

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



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Koncepce protipovodňové ochrany v povodí horní Klabavy

Bc. Adam Babuljak

Vedoucí diplomové práce: Ing. Adam Vokurka, Ph.D.

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Vodní hospodářství a vodní stavby

Praha, 2022

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

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

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Koncepce protipovodňové ochrany v povodí horní Klabavy
 Název diplomové práce anglicky: Flood protection concept in the upper Klabava river basin

Pokyny pro vypracování:

Ve své diplomové práci proveďte koncepční návrh protipovodňových opatření v povodí Klabavy zahrnující především návrh a umístění retenčních prvků v povodí. Součástí práce bude i ověření jejich účinnosti s ohledem na PPO Rokycan.

V rámci práce sestavte srážkoodtokový model povodí Klabavy s uzávěrovým profilem v Rokycanech nad soutokem Klabavy a Holoubkovského potoka. Proveďte jeho kalibraci a verifikace na Q100. Na základě terénního průzkumu a analýzy charakteristik povodí vyhledejte vhodné lokality pro umístění retenčních prvků (uvažováno především s využitím suchých nádrží a poldrů). Definujte jejich základní parametry a pomocí modelu proveďte její vliv na srážkoodtokové vztahy v povodí s ohledem na snížení povodňového rizika v exponovaných lokalitách a kritických místech.

Proveďte vyhodnocení jednotlivých variant a srovnání s dalšími možnostmi řešení protipovodňové ochrany v povodí. V rámci závěrečné rozpravy zhodnoťte možnosti úpravy koryta Klabavy v intravilánu Rokycan s ohledem na výstupy z modelového řešení.

Práci řešte pomocí GIS nástrojů, které jsou na fakultě studentům dostupné, případně využijte volné nástroje jako např. Qgis. Zároveň využijte nástroj HEC_HMS, resp. GEO-HMS.

Seznam doporučené literatury:

ČSN 75 2410 - malé vodní nádrže

TNV 75 2401 Vodní nádrže a zdrže

TNV 75 2415 Suché nádrže

manuály SW a navrhovaných GIS nástrojů

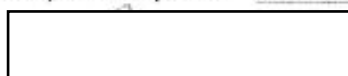
Další potřebná literatura bude specifikována a poskytnuta v rámci zpracování DP

Jméno vedoucího diplomové práce: ing. Adam Vokurka, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 22.2.2022

Termín odevzdání diplomové práce: 15.5.2022

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného sk. roku



Podpis vedoucího práce



Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové 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“.

25.2.2022

Datum převzetí zadání



Podpis studenta(ky)

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Koncepce protipovodňové ochrany v povodí horní Klabavy** 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. Poděkování patří také instituci VÚMOP za poskytnutí důležitých podkladů. Děkuji také své rodině a blízkým za veškerou podporu a zázemí, které mi poskytují po celou dobu studia. A děkuji také svým skvělým spolužákům za veškerou pomoc, které se mi od nich během studia dostalo. V neposlední řadě děkuji umělcům, jejichž hudba mě provázela a nabíjela energií v době psaní diplomové práce.

Anotace

Diplomová práce analyzuje možnost řešení protipovodňové ochrany v povodí horní Klabavy pomocí retenčních nádrží. V teoretické části jsou popsány obecné principy protipovodňové ochrany v České republice a využití suchých a polosuchých retenčních nádrží v této disciplíně. V analytické části je zkoumáno zájmové povodí. Na základě shromážděných podkladů a terénního průzkumu jsou stanoveny klíčové parametry dílčích povodí a významných vodních toků s ohledem na povodňové riziko a na základě řady parametrů od uspořádání terénu přes stupeň ochrany přírody po strategickou efektivitu jsou vybrány potenciálně vhodné lokality pro realizaci protipovodňových opatření. Následně je sestaven, kalibrován a verifikován hydrologický model stávajícího stavu HEC-HMS pro povodňovou událost s dobou opakování 100 let. V návrhové části je model využit pro variantní řešení protipovodňové ochrany v povodí horní Klabavy pomocí retenčních nádrží. Následně je provedeno zhodnocení variant a porovnání navrhovaných scénářů řešení s jinými koncepcemi protipovodňové ochrany, které byly v nedávné minulosti v povodí horní Klabavy uvažovány nebo realizovány. V závěru práce je provedeno orientační zhodnocení vlivu realizace vybraných opatření na návrh přírodě blízkých protipovodňových opatření v intravilánu Rokycan.

Klíčová slova:

Protipovodňová ochrana, retenční nádrž, HEC-HMS, matematické modelování, srážkoodtokový model

Summary

The master thesis analyses the possibility of flood protection solutions in the upper Klabava river basin using retention reservoirs. The theoretical part describes the general principles of flood protection in the Czech Republic and the use of dry and semi-dry retention reservoirs in this field. In the analytical part, the area of interest is examined. On the basis of the collected documents and field survey, the key parameters of the sub-basins and important watercourses with regard to flood risk are determined and potentially suitable sites for the implementation of flood protection measures are selected on the basis of a number of parameters ranging from the layout of the terrain and degree of nature protection to strategic effectiveness. Subsequently, a HEC-HMS hydrological model of the current state is constructed, calibrated and verified for a flood event with 100-year return period. In the design part, the model is used for variant flood protection solutions in the upper Klabava river basin. Based on the modelling results, an evaluation of the alternatives and a comparison of the proposed solution scenarios with other flood protection concepts that have been considered or implemented in the upper Klabava river basin in the recent past is carried out. The paper concludes with an indicative assessment of the impact of the implementation of the selected measures on the design of nature-based flood protection measures in Rokycany urban area.

Key words:

Flood protection, retention reservoir, HEC-HMS, mathematical modeling, rainfall-runoff model

OBSAH

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	9
ÚVOD	10
1. OCHRANA PŘED POVODNĚMI	11
1.1. ZÁKLADNÍ POJMY A LEGISLATIVNÍ PŘEDPISY	11
1.2. OPATŘENÍ PRO ZMÍRNĚNÍ NEGATIVNÍCH ÚČINKŮ POVODNÍ.....	13
1.2.1. NETECHNICKÁ OPATŘENÍ.....	13
1.2.2. TECHNICKÁ OPATŘENÍ	15
1.3. VÝCHODISKA PRO ŘEŠENÍ PPO V ZÁJMOVÉM ÚZEMÍ.....	17
2. SUCHÉ A POLOSUCHÉ RETENČNÍ NÁDRŽE	18
2.1. ZÁKLADNÍ PODSTATA, ÚČEL A DĚLENÍ.....	18
2.2. PODMÍNKY, STŘETY A DOPADY	19
2.3. PRINCIP NÁVRHU PARAMETRŮ A OBJEKTŮ NÁDRŽE	20
3. ZÁJMOVÁ LOKALITA	25
3.1. ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKY POVODÍ.....	25
3.2. POVODŇOVÉ RIZIKO.....	30
3.3. HISTORICKÉ POVODNĚ	33
3.4. STÁVAJÍCÍ A UVAŽOVANÉ ZPŮSOBY ŘEŠENÍ PROTIPOVODŇOVÉ OCHRANY.....	36
3.4.1. TECHNICKÁ PPO	36
3.4.2. SUCHÉ RETENČNÍ NÁDRŽE	37
3.4.3. ZVÝŠENÍ RETENČNÍ SCHOPNOSTI PRAMENNÉ OBLASTI KLABAVY	39
3.4.4. POLOSUCHÉ RETENČNÍ NÁDRŽE V CHKO BRDY	40
3.4.5. PBPO	41
3.5. TERÉNNÍ PRŮZKUM	43
3.6. KLABAVA.....	43
3.6.1. KLABAVA NAD STRAŠICEMI (Ř.KM 51,200 – 35,000).....	43
3.6.2. KLABAVA MEZI STRAŠICEMI A DOBŘÍVEM (Ř.KM 35,000 – 28,000).....	52
3.6.3. KLABAVA POD DOBŘÍVEM (Ř.KM 28,000 – 19,723).....	56
3.7. VÝZNAMNÉ PŘÍTOKY KLABAVY.....	59
3.7.1. TŘÍTRUBECKÝ POTOK	59
3.7.2. LEDNÝ POTOK	62
3.7.3. SKOŘICKÝ POTOK	64

