrh opatření vhodný pro daný úsek vodního toku, pro něhož lze definovat základní funkční parametry, a dává tak představu projektantům o možnostech PBPO. Konkrétní technické řešení v dané lokalitě vychází ze standardních postupů řešení vodohospodářských staveb (13).”*

Je třeba zmínit, že opatření navrhovaná projektem *Strategie ochrany před negativními dopady povodní a erozními jevy přírodě blízkými opatřeními v České republice* nejsou z legislativního hlediska právně závazná, závaznými se stávají až v okamžiku, kdy se stanou pevnou součástí územního plánu, plánu dílčího povodí nebo například pozemkové úpravy (13).

Na obrázku č. 3 můžeme vidět vyhodnocení dílčího povodí řeky Klabavy, kde se nachází lokalita řešená v této bakalářské práci, podle *Strategie ochrany před negativními dopady povodní a erozními jevy přírodě blízkými opatřeními v České republice*. Vyplývá z něj, že tento úsek toku je zařazen do kategorie A, tedy území s velmi vysokou mírou ohrožení povodněmi a erozí, a je pro něj navržena aplikace protipovodňové a protierozní ochrany pomocí přírodě blízkých opatření.

Zvýšené povodňové riziko v této lokalitě dokládá také *Plán dílčího povodí Berounky*, který na svém území vymezuje 22 úseků vodních toků s významnými, případně nepřijatelnými povodňovými riziky. Jedním z nich je také úsek řeky Klabavy mezi ř. km 0 a ř. km 35,3 (17).

Kategorie území	Povodí III. řádu	ID zóny	Název zóny	Typ opatření	Souhrn opatření
A	11101	BER_0530	Klabava od toku Skoňický potok po ústí do toku Berounka	PEO	189 půdních bloků s PEO o výměře 2258 ha
				PBPO	47 km
				Retenční prostory	1 ks, ret. objem 242 tis. m <sup>3</sup>

*Obrázek 3 – Zhodnocení dílčího povodí Klabavy dle Strategie ochrany před negativními dopady povodní a erozními jevy přírodě blízkými opatřeními v České republice*

Dostupné z:

[http://www.vodavkrajine.cz/sites/default/files/vystup/informace\\_o\\_vysledcich\\_projektu\\_a\\_jejich\\_vyuziti.pdf](http://www.vodavkrajine.cz/sites/default/files/vystup/informace_o_vysledcich_projektu_a_jejich_vyuziti.pdf)

Pro účely této práce je také vhodné zmínit normu **ČSN 75 2101 – Ekologizace úprav vodních toků**, která stanovuje optimální návrhové průtoky podle charakteru přilehlého území následujícím způsobem:

DRUH PŘILEHLÝCH POZEMKŮ	NÁVRHOVÝ PRŮTOK
Historická centra měst, historická zástavba	$\geq Q_{100}$
Souvislá zástavba, průmyslový areál, významné liniové stavby a objekty	$\geq Q_{50}$
Rozptýlená bytová a průmyslová zástavba a souvislá chatová zástavba	$\geq Q_{20}$

Tabulka 1 – Návrhové průtoky dle ČSN 75 2101 (18)

Normy sice nejsou v České republice právně závaznými dokumenty, hodnotami návrhových průtoků se ale řídí *Plán dílčího povodí Berounky*, který se zabývá koncepcí protipovodňové ochrany mimo jiné v řešeném úseku řeky Klabavy. Z toho důvodu jsou tyto hodnoty zásadní pro návrh protipovodňového opatření v této lokalitě (17).

V rámci hodnocení legislativních opatření svázaných s protipovodňovou ochranou v České republice je vhodné stručně uvést základní principy rozdělení zodpovědnosti za škody vyvolané povodněmi. Co se rozdělení odpovědnosti mezi stát a občany v problematice protipovodňové ochrany týče, ve většině států Evropské unie platí, že se odpovědnost dělí mezi stát, obce, občany a další zúčastněné subjekty. Stát tak negarantuje kompenzaci škod způsobených povodní, ale přispívá na zmírnění jejich dopadů. Obyvatelé záplavových oblastí nemají zaručenou protipovodňovou ochranu, strategická PPO jsou ale často financována státem. Každý občan má zodpovědnost za sebe a svůj majetek. Mimo to je každý občan povinen umožnit přístup na svůj pozemek osobám zodpovědným za řízení a koordinaci při povodňové události nebo osobám provádějícím zabezpečovací a záchranné práce. Dále je povinen řídit se příkazy povodňových orgánů a na jejich příkaz přispět pomocí k ochraně životů a majetku před povodněmi. Část odpovědnosti za majetek obyvatelstva také přebírají samosprávy měst a obcí skrz územní plánování a kontrolu nad intenzitou rozvoje v záplavových územích (1) (9).

### 1.3. PROTIPOVODŇOVÁ OCHRANA V INTRAVILÁNECH

V minulosti byla koryta řek upravována velmi účelně pro zajištění většího užitku pomocí technických opatření. Toky byly obecně napřimovány, opevňovány, ohrázovány, čímž byla zajištěna požadovaná ochrana před povodněmi a maximalizace možnosti využití okolního prostoru – úrodné říční nivy v krajině a zastavitelných ploch v intravilánech měst (8).

Dosažení požadavků na dostatečnou kapacitu koryt pro zajištění ochrany obyvatelstva před povodněmi při zužování průtočných perimetrů na úkor městské zástavby bylo možné jen pomocí tvrdých technických opatření, která zmenšení průtočných perimetrů doháněla zahlubováním a hydraulickým vyhlazováním koryt. Byla tak budována geometricky pravidelná koryta opevněná dlažbami a podobné konstrukce. Takové technické úpravy navíc zajišťovaly stabilitu koryta, na kterou byl také kladen důraz, neboť přirozený vývoj toků ve stísněných podmínkách zastavěných území je většinou nežádoucí. Snaha o zmenšování prostoru toků ve městech v některých případech vedla dokonce ke kanalizování koryt. Je pochopitelné, že zajištění těchto pragmatických funkcí s sebou přineslo nejen negativní důsledky pro přirozený systém toku a jeho průtokový režim, ale také jeho ekologickou degradaci a znemožnění využití toku jako prostoru pro pobyt a rekreaci obyvatelstva (8) (19).



Obrázek 4 – Příklad tvrdých technických protipovodňových opatření na Dalejském potoce v Hlubočepích (19).

Dostupné z: [http://www.povis.cz/pre/2015\\_oov/material\\_aopk.pdf](http://www.povis.cz/pre/2015_oov/material_aopk.pdf)



Technické úpravy koryt se obvykle pojí s řadou problémů. Napřimování koryt a jejich hydraulické vyhlazování vede ke zvýšení rychlosti proudění, zkrácení koryta a unifikaci vnitřní členitosti koryta, což snižuje pestrost biotopů. Zahlubování a snížení propustnosti koryta také vede k oddělení toku a jeho říční nivy a narušení komunikace mezi podzemní a povrchovou vodou. Břehové infiltrace navíc zabraňuje opevnění. To také snižuje podélnou a příčnou členitost koryta. Tyto aspekty způsobují zhoršení ekologického stavu toku a omezení jeho samočisticích procesů (20).



Obrázek 5 – Příklad technické úpravy koryta toku ve Všenorech (19) Dostupné z: [http://www.povis.cz/pre/2015\\_oov/material\\_aopk.pdf](http://www.povis.cz/pre/2015_oov/material_aopk.pdf)

Tato opatření ale nejenže nevyhovují po ekologické, estetické a pobytové stránce, často ale i přes obětování těchto aspektů protipovodňové funkci nevyhovují ani z hlediska ochrany městské zástavby, jak ukazují současné analýzy – a koneckonců také analýza koryta řeky Klabavy v této bakalářské práci.

Moderním způsobem řešení PPO v intravilánech přírodě blízkou cestou jsou revitalizace. *“Revitalizace vodních toků je vodohospodářská činnost směřující k obnově přirozených tvarů a funkcí vodních toků a jejich niv. Rozmanitými způsoby je při revitalizacích obnovován prostorový rozsah vodních toků, jejich tvarová a hydraulická členitost, rozsah přirozeně zaplavitelných území. V organizačním smyslu dnes pojmu revitalizace používáme hlavně pro investiční opatření tohoto směru (19).”*

Cílem revitalizací je obnova potlačených přirozených funkcí vodních toků a jejich niv. Realizace revitalizačních opatření v České republice probíhá už od roku 1992, kdy Ministerstvo životního prostředí vydalo první dotační titul – *Program revitalizace říčních systémů*. Většina prostředků z tohoto programu byla ale použita při výstavbě a rekonstrukcích rybníků. Projektů revitalizace vodních toků tedy nevzniklo takové množství, i přesto program zajistil alespoň rámcové obeznámení vodohospodářské

veřejnosti s problematikou revitalizací. Doposud byly realizovány především revitalizace drobných vodních toků v krajině. S rostoucím zájmem o ekologickou a rekreační funkci vodních toků v městském prostředí se ale také intravilánové revitalizace stávají běžnou vodohospodářskou praxí. Situaci popisuje v metodice AOPK věnované PBPO Ing. Tomáš Just: *“Roste zájem o ekologické funkce vodních toků, o jejich dobrý vzhled, pobytovou a rekreační hodnotu. V těchto ohledech tradičně technicky řešená koryta spíše nevyhovují. Začínáme si uvědomovat, že vodní toky mohou i v zastavěných územích plnit svoje vodohospodářské funkce, mohou mít dostatečnou povodňovou průtočnou kapacitu, a přitom mohou vypadat víc jako potoky a řeky než jako kanály. Mohou být oživené rybami a dalšími vodními živočichy, mohou nabízet zajímavé pobytové a rekreační příležitosti lidem ve městech a obcích, mohou se mnohem aktivněji uplatňovat v parkových úpravách. Obce a města si více než dříve uvědomují hodnotu svého území a dostávají se k poznání, že jejich intravilánový prostor je příliš cenný na to, aby se nalézal v degradovaném stavu a funkce vodních toků byly redukovány jenom na odvádění čehosi nežádoucího někam pryč (19).”*



*Obrázek 6 – Velmi podobný způsob technické úpravy koryta řeky v urbanizovaném území, jako byl použit na řece Klabavě v Rokycanech, tentokrát v Jílovém u Děčína. Dlážděná, hladká kyneta s minimální členitostí a velkou rychlostí proudící vody a dlážděné, ploché jalové bermy bez jakékoliv zeleně způsobují nulovou ekologickou hodnotu toku. Prostorové uspořádání neumožňuje rozšíření toku do stran, ekologickou funkci lze podpořit například zvýšením členitosti geometrie a povrchu bermy a kynety (19).*

Dostupné z: [http://www.povis.cz/pre/2015\\_oov/material\\_aopk.pdf](http://www.povis.cz/pre/2015_oov/material_aopk.pdf)



## 1.4. PŘÍRODĚ BLÍZKÁ ŘEŠENÍ

Setkáme-li se s přírodě blízkými opatřeními v ploše povodí, jedná se většinou o protierozní opatření, jejichž podstatou je zadržení a zpomalení povrchového odtoku a omezení vodní eroze. V nezastavěné krajině ale také dříve docházelo k napřimování vodních toků a vytváření nadměrně kapacitních, hydraulicky hladkých koryt urychlující odtok vody a postup povodňových vln. Jejich revitalizace se snaží o obnovu přírodě blízkého charakteru vodních toků a vytváření koryt přirozeně malých rozměrů s malou průtočnou kapacitou a velkou členitostí, která zpomalují odtok, zvyšují retenci a umožňují tlumivý rozliv vody v nezastavěných nivách a transformaci povodňových vln. To vede ke snížení povodňového průtoku a snížení povodňového rizika škod v zastavěných oblastech situovaných dále po proudu toku (21) (22).

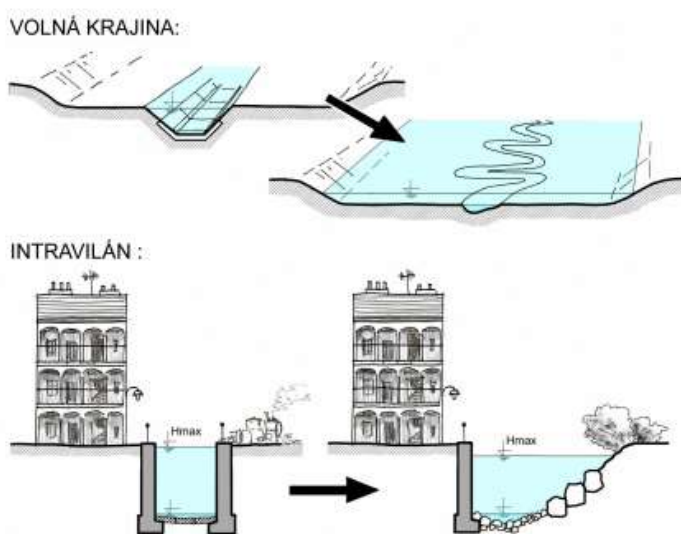
V intravilánu není možné navrhovat koryta s přirozeně malou kapacitou podporující rozliv do okolní nivy, protože je potřeba především zajistit ochranu zástavby. Zde se tedy jedná o opatření, jejichž cílem je zlepšení průběhu povodní v daném sídle, zajištění dostatečné kapacity koryta pro požadovanou ochranu okolní zástavby při zachování nebo ideálně zlepšení ekologického stavu vodního toku a umožnění jeho rekreačního využití. Taková opatření se označují jako přírodě blízká protipovodňová opatření (PBPO) nebo také intravilánové revitalizace (21) (22).



Obrázek 7 – Příklad intravilánové revitalizace – hradební strouha v Chrudimi  
Dostupné z: [http://www.povis.cz/pre/2015\\_oov/material\\_aopk.pdf](http://www.povis.cz/pre/2015_oov/material_aopk.pdf)

Intravilánové revitalizace mají tři hlavní cíle – zlepšení protipovodňové ochrany, ekologického stavu toku a vzhledu/rekreační využitelnosti toku a blízkého okolí. Různé úseky toku umožňují různá opatření, která cíle intravilánových revitalizací naplňují různou měrou. PBPO tak musí hledat soulad těmito cíli a v každém místě provádět dle místních podmínek ty nejprospěšnější úpravy. Ve snaze o naplnění těchto cílů pracujeme s následujícími geometrickými a fyzikálními charakteristikami toku: prostorový rozsah, tvarová a hydraulická členitost. Intravilánové revitalizace se snaží dle možností stanovených stísněnými městskými podmínkami maximalizovat tyto charakteristiky a dosáhnout tak co možná nejpřirozenějšího charakteru koryta. Příznivé geometrické a fyzikální charakteristiky jsou nutné pro zlepšení ekologických charakteristik toku (19).

Co se zajištění protipovodňové ochrany okolní zástavby týče, snaží se PBPO ve stísněných podmínkách, kdy musí dodržovat požadavky na prostorové uspořádání a stabilitu koryta, dosahovat členitějšího, přírodně bližšího charakteru koryta při zachování nebo zvýšení jeho průtočné kapacity. V takových případech se aplikuje takzvané *rozvolnění vodního toku*, kdy je toku vrácena alespoň část jeho původního prostoru a provedena úprava koryta umožňující rozvoj přírodě blízkých prvků. Hlavní překážkou je často okolní zástavba, která rozvolnění neumožňuje, k řešení takové situace se Ing. Tomáš Just vyjadřuje následovně: *“V některých situacích nelze docílit žádoucích zvětšení povodňové průtočnosti bez zásahů do existující nevhodně umístěné zástavby. To samozřejmě vyžaduje rozhodnost, náročná jednání a značné náklady – a pokud jsou již tato aktiva shromážděna, bylo by mimořádně neuspokojivé, nevyužít dané situace rovněž k podstatným zlepšením ekologického stavu vodního toku a jeho okolí (19).”*



Obrázek 8 – Prostorové možnosti v krajině a v intravilánu  
Dostupné z: [http://www.povis.cz/pre/2015\\_oov/material\\_aopk.pdf](http://www.povis.cz/pre/2015_oov/material_aopk.pdf)

Dalším cílem intravilánových revitalizací je zlepšení ekologického stavu toku. Tomu napomáhá především zlepšení kvality vody, zajištění dostatečného povodňového perimetru koryta a zajištění toho, aby koryto mělo pokud možno v celém povodňovém perimetru přírodě blízký charakter, bylo do určité míry pokryté břehovými a vegetačními porosty a skýtalo útočiště živočichům a rostlinám (například díky zakomponovaným mokřadům a tůňům). Pro dobrý ekologický stav toku je také zásadní vytvoření přírodě blízké kynety s dostatečným prostorovým rozsahem, tvarovou i hydraulickou členitostí, migrační prostupností a dostatečnou hloubkou za běžných průtoků (19).

Trojici hlavních cílů intravilánových revitalizací uzavírá zlepšení rekreační využitelnosti toku a jeho okolí. Toho můžeme dosáhnout například zpřístupněním říčního perimetru pěším a cyklistům a umožněním přístupu ke kynetě. Je důležité, aby opatření zvyšující rekreační potenciál toku zásadně neoslabovala protipovodňovou funkci revitalizace, protože ta má v intravilánech hlavní prioritu (19).

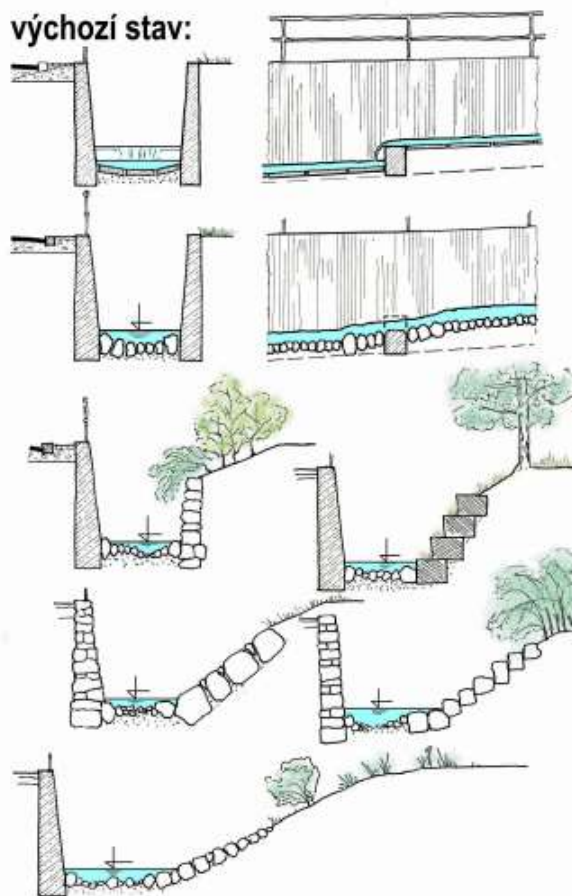
Tři hlavní cíle a způsoby, jak jich dosáhnout, jsou vzájemně silně provázané. Rozvolňování toku a snaha o vytvoření členitějšího koryta s dostatečnou průtočnou kapacitou pomáhá naplňovat jak snahu o zlepšení protipovodňové ochrany okolní zástavby, tak snahu o zlepšení ekologického stavu toku, zatímco všechna opatření, která pomáhají toku po ekologické stránce, z něj činí také atraktivnější lokalitu pro rekreaci obyvatel (19).

## 1.5. VYUŽÍVANÉ PRVKY A TYPY ÚPRAV

Hlavními okruhy přírodě blízkých protipovodňových opatření je ochrana ploch pro přirozené povodňové rozlivy, revitalizace koryt vodních toků ve volné krajině, rozšiřování přírodě blízkých perimetrů vodních toků (ve snaze obnovit původní šíři toku), tvorba přírodě blízkých odlehčovacích a ochranných koryt a hloubených retenčních prostorů v nivách, výstavba suchých a polosuchých poldrů, odstraňování překážek, které jsou zároveň migračními překážkami, tvorba kompenzačních revitalizačních opatření (revitalizace, kterými jsou kompenzovány technické úpravy a PPO, při kterých nelze ctít zásady přírodě blízkého řešení) a pochopitelně přírodě blízká řešení kapacitních koryt v intravilánech. Takové řešení se snaží vyhovět požadavkům na ekologický stav, vzhled, pobytovou a rekreační využitelnost, a především průtočnou kapacitu, ta by ovšem měla být hledána spíše v šířce koryt než v jejich hloubce (23) (24) (25).

Přírodě blízká protipovodňová opatření v intravilánech je vhodné provádět pomocí následujících úprav:

Základní metodou je **zvětšení prostorového rozsahu toku**, čímž se zvětší průtočná kapacita koryta, aniž by bylo nutné koryto zahlubovat, což je ve většině případů nežádoucí. Možnosti úpravy průtočného průřezu koryta závisí na místních podmínkách – na charakteru a prostorovém uspořádání okolní zástavby. Pakliže to prostorové uspořádání dovolí, je vhodné rozšiřovat perimetr toku odebráním materiálu po stranách koryta či odsazováním ochranných hrází nebo stěn. Tím se vytvoří nové bermy a koryto se tak rozšíří a zkapacitní. Pokud po stranách koryta není prostor pro jeho



Obrázek 9- Příklady zvětšení prostorového rozsahu toku ve stísněných podmínkách. Dostupné z [http://www.povis.cz/pre/2015\\_oov/material\\_aopk.pdf](http://www.povis.cz/pre/2015_oov/material_aopk.pdf)



rozšíření, ale je nutné zvýšit jeho kapacitu, je možné zvyšovat kapacitu odebráním materiálu z berem – jejich snižováním – nebo rozšiřováním kynety. Další variantou je vytváření paralelních koryt nebo průlehů, respektive paralelních kynet. Průřez koryta lze také upravovat sklápěním zemních břehů koryta do mírnějších, členitějších sklonů, vytvářením místních rozšíření a zúžení koryta nebo vybrání v březích, což navíc zvětšuje členitost. Snažíme se o vytvoření členitého, přírodě blízkého koryta s maximálním využitím okolního prostoru a minimálním zahloubením (19).

V intravilánech se snažíme o účelnou **kombinaci technických a přírodě blízkých opatření**. Je třeba využívat možností rozvolňování koryt do přírodě bližších tvarů, tam kde to prostorové uspořádání umožňuje, s technickými protipovodňovými opatřeními, jako je mobilní hrazení, výstavba ochranných hrází, stěn nebo suchých poldrů a technicky řešené zkapacitňování koryt, tam kde stísněné podmínky neumožňují přírodě blízké řešení. (19)

Důležitou vlastností kvalitních přírodě blízkých povodňových opatření je **multifunkčnost**. Je třeba, aby přírodní okolí toku bylo využitelné také pro rekreaci a oddech obyvatel. Tento cíl lze naplňovat například přírodě blízkou koncepcí a tvarování kynety, břehů a celého koryta toku, vytvořením ploch a zařízení pro oddechové, rekreační a sportovní aktivity vhodně zakomponovaných do přírodního



Obrázek 10 – Schwarzenbach u Hofu, Bavorsko – Příklad intravilánové revitalizace, tvarově a hydraulicky členitý prostor koryta se stezkou pro pěší posiluje ekologickou funkci i rekreační využitelnost, kapacita koryta zvýšená krajními ochrannými zdmi a valy zajišťuje dostatečnou ochranu okolní zástavby (19). Dostupné z: [http://www.povis.cz/pre/2015\\_oov/material\\_aopk.pdf](http://www.povis.cz/pre/2015_oov/material_aopk.pdf)

prostředí nivy, propojením nově vzniklé rekreačně významné lokality se soustavou městských parků, sadů a zahrad, zabezpečením dostupnosti území pro pěší i cyklisty, umožněním přístupu k vodním plochám a k toku v nivě tam, kde je to vhodné, ale také vytvořením klidových, nepřístupných zón chránícím ekologickou hodnotu toku. Atraktivitu toku v očích obyvatel zajišťuje členitost prostředí, zeleň i různé artefakty, atrakce a instalace (19).

Úprava koryta, kterou lze docílit vhodného ekologického stavu (požadavek na členitost) i protipovodňové ochrany (požadavek na průtočnou kapacitu), spočívá ve vytvoření **složeného průřezu**. Pro převádění běžných průtoků a zabezpečení ekologických funkcí a hodnot koryta slouží **přírodě blízká kyneta** umístěná v hlavním povodňově kapacitním korytě (19).

Kyneta musí být plně ekologicky i hydraulicky funkční. Aby mohla efektivně plnit svou ekologickou funkci, musí být dostatečně tvarově i hydraulicky členitá a také musí být i za malých průtoků dostatečně zaplněna vodou. Toho dosáhneme vhodnou kombinací následujících opatření: První metodou je volba vhodného návrhového průtoku kynety – snažíme se, aby průtočná kapacita kynety nepřesahovala úroveň  $Q_{30d}$ . Druhým způsobem je vytvoření umělých prvků – prohloubenin (dnových tůní) nebo zavzduť, která ale nesmí vytvářet migrační překážku ani delší monotónní úseky toku bez tvarové a hydraulické členitosti. Vhodné zavzduť lze vytvořit sledem nižších a migračně prostupných kamenných skluzů, ramp nebo pásů, nikoli však stupněm nebo jezem, neboť takové opatření nejen že naruší migrační prostupnost, ale také sníží hydraulickou členitost koryta (19).

Pokud nám to prostorové podmínky dovolí, navrhujeme kynetu jako tvárnou konstrukci, která je dále formována korytotvorným průtokem. Situace v intravilánech ale nebývá tak jednoznačná jako ve volné krajině a stísněné podmínky okolního prostorového uspořádání a požadavky na stabilitu koryta si mohou vyžádat konstrukci tuhé kynety. Tu je potřeba provést s ohledem na zvýšené nebezpečí podtékání, vztlaku, hydrodynamického namáhání a namáhání mrazem. Nedostatečné ošetření těchto rizik může způsobit dílčí narušení, které může vést až k rozpadu celé konstrukce (19).

Dalším řešeným prvkem koryta jsou **bermy**. Dělíme je podle výšky uložení a převáděného průtoku na **bermy zatopené**, které jsou vyvýšené nad dno kynety, ale jsou pod úrovní hladiny běžných průtoků a představují tak ekologicky významný prostor, protože umožňují tvorbu litorálního pásma, a **bermy suché**, které jsou vyvýšené i nad hladinu běžných průtoků a k jejich zatopení tak dochází jen pokud

zvýšený průtok v korytě přesáhne kapacitu kynety. Suché bermy sice neumožňují vytvoření litorálního pásma, v závislosti na jejich tvaru, míře vyvýšení nad hladinu běžných průtoků a způsobu napojení na hlavní hladinu umožňují ale jiné využití. Dle způsobu využití dělíme suché bermy na **bermy přírodní**, které jsou velmi členité, mohou být v některých částech zamokřeny nebo dokonce obsahovat slepá nebo paralelní říční ramena a jsou ve vhodné míře pokryty vegetačním porostem, na **bermy rekreační**, které nejsou tolik členité a jejich povrch je přizpůsoben pohybu a sportovním aktivitám návštěvníků, a **bermy jalové**. Ty neplní ani jednu z těchto funkcí například kvůli nepřístupnosti, neatraktivnímu vzhledu či kvůli tvaru, struktuře a vlhkosti povrchu, což znemožňuje rekreační a přírodní využití. Zúžením profilu v dané výškové úrovni mohou sloužit k zajištění minimální hloubky při malých průtocích, často ale jalové bermy představují jen zbytečnou výplň koryta, která snižuje jeho kapacitu. Jalovou bermu najdeme například v korytě Radbuzy v Plzni (Obr. 11) (19).

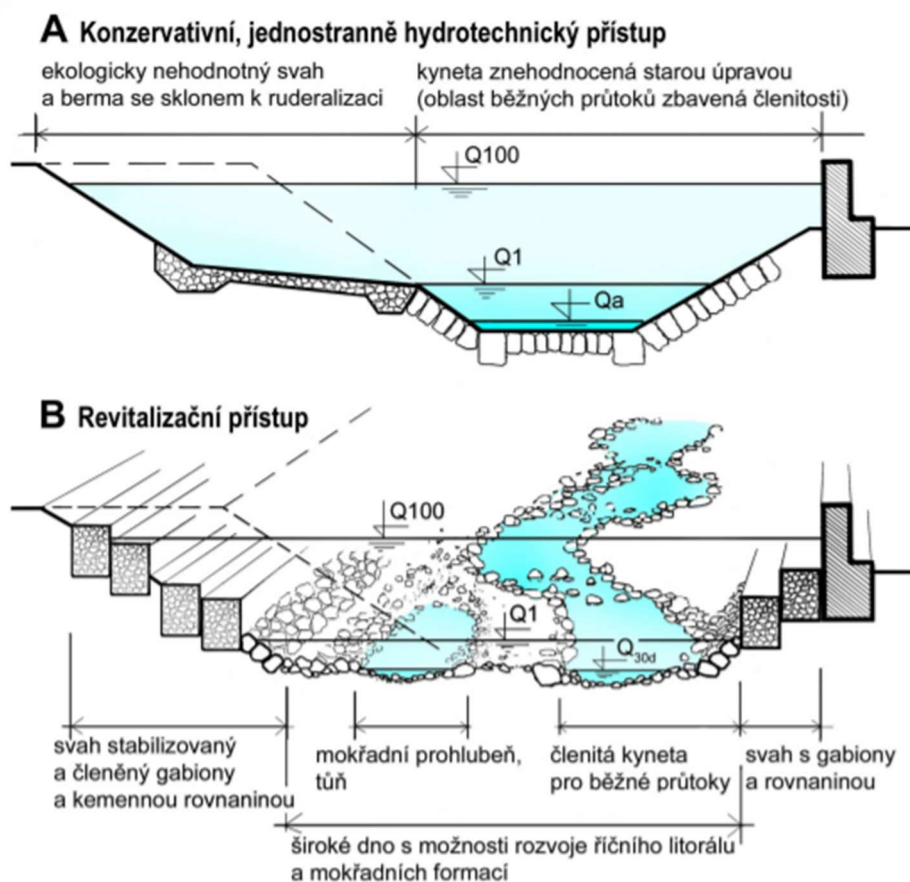


Obrázek 11 – Příklad jalové bermy v korytě řeky Radbuzy v centru Plzně  
Dostupné z: [http://www.povis.cz/pre/2015\\_oov/material\\_aopk.pdf](http://www.povis.cz/pre/2015_oov/material_aopk.pdf)

Dalším důležitým prvkem, který slouží k zajištění požadované průtočné kapacity koryta, jsou **protipovodňové hráze, valy nebo stěny**, které tvoří krajní hranice koryta a vymezují jeho povodňový perimetr. Toto je opatření, ke kterému nás často nutí prostorové uspořádání. Také zde by však měla vládnout snaha o víceúčelovost, příjemný vzhled a zatraktivnění lokality pro rekreační účely – například umístěním cyklostezek a pěších cest do korun hrází (19).

Tam, kde prostorové uspořádání nedovoluje žádné rozvolnění vodního toku a jeho prostor je striktně vymezen okolní zástavbou, je nutné zaměřit pozornost na dno koryta a provádět taková opatření, která zvýší ekologickou hodnotu koryta, aniž by ohrozila jeho průtočnou kapacitu. Snažíme se o zvýšení tvarové a hydraulické členitosti koryta, o zajištění migrační prostupnosti – o vytvoření přírodě blízké kynety, jak je popsáno výše. **Migrační prostupnost** zajistíme odstraněním migračních překážek a zajištěním dostatečné hloubky při běžných a malých průtocích (19).

Pro zatraktivnění koryta coby prostředí pro oddech a rekreaci obyvatel je vhodné jej vybavit přiměřenou návštěvnickou infrastrukturou. Cílem je na vhodných místech zabezpečit přístup k vodní ploše, vytvořit prostory pro posezení či sport, případně střízlivě a vkusně vybavit lokalitu artefakty, atrakcemi a informačním zařízením. Je třeba také dbát na bezpečnost návštěvníků. Je jasně patrné, že intravilánové revitalizace nejsou jen vodohospodářskou doménou, ale pro dosažení kvalitního a komplexně funkčního výsledku vyžadují součinnost všech disciplín, kterých se tato problematika bezprostředně týká – kromě vodohospodářství tedy také architektury, urbanismu, památkové péče a sadovnictví (19) (23).



Obrázek 12 – Rozdíl mezi technickým a přírodě blízkým přístupem k protipovodňové ochraně intravilánu. Dostupné z: [http://www.uprm.cz/data/docs/projekty/reky\\_pro\\_mesta/just.pdf](http://www.uprm.cz/data/docs/projekty/reky_pro_mesta/just.pdf)



## 1.6. PŘÍKLADY PROVEDENÝCH OPATŘENÍ VE SVĚTĚ

Pro podložení informací uvedených v předcházejících kapitolách je vhodné uvést několik zdařilých příkladů intravilánových revitalizací, které mohou sloužit také jako inspirace. Mnoho takových úprav najdeme například v Bavorsku, kde jsou revitalizace toků v zastavěných územích oblíbeným způsobem řešení protipovodňové ochrany obcí. Dokonce se jedná o jednu z nejčastějších úloh, které obce a města ukládají státní vodohospodářské správě. Na rozdíl od České republiky je v Bavorsku již zcela běžnou praxí hledání optimálního souladu mezi technickými a přírodě blízkými úpravami ve snaze zajistit požadovanou míru protipovodňové ochrany, zlepšení ekologického stavu toku a umožnění rekreačního využití prostoru toku a jeho okolí (23).

Na obrázku č. 13 vidíme úpravu břehu řeky Vils v Ambergu, kde bylo i přes malé prostorové možnosti dosaženo tvarově členitého koryta, které je zároveň stabilní díky břehové kamenné struktuře, příjemný vzhled koryta a zakomponování pěší stezky, která je při zvýšeném průtoku zaplavena, navíc vytváří atraktivní prostor pro rekreaci obyvatel (19).



Obrázek 13 – Přírodě blízká úprava koryta řeky Vils v Ambergu (Bavorsko)  
Dostupné z: [http://www.povis.cz/pre/2015\\_oov/material\\_aopk.pdf](http://www.povis.cz/pre/2015_oov/material_aopk.pdf)

Další příklad bavorských PBPO najdeme ve městě Beilngries. Koryto řeky Sulz je zde zpřístupněné návštěvníkům díky parkovým úpravám obou břehů, kudy jsou vedeny cesty pro pěší a cyklisty. Do koryta řeky jsou zasazeny kamenné stupáky, které umožňují jeho přechod. Při zakomponování podobných stupáků je třeba dbát to, aby dostatečně vyčnívaly nad obvyklou hladinu vody – je nežádoucí, aby byly přelévány vodou a kluzký povrch pak znemožňoval bezpečný přechod toku (19).



Obrázek 14 – Přírodě blízká úprava koryta řeky Sulz ve městě Beilngries v Bavorsku  
Dostupé z: [http://www.povis.cz/pre/2015\\_oov/material\\_aopk.pdf](http://www.povis.cz/pre/2015_oov/material_aopk.pdf)

Přírodě blízké protipovodňové ochrany mnohem většího rozsahu se dočkali obyvatelé Mnichova. Mezi lety 2000 a 2011 zde byl revitalizován 8 km dlouhý úsek řeky Isar s důrazem na zvýšení protipovodňové ochrany, ekologické hodnoty a rekreační využitelnosti území. Byla tak vytvořena atraktivní, prostupná lokalita s pěšími a cyklistickými stezkami v korunách hrází, která dnes slouží k oddechu, rekreaci i sportovním aktivitám mnichovských občanů (26).



Obrázek 15 – Isar v Mnichově  
Dostupné z: <https://www.deutschland.de/en/topic/culture/renaturation-of-rivers-in-germany>



Na obrázcích č. 16 a 17 jsou zachyceny jednotlivé fáze zpřístupnění řeky Rhône ve francouzském Lyonu veřejnosti. Na obrázku č. 18 vidíme provedení povodňového rozvolnění říčky Schwarzwasser v saském Schwarzenbergu, kdy byla kapacita koryta navýšena odstraněním ochranných zdí a rozvolněním koryta do přírodnějšího tvaru (19).



Obrázek 16 – Rhône v Lyonu; Dostupné z: <https://land8.com/wp-content/uploads/2014/09/The-Lyon-River-Bank-by-IN-SITU-Architectes-Paysagistes5.jpg>



Obrázek 17 – Rhône v Lyonu – výsledné provedení  
Dostupné z: <https://i.pinimg.com/originals/e1/b5/41/e1b54131039eec6bc2ec531e04bd0f5f.jpg>



Obrázek 18 – Povodňové rozvolnění říčky Schwarzwasser ve Schwarzenbergu (Sasko)  
Dostupné z: [http://www.povis.cz/pre/2015\\_oov/material\\_aopk.pdf](http://www.povis.cz/pre/2015_oov/material_aopk.pdf)



Extrémní příklad intravilánové revitalizace najdeme v jihokorejském Soulu. Koryto Cheonggyecheon v srdci hlavního města bylo v padesátých letech dvacátého století zakryto dálnicí. Mezi lety 2003 a 2005 však byla dálnice odstraněna a nahradilo ji 11 km dlouhé koryto navržené jako atraktivní prostor pro trávení volného času obyvatel. Hlavními negativy projektu je nakládání s vodou, kdy koryto je částečně zásobené silně upravenou vodou z řeky Han, a také částka 360 milionů dolarů, kterou si vytvoření městského parku vyžádalo. Dílo má pozitivní dopad na biodiverzitu, snižuje efekt městského tepelného ostrova a znečištění vzduchu, posiluje kvalitu života v centru města a ekonomický rozvoj. Svým rozsahem i investovanou částkou se ale pochopitelně zcela vymyká evropským představám o revitalizacích (27).



Obrázek 19 – Cheonggyecheon před revitalizací

Dostupné z [https://cdn.star2.com/wp-content/uploads/2017/11/str2\\_wzSeoul\\_xs~1.jpg](https://cdn.star2.com/wp-content/uploads/2017/11/str2_wzSeoul_xs~1.jpg)



Obrázek 20 – Cheonggyecheon po revitalizaci

Dostupné z: <https://inhabitat.com/wp-content/blogs.dir/1/files/2014/11/Cheonggyecheon-River-30.jpg>

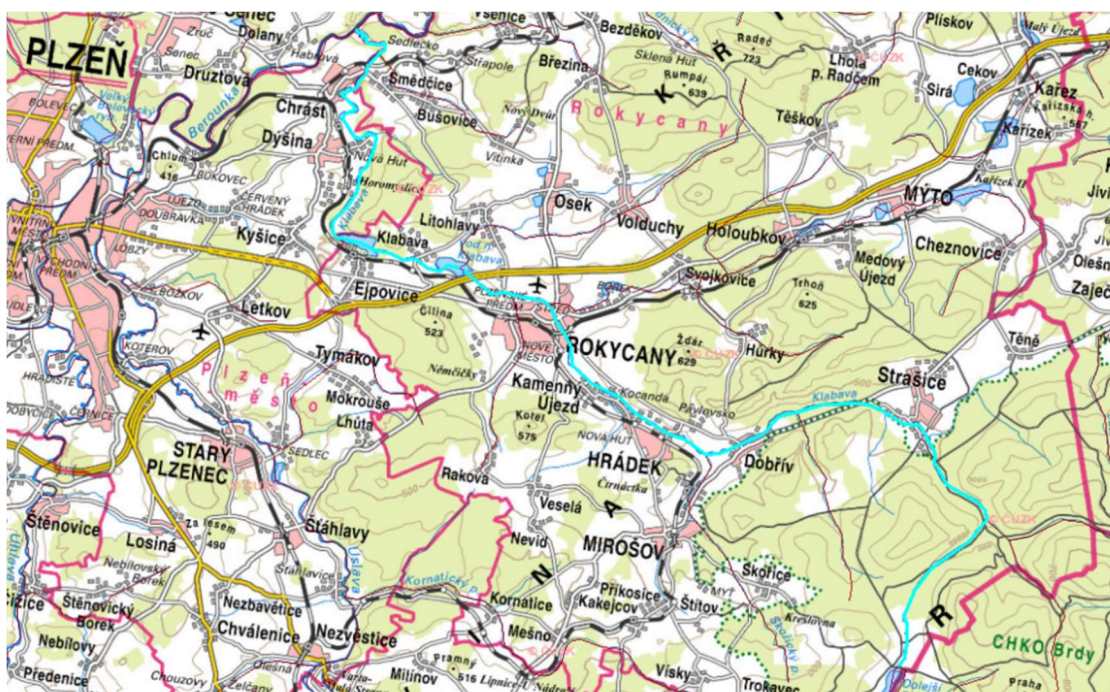
## 2. ZÁJMOVÁ LOKALITA

Tato bakalářská práce řeší úsek řeky Klabavy mezi jezem na ř. km 21,043 a koncem technické úpravy koryta řeky na ř. km 19,723. Klabava zde protéká rokycanským intravilánem v umělém korytě technicky řešené protipovodňové ochrany.

### 2.1. ŘEKA KLABAVA

Řeka Klabava se nachází v Plzeňském kraji. Jedná se o tok čtvrtého řádu a pravostranný přítok Berounky. Délka Klabavy je 51,2 km a rozloha jejího povodí je 373 km<sup>2</sup> (28).

Klabava pramení v Plzeňském kraji, v brdských lesích jihovýchodně od obce Teslíny ve výšce 678 m.n.m pod názvem Padrtský potok. Na horním toku protéká Padrtskými rybníky, CHKO Brdy a obcí Strašice, na jejímž katastru má řeka upravené koryto. Pod Strašicemi Klabava pokračuje zalesněným územím do obce Dobřív. Tam řeka opouští zalesněné údolí a pokračuje širokým zemědělsky využívaným inundačním územím k městu Hrádek. Tam je koryto opět upravené, napřímené a má velkou kapacitu. V Hrádku protéká Klabava průmyslovým areálem železářny. Obec Hrádek poté plynule přechází v obec Kamenný Újezd, kde je koryto řeky opět upraveno. Mezi Kamenným Újezdem a Rokycany je koryto širší, má přírodní charakter a dostatek prostoru pro rozliv v okolním zemědělsky využívaném prostoru. Dále protéká

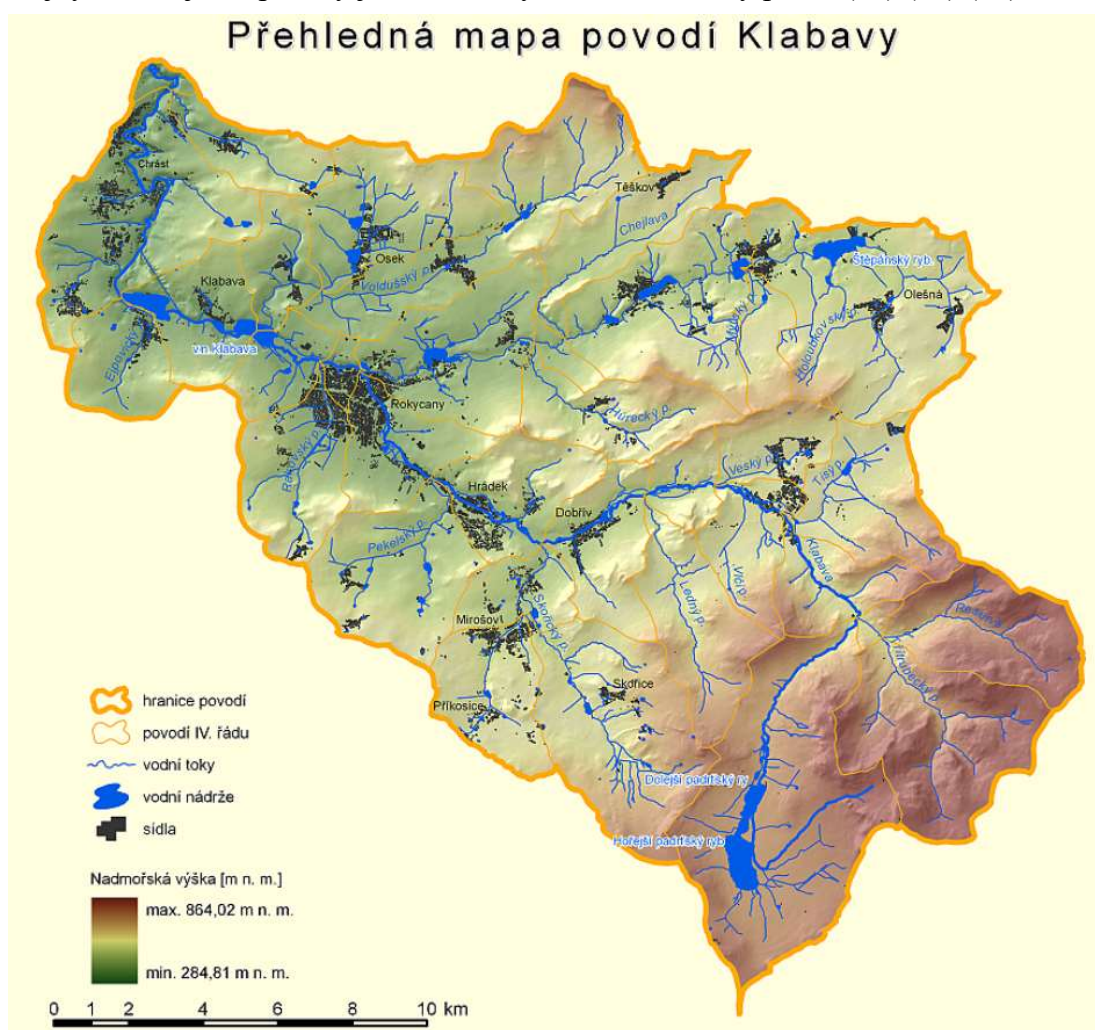


Obrázek 21 – Geografická poloha Klabavy

Zdroj: Bytvořeno v softwaru ArcGIS pomocí Základní mapy ČR 1:10 000 a databáze DIBAVOD

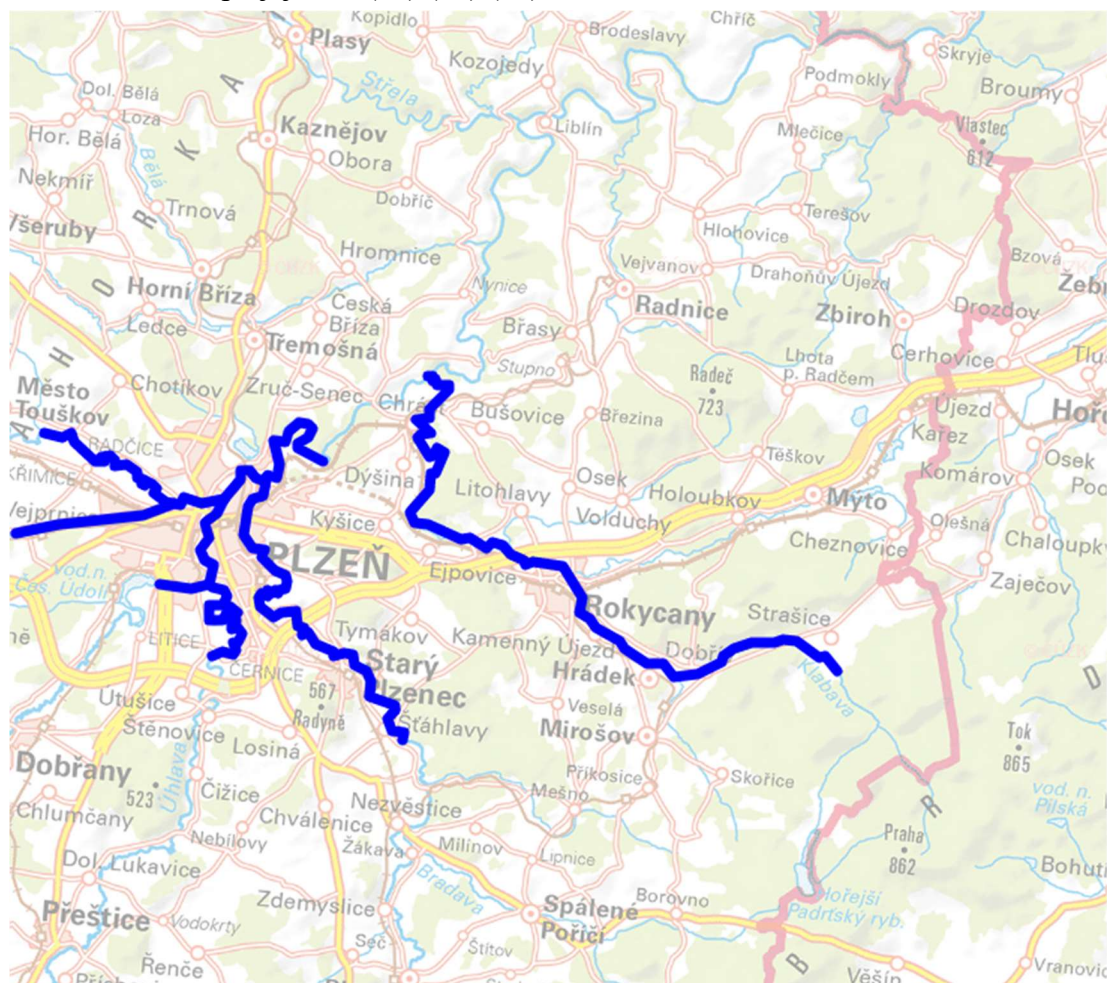


řeka městskou zástavbou okresního města Rokycany, tomuto úseku se podrobně věnují další kapitoly. Pod Rokycany protéká řeka přehradní nádrží Klabava z roku 1957. Přehrada má 15 metrů vysokou sypanou hráz a byla vybudována kvůli ochraně nově vzniklého lomu na těžbu železné rudy u Ejpovic před povodněmi. Po několika letech byla těžba zastavena pro malé procento železa v rudě. Tím Vodní dílo Klabava ztratilo svůj původní význam a dnes slouží k zajištění minimálního průtoku, rekreaci, rybolovu a snížení účinku povodní. Lom u Ejpovic byl po uzavření zatopen a vzniklo tak průtočné jezero, kterým Klabava pod přehradou protéká. Nad vtokem do jezera překonává řeka na krátkém úseku desetimetrový spád. Původní řešení ve formě betonového skluzu nevydrželo nápor při povodních v roce 2002, dnes je překonání výškového rozdílu řešeno spádovými objekty. Na úseku posledních deseti kilometrů se řeka zařezává hluboko do břidlicového masivu, protéká Chrástem a v korytě přírodního charakteru směřuje k řece Berounce, do které ústí ve výšce 286 m.n.m. Nejvýznamnějšími přítoky jsou Skořický a Holoubkovský potok (29) (30) (31).