3.7.4.	POTOK REZERVA	68
3.7.5.	VLČÍ POTOK	70
4.	SRÁŽKODTOKOVÝ MODEL	71
4.1.	POPIS PROGRAMU HEC-HMS	71
4.2.	VSTUPNÍ DATA A JEJICH PŘÍPRAVA	72
4.2.1.	SRÁŽKOVÁ DATA	73
4.2.2.	ROZDĚLENÍ NA DÍLČÍ POVODÍ	74
4.2.3.	PLOCHA DÍLČÍCH POVODÍ	75
4.2.4.	RETENČNÍ KOEFICIENT	75
4.2.5.	VYUŽITÍ ÚZEMÍ	76
4.2.6.	PŮDNÍ CHARAKTERISTIKY.....	77
4.2.7.	STANOVENÍ ČÍSEL CN KŘIVEK.....	77
4.2.8.	PROCENTO NEPROPUSTNÝCH PLOCH.....	79
4.2.9.	DOBA KONCENTRACE	79
4.2.10.	CHARAKTERISTIKY ÚSEKŮ VODNÍCH TOKŮ	80
4.2.11.	STÁVAJÍCÍ VODNÍ NÁDRŽE.....	82
4.3.	SESTAVENÍ MODELU.....	82
4.4.	KALIBRACE A VERIFIKACE MODELU.....	83
5.	ŘEŠENÍ PROTIPOVODŇOVÉ OCHRANY POMOCÍ RETENČNÍCH NÁDRŽÍ	84
5.1.	VARIANTA A.....	86
5.2.	VARIANTA B.....	89
5.3.	VARIANTA C.....	91
5.4.	VARIANTA D.....	94
5.5.	VÝSLEDNÉ SROVNÁNÍ VARIANT.....	95
5.6.	POROVNÁNÍ S ALTERNATIVNÍMI KONCEPCEMI PPO.....	96
6.	DŮSLEDKY REALIZACE OPATŘENÍ PRO NÁVRH PBPO V ROKYCANECH	99
6.1.	ZÁSADY PŘÍRODĚBLÍZKÝCH PROTIPOVODŇOVÝCH OPATŘENÍ.....	99
6.2.	HYDRAULICKÝ MODEL PBPO V ROKYCANECH	102
	ZÁVĚR	106
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	107
	SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A ROVNIC	113
	SEZNAM PŘÍLOH	119

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

SPA	Stupeň povodňové aktivity
VD	Vodní dílo
CHKO	Chráněná krajinná oblast
EVL	Evropsky významná lokalita
VLS	Vojenské lesy a statky ČR, s.p.
Ř.KM	Říční kilometr
ČOV	Čistírna odpadních vod
DN	Jmenovitá světlost – přibližný vnitřní průměr potrubí v milimetrech
DIBAVOD	Digitální báze vodohospodářských dat
ZM10	Základní mapa 1:10 000
HEC-HMS	Hydrologic Engineering Center – Hydrologic Modelling Systém
ČÚZK	Český úřad zeměměřičský a katastrální
ČHMÚ	Český hydrometeorologický úřad
VÚV	Výzkumný ústav vodohospodářský
CN	Curve Number (číslo odtokové křivky)
DMR 5G	Digitální Model Reliéfu 5. Generace
CLMS	Copernicus Land Covering System
N2K	Soustava Natura 2000
LCLU	Land cover and land use
HSP	Hydrologická skupina půdy
VUT	Vysoké učení technické
QGIS	Quantum Geographic Information Systém
ÚTP	Územně technický podklad
ÚSES	Územní systémy ekologické stability
EECONET	European Ecological Network
PPO	Protipovodňová ochrana
PBPO	Přírodě blízká protipovodňová opatření
TNV	Odvětvová technická norma vodního hospodářství
ČSN	Česká technická norma
Q _N	N-letý průtok – Hodnota průtoku s N-letou dobou opakování
Q _{neš}	Neškodný průtok
PV _N	Povodňová vlna s dobou opakování N let

ÚVOD

Řeka Klabava (v řešeném území rovněž známá pod názvem Padrt'ský potok) je pravostranný přítok Berounky s velkým podélným sklonem a rozkolísanými průtoky. Je nechvalně známá pro svou povodňovou aktivitu, kdy ze všech řek v Plzeňském kraji právě Klabava registruje nejrychlejší růst hladiny v návaznosti na srážky v povodí. I přes intenzivní snahu v posledních dvaceti letech řešit povodňové riziko, které řeka představuje, nebylo nalezeno uspokojivé řešení. V intravilánech obcí se díky tlaku veřejnosti nepodařilo prosadit ryze technická opatření spočívající ve zkapacitnění koryta ochrannými zdmi a zahlubováním. Vhodná alternativa – přírodě blízká protipovodňová opatření jsou však velmi nákladná a komplikovaná na realizaci, a tak se je daří implementovat jen velmi pomalu (PBPO menšího rozsahu v obci Kamenný Újezd ve stadiu přípravy projektu) a v okresním městě Rokycany je jejich realizace stále otázkou daleké budoucnosti. V povodí selhaly také snahy o realizaci kapacitní suché retenční nádrže na území CHKO Brdy, jejíž transformační schopnost by zásadně snížila povodňové riziko ve všech obcích na březích Klabavy níže po toku. Momentálně se daří realizovat pouze drobná opatření vedoucí ke zvýšení retence vody v CHKO Brdy a malé retenční nádrže, jejichž retenční objem je však příliš malý na to, aby byl vliv nádrží relevantní z hlediska omezení negativních účinků povodní v ohrožených obcích.

Cílem této diplomové práce je posoudit možnost řešení protipovodňové ochrany v povodí horní Klabavy pomocí suchých nebo polosuchých retenčních nádrží, jejichž retenční a transformační schopnost by vedla ke zdatelné redukci povodňového rizika v ohrožených obcích, a přitom by jejich realizace neznamerala příliš citelný zásah do krajinného rázu a ekosystému daných lokalit. V první fázi budou na základě terénního šetření a širších souvislostí stanoveny vhodné profily pro realizaci retenčních nádrží. Následně bude sestaven srážkoodtokový model povodí horní Klabava a bude provedena jeho kalibrace a verifikace na srážkovou událost s dobou opakování 100 let. Model bude dále sloužit pro návrh a posouzení navrhovaných variant koncepčního řešení protipovodňové ochrany v zájmovém povodí pomocí retenčních nádrží. Navrhované varianty budou následně porovnány mezi sebou a také s dalšími uvažovanými či realizovanými koncepcemi protipovodňové ochrany v povodí. Na závěr bude provedeno orientační zhodnocení vlivu případné realizace vybraných opatření na návrh přírodě blízkých protipovodňových opatření v intravilánu Rokycan.