Obrázek 22 – Přehledná mapa povodí Klabavy  
Dostupné z: [http://www.dibavod.cz/download.php?id\\_souboru=2312](http://www.dibavod.cz/download.php?id_souboru=2312)

Klabava je šterkonosná řeka s poměrně velkým spádem a rozkolísaným průtokem. Rychle reaguje na srážky v povodí, takže na ní dochází poměrně často k povodním. Klabava je dokonce řekou s nejrychleji stoupající hladinou v Plzeňském kraji. Povodňové riziko, které řeka představuje, je patrné z mnoha různých zdrojů. Blízké okolí řeky Klabavy v úseku od obce Strašice až k jejímu ústí je dle *Centrálního datového skladu pro mapy povodňového nebezpečí a povodňových rizik* vyhodnoceno jako oblast s významným povodňovým rizikem. *Strategie ochrany před negativními dopady povodní a erozními jevy přírodě blízkými opatřeními v České republice*, která mimo jiné stanovuje míru povodňového rizika českých řek, dílčí povodí řeky Klabavy od přítoku Skořického potoka až po její ústí řadí do kategorie A – území s vysokou mírou ohrožení povodněmi a erozí. *Plán dílčího povodí Berounky* také vyhodnocuje rizikové úseky z hlediska nebezpečí ohrožení povodněmi, jedním z dvaadvaceti úseků s významnými, či dokonce nepřijatelnými povodňovými riziky, je úsek řeky Klabavy od ř. km 35,3 až po její ústí (16) (17) (32).



Obrázek 23 – Oblasti s potenciálně významným povodňovým rizikem dle CDS  
Dostupné z: <http://cds.chmi.cz/?lang=cs&presenter=CDSMap>



## 2.2. VÝVOJ PPO V ROKYCANECH

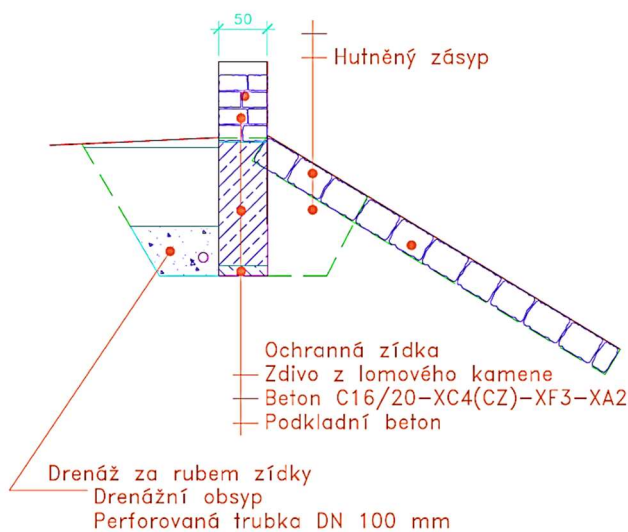
O tom, že protipovodňová opatření v Rokycanech nejsou dostatečná, se obyvatelé města přesvědčili už při povodních v roce 2002, kdy se škody v Rokycanech vyšplhaly na miliony korun. V roce 2004 tak byla zahájena příprava projektu na zkapacitnění řeky Klabavy v Rokycanech. Výsledný projekt za 490 mil. Kč bez DPH byl městu předložen v roce 2014 (33).

Projekt protipovodňové ochrany spočíval v konstrukci ochranných zídek výšky 100, resp. 110 mm na okrajích stávajícího koryta – a to jak v horním úseku, kde je koryto ještě lichoběžníkové, tak v části, kde má koryto obdélníkový průřez. Průřez koryta měl být změněn pouze v dolním úseku obdélníkového koryta, kde se



Obrázek 24 – Rokycany v srpnu 2002

Dostupné z: [https://www.rokycany.cz/na-patku/g-2465/id\\_obrazky=4043&typ\\_sady=1](https://www.rokycany.cz/na-patku/g-2465/id_obrazky=4043&typ_sady=1)



Obrázek 25 – Konstrukce ochranných zídek dle původního projektu PPO, vyjmuto z výkresové dokumentace projektu KLABAVA ROKYCANY, ZKAPACITNĚNÍ KORYTA V Ř. KM 17,900 - 20,500 (35)

nachází z kapacitních problémů kriticky nevyhovující most v ulici Soukenická. Zde bylo zajištění kapacity koryta na stoletý průtok řešeno zahloubením koryta cca o 1 m. Součástí projektu byla také zásadní úprava koryta řeky pod soutokem s Holoubkovským potokem. Bylo zde navrženo výrazné zahloubení koryta. Profil byl navržený s volně meandrující kynetou. Niveleta dna kynety i navazujících širokých berem se oproti současnému stavu měla zásadně změnit. Kapacita silničního mostu na ulici Litohlavské se měla zvýšit výstavbou vedlejšího mostního otvoru (34) (35).



Dle výpočtů, které pomoci hydraulického 2D modelu prováděl doc. Ing. Aleš Havlík, CSc., by realizace úprav koryta navržených v tomto projektu zajistila účinné snížení hladiny povodňového průtoků zabezpečující ochranu městské zástavby Rokycan pro návrhový průtok  $Q_{100}$ . Původní projekt tedy nabízel hydraulicky funkční, poměrně jednoduché, dobře proveditelné a po technické stránce velmi efektivní řešení. V přílohové části této práce jsou zahrnuty dva vzorové příčné řezy, které znázorňují původní zamýšlené úpravy (Příloha č. 10) (34).



Obrázek 26 – Vizualizace úpravy koryta pomocí ochranných zídek

Dostupné z: <https://www.vlada.cz/assets/ppov/udrzitelny-rozvoj/vybory-rvur/Klabava.pdf>

V červenci roku 2014 bylo vydáno rozhodnutí o umístění stavby. V ten moment však vstoupilo do hry občanské sdružení Kulíšek, které se jako účastník řízení vůči umístění stavby odvolalo. Odvolací orgán napadené rozhodnutí zrušil a vrátil k novému projednání. Započal tak spor, ve kterém na jedné straně stálo Povodí Vltavy argumentující tím, že snahou projektanta bylo zvolit řešení, které co nejméně naruší současný stav, což nelze za stávajících podmínek provést lépe. V Rokycanech je navíc příchod povodně natolik rychlý, že nelze počítat s montáží mobilních protipovodňových zábran. Protipovodňové zídky, a to jak nové, tak staré nábřeží, které budou zvýšeny, jsou navrženy s kamenným obkladem ve formě zábradelních zídek tak, aby bylo zachováno současné vizuální vnímání a využívání toku ve městě. Nejde tedy v žádném případě o obehnání toku betonovými zdmi ani o odříznutí toku jako architektonického a biologického prvku od města. Dalšími podporovateli původního projektu jsou vlastníci pozemků v blízkosti řeky. Ti pochopitelně doufají v co nejrychlejší stavbu protipovodňových opatření, které zprostředkuje ochranu jejich soukromého majetku z veřejných financí (36).

Na druhé straně stálo občanské sdružení Kulíšek a četná skupina jeho podporovatelů z řad obyvatel Rokycan, které pojí dohromady přání, aby z veřejných prostředků byla pořízena opatření optimální pro všechny obyvatele města, opatření, která povedou ke zpřístupnění řeky, umožní její využívání pro rekreační účely a vrátí korytu přírodnější charakter. Zkapacitnění koryta chtějí zajistit jeho rozšířením (36).

Intravilánová revitalizace vodního toku není pro obyvatele Rokycan žádnou novinkou. Mezi lety 2014 a 2015 zde totiž proběhla zdařilá revitalizace Rakovského potoka. Původní napřímené betonové koryto bylo proměněno v atraktivní městský park se stěhovavou meandrující kynetou pro převedení běžných průtoků a zatravněnou bermou převádějící povodňové průtoky. Poměrně vysoký spád je zajištěn čtyřmi balvanitými skluzy, což v jiných částech revitalizace umožňuje zpomalení a rozšíření toku, vytvoření tůň a ekologicky hodnotných prvků. Revitalizovaný tok má tak velkou hydraulickou i tvarovou členitost a výrazně zvětšený prostorový rozsah (37).



Obrázek 27 – Revitalizace Rakovského potoka v Rokycanech  
Dostupné z: <https://www.vrv.cz/photos/rokycany-01.jpg>

Rokycanští ekologové si v prosazování provedení podobných opatření i v korytě řeky Klabavy vedli velmi dobře. Skrze svou občanskou aktivitu, pořádání akcí pro zlepšení povědomí o této problematice i vytvoření petice, kterou podepsalo na 800 obyvatel Rokycan, se jim podařilo vyvinout na vedení města nátlak, který vedl k odložení realizace protipovodňové ochrany a k zastavení a otevření projektu, který byl následně postupně přetvořován ve snaze najít co nejvhodnější řešení pro všechny zúčastněné strany. Povodí Vltavy se snažilo jednat s městem, aby opatření navržené ekology bylo technicky schůdné a aby splňovalo to, co se od něj čeká. Město slíbilo, že poskytne určitou část pozemků, aby se tok rozšířil (33).

V červnu roku 2019 rokycanské zastupitelstvo schválilo řešení protipovodňových opatření městem Rokycany – a to přírodě blízkým způsobem a na celém území města. Nový projekt bude výrazně finančně náročnější než původně plánové posílení technické protipovodňové ochrany, ale zabezpečí ochranu celého města, vytvoří atraktivní prostor pro návštěvníky a bude šetrnější k přírodě. Starosta Rokycan Václav Kočí po schválení PBPO na jednání zastupitelstva 25.6.2019 vydal následující prohlášení: *“Původní projekt, který vzniknul asi před deseti roky, už není možné dál projednávat, protože územní řízení nenabýlo právní moci. Navíc ani neřešil některá území města. Chceme proto zadat studii, která by prověřila možnosti protipovodňových opatření přírodě blízkým způsobem. Ta by měla v rámci možnosti zpřístupnit řeku obyvatelům města například vybudováním nových přístupů k vodě (38).”*

Na jednání zastupitelstva dne 27. ledna 2020 pak byla zastupitelstvem schválena zadávací dokumentace na Studii proveditelnosti přírodě blízkých protipovodňových opatření (39).

ORM	idd: 400	Kontrola : 09.03.2020
<b>Bod:</b> 1430	Příprava a realizace investic	<b>číslo usnesení:</b>
<b>Dokument:</b> 19677	Řešení protipovodňových opatření v Rokycanech - zadávací podmínky pro výběr dodavatele III.	<b>4745</b>

Zastupitelstvo města schvaluje zadávací dokumentaci (Výzva k podání nabídky) na: „Studie proveditelnosti přírodě blízkých protipovodňových opatření“, která je přílohou tohoto usnesení a ukládá odboru rozvoje města k realizaci.

Termín: 29. 2. 2020

Obrázek 28 – Schválení zadávací dokumentace na studii proveditelnosti PBPO v Rokycanech  
Dostupné z: [https://m.rokycany.cz/assets/File.ashx?id\\_org=14069&id\\_dokumenty=895879](https://m.rokycany.cz/assets/File.ashx?id_org=14069&id_dokumenty=895879)

### 2.3. PRŮZKUM TERÉNU A URČENÍ VÝZNAMNÝCH BODŮ

Řešený úsek řeky Klabavy v rokycanském intravilánu je vymezen jezem na ř. km 21,043 a koncem technické úpravy koryta řeky na ř. km 19,723 nad soutokem Klabavy a Holoubkovského potoka. Nad tímto úsekem má koryto Klabavy přírodní charakter, pod jezem je ale řeka svedena do lichoběžníkového koryta technicky řešené protipovodňové ochrany města s přibližně půl metru hlubokou kynetou uprostřed. Za železničním mostem se šikmé břehy bermy mění v prosté svislé zdi a koryto má tak až po soutok s Holoubkovským potokem průřez obdélníkového tvaru s lichoběžníkovou kynetou uprostřed. Délka řešeného úseku je 1320 m.



Stávající koryto je velmi nevhledné a nepřístupné obyvatelům Rokycan, neskýtá žádnou možnost pro rekreaci a jeho jediným účelem je převádění povodňových průtoků. Jedná se o ryze pragmatickou stavbu bez jakékoliv ekologické hodnoty. Koryto má velmi monotónní charakter bez tvarové a hydraulické členitosti. Kynetu tvoří tuhá konstrukce, která má kromě místa na konci úseku, kde je konstrukce koryta poškozená, zbytečně velkou kapacitu pramenící z její šířky, to způsobuje nedostatečnou hloubku pro zajištění ekologické funkce. Ta je ovšem stejně nemyslitelná vzhledem k nulové členitosti koryta a jeho povrchu, který je v celé své šíři na celém zájmovém úseku tvořen vyspárovanou kamennou dlažbou. Protipovodňová ochrana navíc není dostatečná a neodpovídá požadavku na převedení povodňového průtoku  $Q_{100}$ .

Prvním významným bodem je **jez na ř. km 21,043**, kterým začíná řešený úsek. Představuje problém z hlediska migrační prostupnosti, která je ovšem kvůli velkému množství migračních překážek na toku nad i pod řešeným úsekem za současného stavu nedosažitelná. Jez vzdouvá hladinu, čímž omezuje hydraulickou členitost v úseku nad ním a snižuje kapacitu koryta.

Druhým významným bodem je **úsek mezi jezem a železničním mostem**. Koryto zde má lichoběžníkový charakter a po jeho levé straně vede stezka pro cyklisty a pěší v příjemném přírodním prostředí. S tím bohužel nekoresponduje nevhledná a hůře přístupná dlážděná berma. Nabízí se zde provedení přírodě blízkých úprav, které koryto zpřístupní, zkulturní a zakomponují do okolního prostředí.



Obrázek 29 – Jez na ř. km 21,043 – Bod č. 1  
Zdroj: Autorská fotografie



Obrázek 30 – Úsek mezi jezem a železničním mostem –  
Bod č. 2  
Zdroj: Autorská fotografie

Třetím významným bodem je **okolí silničního mostu v ulici Pražská**. Několik desítek metrů před mostem se tvar průřezu koryta mění z lichoběžníku na obdélník. Na obou stranách řeky je zde ale dost zatravněného prostoru, kde by mohlo být provedeno rozšíření toku a spolu se změnou charakteru samotného koryta by se tak dal vytvořit příjemný prostor pro rekreaci a oddech obyvatel.



Obrázek 31 – Okolí mostu v ulici Pražská – Bod č. 3  
Zdroj: Autorská fotografie

Čtvrtý významný bod představuje **pěší lávka Na Pátku a její okolí**. Lokalita poblíž městského centra dostatkem nezastavěného prostoru po stranách obdélníkového koryta opět vybízí k využití tohoto prostoru a vytvoření atraktivního místa pro pobyt návštěvníků. V případě významnějších úprav je vhodné zvážit konstrukci nové lávky, která by lépe funkčně i esteticky ladila s novým prostředím.



Obrázek 32 – Lávka Na Pátku a její okolí – Bod č. 4  
Zdroj: Autorská fotografie

Pátý bod je z hydraulického hlediska nekritičtějším profilem v řešeném úseku. Jedná o nízkokapacitní **most v ulici Soukenická**. Původní projekt řešil zvýšení jeho kapacity zahloubením koryta. Dalším způsobem, jak zajistit dostatečnou průtočnou kapacitu mostu, je vytvoření inundačního otvoru – vytvořit další prostor, kudy voda bude moci v případě povodně pod konstrukcí vozovky proudit. Nejvíce přírodě blízkou variantou by ale bylo vytvoření nové mostní konstrukce a využití okolního nezastavěného prostoru pro rozvolnění koryta, vytvoření širokých, členitých, přístupných berem přírodního charakteru umožňujících přístup ke kynetě.

Šestý bod představuje **stupeň ve dně na ř. km 19,938**. jedná se o migrační překážku, překonání spádu lze docílit přírodně bližšími způsoby, které posílí



hydraulickou a tvarovou členitost koryta. Odstranění stupně může také vytvořit prostor pro zahloubení koryta pod nízkokapacitním mostem, který se nachází osmdesát metrů proti proudu nad stupněm.



Obrázek 33 – Most v ulici Soukenická – Bod č. 5  
Zdroj: Autorská fotografie



Obrázek 34 – Stupeň ve dně – Bod č. 6  
Zdroj: Autorská fotografie

Bod č. 7 představuje **závěrečný úsek upraveného koryta**. Po pravé straně se zde vyskytuje prostor známý též jako tzv. „Ostrůvek“, který vlastní místní volejbalový klub. Toto území je atraktivní z hlediska možného propojení s korytem a vytvoření městského parku se sportovišti, vegetací a přístupem k řece.



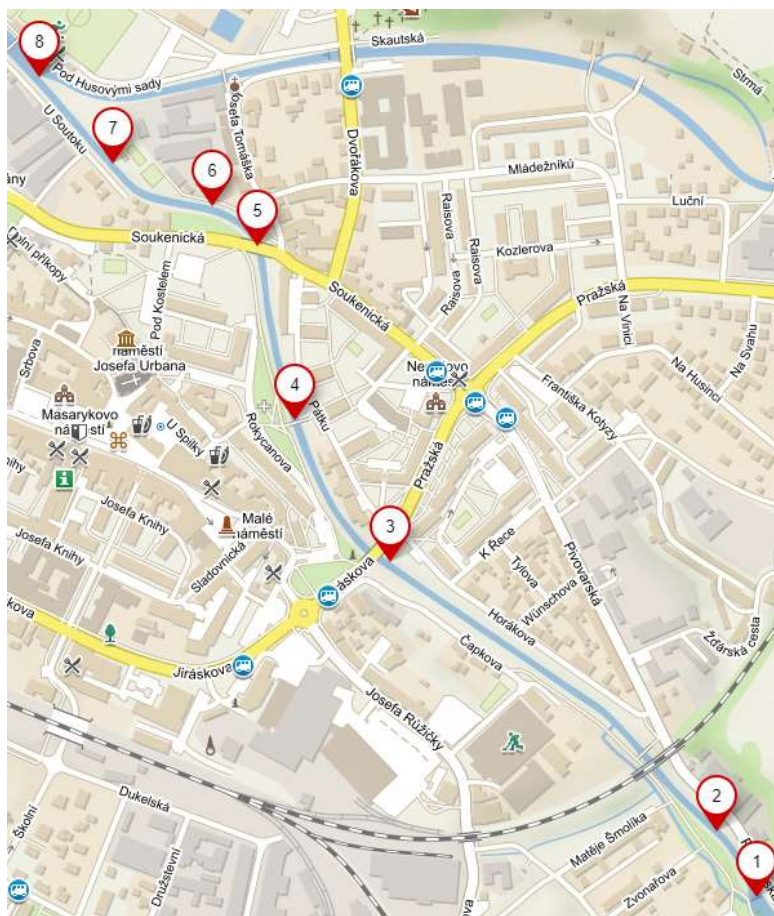
Obrázek 35 – Závěrečný úsek – Bod č. 7  
Zdroj: Autorská fotografie

Bod č. 8 označuje **uzávěrový profil řešeného úseku** – přechod technicky upraveného koryta řeky opět do koryta přírodního charakteru v místě soutoku s Holoubkovským potokem.



Obrázek 36 – Uzávěrový profil řešeného úseku – konec technické úpravy u soutoku Klabavy s Holoubkovským potokem – Bod č. 8  
Zdroj: Autorská fotografie

Bermy upraveného koryta nejenže neumožňují rekreační využití toku a nemají žádnou ekologickou hodnotu, v úseku pod mostem v ulici Soukenická jsou navíc poškozené, místy jsou zanešené splaveninami a v rámci řešeného úseku v nich najdeme nejedno nevzhledné a nehygienické zaústění potrubí do koryta řeky. Tyto problémy je vhodné řešit – ideálně konstrukcí nových, přírodě blízkých berem.



Obrázek 37 – Mapa významných bodů  
Zdroj: Vytvořeno v aplikaci [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz)



Obrázek 38 – Další problémy současného koryta v řešeném úseku  
Zdroj: Autorské fotografie

Na závěr této kapitoly je z důvodu komplexního řešení PBPO s ohledem na celé povodí toku vhodné také stručně popsat úsek řeky, který řešenému úseku předchází a úsek, který na technicky upravené koryto Klabavy navazuje.

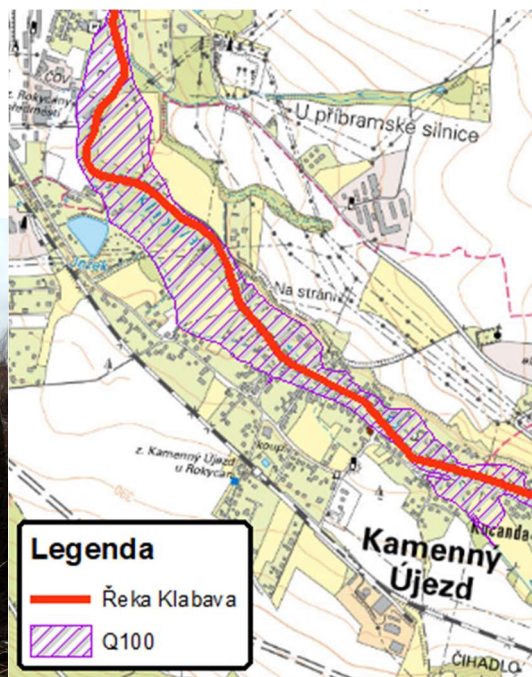
Nad jezem, kterým technická úprava začíná, má koryto přírodní charakter. V úseku mezi Kamenným Újezdem a Rokycany koryto řeky mírně meandruje a protéká zemědělsky využívanou krajinou, která umožňuje vylití řeky z koryta bez



způsobení větších škod. V případě povodní se tak část objemu povodňové vlny může rozlít do luk a polí před Rokycany a omezit tak důsledky povodně.



Obrázek 39 – Klabava nad Rokycany  
Zdroj: Autorská fotografie

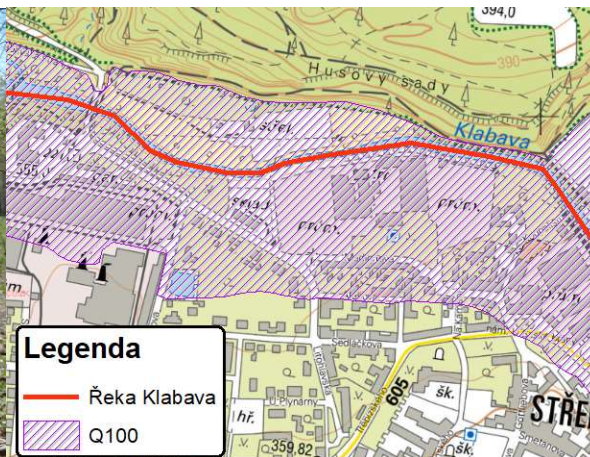


Obrázek 40 – Záplavové území Klabavy nad Rokycany, vytvořeno v softwaru ArcGIS pomocí Základní mapy ČR 1:10 000 a databáze DIBAVOD

Pod soutokem Klabavy s Holoubkovským potokem má koryto opět přírodní charakter a je místy zanesené splaveninami. Okolní zástavba je velmi řídká a není proto velkým problémem, že se zde řeka při povodňových průtocích vylévá z koryta do říční nivy. Klabava zde míjí chráněné a přírodně velmi cennou lokalitu Husových sadů. Toto území je nejen přírodně hodnotné, ale také vyhledávané obyvateli pro oddych, rekreaci i sportovní aktivity. Husovy sady navíc také čeká revitalizace, která ještě pomůže jejich pěšímu a cyklistickému využití. Oblíbená cyklostezka vede i mezi Rokycany a Kamenným Újezdem, bylo by tedy velmi vhodné tyto dvě lokality propojit – například cyklostezkou podél revitalizovaného koryta Klabavy v Rokycanech.