1. OCHRANA PŘED POVODNĚMI

1.1. ZÁKLADNÍ POJMY A LEGISLATIVNÍ PŘEDPISY

Povodně definuje zákon č. 254/2001 Sb. 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. Povodeň začíná vyhlášením druhého nebo třetího stupně povodňové aktivity (§ 70) a končí odvoláním třetího stupně povodňové aktivity (1).“

Povodňovým rizikem se podle Zákona o vodách rozumí „kombinace pravděpodobnosti výskytu povodní a jejich možných nepříznivých účinků na lidské zdraví, životní prostředí, kulturní dědictví a hospodářskou činnost (1).“

Ochranu před povodněmi definuje Zákon o vodách jako „činnosti a opatření k předcházení a zvládnutí povodňového rizika v ohroženém území. Zajišťuje se systematickou prevencí a operativními opatřeními (1).“

Protipovodňová ochrana stojí z hlediska vodního hospodářství v České republice na třech legislativních pilířích:

- Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (Vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů: Problematika ochrany před povodněmi je předmětem Hlavy IX tohoto zákona definuje a vymezuje základní pojmy, stanovuje formu povodňových opatření před povodní, v době povodně a po povodni, ustanovuje povodňové orgány a upravuje práva a povinnosti účastníků ochrany před povodněmi a dalších zúčastněných subjektů (1).
- Usnesení vlády č. 382 ze dne 19. 4. 2000 - Strategie ochrany před povodněmi v České republice: Stanovuje základní principy a postupy zajištění protipovodňové ochrany v České republice. Strategie stanovuje preventivní opatření pro ochranu před povodněmi jako nejefektivnější formu ochrany. V rámci organizačních opatření Strategie klade důraz na činnost předpovědní a hlásné služby, protože včasné a kvalitní informace o povodňové události poskytnuté povodňovým orgánům jsou jednou ze základních podmínek pro zajištění ochrany před povodněmi. V rámci technických opatření Strategie zdůrazňuje nutnost nalezení vhodné kombinace opatření v krajině, která zvyšují přirozenou retenci vody v území, a technických opatření sloužících ke snížení povodňových průtoků. Strategie rovněž klade důraz na systémová,

koncepční řešení v ucelených hydrologických povodích s ohledem na vzájemné provázání vlivů opatření v rámci vodních toků (2).

- Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2007/60/ES ze dne 23. 10. 2007 o vyhodnocování a zvládnání povodňových rizik (povodňová směrnice): Navazuje na Rámcovou směrnici o vodách 2000/60/ES. Stanovuje rámec pro vyhodnocování a zvládnání povodňových rizik jednotný pro členské státy Evropské unie, kterým ukládá povinnost provést předběžné vyhodnocení povodňových rizik, přípravu map povodňového nebezpečí a povodňových rizik a na jejich základě připravit plány pro zvládnání povodňových rizik s důrazem na zmírnění nepříznivých účinků povodní na lidské zdraví, životní prostředí, kulturní dědictví a hospodářskou činnost. Povodňová směrnice je do české legislativy implementována pomocí zákona o vodách (3).

Kromě těchto základních tří právních dokumentů upravuje legislativu ochrany před povodněmi v České republice řada dalších předpisů. Na povodňovou směrnici navazuje *Vyhláška č. 24/2011 Sb. o plánech povodí a plánech pro zvládnání povodňových rizik*, na kterou navazují Plány pro zvládnání povodňových rizik. Z hlediska organizačního členění je důležitá *Vyhláška č. 393/2010 Sb. o oblastech povodí*, z hlediska zabezpečení protipovodňové ochrany na vodních dílech je důležitá *Vyhláška č. 471/2001 Sb. Ministerstva zemědělství o technickobezpečnostním dohledu nad vodními díly*. Správu záplavových území upravuje *Vyhláška č. 79/2018 Sb. o způsobu a rozsahu zpracovávání návrhu a stanovování záplavových území a jejich dokumentace*. V případě výskytu povodňové události mohou hrát roli *Zákon č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení*, *Zákon č. 239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému* a *Zákon č. 241/2000 Sb., o hospodářských opatření pro krizové stavy*. Organizaci po povodňové události pomáhá upravovat *Zákon č. 12/2002 Sb., o státní pomoci při obnově území postiženého živelní nebo jinou pohromou*. V oblasti územního plánování je protipovodňová ochrana řešena *Zákonem č. 183/2006 Sb. o územním plánování a stavebním řádu*. Při implementaci protipovodňových opatření v krajině hraje klíčovou roli *Zákon č. 114/1992 Sb. o ochraně přírody a krajiny*.

Na výše zmíněné legislativní dokumenty navazují metodiky, které ze své podstaty nejsou primárně právně závazné, pakliže nejsou zakotveny v územním plánu nebo plánu povodí. Z hlediska opatření pro zmírnění negativních vlivů povodní je vhodné uvést pro účely této práce důležitý dokument *Metodika odboru ochrany vod, která stanovuje postup komplexního řešení protipovodňové a protierozní ochrany pomocí*

přírodě blízkých opatření z roku 2008. Tato metodika přímo navazuje na povodňovou směrnici a z této metodiky dále například čerpá Strategie ochrany před negativními dopady povodní a erozními jevy přírodě blízkými opatřeními v České republice z roku 2015. Oba tyto dokumenty představují soubor vhodných technických opatření pro zmírnění negativních vlivů povodní na lidské zdraví, životní prostředí, kulturní dědictví a hospodářskou činnost v souladu s výše uvedenými legislativními předpisy. Za účelem hodnocení zásahů do vodních toků a údolních niv, a jako podpora při rozhodování o vhodnosti a efektivitě posuzovaných projektů, vznikla Metodika odboru ochrany vod, která stanovuje postup hodnocení vlivů opatření na vodních tocích a nivách na hydromorfologický stav vod (4) (5) (6).

1.2. OPATŘENÍ PRO ZMÍRNĚNÍ NEGATIVNÍCH ÚČINKŮ POVODNÍ

Protipovodňová opatření lze na základě jejich podstaty rozdělit do dvou kategorií – na netechnická opatření, která jsou spíše informačního a organizačního charakteru a principiálně mají za úkol držet obyvatele dál od povodně, a technická, jejichž princip spočívá ve snížení povodňových průtoků a rozlivů, čímž drží povodeň dál od obyvatel.

1.2.1. NETECHNICKÁ OPATŘENÍ

Netechnická opatření, známá rovněž jako nestrukturální opatření, vedou k zajištění ochrany obyvatelstva a majetku zmenšením jeho koncentrace v rizikových zónách. Část netechnických opatření vymezuje Zákon č. 254/2001 Sb. jako tzv. povodňová opatření, která jsou dále dělena na přípravná opatření, opatření při nebezpečí povodně a za povodně a opatření po povodni (1).