Obrázek 41 – Koryto Klabavy pod soutokem  
Zdroj: Autorská fotografie



Obrázek 42 – Záplavové území Klabavy pod soutokem; vytvořeno v softwaru ArcGIS pomocí Základní mapy ČR 1:10 000 a databáze DIBAVOD

## 2.4. MAJETKOPRÁVNÍ VZTAHY

Vzhledem k tomu, že ke stěžejním bodům přírodě blízkého řešení protipovodňové ochrany v intravilánu patří zvětšení prostorového rozsahu vodního toku, kterého je vhodné dosáhnout zvětšením šířky (povodňového perimetru) koryta spíše než zahlubováním, je třeba v místě takových úprav rozšířit stávající koryto na území okolních pozemků. Faktor vlastníků dotčených pozemků a jejich přístupu k zamýšleným opatřením je zcela zásadní pro proveditelnost PBPO. To potvrzuje například příspěvek Ing. Davida Veselého do sborníku “Přírodě blízká protipovodňová ochrana: Prostor pro vodní toky a zapojení ekosystémů”, který nese název “Problémy s pozemky a legislativní překážky revitalizací: *“Zkušenosti z prvních dokončených studií proveditelnosti ukazují, že právě jednání s vlastníky, řešení majetkových vztahů a zajištění potřebných pozemků představují stěžejní díl práce a zároveň největší překážku realizace (40).”*

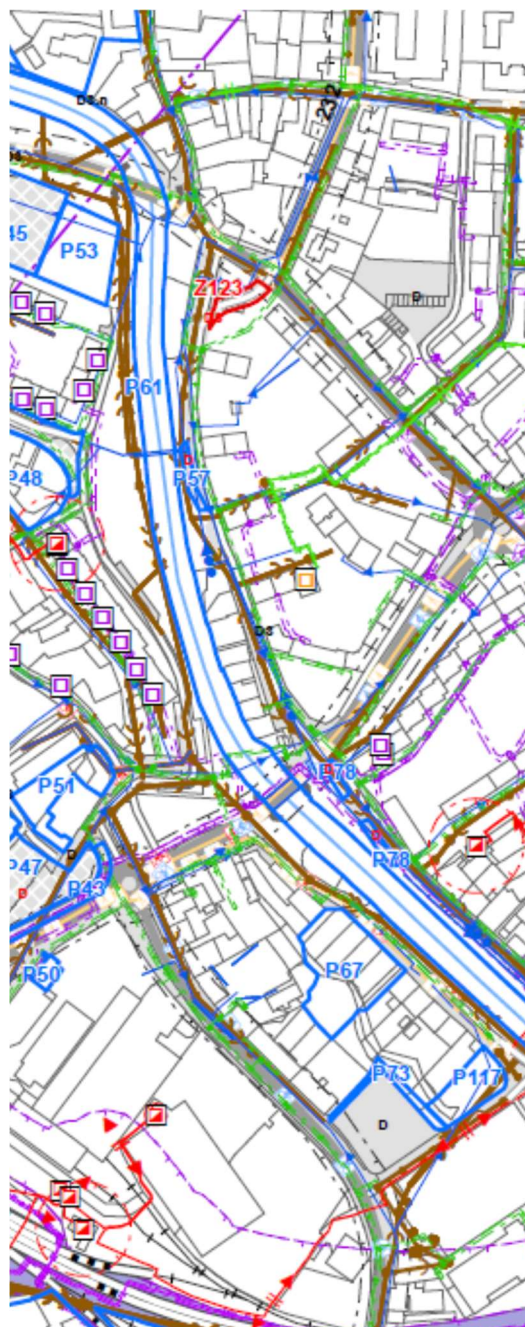
Z tohoto důvodu byla v rámci této práce provedena také analýza majetkových vztahů v zájmovém území, jejímž úkolem bylo určit vlastníka a případná omezení všech pozemků, které by navrhovanými opatřeními mohly být zasaženy. Tato analýza je součástí této práce jako příloha č. 5 a vyplývá z ní, že většina pozemků patří městu Rokycany, které, coby teoretický investor PPO, by jistě umožnilo rozšíření koryta na tyto pozemky. Většina těchto pozemků se sice vzhledem k umístění v historickém centru Rokycan nachází v památkové zóně, to by však vzhledem k předpokládanému charakteru prováděných úprav nemělo představovat zásadní problém. Případné PPO by jistě povolilo na svém pozemku také Povodí Vltavy, které je vlastníkem pozemků, na kterých je situované stávající koryto řeky. Problém by neměl nastat ani v případě zasažení pozemků na místní komunikaci poblíž mostu na ulici Soukenická, které jsou vlastněny Plzeňským krajem. V případě realizace opatření, která by se dotkla stávajícího sportoviště na takzvaném “Ostrůvku” po pravé straně řeky před zaústěním Holoubkovského potoka, by bylo nutné vyjednat tato opatření s Volejbalovým klubem Rokycany, který vlastní pozemek, kde se sportoviště nachází. Tato lokalita je z hlediska komplexního řešení PBPO velmi lákavá, protože nabízí prostor u soutoku Klabavy a Holoubkovským potokem s velkým rekreačním i ekologickým potenciálem. Navíc by získání tohoto pozemku také umožnilo hladké cyklistické propojení lokality Rokycanské stráně s cyklostezkou, která vede podél Klabavy výše po směru toku mezi Kamenným Újezdem a Rokycany. Značná část sportoviště by jistě



navíc mohla být zachována a mohla se tak stát součástí nově vzniklé rekreační lokality v suché bermě Klabavy. V případě možnosti využití tohoto území, což při řešení této práce předpokládám, by nejspíš bylo nutné zajistit výstavbu nového sportoviště pro volejbalový klub jako kompenzaci.

## 2.5. INŽENÝRSKÉ SÍTĚ

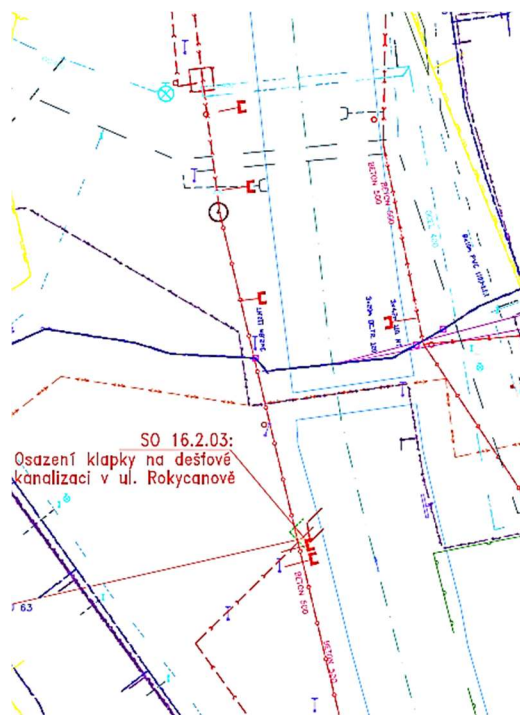
Zásadní problém pro proveditelnost případného zásahu do prostoru v okolí koryta představuje zvláště v městských centrech, jako je tomu v tomto případě, infrastruktura inženýrských sítí. Vzhledem k rozsahu této práce a nízké vypovídající hodnotě podkladů dostupných při jejím zpracovávání, ze kterých například není možné určit hloubku uložení inženýrských sítí, poskytuje tato kapitola spíše jen upozornění na kritičnost tohoto problému a orientační náhled na něj. Z koordinálního výkresu dopravní a technické infrastruktury územního plánu města Rokycan (Obrázek č. 43), který je také součástí přílohové části této práce jako příloha č. 9, je patrné, že problém může působit vedení jednotné kanalizace (znázorněné hnědou barvou), jejíž řad je veden podél takřka celého úseku koryta v jeho bezprostřední blízkosti v obou březích. Bez znalosti hloubek uložení je však nemožné stanovit, zda by v dalších kapitolách navržené úpravy koryta vyžadovaly přeložení některých úseků potrubí. Například u mostu v Soukenické ulici je však kanalizace vedena také pod řekou, což značí, že minimálně některé



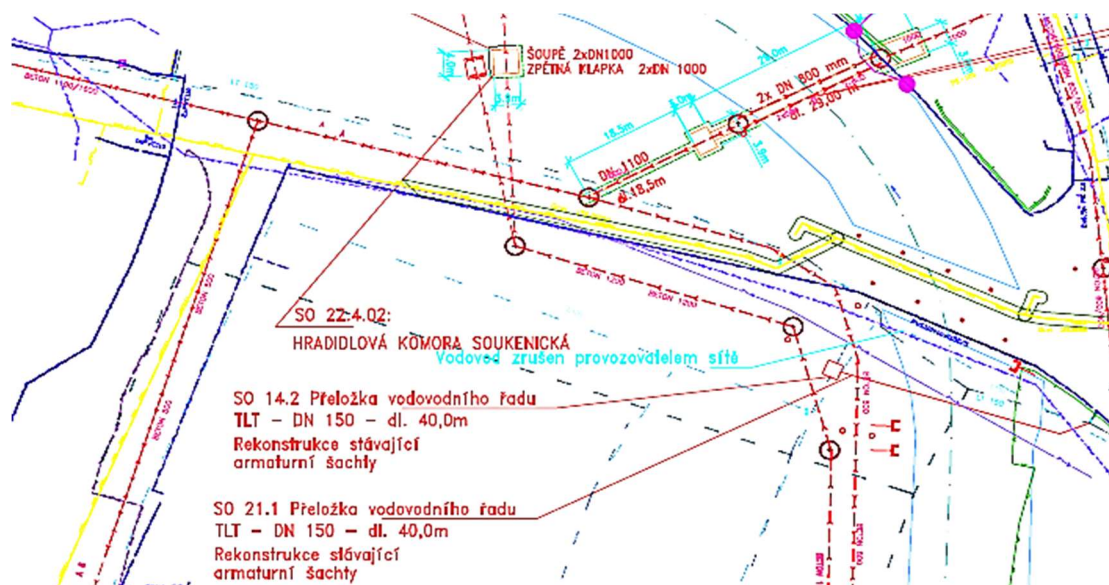
Obrázek 43 – Výřez koordinálního výkresu dopravní a technické infrastruktury územního plánu města Rokycan  
Dostupné z: <https://www.rokycany.cz/uzemni-plan-mesta/ds-6937/p1=33662>

jeho části jsou vedeny dostatečně hluboko, aby neznemožňovaly provedení úprav. Původní projekt navíc v tomto místě navrhoval zahloubení koryta – byla zde navržena shybka na kanalizačním potrubí. Původní úpravy zahrnovaly také přeložení několika úseků vodovodního řadu a jednu přeložku plynového potrubí (41).

Z výřezů situačního výkresu pouze se zapnutými hladinami obsahujícími základní územní členění a inženýrské sítě (žlutá – plynovod RWE, červená – kanalizace VOSS, modrá – vedení O2 Telefonica, fialová – vedení elektrické sítě ČEZ) (Obrázky 44 a 45) je patrné, že infrastruktura inženýrských sítí je v okolí toku velmi hustá. Rozšiřování koryta by tak bylo jistě spojené s četnými přeložkami inženýrských sítí. Jedná se o zásadní problém jak z hlediska proveditelnosti opatření, tak jeho finanční náročnosti, který by pro objektivní vyhodnocení vyžadoval mnohem důkladnější analýzu. Pro účely této práce platí předpoklad, že veškeré inženýrské sítě mohou být přeloženy a neomezují tak proveditelnost úprav (41).



Obrázek 44 – Vedení inženýrských sítí u pěší lávky Na Pátku; vyjmuta z výkresové dokumentace projektu KLABAVA ROKYCANY, ZKAPACITNĚNÍ KORYTA V Ř. KM 17,900 - 20,500 (41)



Obrázek 45 – Vedení inženýrských sítí u mostu v Soukenické ulici; vyjmuta z výkresové dokumentace projektu KLABAVA ROKYCANY, ZKAPACITNĚNÍ KORYTA V Ř. KM 17,900 - 20,500 (41)

### **3. HYDRAULICKÝ MODEL STÁVAJÍCÍHO STAVU KORYTA**

Z důvodu potřeby definování profilů s nedostatečnou současnou kapacitou byl nejprve vytvořen hydraulický model současného stavu koryta. Postup uvedený v kapitolách 3.1 a 3.2 byl následně aplikován při modelování úprav a vyhodnocování jejich hydraulické funkčnosti v kapitole 4.

#### **3.1. MODELOVÁNÍ USTÁLENÉHO PROUDĚNÍ V HEC-RAS**

Pro vytvoření 1D hydraulického modelu byl v rámci této práce použit americký software HECRAS. Jedná se o volně dostupný program vyvinutý v *Hydrologic Engineering Center, US Army Corps of Engineering*, který umožňuje 1D nebo 2D řešení ustáleného či neustáleného proudění v otevřených korytech metodou po úsecích, která vychází z Bernoulliho rovnice (aplikace zákona zachování mechanické energie) (22).

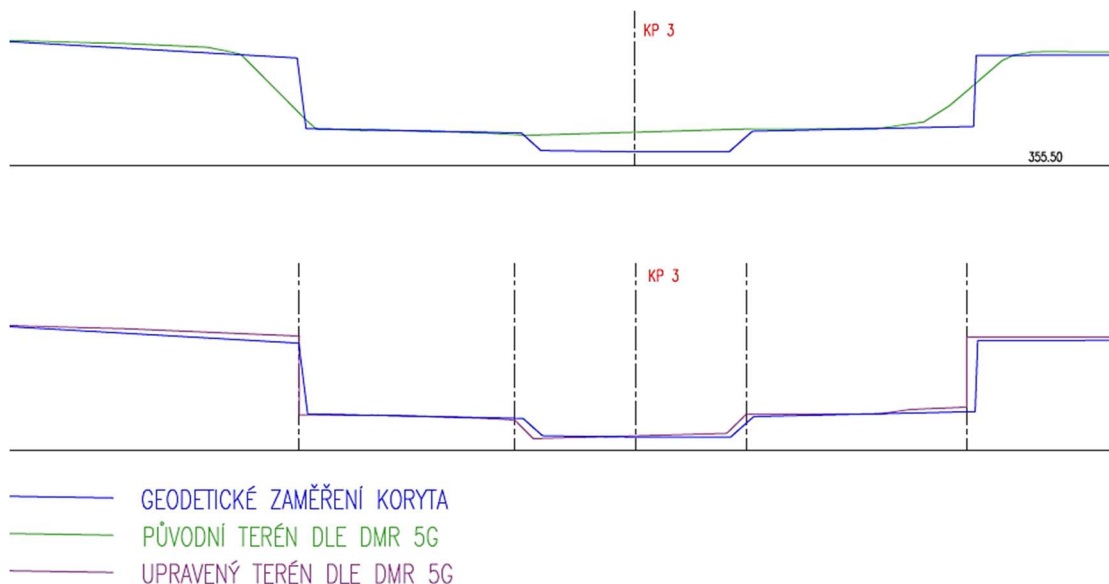
#### **3.2. VSTUPNÍ DATA**

##### **3.2.1. GEOMETRICKÁ DATA**

Pro zpracování této práce jsem měl k dispozici geodetické zaměření koryta Klabavy, geodetické zaměření všech mostních a jezových objektů a mračno bodů digitálního modelu terénu DMR 5G pokrývající téměř celé zájmové území. Vzhledem k tomu, že z geodetického zaměření pouze tři zaměřené profily spadaly do řešeného úseku, stanovil jsem následující postup zpracování geometrických dat: Nejprve jsem z mračna bodů DMR 5G vytvořil v programu Autodesk Civil 3D terén a určil linie příčných řezů, které jsem rozmístil po celé délce řešeného úseku tak, aby dobře definovaly geometrii celého koryta. Hustší koncentrace řezových linií byla aplikována v okolí významných bodů (viz kapitola 2.3). Linie příčných řezů jsem určil také ve stopách řezů, jejichž skutečné geodetické zaměření jsem měl k dispozici (dále kontrolní profily).

Pomocí Civilu 3D jsem následně vytvořil v těchto liniích příčné řezy. V kontrolních profilech jsem provedl srovnání geodetického zaměření a výstupu z DMR 5G. Z obrázku č. 46 je patrné, že DMR 5G se potýkal se dvěma hlavními problémy: Kolmé stěny obdélníkového koryta vzhledem k nedostatečně husté síti

bodů a interpolování průběhu terénu mezi nimi nevyhodnocoval jako kolmé a neregistroval zahloubení koryta v místě kynety. Použití takových geometrických dat mi nepřišlo dostatečně vhodné, a tak jsem je byl nucen upravit. Kolmosti stěn jsem docílil definováním jejich polohy pomocí ortofotomapy a vytvořením vertikálních linií v těchto místech. Následně jsem až k této linii protáhl řezovou křivku v bermě a řezovou křivku v navazujícím terénu. Obdobný postup jsem provedl v místech, kde má koryto lichoběžníkový charakter, neboť ani zde nebyla geometrie šikmých svahů popsána modelem uspokojivě. Pro zahrnutí kynety jsem byl nucen provést vlastní orientační zaměření její hloubky ve všech profilech s přesností odpovídající decimetrové přesnosti DMR 5G. List se záznamem zaměření je doložen jako příloha č. 8. Po zahrnutí těchto úprav jsem opět srovnal obě varianty kontrolního profilu a vzhledem k uspokojivému výsledku jsem pokračoval v práci s takto upravenými řezy.



Obrázek 46 – Kalibrace výstupů z DMR 5G

Vytvořeno v softwaru Autodesk Civil 3D na základě výše zmíněných podkladů

Mračno bodů, které jsem měl k dispozici, ovšem nepokrývalo úsek mezi jezem a železničním mostem. Pro doplnění tohoto úseku jsem použil webovou aplikaci Analýzy výškopisu (42), kde jsem na základě DMR 5G vygeneroval další tři řezy pro pokrytí daného úseku a provedl u nich také výše popsané úpravy. K těmto řežům jsem připojil řezy z geodetického zaměření mostních a jezových objektů. Geodetické zaměření koryta jsem tedy použil pouze pro kalibraci výstupů z DMR 5G a pro horní profil modelu – přišlo mi nevhodné začínat jezovým objektem, a proto jsem do modelu zahrnul ještě geodeticky zaměřený příčný řez na ř. km 21.131.

Pro převedení křivek příčných řezů do softwaru HEC-RAS jsem vytvořil soubor v aplikaci MS Excel, který na základě výpisu dat křivek příčných řezů a linií příčných



řezů dopočítá pro každý bod řezu jeho prostorové souřadnice v S-JTSK a určí jeho staničení v rámci linie příčného řezu. Takto ošetřená data lze pak jednoduše nakopírovat do nástroje vytváření geometrie v softwaru HEC-RAS.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1	Výpis křivky příčného řezu									STANIČENÍ	Z	X	Y	Výpis linie příčného řezu					
2	v bodě	-542.918	Y=	324.48	Z=	0				0	363.08	-806459.3108	-1073002.07	startZ	363.08	z	bod,	-80	
3	v bodě	-534.333	Y=	324.1413	Z=	0				8.5856	362.7413	-806453.4775	-1072995.77	start X	-806459.31	na	bod,		
4	v bodě	-530.307	Y=	323.9945	Z=	0				12.6115	362.5945	-806450.7421	-1072992.82	start Y	-1073002.1	Délka	=		
5	v bodě	-522.748	Y=	323.667	Z=	0				20.1704	362.267	-806445.6064	-1072987.27	konec X	-806397.19	Delta	X		
6	v bodě	-516.652	Y=	323.7175	Z=	0				26.2669	362.3175	-806441.4642	-1072982.8	konec Y	-1072935				
7	v bodě	-514.6	Y=	323.6446	Z=	0				28.3188	362.2446	-806440.0701	-1072981.29	délka	91.4352				
8	v bodě	-512.648	Y=	323.4391	Z=	0				30.2706	362.0391	-806438.744	-1072979.86	offset	38.6				
9	v bodě	-510.531	Y=	323.4621	Z=	0				32.3872	362.0621	-806437.3059	-1072978.31						
10	v bodě	-510.176	Y=	323.4022	Z=	0				32.7427	362.0022	-806437.0644	-1072978.05						
11	v bodě	-509.429	Y=	323.1169	Z=	0				33.4897	361.7169	-806436.5568	-1072977.5	staničení	1.213				
12	v bodě	-507.368	Y=	322.1713	Z=	0				35.5501	360.7713	-806435.1569	-1072975.99	Skut.stan.	0.948				
13	v bodě	-506.279	Y=	321.8792	Z=	0				36.6392	360.4792	-806434.417	-1072975.19						
14	v bodě	-506.027	Y=	321.8555	Z=	0				36.8917	360.4555	-806434.2454	-1072975						
15	v bodě	-503.521	Y=	321.8512	Z=	0				39.3975	360.4512	-806432.5429	-1072973.17						
16	v bodě	-503.156	Y=	321.8903	Z=	0				39.762	360.4903	-806432.2952	-1072972.9						
17	v bodě	-502.666	Y=	321.9067	Z=	0				40.2522	360.5067	-806431.9622	-1072972.54						
18	v bodě	-501.964	Y=	321.8388	Z=	0				40.9544	360.4388	-806431.4851	-1072972.02						
19	v bodě	-499.134	Y=	320.1924	Z=	0				43.7844	358.7924	-806429.5623	-1072969.95						
20	v bodě	-498.333	Y=	320.1604	Z=	0				44.5856	358.7604	-806429.0179	-1072969.36						
21	v bodě	-496.824	Y=	320.0881	Z=	0				46.0944	358.6881	-806427.9928	-1072968.25						
22	v bodě	-495.749	Y=	320.0074	Z=	0				47.169	358.6074	-806427.2627	-1072967.46						
23	v bodě	-494.704	Y=	319.9289	Z=	0				48.2144	358.5289	-806426.5524	-1072966.7						
24	v bodě	-494.234	Y=	319.4589	Z=	0				48.6844	358.0589	-806426.2331	-1072966.35						
25	v bodě	-489.044	Y=	319.551	Z=	0				53.8744	358.151	-806422.7068	-1072962.54						
26	v bodě	-488.684	Y=	319.911	Z=	0				54.2344	358.511	-806422.4622	-1072962.28						
27	v bodě	-488.546	Y=	319.9107	Z=	0				54.3726	358.5107	-806422.3683	-1072962.18						
28	v bodě	-486.605	Y=	320.0446	Z=	0				56.3137	358.6446	-806421.0495	-1072960.75						

Obrázek 47 – Snímek obrazovky – Excelový soubor pro přenos dat mezi softwaru Civil 3D a HEC-RAS

Po vytvoření geometrie zadáním těchto dat o všech příčných řezech a objektech do aplikace jsem na základě orientačního průběhu  $Q_{100}$  určil dle přednášky docenta Aleše Havlíka a doktora Tomáše Picka přepadové součinitele jezu a stupně pro určení hodnoty *weir coeff* tak, jak je to zachyceno na obrázku č. 48. Koeficient pro jez byl počítán jako *jezový přeliv "jednoduchého" profilu s obdélníkovým průřezem*, stupeň byl počítán jako *přepad přes široku korunu*

Jez (staničení 1.32)	
kóta H	364.55 m
kóta Hs	363.06 m
kóta koruny	362.18 m
h(Q100)	2.37 m
h/t	1.077273
t	2.2 m
$\mu$	0.564273 (interpolace hodnot)
hs	0.88 m
hs/h	0.371308
$\sigma$	0.99 (odečteno z grafu)
m	0.37242 = $2/3 * \mu$
<b>weir coeff</b>	<b>1.65</b> = $19.62^{0.5} * m$
Stupeň (staničení 0.215)	
m	0.385 = 0.385
<b>weir coeff</b>	<b>1.71</b> = $19.62^{0.5} * m$

Obrázek 48 – Výpočet hodnoty "weir coeff" jezových objektů

beze ztrát na vtoku. Zobrazené hodnoty pochází již z iteračního výpočtu po zadání veškerých dat a kalibraci *ineffective areas* a *levees* (43).



### 3.2.2. HYDROLOGICKÁ DATA A OKRAJOVÁ PODMÍNKA

Tato bakalářská práce se z hlediska hydrologických dat opírá o profil *Hlásné a předpovědní povodňové služby*, který je umístěn pod pěší lávkou Na Pátku.

Průměrný roční stav:	[cm]	N-leté průtoky:	Q <sub>1</sub>	Q <sub>5</sub>	Q <sub>10</sub>	Q <sub>50</sub>	Q <sub>100</sub>
Průměrný roční průtok:	1.23 [m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]		14.5	39.1	56.1	114	148

Obrázek 49 – Hydrologická data z evidenčního listu profilu Na Pátku

Dostupné z: [http://hydro.chmi.cz/hpps/hpps\\_prfhoper\\_detail.php?seq=20045969](http://hydro.chmi.cz/hpps/hpps_prfhoper_detail.php?seq=20045969)

V řešeném úseku nemá Klabava žádný přítok, při zpracovávání této práce jsou hodnoty N-letých průtoků získané z evidenčního listu profilu použity pro modelování v celé délce řešeného úseku. Tento profil spadá do kategorie C a jeho evidenční list je součástí této práce jako příloha č. 7 (44).

Pro posouzení kapacity koryta na Q<sub>100</sub> využívá tato práce tedy hodnotu **Q<sub>100</sub> = 148 m<sup>3</sup>/s**. Jako dolní okrajová podmínka pro matematický model byl použit sklon čáry energie. Jeho hodnotu uvažujeme rovnou průměrnému podélnému sklonu koryta v řešeném úseku **i = 0,55 %**.

### 3.2.3. MANNINGŮV DRSNOSTNÍ SOUČINITEL

Zásadním, avšak obtížně definovatelným faktorem je drsnost koryta. K jejímu určení používáme takzvaný drsnostní součinitel. Jedná se o vyjádření odporu proudění vody způsobeného vegetací a materiálem dna a svahů. Součinitel drsnosti *n* pojmenovaný po irském inženýrovi Robertu Manningovi je jedním ze dvou vstupů pro výpočet rychlostního koeficientu *C* dle vzorce:  $[C = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}}]$ . Rychlostní součinitel se pak promítne v Chézyho rovnici pro výpočet rychlosti proudění, která má následující tvar:  $[v = C\sqrt{R \cdot i}]$ . Hodnoty součinitele drsnosti v případě nemožnosti jejich kalibrace určujeme pomocí tabulek. Tento postup je použit při řešení této práce (45).