Mezi přípravná povodňová opatření se řadí:

- Stanovení záplavových území

„Záplavová území jsou administrativně určená území, která mohou být při výskytu přirozené povodně zaplavena vodou (1).“ Stanovení probíhá na základě Vyhlášky č. 79/2018 Sb. o způsobu a rozsahu zpracovávání návrhu a stanovování záplavových území a jejich dokumentace. Důležitou roli hraje aktivní zóna záplavového území, ve které se nesmí umísťovat, povolovat ani provádět stavby s výjimkou vodních děl, jimiž se upravuje vodní tok, převádějí povodňové průtoky, provádějí opatření na ochranu před povodněmi nebo která jinak souvisejí s vodním

tokem nebo jimiž se zlepšují odtokové poměry (a další výjimky a omezení viz Zákon č. 254/2001 Sb.) (1).

- Vymezení směrodatných limitů stupňů povodňové aktivity

Stupně povodňové aktivity (dále jen SPA) vyjadřují míru povodňového nebezpečí. Jsou vázány na směrodatné limity – zejména vodní stavy nebo průtoky v hlásných profilech na vodních tocích. Limitní hodnoty pro SPA jsou zahrnuty povodňových plánech. Na vyhlášení 1. – 3. SPA navazují další netechnická opatření (1):

1. SPA (Stav bdělosti)

„Nastává při nebezpečí přirozené povodně. Po vyhlášení je vodnímu toku nebo jinému zdroji povodňového nebezpečí věnována zvýšená pozornost a svou činnost zahajuje hlásná a hlídková služba (1).“

2. SPA (Stav pohotovosti)

„Vyhláší se, pokud nebezpečí přirozené povodně přerůstá v povodeň, ale nedochází k větším rozlivům a škodám mimo koryto. Po vyhlášení se aktivizují povodňové orgány a další účastníci ochrany před povodněmi, uvádějí se do pohotovosti prostředky pro zabezpečovací práce a provádějí se opatření ke zmírnění průběhu povodně podle povodňového plánu (1).“

3. SPA (Stav ohrožení)

„Vyhláší se při bezprostředním nebezpečí nebo vzniku škod většího rozsahu. Po vyhlášení jsou zahájena nouzová opatření, povodňové zabezpečovací práce jsou prováděny podle povodňových plánů a v případě potřeby jsou prováděny záchranné práce nebo evakuace (1).“

Opatření navazující na 2. a 3. SPA se odkazují na povodňové orgány. Ty v době mimo povodeň tvoří orgány obcí, obecní úřady s rozšířenou působností, krajské úřady, Ministerstvo životního prostředí a Ministerstvo vnitra, kterému náleží zabezpečení přípravy záchranných prací. Během povodně jsou povodňovými orgány povodňové komise obcí, povodňové komise obcí s rozšířenou působností, povodňové komise krajů a Ústřední povodňová komise (1).

- Povodňové plány

Jedná se o nástroje sloužící ke koordinaci činností v dané lokalitě v době povodňové situace. Zákon č. 254/2001 Sb. definuje Povodňové plány jako *„dokumenty, které obsahují způsob zajištění včasných a spolehlivých informací o vývoji povodně, možnosti ovlivnění odtokového režimu, organizaci a přípravu zabezpečovacích prací; dále obsahují způsob zajištění včasné aktivizace*

povodňových orgánů, zabezpečení hlásné a hlídkové služby a ochrany objektů, přípravy a organizace záchranných prací a zajištění povodní narušených základních funkcí v objektech a v území a stanovené směrodatné limity stupňů povodňové aktivity (1).“

- Povodňové prohlídky

Smyslem povodňových prohlídek je odhalení závad na vodních tocích, vodních dílech a v záplavových územích, které zvyšují nebezpečí povodně nebo mohou vést ke zvýšení škod v případě výskytu povodňové události (1).

- Organizační a technická příprava, vytváření hmotných povodňových rezerv a příprava účastníků povodňové ochrany

Mezi povodňová opatření při nebezpečí povodně a za povodně se řadí činnost předpovědní povodňové služby, činnost hlásné povodňové služby, varování při nebezpečí povodně, zřízení a činnost hlídkové služby, vyklizení záplavových území, řízené ovlivňování odtokových poměrů, povodňové zabezpečovací práce, povodňové záchranné práce a zabezpečení náhradních funkcí a služeb v území zasaženém povodní. Mezi povodňová opatření po povodni se řadí evidenční a dokumentační práce, vyhodnocení povodňové situace včetně vzniklých povodňových škod, odstranění povodňových škod a obnova území po povodni (1).

Mezi netechnická opatření se také řadí nástroje územního plánování, které řeší koncepci využití a rozvoje území, která by měla zahrnovat záplavová území, návrhy technických protipovodňových opatření a organizační opatření s cílem posílení přirozené retence vody v krajině (7).

1.2.2. TECHNICKÁ OPATŘENÍ

Technická opatření spočívají v transformaci povodňové vlny, což vede ke snížení povodňových průtoků, nebo posílení kapacity koryt, což vede k omezení rozlivů. Technická opatření tak vedou ke snížení povodňového rizika a povodňových škod (2).

Mezi technická opatření se řadí opatření v povodí ke zvýšení retenční schopnosti krajiny. Do této kategorie spadají opatření na zemědělské půdě, jejichž primárním účelem je většinou protierozní ochrana (např. systém protierozních mezí, zasakovací pásy, protierozní průlehy, asanace drah soustředěného povrchového odtoku, protierozní příkopy, protierozní nádrže, odstranění nevhodných melioračních úprav), opatření na lesní půdě (např. revitalizační opatření na bystřinách a stržích, implementace šetrného způsobu lesního hospodářství, revitalizace odvodňovacích

příkopů u cestní sítě a na rašeliništích). Do kategorie technických opatření lze zařadit také opatření ke snížení a zpomalení povrchového odtoku v urbanizovaném území (implementace prvků modrozelené infrastruktury) nebo protipovodňová opatření na kanalizační síti (retenční nádrže, hradicí komory a zpětné klapky na výustích do vodních toků, čerpací stanice, šachty s vodotěsnými poklopy a další) (4) (7).

Klíčová technická protipovodňová opatření jsou implementována na vodních tocích a v údolních nivách. Jedná se především o úpravy koryt vodních toků zvyšující jejich kapacitu, o údržbu a čištění koryt, konstrukci ochranných hrází a zdí, instalaci mobilního hrazení, vytvoření obtokových kanálů a zajištění umělých retenčních prostorů (suché a polosuché retenční nádrže). Nástroje, které patří do skupiny protipovodňových opatření na vodních tocích a v údolních nivách, jsou zásadní také pro tuto diplomovou práci (4) (7).

Metodika odboru ochrany vod, která stanovuje postup komplexního řešení protipovodňové a protierozní ochrany pomocí přírodě blízkých opatření“ z roku 2008, která reaguje na povodňovou směrnici a nutnost ochrany životního prostředí, kulturního dědictví a hospodářské činnosti při navrhování opatření ke zmírnění negativních účinků povodí, stanovuje šest vhodných způsobů zajištění protipovodňové ochrany na vodních tocích a v údolních nivách pomocí technických opatření, která ctí zásady přírodě blízkých protipovodňových opatření (PBPO) (4):

- 1) Revitalizační úprava koryta mimo zastavěné území spočívající ve snížení kapacity koryta a zvýšení rozlivů do údolní nivy, kde tak v případě povodňové události dochází k transformaci povodňové vlny (4).
- 2) PBPO v intravilánu spočívající ve zkapacitnění koryta při zachování nebo posílení jeho ekologické hodnoty, konstrukce stěhovavé kynety pro převádění obvyklých průtoků a přírodě blízkých berem zajišťujících dostatečnou kapacitu koryta při povodni, případně je možné ohrázování zastavěného území (4).
- 3) Transformace povodňové vlny v retenčním prostoru suché retenční nádrže nebo poldru. Součástí opatření je revitalizace toků a niv ve zdrži (4).
- 4) *„Opatření na tocích, které zajišťují ekologické nebo architektonické funkce toku a nejsou přímou součástí potřebných protipovodňových opatření (např. v parcích a zastavěných oblastech, náhony) (4).“*
- 5) *„Ochrana fungující retence záplavových území nebo toků v sevřených údolích a realizace dílčích opatření pro zlepšení hydromorfologické struktury toků a niv (4)“*
- 6) Kombinace opatření 1 až 5 (4).

Těchto šest doporučených způsobů řešení protipovodňové ochrany je také součástí opatření navrhovaných dokumentem *Strategie ochrany před negativními dopady povodní a erozními jevy přírodě blízkými opatřeními v České republice* z roku 2015. Součástí této strategie je navíc sedmý typ opatření – opatření na vodních nádržích, které jsou situovány na řešeném vodním toku. Dokument dělí území České republiky do kategorií A, B a C podle míry ohrožení povodněmi. Pro kategorii A, do které spadá území řešené v této diplomové práci, tento dokument doporučuje právě sedm výše uvedených typů protipovodňových opatření (5).

Je však potřeba zmínit, že opatření navržená ve výše uvedených dokumentech nejsou legislativně závazná a jedná se tak pouze o doporučení vzhledem ke koncepčnímu řešení protipovodňové ochrany na území České republiky.

1.3. VÝCHODISKA PRO ŘEŠENÍ PPO V ZÁJMOVÉM ÚZEMÍ

Na základě výše uvedených legislativních předpisů a dokumentů byla stanovena následující východiska pro řešení PPO v zájmové lokalitě této diplomové práce:

- *„Preventivní opatření jsou nejefektivnější formou protipovodňové ochrany (2).“*
- *„Efektivní preventivní opatření je nutné uplatňovat systémově v ucelených (hydrologických) povodích a s ohledem na provázání vlivů jednotlivých opatření podél vodních toků (2).“*
- *„Pro efektivní ochranu před povodněmi je třeba nalézt vhodnou kombinaci opatření v krajině, která zvyšují přirozenou akumulaci a retardaci vody v území, a technických opatření k ovlivnění povodňových průtoků (2).“*
- Veškerá protipovodňová opatření musí sledovat dopad na životní prostředí (2).
- Vhodnými typy opatření na vodních tocích a v nivách jsou revitalizační úprava koryta v extravilánu s podporou rozlivů, PBPO v intravilánu, transformace povodňové vlny v retenčním prostoru suché retenční nádrže nebo poldru, ochrana fungující retence záplavových území a toků a opatření na vodních nádržích (4) (5).
- Nádrže s retenčním účinkem a poldry jsou efektivní opatření pozitivně ovlivňující míru ochrany na určitém úseku a nezhoršující situaci níže po toku. Vzhledem k vysokým nákladům na realizaci je nutné vyhodnotit jejich účinnost a efektivitu vložených prostředků a provést posouzení vlivu na životní prostředí (2) (5).
- *„Malé vodní nádrže mají většinou méně významnou retenční schopnost a slouží k zachycení především malých povodní. Nicméně transformace povodní těmito malými nádržemi pomáhá alespoň v lokálním měřítku (2).“*

2. SUCHÉ A POLOSUCHÉ RETENČNÍ NÁDRŽE

Předmětem této diplomové práce je koncepční řešení protipovodňové ochrany v zájmovém povodí pomocí suchých nebo polosuchých retenčních nádrží. Následující kapitola popisuje základní podstatu a účel suchých a polosuchých retenčních nádrží, základní varianty řešení a jejich benefity a nedostatky. Věnuje se základní teorii návrhu jednotlivých parametrů a ve stručnosti i konstrukčnímu řešení jednotlivých objektů, přestože jejich návrh není předmětem této diplomové práce.

2.1. ZÁKLADNÍ PODSTATA, ÚČEL A DĚLENÍ

Suché a polosuché retenční nádrže jsou opatření primárně určená ke snížení negativních důsledků povodní. Specifikem suchých a polosuchých nádrží oproti dalším typům nádrží je, že téměř celý jejich objem je tvořen retenčním prostorem, díky čemuž mají nádrže významnou retenční schopnost vedoucí k transformaci povodňové vlny a snížení povodňových průtoků níže na vodním toku (8) (9) (10).

Na rozdíl od suchých, polosuché nádrže mají stálé nadržení, které je však relativně zanedbatelné vzhledem k retenčnímu objemu. Stálé nadržení plní krajinnotvornou, ekologickou funkci a technickou funkci, kdy udržuje trvalý vodní režim v základové spáře hráze a jejich objektů. Polosuchá nádrž může díky stálému nadržení mít také funkci rybochovnou, zásobní nebo rekreační (8) (9) (10) (11).

Retenční prostor nádrže se ze své podstaty zaplavuje pouze při povodni a po drtivou většinu doby fungování nádrže tak zůstává prostor zátopý suchých a polosuchých nádrží (vyjma prostoru stálého nadržení) prázdný a k dispozici pro potenciální hospodářské využití (8) (9) (10) (11).

Kromě dělení na suché a polosuché lze retenční nádrže dělit také na průtočné a neprůtočné (boční). Pokud to místní podmínky umožní, je vhodné zvážit možnost realizace neprůtočné boční nádrže. Takové nádrže splňují požadavky na ochranu přírody, protože nenarušují biologickou kontinuitu toku a migrační prostupnost (na rozdíl od průtočných polosuchých), zároveň ale díky stálému nadržení vytváří ekologicky hodnotné prostředí a krajinný prvek (na rozdíl od suchých nádrží) (9) (11).

Dalším důvodem, proč jsou v poslední době upřednostňovány spíše polosuché retenční nádrže s nižšími hrázemi, je bezpečnost dlouhodobě proschlých, mnohdy živočichy narušených hrází. Velká výhoda polosuchých nádrží spočívá v jejich multifunkčnosti (12).

2.2. PODMÍNKY, STŘETY A DOPADY

Realizace suché nebo polosuché retenční nádrže je možná pouze ve vhodných geomorfologických podmínkách pro konstrukci hráze a vytvoření retenčního prostoru nádrže. Důležitou podmínkou je vhodné strategické umístění potenciální lokality vzhledem k předmětu ochrany – tedy v co nejkratší vzdálenosti nad chráněným územím. Potenciální výstavbu retenční nádrže v dané lokalitě rovněž podmiňuje nutnost vyřešení majetkoprávních vztahů a způsobu hospodaření v zátopě. Pro případnou realizaci nádrže je dále nezbytná přítomnost vhodné konstrukční zeminy pro hrázové těleso buď pokud možno přímo v zátopě nebo v nedaleké vzdálenosti (8).

Možné střety při snaze o realizaci retenční nádrže mohou plynout z majetkoprávních vztahů, z koncepce stávajícího a budoucího využití území (dle územního plánování), z dotčení technické a dopravní infrastruktury nebo z ochrany přírody v daném území (8).