Povrch koryta je kromě úseku mezi prvním příčným řezem shora (PR46) a jezem na ř. km 21,043 (PR45) víceméně stejný, tvořený vyspárovanou kamennou dlažbou. Pro tento povrch udává publikace *Hydraulika*, jejímž autorem je Václav Kolář a kol., rozmezí hodnot Manningova drsnostního součinitele 0,017 (minimální hodnota) až 0,030 (maximální hodnota). Jako optimální, střední hodnotu uvádí Kolář **n = 0,025**, což je tedy hodnota, kterou ve svém modelu přisuzují vlastnímu korytu Klabavy (46).

<b>9. dlažby</b>			
vyspárované betonové tvarovky	0,013	0,016	0,018
vyspárovaná kamenná dlažba	0,017	0,025	0,030
kamenná dlažba nasucho	0,020	0,030	0,035

Obrázek 50 – Drsnostní součinitel *n* dle Koláře

Dostupné z: Václav KOLÁŘ a kol – *Hydraulika* (46)

Ve zmíněném úseku řeky mezi příčnými řezy PR46 a PR45 volím Manningův drsnostní součinitel  $n = 0,055$ . Tuto hodnotu volím na základě porovnání charakteru lokality s “Fotografickým katalogem drsností” zpravovaného Ústavem vodních staveb na Fakultě stavební při VUT v Brně (47).



Obrázek 51 – Fotografický katalog drsnosti

Dostupné z: <http://www.utok.cz/sites/default/files/data/USERS/u24/Drsnost%20koryt.pdf> (5)

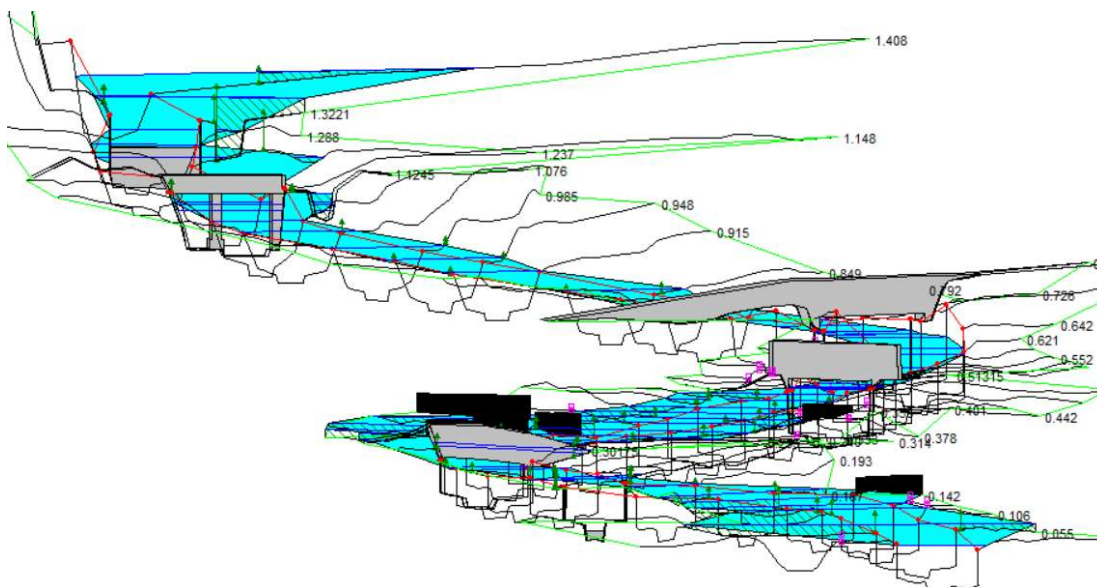
Pro okolní území volím Manningův drsnostní součinitel na základě následující tabulky, která využívá hodnot  $n$  stanovených profesorem J. Krešlem v publikaci *Hydrologie*. Tyto hodnoty mírně zvětšuji, jelikož používaný 1D model na rozdíl od 2D modelů nezapočítává turbulence, které je tedy třeba zahrnout právě drsnostním součinitelem (48).

CHARAKTER ÚZEMÍ	N DLE KREŠLA	N POUŽITÉ
Areál účelové zástavby	0,03	0,035
Lesní půda s křovinným porostem	0,09	0,095
Lesní půda se stromy	0,08	0,085
Okrasná zahrada, park	0,03	0,035
Ostatní plocha v sídlech	0,3	0,3
Ovocný sad, zahrada	0,07	0,075
Trvalý travní porost	0,04	0,045
Parkoviště, odpočívadla	0,03	0,035

Tabulka 2 – Manningův součinitel pro různé typy ploch okolního území

### 3.3. VYHODNOCENÍ MODELU, KRITICKÉ PROFILY

Matematický model současného stavu koryta při  $Q_{100}$  potvrdil jeho nedostatečnou kapacitu. Stávající úprava koryta nezajišťuje v celé jeho délce ochranu okolní zástavby na stoletý průtok.



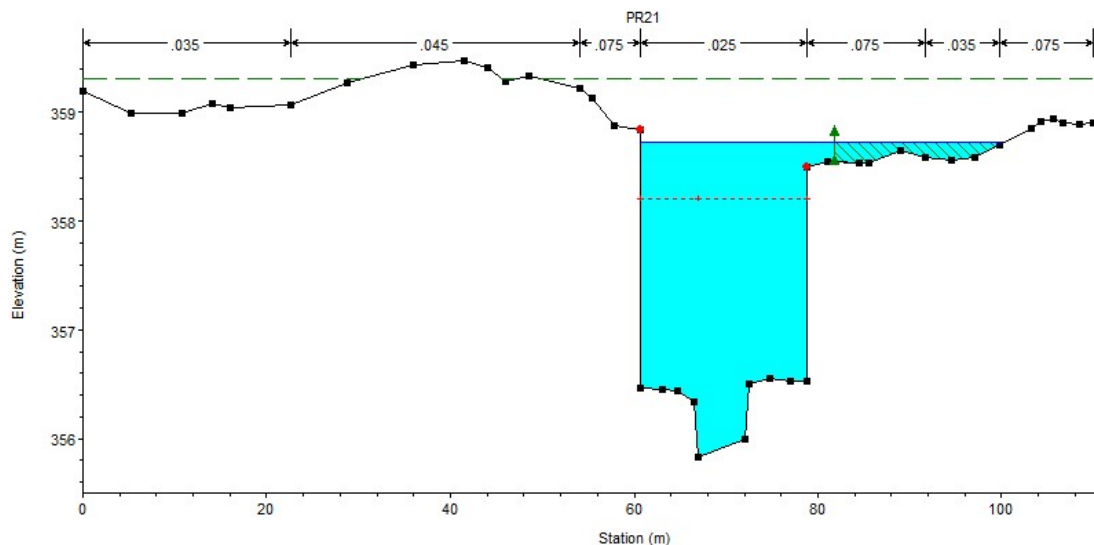
Obrázek 52 – Model současného koryta Klabavy pro průtok  $Q_{100}$

Zdroj: Snímek obrazovky ze softwaru HEC-RAS

Ze situačního výkresu rozlivů, který byl zpracován na základě výstupů z matematického modelu a který je součástí práce jako příloha č. 4, je patrné, že koryto není dostatečně kapacitní v úseku nad jezem, kde rozliv zasahuje do zástavby. Protipovodňovou ochranu v tomto úseku by bylo vhodné posílit, koryto Klabavy nad jezem však není předmětem této práce.

V úseku mezi jezem a silničním mostem v ulici Pražská koryto kapacitně vesměs vyhoví na  $Q_{100}$ . V několika profilech dochází k mírnému rozlivu, nedochází ale k ohrožení okolní zástavby a k rozlivu dochází v místech, kde to nezpůsobuje žádné významné škody. Navíc zde lze tvrdit, že spíše než o historické centrum města jde o souvislou zástavbu, u které dle normy postačuje ochrana na  $Q_{50}$ .

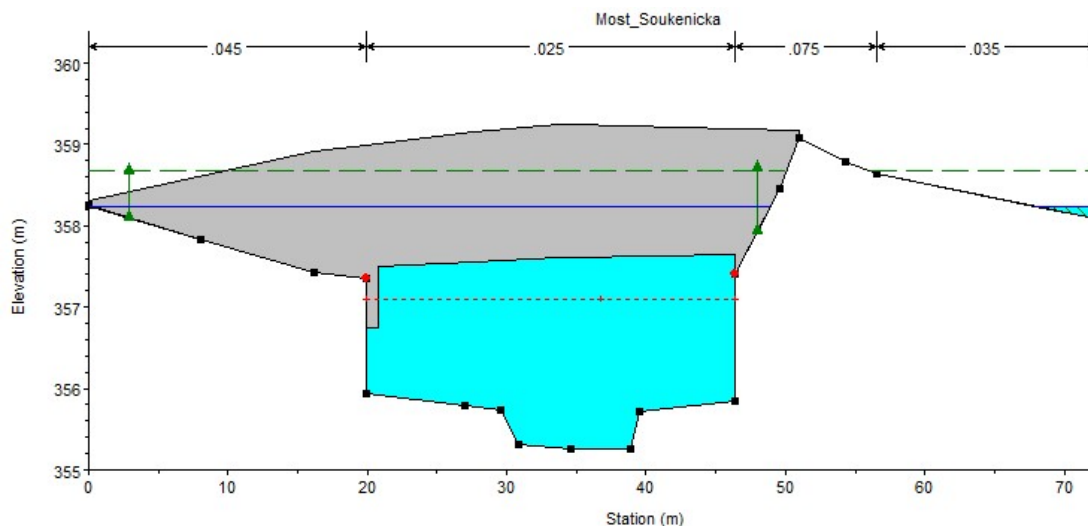
Mezi mostem v ulici Pražská a pěší lávkou Na Pátku je koryto z kapacitního hlediska vyhovující. Za pěší lávkou již ale dochází k rozlivu do okolní zástavby. Problematická pasáž vrcholí nízkokapacitním mostem v ulici Soukenická, který je z hlediska kapacity nejkritičtější profilem v řešeném úseku.



Obrázek 53 – PR21 – Rozliv do zástavby na pravém břehu koryta pod lávkou Na Pátku  
Zdroj: Snímek obrazovky se softwaru HEC-RAS

Koryto za tímto mostem je opět kapacitně vyhovující, v závěrečném úseku koryta ale opět dochází k oboustrannému rozlivu. Situace v této části je navíc ovlivněna také Holoubkovským potokem a jeho rozlivem do městské zástavby, není tedy možné brát informace o rozlivu v tomto úseku seriózněji než jako stručnou výpověď o nedostatečné kapacitě koryta.

Most v Soukenické ulici je jediným mostním objektem, který na stoletý průtok kapacitně nevyhovuje, všechny ostatní mosty a lávky v řešeném úseku převádí  $Q_{100}$  s volnou hladinou.



Obrázek 54 – Průběh  $Q_{100}$  v profilu nízkokapacitního mostu v ulici Soukenická  
Zdroj: Snímek obrazovky ze softwaru HEC-RAS

## **4. VODOHOSPODÁŘSKÉ ŘEŠENÍ KORYTA**

Tato kapitola popisuje navrhované úpravy jednotlivých variant vodohospodářského řešení koryta řeky a jejich posouzení pomocí matematického modelu. K této kapitole se vážou výkresy v přílohové části.

### **4.1. VARIANTA TECHNICKÉ PPO**

První varianta má za cíl zajištění protipovodňové ochrany pomocí jednoduchých, funkčních opatření, která budou především hydraulicky funkční a ochrání okolní zástavbu před povodněmi. Není kladen důraz na ekologickou funkci toku a kromě okolí pěší lávky Na Pátku ani na rekreační využitelnost koryta. Úprava se snaží o minimalizaci zásahu do okolních pozemků také kvůli nutnosti přeložek inženýrských sítí, kterých je v okolí toku vedeno velké množství. První varianta má za cíl řešení kapacity mostních objektů jiným způsobem než stavbou nových konstrukcí.

#### **4.1.1. NAVRHOVANÉ ÚPRAVY**

Vzhledem k dostatečné kapacitě koryta mezi jezem a lávkou Na Pátku je v tomto úseku v rámci první varianty ponecháno současné koryto.

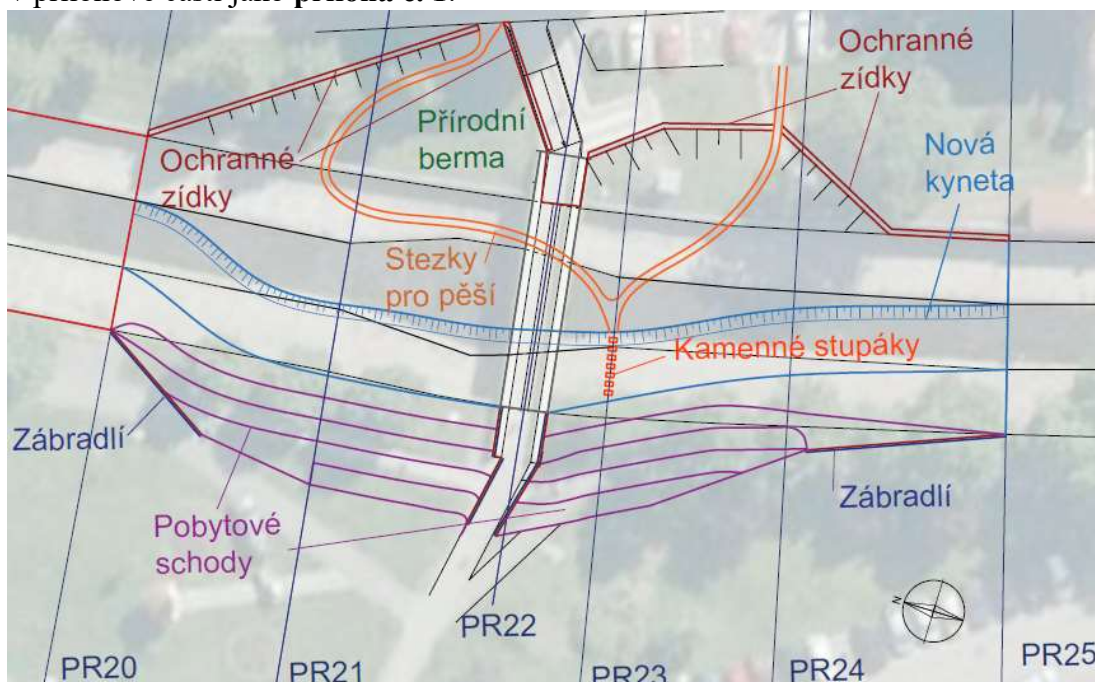
Úpravy jsou navrženy v okolí lávky Na Pátku, kde je v levém břehu vytvořen veřejný prostor pomocí pobytových schodů umožňujících posezení a oddech obyvatel poblíž městského centra. Je zde vytvořena hlubší kyneta s mírným vzduťm a dobrým přístupem, která umožní trávení volného času v blízkosti vodní plochy. Levý břeh kynety je zděný, dno je štěrkové, pravý břeh kynety je stabilizován kamennou rovnaninou. Na pravém břehu je koryto rozšířeno a je vytvořena zatravněná berma s pozvolným břehem a pěšími stezkami, které jsou s druhým břehem propojeny pomocí kamenných stupáků. Ty umožňují za obvyklých průtoků bezpečné překonání koryta. Pěší lávka zde tak není jediným objektem zajišťujícím komunikaci mezi oběma břehy. Na pravém břehu je nutné zabezpečit ochrannou funkci úpravy ochrannými zídkami výšky 0,75 m.

Mezi profilem PR20 a koncem technické úpravy koryta je pak navrženo zahloubení koryta, jehož účelem je zkapacitnění koryta v problematickém úseku mezi lávkou Na Pátku a mostem v Soukenické ulici. Zajištění dostatečné hloubky pod problematickým mostem je tedy řešeno zahloubením koryta, ke kterému přispívá také odstranění stupně ve dně na ř. km 19,938.



Mezi profilem PR5 a uzávěrovým profilem řešeného úseku je třeba také zajistit ochranu sportovního areálu na pravém břehu, toho je dosaženo ochrannou zídhou. Výška navržené zídky je 0,75 m. V této zdi musí být vytvořeny otvory (zpětné klapky) pro efektivní odvodnění území v případě přelítí hrází. Ochrana tohoto území musí být řešena nejen v rámci koryta Klabavy, ale také koryta Holoubkovského potoka.

Úpravy jsou podrobně zdokumentovány ve výkresech, které jsou doloženy v přílohové části jako **příloha č. 1**.



Obrázek 55 – Navržené úpravy v okolí lávky Na Pátku

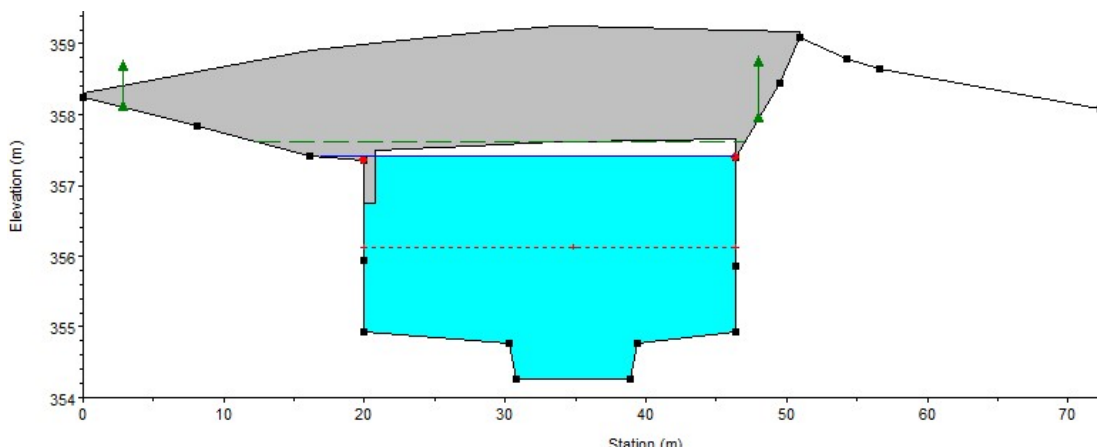
Zdroj: Výkres v softwaru AutoCAD

#### 4.1.2. HYDRAULICKÝ MODEL

Matematický model vytvořený v softwaru HEC-RAS stejným způsobem, jako je popsáno ve třetí kapitole, prokázal účinnost navržených opatření a zabezpečení okolní zástavby na stoletou povodeň, veškeré mostní objekty v řešeném úseku jsou kapacitní. To platí i pro nejkritičtější profil řešeného úseku – most v Soukenické ulici.

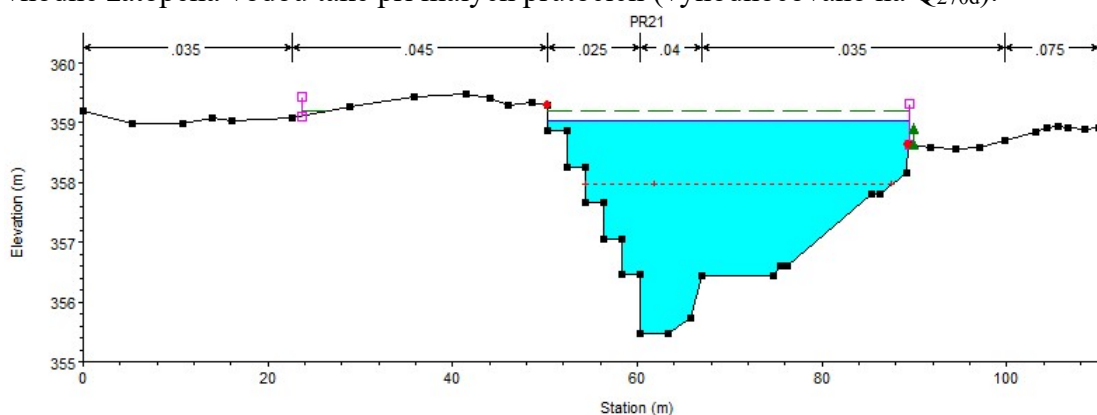
Kapacitu koryta v problematickém úseku mezi lávkou Na Pátku a mostem v Soukenické ulici velmi efektivně řeší zahloubení a zvětšení podélného sklonu.

Matematický model rovněž prokázal nutnost ochranných zídek na pravém břehu v závěrečném úseku technické úpravy, kde by stoletý průtok i přes zahloubení koryta stále vedl k rozlivu toku na pozemek rokycanského volejbalového klubu. Zde by pro dosažení ochrany na  $Q_{100}$  ale stačily pouze ochranné zídky výšky cca 20 cm. Navržené zídky výšky 0,75 m tak při dané úpravě spolehlivě zajistí ochranu území s požadovaným převýšením 30 cm.

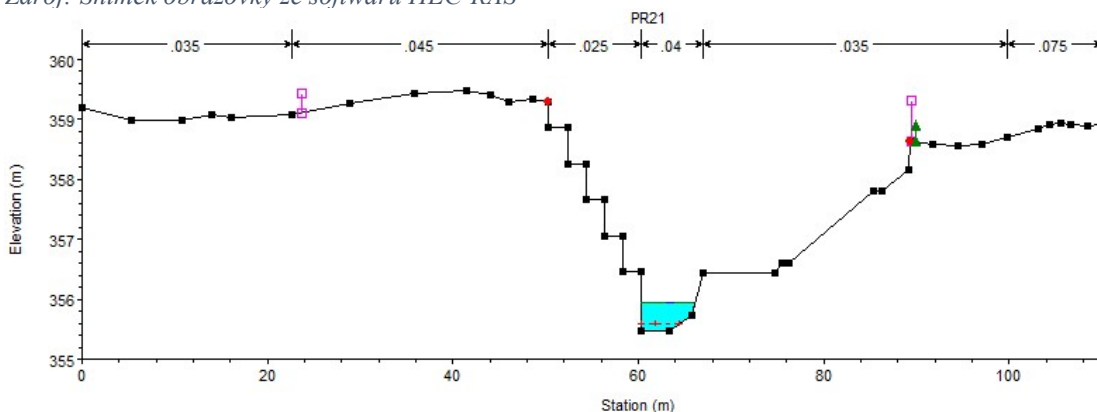


Obrázek 56 – Zkapacitnění mostu v ulici Soukenická  
Zdroj: Snímek obrazovky ze softwaru HEC-RAS

Model ukazuje, že vytvoření mírného vzduť v kynetě u lávky Na Pátku a zmenšení podélného sklonu i přes značné rozšíření profilu a zvětšení průtočné plochy vede k velmi mírnému zvýšení hladiny při  $Q_{100}$  oproti původnímu stavu. Proto je zapotřebí ochranných zídek výšky alespoň 0,45 m pro zajištění dostatečné ochrany okolní zástavby. Navrhované zídky výšky 0,75 m tedy spolehlivě zajistí ochranu před povodněmi s převýšením 30 cm. Model také prokazuje, že nově navržená kyneta bude vhodně zatopená vodou také při malých průtocích (vyhodnocováno na  $Q_{270d}$ ).



Obrázek 57 – Potřeba ochranných zídek v okolí lávky pro zajištění PPO (profil – PR21)  
Zdroj: Snímek obrazovky ze softwaru HEC-RAS



Obrázek 58 – Zajištění dostatečné hloubky (cca 50 cm) při  $Q_{270d}$  v úpravě okolí lávky Na Pátku  
Zdroj: Snímek obrazovky ze softwaru HEC-RAS



## 4.2. VARIANTA PBPO

Cílem druhé varianty je intravilánová revitalizace Klabavy. Stávající koryto je v maximální možné míře nahrazeno novým, přírodě blízkým, tvarově i hydraulicky členitým korytem. Je kladen důraz na ekologickou funkci i vytvoření atraktivního prostoru pro rekreaci, oddech i sportovní vyžití obyvatel Rokycan. Povodňové rozvolnění koryta je navrhováno dle prostorových možností, bez ohledu na nutné přeložky inženýrských sítí a finanční náročnost prováděných úprav. Nekapacitní nebo nevhledné mostní konstrukce jsou nahrazeny novými a kapacitnějšími konstrukcemi, které lépe zapadají do navrženého veřejného prostoru.

### 4.2.1. NÁVRH KYNETY

Základem přírodě blízkých protipovodňových opatření je návrh ekologicky hodnotné kynety. Pro správný návrh je nutná znalost m-denních průtoků v řešeném úseku, protože dle metodiky Ing. Tomáše Justa by průtočná kapacita kynety neměla přesáhnout  $Q_{30d}$ . Vzhledem k tomu, že jsem sadu m-denních průtoků neměl při zpracovávání této práce k dispozici, provedl jsem odhad návrhového průtoku na základě mně dostupných dat následujícím způsobem:

Z diplomové práce *Srážko-odtokové vztahy v povodí Klabavy*, jejímž autorem je Michal Kadeřábek, jsem převzal sadu m-denních průtoků Klabavy ve stanici Nová Huť. Ty jsem doplnil o N-leté průtoky z téhož profilu na základě jeho evidenčního listu. Průtok  $Q_{30d}$  v Rokycanech jsem určil pomocí  $Q_{100}$  v Rokycanech a poměru mezi  $Q_{100}$  a  $Q_{30d}$  v Nové Huti. Další m-denní průtoky jsem pak určil podle  $Q_{30d}$  v Rokycanech a jednotlivých poměrů  $Q_m/Q_{30d}$  v Nové Huti. Pro návrh kapacity kynety volím tedy  $Q_{30d} = 2,61 \text{ m}^3/\text{s}$  a pro posouzení zajištění hloubek v době malých průtoků používám  $Q_{270d} = 0,41 \text{ m}^3/\text{s}$ . Vzhledem ke spolehlivosti hydrologických dat považuji pro potřeby této práce přesnost odhadnutých m-denních průtoků za dostatečnou, je ale třeba říci, že v případě řešení skutečného projektu by pro návrh kynety bylo nutné získat oficiální data m-denních průtoků od ČHMÚ (49) (50).

$Q_N [\text{m}^3/\text{s}]$	1	5	10	50	100	$Q_a$	$Q_m [\text{m}^3/\text{s}]$	30	60	90	180	270	330	355	364
Nová Huť	25.8	65.6	96.6	190	248	2	Nová Huť	4.38	2.76	2.09	1.14	0.69	0.47	0.32	0.14
Rokycany	14.5	39.1	56.1	114	148	1.23	Rokycany - odhad	2.61	1.65	1.25	0.68	0.41	0.28	0.19	0.08
							Nová Huť - $Q_{100}/Q_{30d}$	56.6							
							Nová Huť - $Q_m/Q_{30d}$		0.63	0.48	0.26	0.16	0.11	0.07	0.03

Obrázek 59 – Analýza m-denních průtoků

Zdroj: Výstup výpočtu v MS Excel, data vychází z výše uvedených zdrojů

Hydraulickému návrhu kynety předchází určení materiálu a z toho vyplývajícího Manningova drsnostního součinitele  $n$ . Volím kynetu ve stylu malého, čistého klikatého toku s občasnými tůněmi a mělčinami,  $n = 0,04$

1. malé toky s šířkou v hladině za povodni < 30 m, v rovinách

čisté, přímé, bez peřejí a tůní při korytovém průtoku

dtto, s kameny a plevelem

čisté, klikaté, občasné tůně a mělčiny

0,025	0,030	0,033
0,030	0,035	0,040
0,033	0,040	0,045

Obrázek 60 – Drsnostní součinitel  $n$  dle Koláře

Dostupné z: Václav KOLÁŘ a kol – Hydraulika (46)

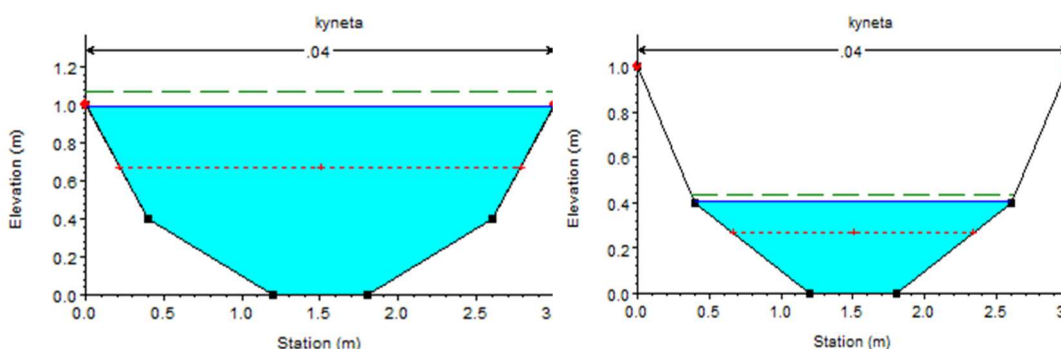
Poté byl proveden návrh profilu kynety podle

Chézyho rovnice  $[v = C \cdot \sqrt{R \cdot i}]$ . Výsledný navržený profil byl posouzen v softwaru HEC-RAS na  $Q_{30d}$  a  $Q_{270d}$ . Navržený profil vyhoví na  $Q_{30d}$ , při kterém je hloubka ustáleného proudění 99 cm (maximální hloubka kynety je 100 cm) a při  $Q_{270d}$  je hloubka ustáleného proudění v kynetě 41 cm, což umožňuje zachování života při malých průtocích.

O	3.8311	m	
S	2.12	m <sup>2</sup>	
R	0.55	m	=S/O
n	0.04	-	
C	22.65	m <sup>0.5</sup> s <sup>-1</sup>	=n <sup>-1</sup> .R <sup>(1/6)</sup>
i	0.0055	-	
Q <sub>kap</sub>	2.65	m <sup>3</sup> /s	=C.S.(R.i) <sup>0.5</sup>

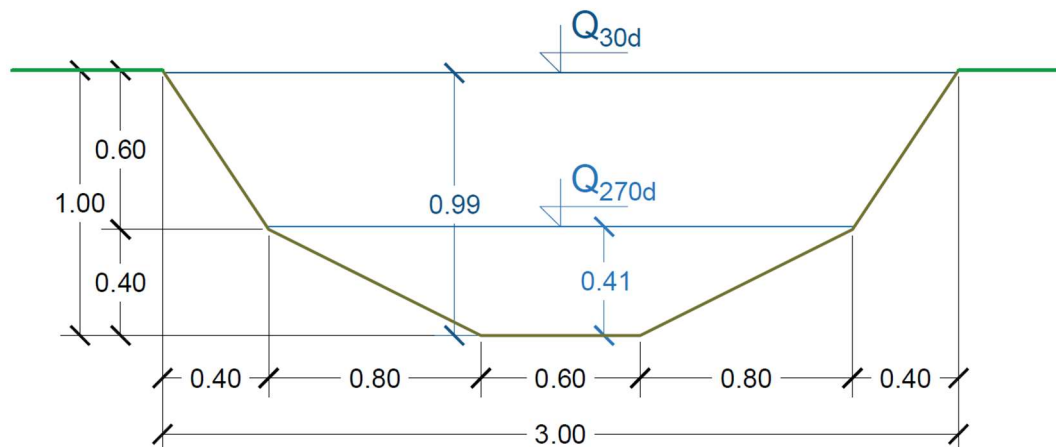
Obrázek 61 – Návrh kynety

Zdroj: Výstup výpočtu v MS Excel –



Obrázek 62 – Posouzení navržené kynety v softwaru HEC-RAS na  $Q_{30d}$ , resp.  $Q_{270d}$

Zdroj: Snímek obrazovky v HEC-RAS



Obrázek 63 – Navržená přírodě blízká kyneta

Zdroj: Grafický výstup ze softwaru Autodesk AutoCAD

#### **4.2.2. NAVRHOVANÉ ÚPRAVY**

I přes dostatečnou kapacitu koryta mezi jezem a silničním mostem v ulici Pražská je na tomto úseku vytvořeno nové koryto s přírodě blízkou meandrující kynetou, širokými zatravněnými bermami a pozvolnými břehy. Jsou maximálně využívány prostorové možnosti a koryto je tak rozšířeno na okolní městem vlastněné pozemky.

Mezi mostem v ulici Pražská a příčným řezem PR26 prostorové uspořádání neumožňuje rozšíření toku, proto je zde provedena pouze úprava dna, která posiluje jeho ekologickou hodnotu.

V okolí peší lávky Na Pátku je opět koryto rozšířeno, široké zatravněné bermy s pozvolným sklonem břehů a přístupem ke kynetě vytváří atraktivní veřejné prostranství. Je navržena konstrukce nové, do prostředí lépe zapadající lávky. Mezi příčnými řezy PR17 a PR16 je opět ponechána současná šířka koryta a je pouze provedena úprava dna.

V okolí mostu v Soukenické ulici je opět koryto rozšířeno s výše popsaným rozvolněným, přírodě blízkým charakterem. Je navržen nový, kapacitnější most.

V závěrečném úseku je koryto rozšířeno na pravý břeh, na pozemek, který je nyní vlastněn volejbalovým klubem. Je zde vytvořen veřejný prostor se sportovištěm a vegetací v blízkosti řeky. Součástí úprav je také návrh cyklostezky, která spojuje lokalitu Husových sadů s již existující cyklostezkou mezi Rokycany a Kamenným Újezdem.

Kyneta je hloubena do stávající zeminy. Pod mostními objekty je navržena stabilizace břehů kamennou rovnaninou a štěrkové dno. Navržená šířka kynety je 3 m.

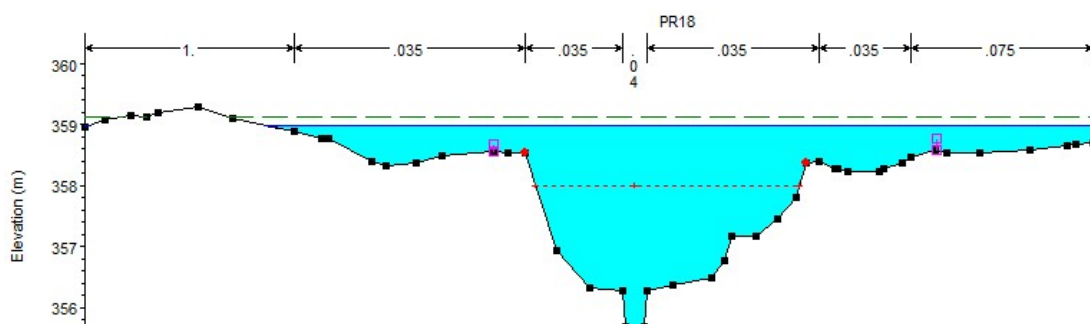
V případě řešení skutečného projektu PBPO by bylo nutné zajistit členitost dna kynety pomocí prohloubení, tůň a mělčin. Vzhledem k rozsahu a podrobnosti této práce zde ale nejsou takovéto detaily řešeny.

Úpravy jsou podrobně zdokumentovány ve výkresech, které jsou doloženy v přílohové části jako **příloha č. 2**.

#### **4.2.3. HYDRAULICKÝ MODEL**

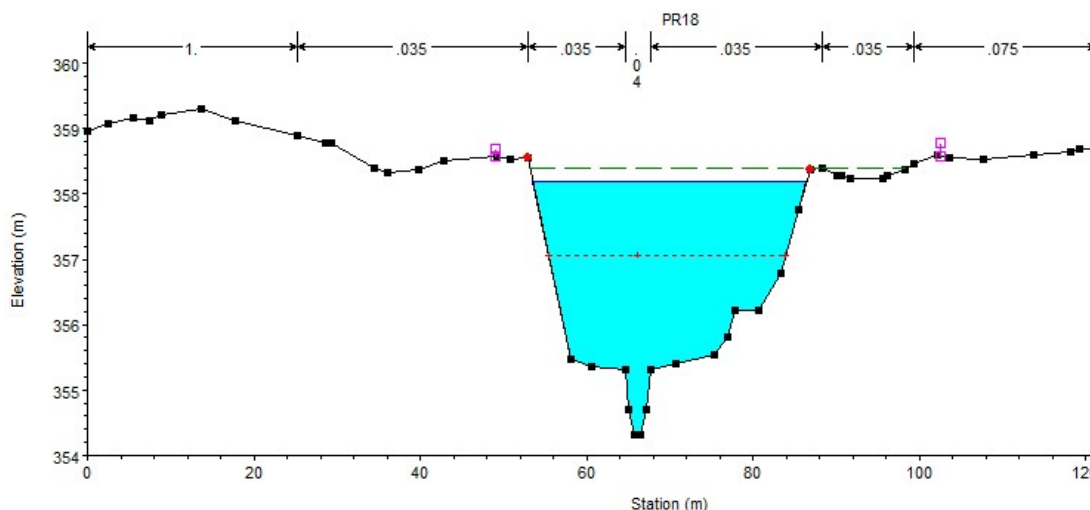
Matematický model byl vytvořen v softwaru HEC-RAS stejným způsobem, jako je popsáno ve třetí kapitole. Při první navržené geometrii koryta, která se snažila o minimální zahloubení a zajištění dostatečné kapacity rozšířením koryta do stran, se ale ukázalo, že i přes maximální využití okolního volného prostoru, je pro dosažení dostatečné kapacity nutné určitě zahloubení. Tento jev je způsobený především

zvýšením drsnosti. Současná kamenná dlažba je z hydraulického hlediska velmi efektivním materiálem pro dosažení vysoké kapacity koryta na malém prostoru. Nahrazení této dlažby zatravněnými širokými bermami s parkovou úpravou a přírodě blízkou kynetou nutně vede k významnému zvýšení drsnosti – a tedy také zvýšení hladiny při průchodu povodně. Tento z hlediska protipovodňové ochrany negativní jev není v rámci prostorového uspořádání možné vykompenzovat pouhým rozšířením koryta do stran. První navržená geometrie koryta kapacitně nevyhovovala – a to ve většině průřezů v celé délce řešeného úseku.



Obrázek 64 – Nedostatečná kapacita koryta po navržení první geometrie (příčný řez PR18)  
Zdroj: Snímek obrazovky v HEC-RAS

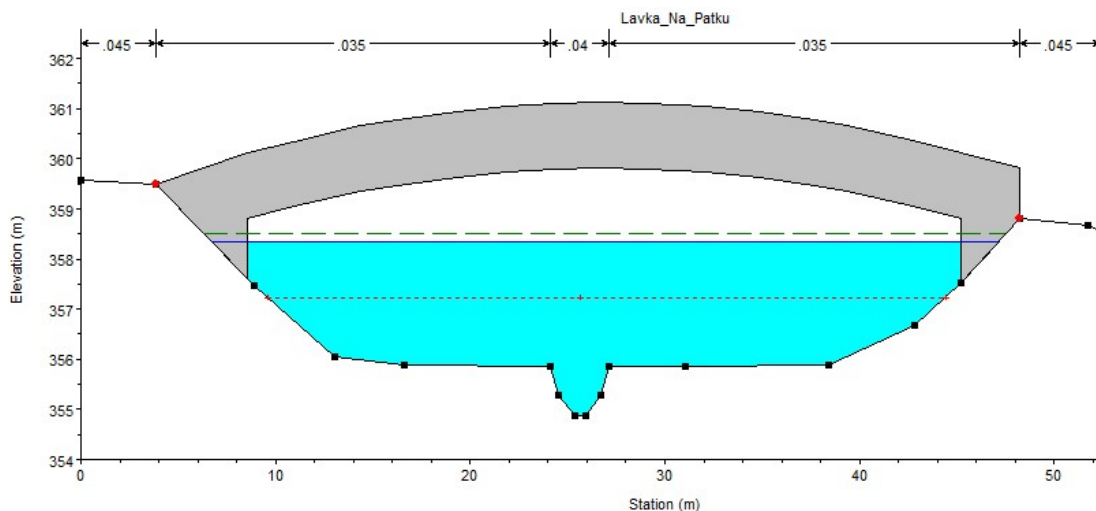
Postupným upravováním geometrie koryta bylo nakonec dosaženo stavu, ve kterém koryto zabezpečuje ochranu okolní zástavby na  $Q_{100}$  v celém řešeném úseku a zahloubení přitom není předimenzované.



Obrázek 65 – Dostatečná kapacita koryta po navržení výsledné geometrie (příčný řez PR18)  
Zdroj: Snímek obrazovky v HEC-RAS

Veškeré mostní objekty jsou dostatečně kapacitní a převádí návrhový průtok s volnou hladinou, dvě nově navržené mostní konstrukce převádějí návrhový průtok s volnou hladinou v celé šířce koryta s rezervou alespoň 0,5 m.

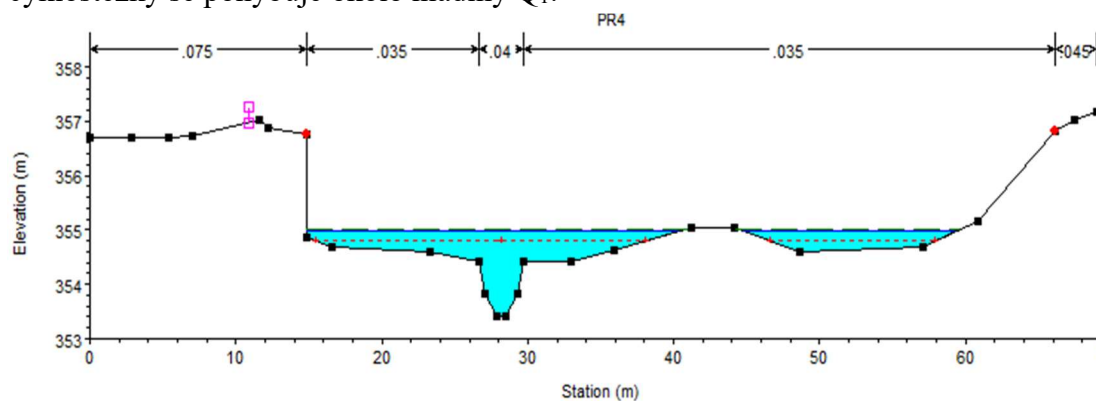




Obrázek 66 – Dostatečná kapacita navrženého koryta (příčný řez PR22 – Lávka Na Pátku)

Zdroj: Snímek obrazovky v HEC-RAS

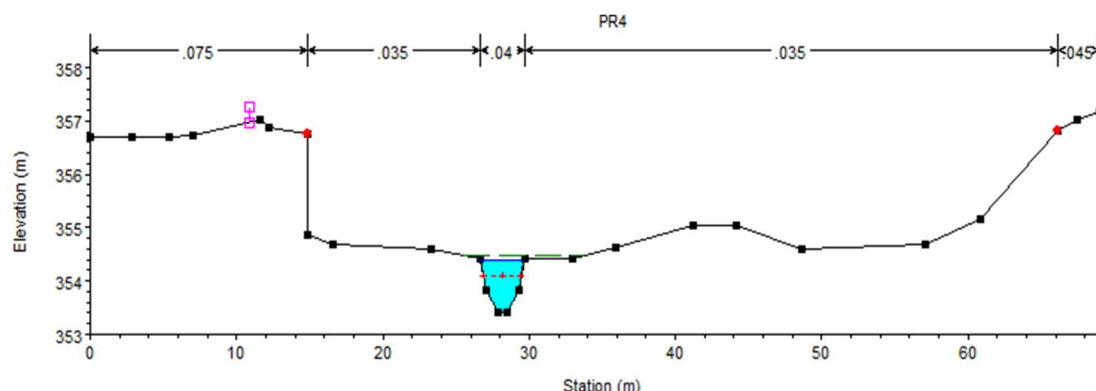
Mírně vyvýšená konstrukce cyklostezky v místech, kde je vedená bermou způsobuje, že při mírném rozlivu toku nedochází k jejímu přelítí. Niveleta navržené cyklostezky se pohybuje okolo hladiny  $Q_1$ .



Obrázek 67 – Efekt mírného vyvýšení cyklostezky (příčný řez PR4)

Zdroj: Snímek obrazovky v HEC-RAS

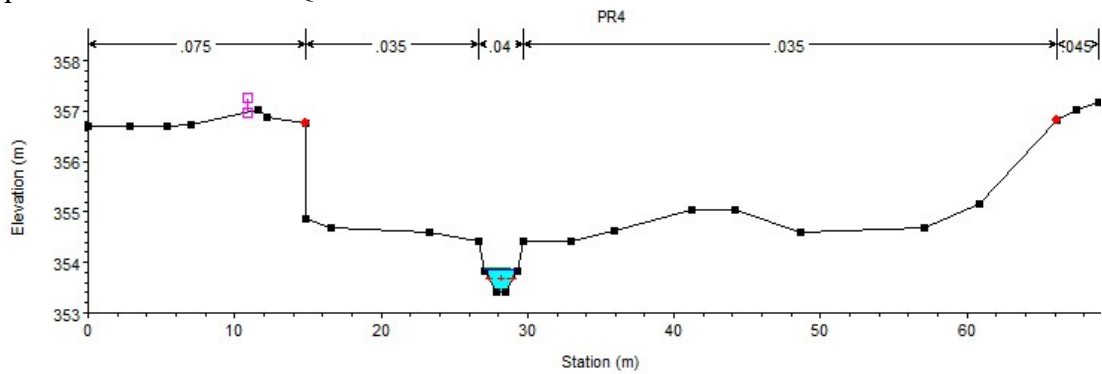
Navržená kyneta má dle matematického modelu kapacitu přibližně odpovídající  $Q_{30d}$  – vzhledem ke změnám podélného sklonu v řešeném úseku v některých profilech dochází k mírnému vylití toku z kynety, v některých profilech kapacita kynety lehce převyšuje třicetidenní vodu.



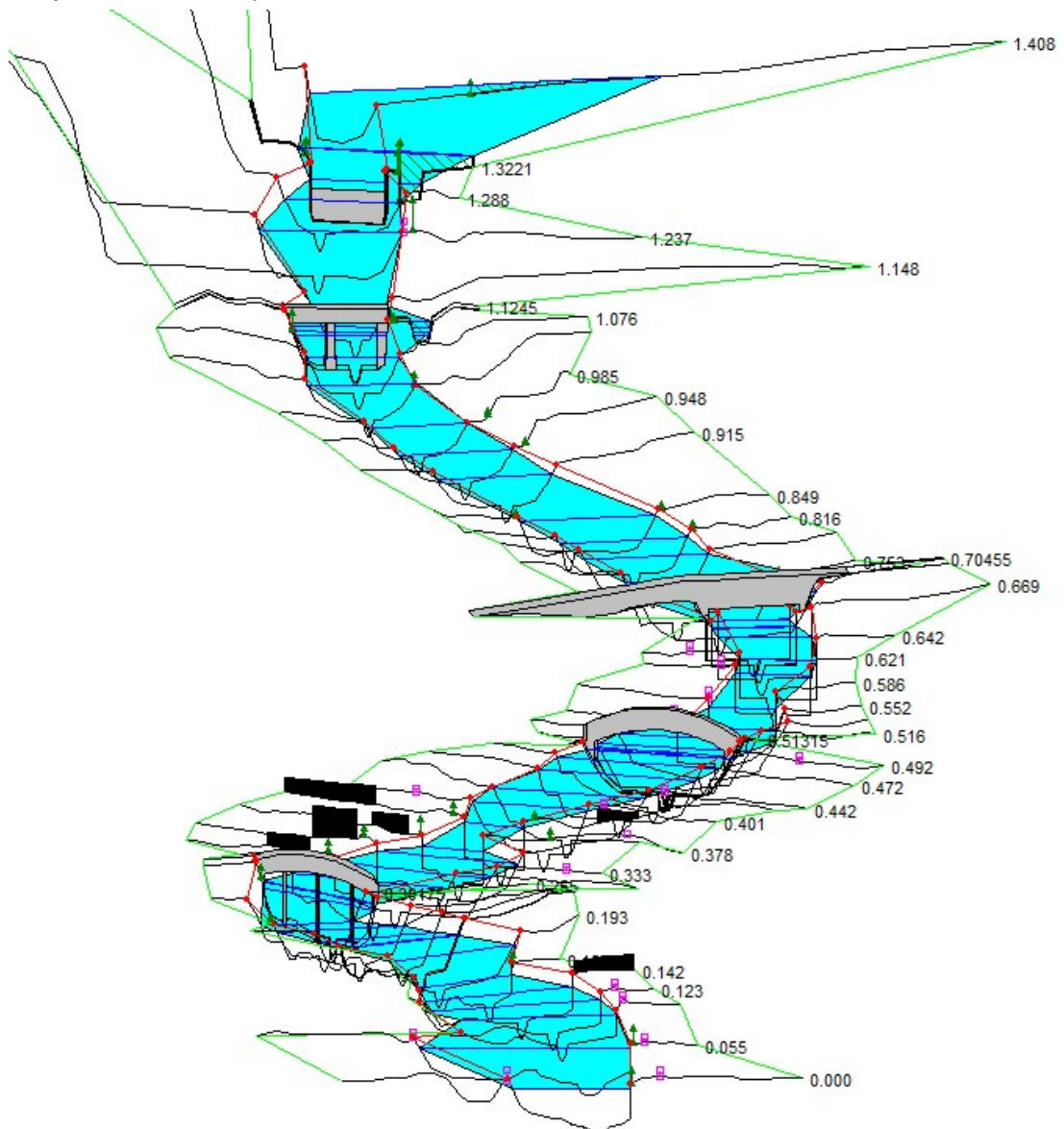
Obrázek 68 Průběh  $Q_{30d}$  (příčný řez PR4)

Zdroj: Snímek obrazovky v HEC-RAS

Vhodně navržená přírodě blízká kyneta ve všech profilech zabezpečuje dostatečnou hloubku pro zachování života při malých průtocích. Posouzen bylo provedeno na základě  $Q_{270d}$ .



Obrázek 69 – Průběh  $Q_{270d}$  (příčný řez PR4)  
Zdroj: Snímek obrazovky v HEC-RAS



Obrázek 70 – Matematický model PBPO v Rokycanech  
Zdroj: Snímek obrazovky v HEC-RAS

### **4.3. KOMPROMIS MEZI PBPO A TECHNICKOU PPO**

Poslední varianta hledá efektivní kompromis mezi prvními dvěma variantami. Nesnaží se nahradit stávající koryto v maximální možné míře korytem přírodě blízkým, ale v místech, kde je to nejvhodnější z hlediska prostorových možností a potenciálu obohacení veřejného prostoru, vytváří úseky řeky, které ctí zásady intravilánových revitalizací.