Základním pozitivním dopadem realizace retenčních nádrží je zvýšení protipovodňové ochrany níže po toku. Umístění retenční nádrže nad chráněnou lokalitou vede ke zvýšení ochrany obyvatelstva, snížení primárních i sekundárních povodňových škod a posílení sociální stability. Pro chráněnou lokalitu ale konstrukce retenční nádrže představuje také riziko vzniku zvláštní povodně při jeho poruše (8).

V lokalitě vlastního umístění retenční nádrže může mít její realizace různé pozitivní i negativní důsledky závislé na charakteru lokality a citlivosti návrhu. Retenční nádrž vede k posílení retence vody v krajině – suchá nádrž pouze při a krátce po povodni, polosuchá díky stálému nadržení i mimo povodeň. Retenční nádrže pomáhají k lokálnímu zvýšení hladiny podzemní vody, což pro zemědělské nebo lesnické využití může představovat benefit, pakliže jde o lokalitu se zaklesnutou hladinou podzemní vody, nebo nevýhodu v případě lokality s vyšší hladinou podzemní vody. V lokalitě, kde je nádrž zřizována, může přinést negativní ekonomické a na ně navazující sociální důsledky změna způsobu hospodaření v zátopě. Z hlediska ochrany přírody vše závisí na citlivost návrhu. Necitlivý návrh může vést k narušení migrační propustnosti a degradaci habitatu fauny a flory, citlivý návrh může naopak vést k vytvoření nových biotopů a posílení biodiverzity v zátopě nebo ke zvýšení ekologické hodnoty koryta toku v zátopě jeho revitalizací. Pro krajinu může necitlivě navržená suchá nádrž představovat výrazné narušení krajinného rázu, citlivě navržená polosuchá nádrž naopak může představovat hodnotný krajinný prvek (8).

2.3. PRINCIP NÁVRHU PARAMETRŮ A OBJEKTŮ NÁDRŽE

Návrh suché nebo polosuché retenční nádrže musí vycházet z komplexního posouzení poměrů v povodí. Parametry vodního díla, která jsou předmětem návrhu a které je vhodné alespoň rámcově vymežit i v rámci koncepčních úvah, jsou objem nádrže, umístění hráze a její parametry, typ a parametry funkčních objektů (zejména výpustné zařízení a bezpečnostní přeliv), úprava a způsob využívání zátopy, vazba na síť technického vybavení, zásady manipulace a provozu a retenční účinek nádrže. Hlavním účelem vodohospodářského řešení je stanovení retenčního prostoru, parametrů funkčních objektů a parametrů hráze takových, aby vlivem transformačního účinku nádrže nedošlo při návrhové povodni k překročení neškodného průtoku v území, které je předmětem ochrany. (8) (10) (11).

Retenční prostor

„Velikost retenčního prostoru suché nádrže vyplývá zejména z morfologie území a může být limitována zástavbou, popřípadě liniovými stavbami a sítěmi technického vybavení, které nelze v rámci výstavby rušit nebo překládat. Využitelný ochranný prostor se potom posoudí z hlediska požadavků na ochranu území na toku pod nádrží a na všech dalších úsecích toku, pro něž se s ochranným účinkem nádrže uvažuje. Z vodohospodářského řešení musí být patrná transformace N-letých průtoků retenčním prostorem, a to za předpokladu izolovaného účinku řešené suché nádrže i za předpokladu spolupráce soustavy nádrží na toku a jeho přítocích (10).“

Těleso hráze

Hráze suchých a polosuchých retenčních nádrží jsou obvykle navrhovány jako zemní, sypané z místní zeminy, pokud možno těžené v prostoru zátopy. Na základě místních podmínek je nicméně možné navrhnout i jiné materiálové řešení hráze (např. betonové nebo zděné). Při návrhu hráze se postupuje podle normy ČSN 75 2310 – Sypané hráze a ČSN 75 2340 – Navrhování přehrad. Oproti klasickým nádržím je při návrhu hráze suché nebo polosuché nádrže nutné vzít v potaz možné vysychání povrchových vrstev návodního svahu hráze a případně i těsnícího prvku. Vzhledem k pouze výjimečně zatopenému retenčnímu prostoru představujícímu téměř celý objem nádrže se totiž v hrázovém tělese nevytvoří trvalá průsaková křivka. Je proto nutné „vyloučit zeminy, které jsou náchylné k vysychání a změnám fyzikálně mechanických vlastností při náhlých změnách polohy hladiny v nádrži (rychlé stoupání a poklesy hladiny) (10).“
Vhodnost jednotlivých typů zemin pro použití v rámci hrází suchých a polosuchých

nádrží určuje norma TNV 2415 – Suché nádrže. Při použití zemníku v blízkosti hrázového tělesa je nutné prověřit, zda odtěžení zeminy nezpůsobí zhoršení podmínek proudění v podloží hráze (10).

V případě použití zemního nebo umělého návodního těsnění, což se obecně z výše uvedených důvodů nedoporučuje, je nutné navrhnout opatření eliminující negativní efekt, který na těsnící prvek může mít dlouhodobé vystavení suchu střídané krátkými časovými úseky náhlého zatopení při povodních (10) (11).

Funkční objekty

Návrh bezpečnostního přelivu a výpustních zařízení z hlediska jejich kapacity spočívá v dimenzování jednotlivých parametrů za účelem dosažení transformačního efektu redukujícího kulminační průtok návrhové povodně na neškodný průtok v chráněném území. Bezpečnostní přeliv je pak podle ČSN 75 2410 – *Posouzení vodních děl za povodní* nutné dimenzovat tak, aby bezpečně převedl kontrolní povodeň, jejíž doba opakování se stanoví na základě kategorie vodního díla dle TBD (10) (11).

Co se konstrukčního řešení výpustních zařízení a bezpečnostního přelivu týče, z ryze technického úhlu pohledu je kladen důraz na co nejspolehlivější a nejbezpečnější provoz s minimálními nároky na lidskou obsluhu, na snadnou údržbu, dlouhodobou životnost a odolnost vůči vnějším vlivům. Je ale nutné minimalizovat negativní vliv díla na životní prostředí, což v rámci konstrukčního řešení funkčních objektů průtočné nádrže spočívá především v zajištění migrační prostupnosti pro vodní i suchozemské živočichy v době, kdy nádrž neplní svou retenční funkci. Z tohoto hlediska jsou přijatelnější hráze bez stálého nadržení, které s sebou ovšem nesou řadu nevýhod, jak bylo popsáno výše (10) (11).

„Pro návrh opatření migrační průchodnosti lze použít postup popsany v metodickém pokynu MŽP, případně oborových technických normách TNV 75 2321 a TNV 75 2322 (11).“

Nouzový bezpečnostní přeliv

„Dimenzování bezpečnostního přelivu suché nádrže vychází z ČSN 75 2340 nebo z ČSN 75 2410. Při návrhu uspořádání a konstrukčního řešení bezpečnostních přelivů suché nádrže se doporučuje respektovat podmínky pro architektonicko-estetické začlenění objektu do krajiny (umístění v terénu, použité materiály apod.) (10).“

Obvykle se používá boční (postranní) bezpečnostní přeliv nebo čelní bezpečnostní přeliv buď jako lokální snížení koruny hráze nebo jako součást sdruženého objektu (11) (13).

Výpustní zařízení

Při řešení suchých a retenčních nádrží se zpravidla navrhuje bezobslužné výpustní zařízení, jehož kapacita při návrhové povodni nepřesáhne neškodný průtok. Pro zajištění nejefektivnějšího využití retenčního prostoru při transformaci povodňové vlny je nutné navrhnout správný poměr kapacity spodních výpustí u průtočné nádrže ve vztahu k návrhovému povodňovému průtoku (8) (11).