Cílem této varianty je hledání ideálního využití každé části řešeného úseku vedoucí k zabezpečení všech funkcí toku v intravilánu a vytvoření členitého koryta.

Třetí varianta tak posiluje protipovodňovou ochranu města, ekologickou funkci řeky, vytváří hodnotné biotopy, obohacuje veřejný prostor a vytváří atraktivní lokality pro rekreaci a oddech obyvatel v takové míře, která není finančně neúnosná a nevyžaduje přeložení veškerých inženýrských sítí v okolí toku.

#### **4.3.1. NAVRHOVANÉ ÚPRAVY**

Přestože úsek mezi jezem a mostem v ulici Pražská kapacitně vyhovuje na stoletou povodeň, jsou zde navrženy revitalizační úpravy dvou úseků. Mezi jezem a železničním mostem je navrženo rozšíření koryta, vytvoření přírodě blízké kynety a široké zatravněné bermy s pozvolnými břehy, které koryto zapojí do okolního městského parku a umožní přístup obyvatel k řece. Úsek mezi profily PR45 a PR39 je navržen stejně jako ve druhé variantě. Podobná úprava je provedena mezi příčným řezem PR34 a mostem v ulici Pražská (PR30). Je zde opět vytvořen veřejně přístupný a ekologicky hodnotný přírodní prostor v blízkosti řeky. Je vytvořena širší, mělká přírodě blízká kyneta, která podporuje diverzitu toku a vytváří tak lehce rozdílný biotop než úprava výše proti proudu. Mezi těmito dvěma lokalitami je ponecháno současné koryto. Zahloubení koryta a úprava kynety pokračuje také v příčném řezu PR29. Úprava okolí mostu v ulici Pražská je doplněna 0,75 m vysokou ochrannou zídka, která chrání zástavbu na levém břehu řeky s třiceticentimetrovou rezervou.

Následující úsek mezi profily PR29 a PR25 zůstává nezměněn.

Další upravenou lokalitou je okolí lávky Na Pátku. Ta je nahrazena novou, vzhlednější konstrukcí, která je zasazena do nového veřejného prostoru. Na levém břehu jsou navrženy pobytové schody umožňující posezení a oddech obyvatel v blízkosti centra Rokycan. Pravý břeh koryta je rozšířen a vytváří tak širokou přírodní bermu. Je doplněn ochrannými zídkami výšky 0,75 m. Kyneta zde má přírodní

charakter. Levý břeh kynety je v okolí lávky Na Pátku zděný, dno je šterkové, pravý břeh kynety je stabilizován kamennou rovinou.

Mezi profily PR20 a PR17 je provedeno zahloubení beze změny charakteru koryta.

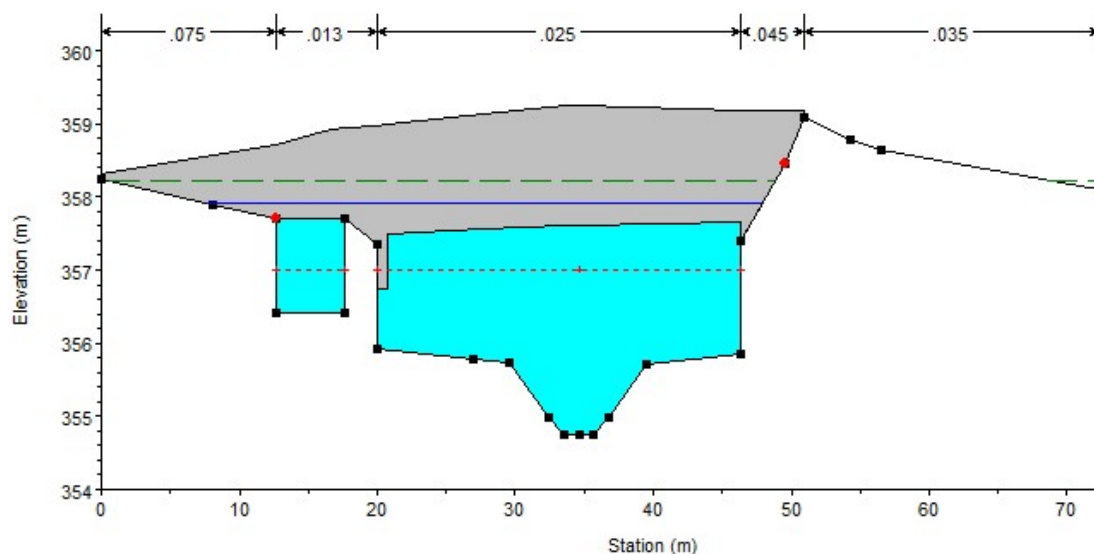
Koryto řeky je rozšířeno také v okolí mostu v Soukenické ulici – a to na levém břehu. Mezi profily PR17 a PR13 je navržena miskovitá přírodě blízká kyneta stejného charakteru jako kyneta v rozvolnění toku u mostu v ulici Pražská. Miskovitá kyneta pokračuje také mezi profily PR16 a PR6, ale má hydraulicky hladší povrch z lomového kamene a kamenné dlažby. To spolu se zvětšeným podélným sklonem, zahloubením koryta a konstrukcí inundačního otvoru 6 x 1,4 m v levém břehu přispívá k dostatečné kapacitě mostu. V úseku pod mostem je koryto opět rozvolněno na levém břehu.

Poslední úprava je čistě technického charakteru – úsek mezi příčnými řezy PR1 a PR6 je mírně zahlouben, charakter kynety zůstává nezměněn. Na pravém břehu je navržena ochranná zídka výšky 0,75 m, která chrání před zaplavením sportovní areál na “ostrůvku”. Případné odvodnění území je zajištěno zpětnými klapkami. Ochranná zídka je konstruována mezi profily PR9 a PR1.

Úpravy jsou podrobně zdokumentovány ve výkresech, které jsou doloženy v přílohové části jako **příloha č. 3**.

#### 4.3.2. HYDRAULICKÝ MODEL

První navržená varianta geometrie koryta, která se snažila o minimální zahloubení v okolí mostu v Soukenické ulici, kterého by bylo docíleno především odstraněním stupně ve dně v profilu PR8 a níže od tohoto profilu by tak nebylo nutné koryto



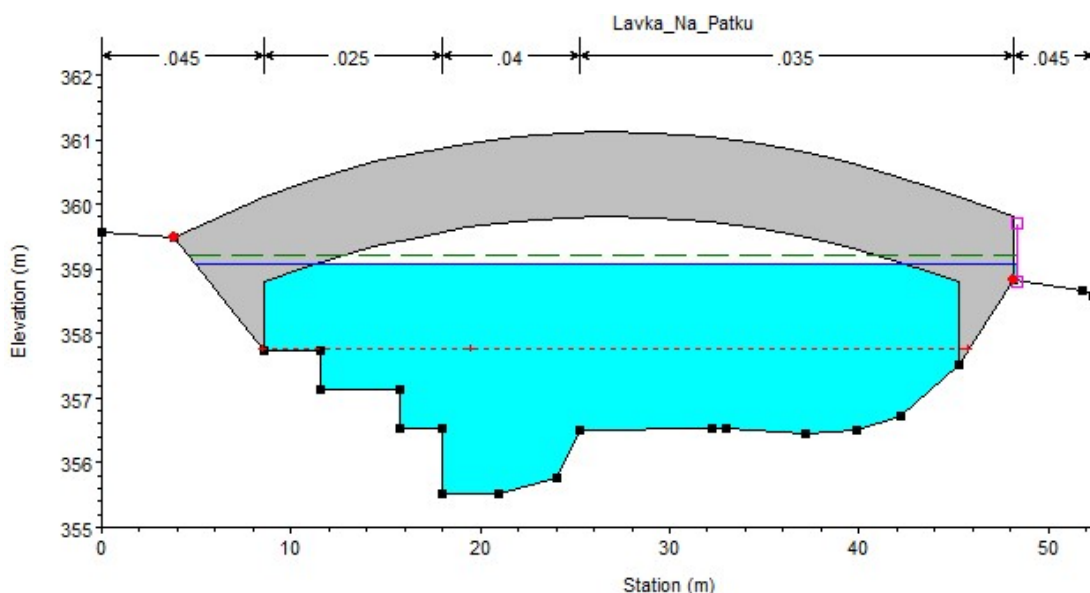
Obrázek 71 – Nedostatečná kapacita mostu v Soukenické ulici podle první navržené geometrie  
Zdroj: Snímek obrazovky v HEC-RAS



zahlubovat, ukázala, že takováto úprava není dostatečná a není tak dosaženo dostatečné kapacity mostu.

Zahloubení koryta bylo tedy navrženo v úseku mezi PR16 a PR1. Upravování drsnosti kynety v okolí mostu ukázalo, že pro dostatečnou kapacitu mostu při navržené geometrii je nutný hydraulicky hladší povrch kynety v okolí mostu. Mezi profily PR13 a PR6 je tak navržena miskovitá kyneta opevněná lomovým kamenem a kamennou dlažbou.

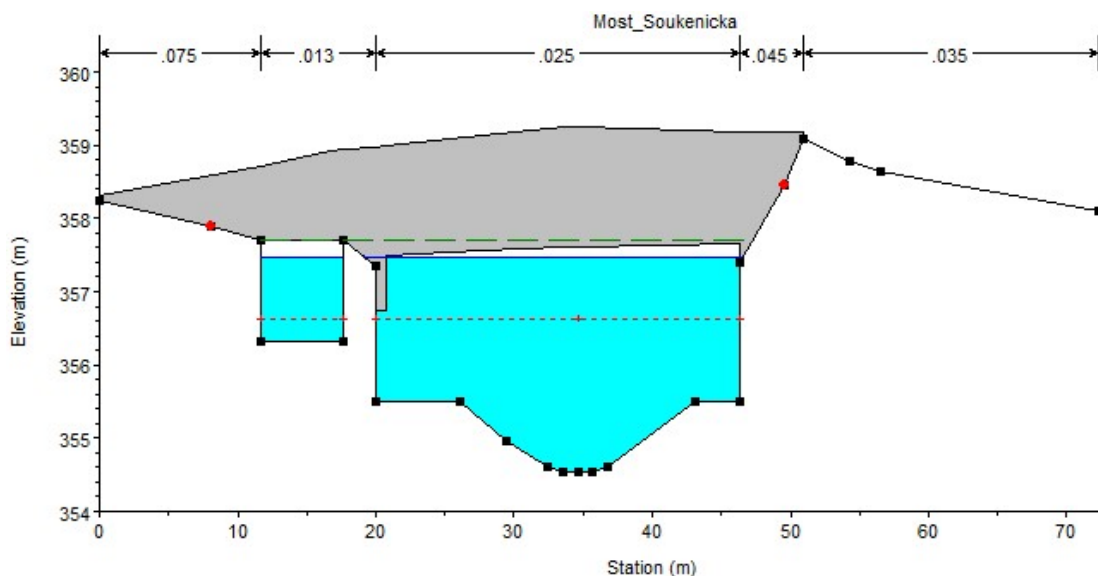
Při návržení stejné konstrukce lávky Na Pátku, jako byla navržena ve druhé variantě, se ukázalo, že pro zajištění převedení návrhového průtoku s volnou hladinou v celé šířce otvoru s půlmetrovou rezervou, jako tomu bylo ve variantě č.2, je nutné vyvýšit konstrukci lávky o 0,8 m.



Obrázek 72 – Nedostatečná kapacita prvního návrhu lávky Na Pátku  
Zdroj: Snímek obrazovky v HEC-RAS

Matematický model prokázal nutnost ochranných zídek na pravém břehu v okolí lávky Na Pátku, kde rozlivu toku při  $Q_{100}$  do okolní zástavby zabrání zídka výšky 0,75 m, na levém břehu v okolí mostu v ulici Pražská, kde ochranu zástavby v okolí toku zajistí také zídka výšky 0,75 m, a na pravém břehu v závěrečné části řešeného úseku mezi profily PR9 a PR1, kde ochranu sportovního areálu na pravé straně zajistí rovněž ochranná zídka výšky 0,75 m.

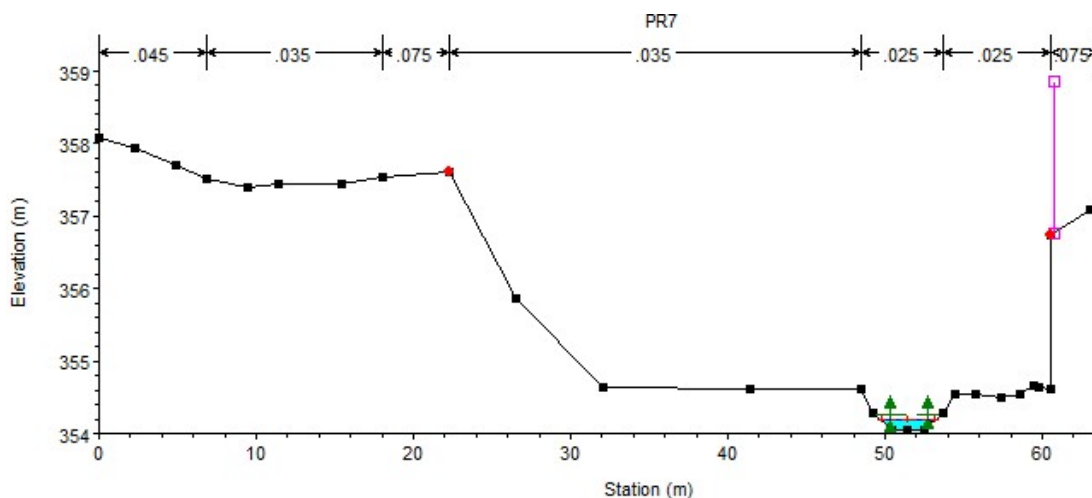
Podle těchto poznatků byla navržena upravená geometrie koryta, která dle matematického modelu zajišťuje dostatečnou kapacitu všech mostních objektů a ochranu okolní zástavby na  $Q_{100}$  v celé délce řešeného úseku. Tato geometrie je popsána v kapitole 4.3.1 a je zdokumentována v příloze č. 3.



Obrázek 73 – Zkapacitněný most v Soukenické ulici při upravené geometrii koryta  
Zdroj: Snímek obrazovky v HEC-RAS

Posouzení modelu na  $Q_{270d}$  pomocí matematického modelu prokázalo, že v úsecích s přírodě blízkou kynetou je zajištěna dostatečná hloubka pro zachování života při malých průtocích. Hloubka sice v několika profilech klesá pod 15 cm, tento jev však nastává jen v úsecích, kde je zachován stávající charakter koryta, nebo tam, kde je navržena hydraulicky hladší kyneta (PR7 a profil těsně pod mostem v Soukenické ulici).

Tento stav je odpovídající filosofii návrhu, která se nesnaží zajistit ekologickou funkci toku v celé délce řešeného úseku, ale jen v některých oblastech, které jsou pro to vhodné.



Obrázek 74 – Problematický profil z hlediska zajištění dostatečné hloubky při malých průtocích v úseku s hydraulicky hladší kynetou (PR7:- hloubka při  $Q_{270d} = 14$  cm)  
Zdroj: Snímek obrazovky v HEC-RAS

## ZÁVĚR

Cílem práce bylo posouzení současného stavu koryta řeky Klabavy v Rokycanech v úseku mezi jezem na ř. km 21,043 a koncem technické úpravy koryta řeky na ř. km 19,723 pomocí matematického modelu a návržení tří variant úpravy koryta, které zajistí jeho kapacitu na  $Q_{100}$  a jejichž hydraulická funkčnost bude doložena matematickým modelem v softwaru HEC-RAS.

Pomocí matematického modelu bylo zjištěno, že stávající úprava koryta nezajišťuje ochranu okolní zástavby na  $Q_{100}$ . Byly vyhodnoceny kapacitně nevyhovující úseky a jako nejkritičtější profil byl vyhodnocen most v Soukenické ulici na ř. km 20,018.

Na základě této analýzy, prostorového uspořádání okolní zástavby a majetkoprávních vztahů byly následně navrženy tři varianty úprav, které zajišťují ochranu okolní zástavby na stoletý průtok, dostatečnou kapacitu všech mostních objektů v řešeném úseku, které převádí návrhový průtok s volnou hladinou v celé šíři koryta, a v různé míře také ekologickou funkci toku a jeho rekreační využitelnost.

První varianta pomocí technických opatření zajišťuje především ochranu okolní zástavby. V úseku mezi profily PR20 a PR1 je provedeno zahloubení koryta, které jinak nemění jeho charakter, a které zabezpečuje jeho požadovanou kapacitu v tomto úseku včetně kritického profilu, mostu v Soukenické ulici na ř. km. 20,018. Pro zlepšení ekologické funkce a rekreační využitelnosti území je upraveno okolí lávky Na Pátku – je navržena přírodě bližší kyneta, jejíž okolí ztraktivňují pobytové schody a široká zatravněná berma. Protipovodňovou ochranu zajišťují ochranné zídky.

Druhá varianta mění charakter koryta v celé délce řešeného úseku. Je navržena přírodě blízká meandrující kyneta, zatravnění berem a tam, kde to prostorové uspořádání okolní zástavby umožňuje, je koryto rozšiřováno. Je navržena nová konstrukce lávky Na Pátku a mostu v Soukenické ulici. Je navržena cyklostezka, která vede podél toku v celé délce řešeného úseku a propojuje cyklostezku mezi Kamenným Újezdem a Rokycany s oblíbenou lokalitou Husových sadů. Tato intravilánová revitalizace zabezpečuje ochranu okolní zástavby na  $Q_{100}$  a významně posiluje ekologickou funkci toku a rekreační využitelnost jeho blízkého okolí. Ze tří variant je ovšem finančně nejnáročnější – a to jak z hlediska prováděných úprav, tak z hlediska

množství nutných přeložek inženýrských sítí, které je kvůli významnému zvětšení prostorového rozsahu koryta a jeho umístění v historickém centru Rokycan velké.

Třetí varianta hledá efektivní kompromis mezi prvními dvěma. Snaží se v každé dílčí části koryta hledat nejlepší možné opatření, které bude vést k co nejlepšímu naplnění cílů intravilánové revitalizace. Jsou tak vytvořeny čtyři dílčí úseky, kde je zvyšována ekologická a rekreační hodnota území. Mezi PR45 a PR39 je provedena úprava v duchu druhé varianty. Mezi PR34 a PR29 je provedeno podobné rozvolnění toku, je vytvořena širší, miskovitá kyneta, ochrana okolní zástavby je posílena ochrannou zídka na levém břehu. Okolí lávky Na Pátku je upraveno stejným způsobem jako v první variantě, je navíc navržena konstrukce nové lávky. Mezi profilem PR20 a koncem řešeného úseku je provedeno zahloubení koryta. V okolí mostu v Soukenické ulici je koryto rozšířeno v levém břehu, je navržena miskovitá kyneta, která má nad mostem přírodě blízký charakter. V profilu mostu a pod ním má kyneta hydraulicky hladší povrch. Ten pomáhá zajištění dostatečné kapacity mostu, stejně jako zvětšení podélného sklonu a konstrukce inundačního otvoru. V závěrečném úseku je pak koryto mírně zahloubeno a protipovodňovou funkci doplňuje ochranná zídka na pravém břehu.

Navržené úpravy byly posouzeny matematickým modelem v softwaru HEC-RAS, který prokázal jejich efektivitu. Ve všech variantách je okolní zástavba chráněna na  $Q_{100}$  v celé délce řešeného úseku, všechny mostní objekty převádějí návrhový průtok s volnou hladinou, nové mostní konstrukce mají bezpečnostní převýšení mezi spodní hranou mostovky a hladinou návrhového průtoku alespoň 0,5 m a ochranné zídky mají bezpečnostní převýšení nad hladinou návrhového průtoku alespoň 0,3 m.



## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. Systém povodňové ochrany v České republice - Samostatná příloha povodňového plánu. [Online] [Citace: 27. 4 2020.] [http://www.mestoluby.cz/modules/file\\_storage/download.php?file=cc0d864f%7C269](http://www.mestoluby.cz/modules/file_storage/download.php?file=cc0d864f%7C269).
2. Strategie ochrany před povodněm na území České republiky. *eAGRI*. [Online] Ministerstvo zemědělství ČR, 2000. [Citace: 24. 4 2020.] [http://eagri.cz/public/web/file/365715/Strategie\\_ochrany\\_pred\\_povodnemi.pdf](http://eagri.cz/public/web/file/365715/Strategie_ochrany_pred_povodnemi.pdf).
3. NEDVĚDOVÁ, Klára. *Protipovodňová opatření v intravilánech historických měst*. Praha : České vysoké učení technické v Praze, 2019.
4. Zákon č. 254/2001 Sb., §63.
5. Zákon č. 254/2001 Sb., §65.
6. Protipovodňová opatření. *Možnosti řešení povodňových situací v Česko-slovenském příhraničí*. [Online] 2012. [Citace: 22. 4 2020.] <http://www.cs-povodne.eu/Protipovodnova-ochrana-a-povodne/Protipovodnova-opatreni>.
7. HANZLÍKOVÁ, Zuzana. *Klasifikace protipovodňových opatření k ochraně kulturních památek*. Brno : Vysoké učení technické v Brně, 2014.
8. StMUGV - Bavorské státní ministerstvo pro životní prostředí, zdraví a ochranu. *Ochrana před povodněmi v Bavorsku – Strategie a příklady*. Praha : Europrint, 2005.
9. *Ochrana před povodněmi v urbanizovaných územích*. Praha : IREAS, Institut pro strukturální politiku, o. p. s., 2007.
10. Přírodě blízká protipovodňová opatření. *Koalice pro řeky*. [Online] [Citace: 22. 4 2020.] <http://www.koaliceproreky.cz/temata/prirode-blizka-protipovodnova-opatreni/>.
11. GÖGHOVÁ, Tereza. *Protipovodňová ochrana v ČR*. Brno : Mendelova univerzita v Brně, Fakulta regionálního rozvoje a mezinárodních studií, 2014. str. 53.
12. Směrnice Evropského parlamentu a rady 2007/60/ES ze dne 23. října 2007 o vyhodnocování a zvládání povodňových rizik. [Online] 23. 10 2007. [Citace: 27. 4 2020.] [https://www.vuv.cz/files/pdf/problematika\\_povodni/smernice\\_povodne\\_cz-en.pdf](https://www.vuv.cz/files/pdf/problematika_povodni/smernice_povodne_cz-en.pdf).

13. UHROVÁ, Jana, ŠTĚPÁNKOVÁ, Pavla, ZÁRUBOVÁ, Kamila. Komplexní systém návrhů přírodě blízkých opatření na ochranu před dopady eroze a povodní z přívalových srážek. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*. 2016, 4.
14. *Metodika odboru ochrany vod Ministerstva životního prostředí, která stanovuje postup komplexního řešení protipovodňové a protierozní ochrany pomocí přírodě blízkých opatření*. místo neznámé : MŽP. Věstník ministerstva životního prostředí, 11/2008.
15. DRBAL, Karel. Strategie ochrany před negativními dopady povodní a erozními jevy přírodě blízkými opatřeními v České republice. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*. 2016, 4.
16. Strategie ochrany před negativními dopady povodní a erozními jevy přírodě blízkými opatřeními v České republice. *Voda v krajině*. [Online] Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, v.v.i, 2015. [Citace: 24. 4 2020.] [http://www.vodavkrajine.cz/sites/default/files/vystup/informace\\_o\\_vysledcich\\_projektu\\_a\\_jejich\\_vyuziti.pdf](http://www.vodavkrajine.cz/sites/default/files/vystup/informace_o_vysledcich_projektu_a_jejich_vyuziti.pdf).
17. Povodí Vltavy s.p.. Plán dílčího povodí Berounky. *Povodí Vltavy*. [Online] 1 2016. [Citace: 21. 4 2020.] <http://www.pvl.cz/portal/pdp/BE/index.html>.
18. ČSN 75 2101 - Ekologizace úprav vodních toků. 5 2009.
19. JUST, Tomáš. *Přírodě blízké úpravy vodních toků v intravilánech a jejich význam v ochraně před povodněmi. Revitalizace sídelního prostředí vodními prvky*. Praha : Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 2010. ISBN 978-80-87457-03-0.
20. DURAS, Jindřich. Hydromorfologie a biota vodních toků. *Sborník příspěvků - Přírodě blízká protipovodňová ochrana: Prostor pro vodní toky a zapojení ekosystémů*. 23. 11 2010.
21. JUST, Tomáš. Přírodě blízká protipovodňová ochrana (PBPPPO). *AOPK ČR*. [Online] AOPK ČR. [Citace: 2. 4 2020.] <http://strednicechy.ochranaprirody.cz/pece-o-vodni-rezim-krajiny/priode-blizka-protipovodnova-ochrana-pbppo/>.
22. SERAFIN, Petr. *Návrh přírodě blízkých opatření na řece Svratce v Židlochovicích*. Brno : Vysoké učení technické v Brně, 2019.
23. JUST, Tomáš. Přírodě blízké úpravy vodních toků v intravilánech a jejich význam v ochraně před povodněmi. *Ochrana přírody*. 2010, 6.