Návrh spodních výpustí probíhá ve shodě s normami ČSN 75 2340 a ČSN 75 2410. Retenční nádrž může být vybavena pouze jednou spodní výpustí – a to za předpokladu, že výška hráze nepřevyšuje 9 m a zadržovaný objem je menší než 1 mil. m³. Dvě spodní výpusti se zřizují u nádrží, které buď převyšují tyto parametry nebo se u nich předpokládá výrazný chod splavenin, který by mohl vést k ucpání výpustního zařízení. Běžné průtoky musí spodní výpust převádět, aniž by přitom v nádrži docházelo ke vzdouvání hladiny. Průměr spodní výpusti se navrhuje minimálně DN 800 kvůli možnosti údržby a revizí, další úpravy pro zajištění bezeškodného odtoku lze implementovat na vtoku do spodní výpusti. V případě instalace vtokového objektu požerákového typu je nutné zajistit při návrhové povodni beztlakové proudění v potrubí navazující na požerák. V případě polosuché retenční nádrže se stálým nadržáním je třeba navrhnout vhodné zařízení sloužící k udržování provozní hladiny, které nesnižuje spolehlivost výpustního zařízení a umožňuje vypuštění prostoru zátopy za účelem údržby a oprav.

V případě průtočné nádrže s požadavkem na migrační prostupnost je nutné navrhnout výpustí objekt takovým způsobem, aby migraci živočichů umožňoval v době, kdy nádrž neplní svou retenční funkci. Toho lze dosáhnout rybím přechodem nebo migračně prostupnou kynetou pro běžné průtoky vloženou do dna odtokového objektu nádrže. Migračně prostupná kyneta by měla za běžných průtoků poskytovat migrujícím stejné hydraulické podmínky jako koryto



Obrázek 1 – Příklad opatření proti zanášení výpustního zařízení
Zdroj: <https://strednicechy.ochranaprirody.cz/res/archive/213/071162.pdf?seek=1585907111>

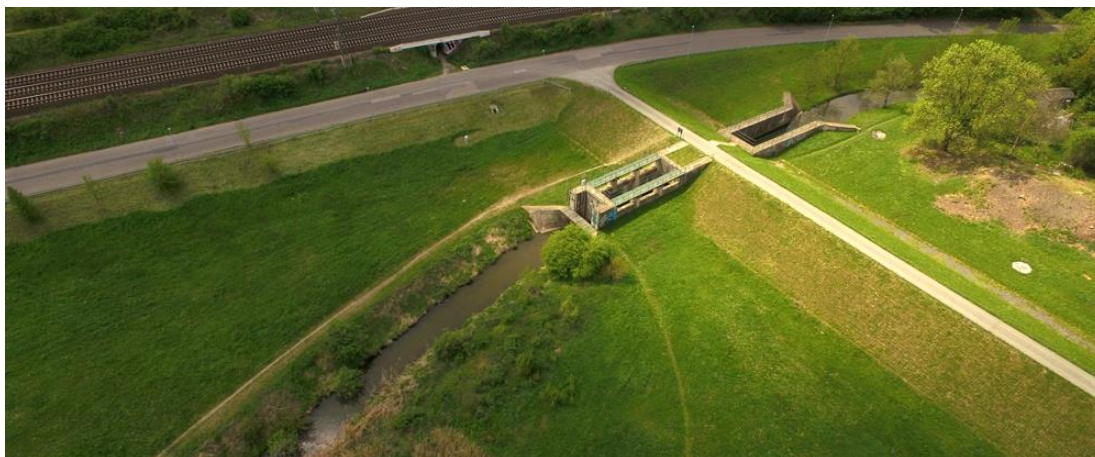


Obrázek 2 – Příklad migračně prostupného výpustního zařízení
Zdroj: <https://strednicechy.ochranaprirody.cz/res/archive/213/071162.pdf?seek=1585907111>

nad a pod výpustím objektem. Lze ji řešit například betonovým žlabem se zabetonovanou přirozeně drsnou strukturou kamenů (8) (11) (10) (14).

Sdružené objekty

Další možností řešení funkčních objektů je konstrukce sdruženého objektu, který kombinuje výpustní zařízení a nouzový, zpravidla šachtový nebo kašnový bezpečnostní přeliv. Sdružený objekt lze použít při výšce hráze do patnácti metrů, kvůli výraznému zásahu do krajinného rázu to ale není preferovaná varianta (11).



Obrázek 3 – Suchá retenční nádrž Čihadla se sdruženým objektem

Zdroj: <http://www.praha-priroda.cz/vodni-plochy-a-potoky/vodni-plochy-dle-katastru/hostavice/sn-čihadla/>

Hospodaření v zátopě

Součástí návrhu suché nebo polosuché nádrže je také návrh využití prostoru zátopy. Prostor zátopy může být tvořen prvky, kterým nevádí krátkodobé zatopení a vlhkost. V případě polosuchých nádrží je v každém případě nutné odstranit dřeviny v prostoru stálého nadržení. Dále je ze zátopy nutné odstranit stromy, které nesnesou krátkodobé zatopení, a dřeviny, které v případě zatopení hrozí vývratem, což by mohlo vést k ucpaní a poškození funkčních objektů. Vegetační porost se zpravidla ponechá v původním stavu, v případě, že začne vlivem občasného zatápění odumírat, je vhodné jeho nahrazení například zaplavitelným vrbovým hájem (11) (10) (14).

Prostor v zátopě je možné zemědělsky nebo lesnický využívat. Pokud to podmínky dovolí, je vhodné ponechat původní způsob obhospodařování, případně je nutné přizpůsobit jej novým podmínkám z důvodu častějšího zplavování (10).

Zemědělské využití

Nejméně rizikové zemědělské využití prostoru zátopy je trvalý travní porost (což umožňuje pastvu ovcí, sečení trávy a sušení sena). Pro tento způsob využití je potřebný plynulý sklon terénu v zátopě, vhodný časový režim záplav z hlediska ošetřování a sklizně porostu a vhodná úroveň hladiny podzemní vody. Více rizikové, ale za splnění

určitých podmínek možné je využití prostoru zátopy jako orné půdy. To je ale podmíněno dostatečnou mocností vrstvy ornice, vhodným obsahem skeletu, který by při povodni a zejména při prázdnění nádrže nevedl k výraznému smyvu ornice, přirozeně nebo uměle dobře odvodněným dnem zátopy, vhodnou úrovní hladiny podzemní vody a vhodným časovým režimem povodní pro pěstování plodin (9) (10).

Lesnické využití

V prostoru zátopy mohou být lesy hospodářské, které se ovšem doporučuje vysazovat pouze v prostoru s frekvencí zatápění nižší než jednou za dvacet let, lesy zvláštního určení (například s funkcí krajino tvornou, půdoochranou nebo vodoochranou) nebo speciální kultury, jako jsou například již zmíněné vrbové háje. Tam, kde existuje riziko zanášení splaveninami, se nedoporučuje lesní kultury vysazovat (10).