24. JUST, Tomáš. Uplatnění revitalizačních opatření v protipovodňové ochraně. *Sborník příspěvků - Přírodě blízká protipovodňová ochrana: Prostor pro vodní toky a zapojení ekosystémů*. 23. 11 2010.
25. ZAJÍČKOVÁ, Nikola. *Příroděblízká protipovodňová opatření*. Ostrava : Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2017.
26. PANČÍKOVÁ, Lucie. Za příklady dobré praxe do Bavorska. *Zahrada - Park - Krajina*. 2018, 1.
27. WANG, Lucy. How the Cheonggyecheon River Urban Design Restored the Green Heart of Seoul. *Inhabitat*. [Online] 2014. [Citace: 4. 5 2020.] <https://inhabitat.com/how-the-cheonggyecheon-river-urban-design-restored-the-green-heart-of-seoul/>.
28. Klabava (řeka). [Online] [Citace: 4. 5 2020.] [http://www.wikiwand.com/cs/Klabava\\_\(%C5%99eka\)](http://www.wikiwand.com/cs/Klabava_(%C5%99eka)).
29. FORTINOVÁ, Lenka. Řeka Klabava - Česká republika. *infoglobe*. [Online] 19. 8 2010. [Citace: 4. 5 2020.] <https://www.infoglobe.cz/reky/evropa/ceska-republika/klabava/#menu>.
30. VD Klabava. [Online] [Citace: 4. 5 2020.] <http://www.pvl.cz/files/download/vodohospodarske-informace/vodni-dila-a-nadrze/klabava.pdf>.
31. Dokumentace oblastí s významným povodňovým rizikem. *Plán dílčího povodí Berounky*. [Online] Povodí Vltavy s.p., 1 2016. [Citace: 21. 4 2020.] [http://www.pvl.cz/portal/pdp/BE/DOsVPR/1\\_Text/BER\\_Rokycany.pdf](http://www.pvl.cz/portal/pdp/BE/DOsVPR/1_Text/BER_Rokycany.pdf).
32. Rokycany budou samy řešit protipovodňová opatření na Klabavě. *Naše voda*. [Online] 12. 6 2019. [Citace: 4. 5 2020.] <https://www.nase-voda.cz/rokycany-budou-samy-resit-protipovodnova-opatreni-na-klabave/>.
33. ŠRÁMKOVÁ, Jitka. Protipovodňová opatření v Rokycanech se opět odkládají, kvůli ekologům. *iDNES.cz*. [Online] 30. 7 2018. [Citace: 4. 5 2020.] [https://www.idnes.cz/plzen/zpravy/rokycany-reka-klabava-koryto-protipovodnova-opatreni-spor.A180727\\_417229\\_plzen-zpravy\\_vb](https://www.idnes.cz/plzen/zpravy/rokycany-reka-klabava-koryto-protipovodnova-opatreni-spor.A180727_417229_plzen-zpravy_vb).
34. HAVLÍK, Aleš. Klabava Rokycany, zkapacitnění koryta v ř. km 17,900 - 20,500 studie odtokových poměrů: Závěrečná zpráva - Etapa A. Praha, 2014.

35. Vzrové příčné řezy: Klabava Rokycany, Zkapacitnění koryta v č. km 17,900 - 20,500. Praha : SWECO Hydroprojekt, 2014.
36. VAINDL, Ladislav. Kolem Klabavy má stát zeď, ekologům se ochrana nelíbí. *iDNES.cz*. [Online] 3. 4 2015. [Citace: 4. 5 2020.] [https://www.idnes.cz/plzen/zpravy/protipovodnova-opatreni-kolem-klabavy-rokycany.A150402\\_105029\\_plzen-zpravy\\_pp](https://www.idnes.cz/plzen/zpravy/protipovodnova-opatreni-kolem-klabavy-rokycany.A150402_105029_plzen-zpravy_pp).
37. Aktuality. *Vodohospodářský rozvoj a výstavba a.s.* [Online] Vodohospodářský rozvoj a výstavba a.s. [Citace: 27. 4 2020.] <https://www.vrv.cz/aktualita-revitalizace-rakovskeho-potoka>.
38. MAIXNEROVÁ, Tereza. Protipovodňová opatření budou blízká přírodě. *Informační centrum Rokycany*. [Online] 25. 6 2019. [Citace: 4. 5 2020.] <https://www.rokycany.cz/protipovodnova-opatreni-budou-blizka-prirode/d-893724/p1=912>.
39. Rokycany, Město. Usnesení z jednání zastupitelstva města konaného dne : 27.01.2020 . [Online] 27. 1 2020. [Citace: 26. 4 2020.] [https://m.rokycany.cz/assets/File.ashx?id\\_org=14069&id\\_dokumenty=895879](https://m.rokycany.cz/assets/File.ashx?id_org=14069&id_dokumenty=895879).
40. VESELÝ, David. Problémy s pozemky a legislativní překážky revitalizací. *Sborník příspěvků - Přírodě blízká protipovodňová ochrana: Prostor pro vodní toky a zapojení ekosystémů*. 23. 11 2010.
41. Výkres situace: Klabava Rokycany, Zkapacitnění koryta v č. km 17,900 - 20,500. Praha : SWECO Hydroprojekt, 2014.
42. Analýzy výškopisu. *Státní správa zeměměřictví a katastru*. [Online] ČÚZK. [Citace: 5. 5 2020.] <https://ags.cuzk.cz/dmr/>.
43. HAVLÍK, Aleš, PICEK, Tomáš. Přepady. *Předmět HY2V, K141 FSv ČVUT*. [Online] [Citace: 5. 5 2020.] [http://hydraulika.fsv.cvut.cz/Hydraulika/Hydraulika/Predmety/HY2V/ke\\_stazeni/pre-dnasky/HY2V\\_06\\_Prepady.pdf](http://hydraulika.fsv.cvut.cz/Hydraulika/Hydraulika/Predmety/HY2V/ke_stazeni/pre-dnasky/HY2V_06_Prepady.pdf).
44. Evidenční list operativního profilu. *Hlásná a předpovědní povodňová služba*. [Online] [Citace: 5. 5 2020.] [http://hydro.chmi.cz/hpps/hpps\\_prfhoper\\_detail.php?seq=20045969](http://hydro.chmi.cz/hpps/hpps_prfhoper_detail.php?seq=20045969).



45. SMELÍK, Lukáš. Návrh metodiky stanovení součinitele drsnosti otevřených koryt. Brno : Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodních staveb, 2015.
46. KOLÁŘ, Václav.. *Hydraulika. Technický průvodce 5*. Praha : SNTL, 1966.
47. UHMANNOVÁ, Hana, SMELÍK, Lukáš. Fotografický katalog drsností. [Online] VUT v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodních staveb. [Citace: 20. 4 2020.] <http://www.utok.cz/sites/default/files/data/USERS/u24/Drsnost%20koryt.pdf>.
48. KREŠL, J. *Hydrologie*. Brno : MZLU Brno, 2001.
49. KADERÁBEK, Michal. *SRÁŽKO-ODTOKOVÉ VZTAHY V POVODÍ KLABAVY*. Praha : Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, 2018.
50. Evidenční list hlásného profilu č.191. *Hlásná a předpovědní povodňová služba*. [Online] [Citace: 5. 5 2020.] [http://hydro.chmi.cz/hpps/hpps\\_prfbk\\_detail.php?seq=307174](http://hydro.chmi.cz/hpps/hpps_prfbk_detail.php?seq=307174).
51. BOHÁČ, Marek. *Průvodní zpráva - Úprava Ondřejnice, Stará Ves nad Ondřejnicí*. Ostrava : Hydro-Koneko s.r.o., 2005.

## SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Obrázek 1 – Současné koryto řeky Klabavy v Rokycanech; Zdroj: Autorská fotografie .....	9
Obrázek 2 – Dělení protipovodňových opatření; Dostupné z: <a href="http://www.cs-povodne.eu/getattachment/Protipovodnova-ochrana-a-povodne/Protipovodnova-opatreni/strom.png.aspx">http://www.cs-povodne.eu/getattachment/Protipovodnova-ochrana-a-povodne/Protipovodnova-opatreni/strom.png.aspx</a> .....	12
Obrázek 3 – Zhodnocení dílčího povodí Klabavy dle Strategie ochrany před negativními dopady povodní a erozními jevy přírodě blízkými opatřeními v České republice; Dostupné z: <a href="http://www.vodavkrajine.cz/sites/default/files/vystup/informace_o_vysledcich_projektu_a_jejich_vyuziti.pdf">http://www.vodavkrajine.cz/sites/default/files/vystup/informace_o_vysledcich_projektu_a_jejich_vyuziti.pdf</a> .....	20
Obrázek 4 – Příklad tvrdých technických protipovodňových opatření na Dalejském potoce v Hlubočepích (19); Dostupné z: <a href="http://www.povis.cz/pre/2015_oov/material_aopk.pdf">http://www.povis.cz/pre/2015_oov/material_aopk.pdf</a> .....	22
Obrázek 5 – Příklad technické úpravy koryta toku ve Všenorech (19); Dostupné z: <a href="http://www.povis.cz/pre/2015_oov/material_aopk.pdf">http://www.povis.cz/pre/2015_oov/material_aopk.pdf</a> .....	23
Obrázek 6 – Technická úprava koryta řeky v urbanizovaném území v Jílovém u Děčína (19); Dostupné z: <a href="http://www.povis.cz/pre/2015_oov/material_aopk.pdf">http://www.povis.cz/pre/2015_oov/material_aopk.pdf</a> .....	24
Obrázek 7 – Příklad intravilánové revitalizace – hradební strouha v Chrudimi; Dostupné z: <a href="http://www.povis.cz/pre/2015_oov/material_aopk.pdf">http://www.povis.cz/pre/2015_oov/material_aopk.pdf</a> .....	25
Obrázek 8 – Prostorové možnosti v krajině a v intravilánu; Dostupné z: <a href="http://www.povis.cz/pre/2015_oov/material_aopk.pdf">http://www.povis.cz/pre/2015_oov/material_aopk.pdf</a> .....	26
Obrázek 9 – Příklady zvětšení prostorového rozsahu toku ve stísněných podmínkách. Dostupné z <a href="http://www.povis.cz/pre/2015_oov/material_aopk.pdf">http://www.povis.cz/pre/2015_oov/material_aopk.pdf</a> .....	28
Obrázek 10 – Schwarzenbach u Hofu, Bavorsko (19); Dostupné z: <a href="http://www.povis.cz/pre/2015_oov/material_aopk.pdf">http://www.povis.cz/pre/2015_oov/material_aopk.pdf</a> .....	29
Obrázek 11 – Příklad jalové bermy v korytě řeky Radbuzy v centru Plzně; Dostupné z: <a href="http://www.povis.cz/pre/2015_oov/material_aopk.pdf">http://www.povis.cz/pre/2015_oov/material_aopk.pdf</a> .....	31
Obrázek 12 – Rozdíl mezi technickým a přírodě blízkým přístupem k protipovodňové ochraně intravilánu. Dostupné z: <a href="http://www.uprm.cz/data/docs/projekty/reky_pro_mesta/just.pdf">http://www.uprm.cz/data/docs/projekty/reky_pro_mesta/just.pdf</a> .....	32
Obrázek 13 – Přírodě blízká úprava koryta řeky Vils v Ambergu (Bavorsko); Dostupné z: <a href="http://www.povis.cz/pre/2015_oov/material_aopk.pdf">http://www.povis.cz/pre/2015_oov/material_aopk.pdf</a> .....	33
Obrázek 14 – Přírodě blízká úprava koryta řeky Sulz ve městě Beilngries v Bavorsku; Dostupné z: <a href="http://www.povis.cz/pre/2015_oov/material_aopk.pdf">http://www.povis.cz/pre/2015_oov/material_aopk.pdf</a> .....	34
Obrázek 15 – Isar v Mnichově; Dostupné z: <a href="https://www.deutschland.de/en/topic/culture/renaturation-of-rivers-in-germany">https://www.deutschland.de/en/topic/culture/renaturation-of-rivers-in-germany</a> .....	34
Obrázek 16 – Rhône v Lyonu; Dostupné z: <a href="https://land8.com/wp-content/uploads/2014/09/The-Lyon-River-Bank-by-IN-SITU-Architectes-Paysagistes5.jpg">https://land8.com/wp-content/uploads/2014/09/The-Lyon-River-Bank-by-IN-SITU-Architectes-Paysagistes5.jpg</a> .....	35
Obrázek 17 – Rhône v Lyonu – výsledné provedení; Dostupné z: <a href="https://i.pinimg.com/originals/e1/b5/41/e1b54131039e6bc2ec531e04bd0f5f.jpg">https://i.pinimg.com/originals/e1/b5/41/e1b54131039e6bc2ec531e04bd0f5f.jpg</a> . 35	

Obrázek 18 – Povodňové rozvolnění říčky Schwarzenwasser ve Schwarzenbergu (Sasko); Dostupné z: <a href="http://www.povis.cz/pre/2015_oov/material_aopk.pdf">http://www.povis.cz/pre/2015_oov/material_aopk.pdf</a> .....	35
Obrázek 19 – Cheonggyecheon před revitalizací; Dostupné z <a href="https://cdn.star2.com/wp-content/uploads/2017/11/str2_wzSeoul_xs~1.jpg">https://cdn.star2.com/wp-content/uploads/2017/11/str2_wzSeoul_xs~1.jpg</a> .....	36
Obrázek 20 – Cheonggyecheon po revitalizaci; Dostupné z: <a href="https://inhabitat.com/wp-content/blogs.dir/1/files/2014/11/Cheonggyecheon-River-30.jpg">https://inhabitat.com/wp-content/blogs.dir/1/files/2014/11/Cheonggyecheon-River-30.jpg</a> .....	36
Obrázek 21 – Geografická poloha Klabavy; Zdroj: Bytvořeno v softwaru ArcGIS pomocí Základní mapy ČR 1:10 000 a databáze DIBAVOD.....	37
Obrázek 22 – Přehledná mapa povodí Klabavy; Dostupné z: <a href="http://www.dibavod.cz/download.php?id_souboru=2312">http://www.dibavod.cz/download.php?id_souboru=2312</a> .....	38
Obrázek 23 – Oblasti s potenciálně významným povodňovým rizikem dle CDS; Dostupné z: <a href="http://cds.chmi.cz/?lang=cs&amp;presenter=CDSMap">http://cds.chmi.cz/?lang=cs&amp;presenter=CDSMap</a> .....	39
Obrázek 24 – Rokycany v srpnu 2002; Dostupné z: <a href="https://www.rokycany.cz/na-patku/g-2465/id_obrazky=4043&amp;typ_sady=1">https://www.rokycany.cz/na-patku/g-2465/id_obrazky=4043&amp;typ_sady=1</a> .....	40
Obrázek 25 – Konstrukce ochranných zídek dle původního projektu PPO, vyjmuta z výkresové dokumentace projektu KLABAVA ROKYCANY, ZKAPACITNĚNÍ KORYTA V Ř. KM 17,900 - 20,500 (35).....	40
Obrázek 26 – Vizualizace úpravy koryta pomocí ochranných zídek; Dostupné z: <a href="https://www.vlada.cz/assets/ppov/udrzitelny-rozvoj/vybory-rvr/Klabava.pdf">https://www.vlada.cz/assets/ppov/udrzitelny-rozvoj/vybory-rvr/Klabava.pdf</a> .....	41
Obrázek 27 – Revitalizace Rakovského potoka v Rokycanech; Dostupné z: <a href="https://www.vrv.cz/photos/rokycany-01.jpg">https://www.vrv.cz/photos/rokycany-01.jpg</a> .....	42
Obrázek 28 – Schválení zadávací dokumentace na studii proveditelnosti PBPO v Rokycanech; Dostupné z: <a href="https://m.rokycany.cz/assets/File.ashx?id_org=14069&amp;id_dokumenty=895879">https://m.rokycany.cz/assets/File.ashx?id_org=14069&amp;id_dokumenty=895879</a> .....	43
Obrázek 29 – Jez na ř. km 21,043 – Bod č. 1; Zdroj: Autorská fotografie.....	44
Obrázek 30 – Úsek mezi jezem a železničním mostem – Bod č. 2; Zdroj: Autorská fotografie.....	44
Obrázek 31 – Okolí mostu v ulici Pražská – Bod č. 3; Zdroj: Autorská fotografie...	45
Obrázek 32 – Lávka Na Pátku a její okolí – Bod č. 4; Zdroj: Autorská fotografie ...	45
Obrázek 33 – Most v ulici Soukenická – Bod č. 5; Zdroj: Autorská fotografie .....	46
Obrázek 34 – Stupeň ve dně – Bod č. 6; Zdroj: Autorská fotografie.....	46
Obrázek 35 – Závěrečný úsek – Bod č. 7; Zdroj: Autorská fotografie .....	46
Obrázek 36 – Uzávěrový profil řešeného úseku – konec technické úpravy u soutoku Klabavy s Holoubkovským potokem – Bod č. 8; Zdroj: Autorská fotografie.....	46
Obrázek 37 – Mapa významných bodů; Zdroj: Vytvořeno v aplikaci <a href="http://www.mapy.cz">www.mapy.cz</a> .....	47
Obrázek 38 – Další problémy současného koryta v řešeném úseku; Zdroj: Autorské fotografie.....	47
Obrázek 39 – Klabava nad Rokycany; Zdroj: Autorská fotografie .....	48
Obrázek 40 – Záplavové území Klabavy nad Rokycany, vytvořeno v softwaru ArcGIS pomocí Základní mapy ČR 1:10 000 a databáze DIBAVOD .....	48

Obrázek 41 – Koryto Klabavy pod soutokem; Zdroj: Autorská fotografie .....	48
Obrázek 42 – Záplavové území Klabavy pod soutokem; vytvořeno v softwaru ArcGIS pomocí Základní mapy ČR 1:10 000 a databáze DIBAVOD .....	48
Obrázek 43 – Výřez koordinačního výkresu dopravní a technické infrastruktury územního plánu města Rokycan; Dostupné z: <a href="https://www.rokycany.cz/uzemni-plan-mesta/ds-6937/p1=33662">https://www.rokycany.cz/uzemni-plan-mesta/ds-6937/p1=33662</a> .....	50
Obrázek 44 – Vedení inženýrských sítí u pěší lávky Na Pátku; vyjmuto z výkresové dokumentace projektu KLABAVA ROKYCANY, ZKAPACITNĚNÍ KORYTA V Ř. KM 17,900 - 20,500 (41) .....	51
Obrázek 45 – Vedení inženýrských sítí u mostu v Soukenické ulici; vyjmuto z výkresové dokumentace projektu KLABAVA ROKYCANY, ZKAPACITNĚNÍ KORYTA V Ř. KM 17,900 - 20,500 (41) .....	51
Obrázek 46 – Kalibrace výstupů z DMR 5G; Vytvořeno v softwaru Autodesk Civil 3D na základě výše zmíněných podkladů .....	53
Obrázek 47 – Snímek obrazovky – Excelový soubor pro přenos dat mezi softwary Civil 3D a HEC-RAS .....	54
Obrázek 48 – Výpočet hodnoty “weir coeff” jezových objektů .....	54
Obrázek 49 – Hydrologická data z evidenčního listu profilu Na Pátku; Dostupné z: <a href="http://hydro.chmi.cz/hpps/hpps_prfhoper_detail.php?seq=20045969">http://hydro.chmi.cz/hpps/hpps_prfhoper_detail.php?seq=20045969</a> .....	55
Obrázek 50 – Drsnostní součinitel $n$ dle Koláře; Dostupné z: Václav KOLÁŘ a kol – Hydraulika (46) .....	55
Obrázek 51 - Fotografický katalog drsnosti; Dostupné z: <a href="http://www.utok.cz/sites/default/files/data/USERS/u24/Drsnost%20koryt.pdf">http://www.utok.cz/sites/default/files/data/USERS/u24/Drsnost%20koryt.pdf</a> (5)..	56
Obrázek 52 – Model současného koryta Klabavy pro průtok $Q_{100}$ ; Zdroj: Snímek obrazovky ze softwaru HEC-RAS .....	57
Obrázek 53 – PR21 – Rozliv do zástavby na pravém břehu koryta pod lávkou Na Pátku; Zdroj: Snímek obrazovky se softwaru HEC-RAS .....	58
Obrázek 54 – Průběh $Q_{100}$ v profilu nízkokapacitního mostu v ulici Soukenická; Zdroj: Snímek obrazovky ze softwaru HEC-RAS .....	58
Obrázek 55 – Navržené úpravy v okolí lávky Na Pátku; Zdroj: Výkres v softwaru AutoCAD .....	60
Obrázek 56 – Zkapacitnění mostu v ulici Soukenická; Zdroj: Snímek obrazovky ze softwaru HEC-RAS .....	61
Obrázek 57 – Potřeba ochranných zídek v okolí lávky pro zajištění PPO (profil – PR21); Zdroj: Snímek obrazovky ze softwaru HEC-RAS .....	61
Obrázek 58 – Zajištění dostatečné hloubky (cca 50 cm) při $Q_{270d}$ v úpravě okolí lávky Na Pátku; Zdroj: Snímek obrazovky ze softwaru HEC-RAS .....	61
Obrázek 59 – Analýza m-denních průtoků; Zdroj: Výstup výpočtu v MS Excel, data vychází z výše uvedených zdrojů .....	62
Obrázek 60 – Drsnostní součinitel $n$ dle Koláře; Dostupné z: Václav KOLÁŘ a kol – Hydraulika (46) .....	63
Obrázek 61 – Návrh kynety; Zdroj: Výstup výpočtu v MS Excel – .....	63

Obrázek 62 – Posouzení navržené kynety v softwaru HEC-RAS na $Q_{30d}$ , resp. $Q_{270d}$ ; Zdroj: Snímek obrazovky v HEC-RAS .....	63
Obrázek 63 – Navržená přírodě blízká kyneta; Zdroj: Grafický výstup ze softwaru Autodesk AutoCAD .....	63
Obrázek 64 – Nedostatečná kapacita koryta po navržení první geometrie (příčný řez PR18); Zdroj: Snímek obrazovky v HEC-RAS .....	65
Obrázek 65 – Dostatečná kapacita koryta po navržení výsledné geometrie (příčný řez PR18); Zdroj: Snímek obrazovky v HEC-RAS .....	65
Obrázek 66 – Dostatečná kapacita navrženého koryta (příčný řez PR22 – Lávka Na Pátku); Zdroj: Snímek obrazovky v HEC-RAS .....	66
Obrázek 67 – Efekt mírného vyvýšení cyklostezky (příčný řez PR4); Zdroj: Snímek obrazovky v HEC-RAS .....	66
Obrázek 68 Průběh $Q_{30d}$ (příčný řez PR4); Zdroj: Snímek obrazovky v HEC-RAS	66
Obrázek 69 – Průběh $Q_{270d}$ (příčný řez PR4); Zdroj: Snímek obrazovky v HEC-RAS .....	67
Obrázek 70 – Matematický model PBPO v Rokycanech; Zdroj: Snímek obrazovky v HEC-RAS .....	67
Obrázek 71 – Nedostatečná kapacita mostou v Soukenické ulici podle první navržené geometrie; Zdroj: Snímek obrazovky v HEC-RAS .....	69
Obrázek 72 – Nedostatečná kapacita prvního návrhu lávky Na Pátku; Zdroj: Snímek obrazovky v HEC-RAS .....	70
Obrázek 73 – Zkapacitněný most v Soukenické ulici při upravené geometrii koryta; Zdroj: Snímek obrazovky v HEC-RAS .....	71
Obrázek 74 – Problematický profil z hlediska zajištění dostatečné hloubky při malých průtocích v úseku s hydraulicky hladší kynetou (PR7:- hloubka při $Q_{270d} = 14$ cm); Zdroj: Snímek obrazovky v HEC-RAS .....	71
<hr/>	
Tabulka 1 – Návrhové průtoky dle ČSN 75 2101 (18) .....	20
Tabulka 2 – Manningův součinitel pro různé typy ploch okolního území .....	55



## SEZNAM PŘÍLOH

[1] VÝKRES – VARIANTA 1 – TECHNICKÁ PPO

[2] VÝKRES – VARIANTA 2 – PBPO

[3] VÝKRES – VARIANTA 3 – KOMPROMIS

[4] PSANÝ PODÉLNÝ PROFIL

[5] ANALÝZA MAJETKOPRÁVNÍCH VZTAHŮ

[6] ROZLIV PŘI Q<sub>100</sub> VE STÁVAJÍCÍM KORYTĚ

[7] EVIDENČNÍ LIST PROFILU NA PÁTKU

[Evidenční list operativního profilu. *Hlásná a předpovědní povodňová služba*. [Online]  
[Citace: 5. 5 2020.]]

[8] ZÁZNAM ZAMĚŘNEÍ KYNETY

[9] VÝŘEZ Z KOORDINAČNÍHO VÝRESU DOPRAVNÍ A TECHNICKÉ  
INFRASTRUKTURY ÚZEMNÍHO PLÁNU MĚSTA ROKYCAN

[Územní plán města Rokycany [online]. Rokycany, 2018 [cit. 2020-05-14]. Dostupné z:  
<https://www.rokycany.cz/uzemni-plan-mesta/ds-6937/p1=33662>]

[10] VZOROVÉ ŘEZY Z PŮVODNÍHO PROJEKTU

[Vzrové příčné řezy: Klabava Rokycany, Zkapacitnění koryta v č. km 17,900 - 20,500. Praha:  
SWECO Hydroprojekt, 2014.]