Další využití

„Není vyloučeno využívání pozemků pro další účely, např. rekreační, sportovní nebo jako prvku Územního systému ekologické stability (ÚSES). V prostoru zátopy suché nádrže nesmí být umístěny stavby pro bydlení (bytové domy, rodinné domy), rekreační objekty, výrobní provozy a sklady nebo skládky látek, které by mohly ohrozit jakost vody. V prostoru zátopy je rovněž třeba vyloučit přítomnost snadno odplavitelných předmětů, které by mohly omezit kapacitu výpustných zařízení (10).“

V zátopě suchých i polosuchých retenčních nádrží je vhodné kombinovat revitalizační úpravy koryta vodního toku, mokřady a tůň. V případě předpokládaného výrazného chodu splavenin je vhodné provést opatření k jejich zachycení (9) (10) (14).

Doporučení dokumentů Metodika (2008) a Strategie (2015)

Dokument Metodika z roku 2008 (4) a na něj navazující dokument Strategie z roku 2015 (5), které oba řeší koncepci ochrany před povodněmi v České republice pomocí přírodě blízkých opatření, obsahují následující doporučení k suchým a polosuchým nádržím: *„Součástí opatření je revitalizace toku v prostoru maximální zátopy suché nádrže. Revitalizace toku podporuje transformační účinnost poldru zapojením funkce aktivní nivy. Tento účinek má význam zejména při povodních s vysokou četností výskytu ($Q_1 - Q_5$). V území podél toku je optimální vytvořit tzv. meandrový pás, kde bude docházet k samovolnému vývoji koryta. V závislosti na geomorfologickém typu mohou být v prostoru poldru vytvořena nivní ramena či odstavená ramena. Součástí revitalizace toku a údolní nivy je rovněž vytvoření podmínek pro obnovu nivní vegetace, která posiluje ekologickou hodnotu území a zároveň působí příznivě na zpomalování povodňových průtoků a na stabilitu koryta a nivy (5).“*

3. ZÁJMOVÁ LOKALITA

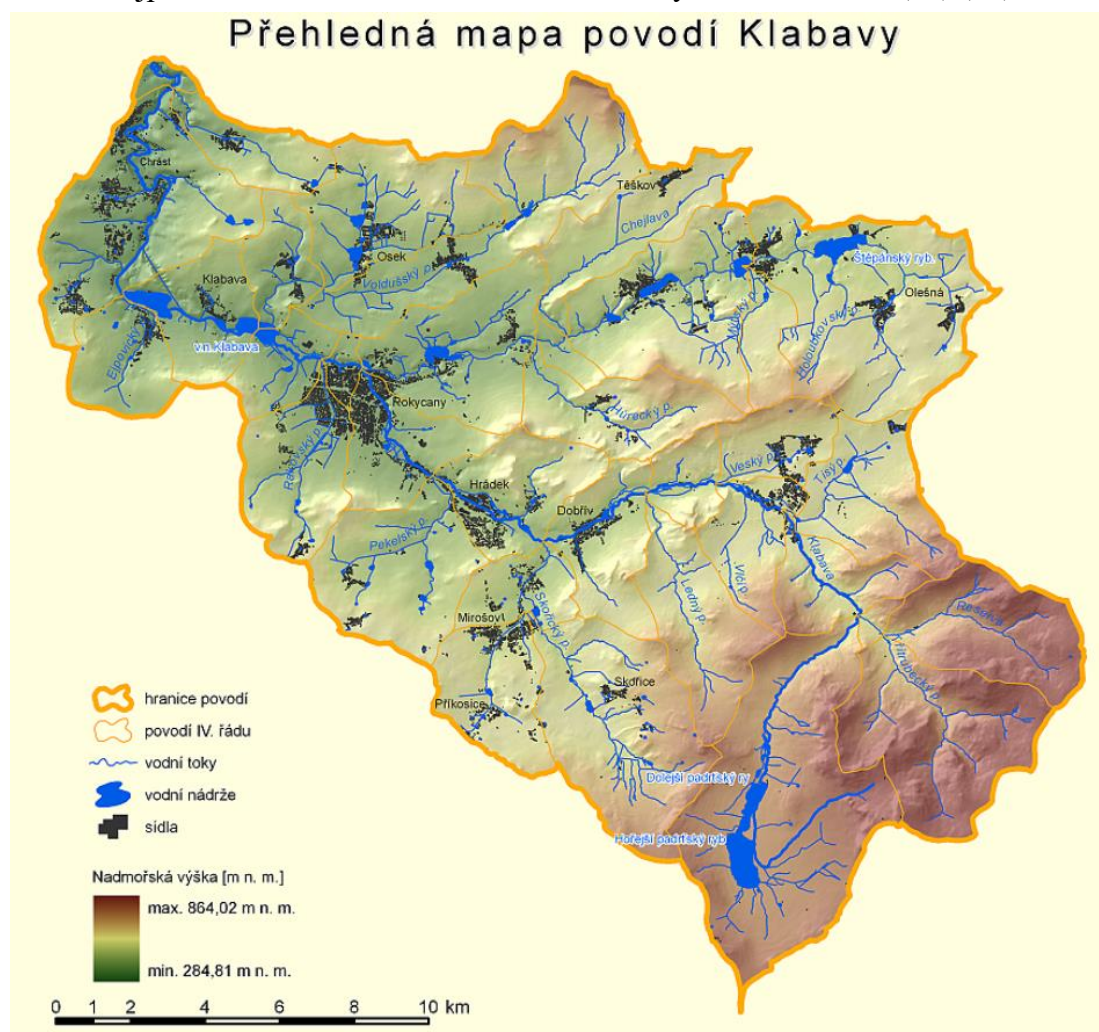
Zájmovou lokalitou diplomové práce je povodí horní Klabavy – tedy úsek od pramene Klabavy (ř.km 51,200) k jejímu soutoku s Holoubkovským potokem (ř.km 19,723). Plocha zájmového povodí činí 190 km² z celkových 373 km² povodí Klabavy. Délka Klabavy (nad soutokem s Holoubkovským potokem dříve známé pod jménem Padrt'ský potok) je v rámci řešeného povodí 31,47 km. Řešeny byly rovněž významné přítoky Klabavy odvádějící povrchový odtok z Brd – a sice Třítrubecký potok, potok Rezerva, Ledný potok, Vlčí potok a Skořický potok.

3.1. ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKY POVODÍ

Klabava je pravostranný přítok Berounky. Její povodí se nachází převážně v Plzeňském kraji (malá část pramenné oblasti leží v okrese Příbram Středočeského kraje). Klabava je šterkonosný tok s velkým podélným sklonem a rozkolísanými průtoky. Je nechvalně známá pro svou povodňovou aktivitu, kdy ze všech řek v Plzeňském kraji právě Klabava registruje nejrychlejší růst hladiny v návaznosti na srážky v povodí.

Klabava pramení východně od Padrt'ských rybníků v lesích CHKO Brdy v nadmořské výšce 678 m n.m. Obtéká Padrt'ské rybníky a pokračuje na sever ke Strašicím. U loveckého zámečku Tři Trubky se na ř.km 38,520 do Klabavy vlévá Třítrubecký potok, který navíc přivádí odtok z povodí Rezervy a spolu s ním tak Klabava odvodňuje významnou část srážkově bohatého severozápadního cípu Brd. Z hlediska protipovodňové ochrany Strašic, nejvýše položené obce situované na březích Klabavy, je proto klíčové řešení odtoku z povodí Klabavy, Třítrubeckého potoka a Rezervy. Klabava na ř.km 35,000 opouští CHKO Brdy a protéká zástavbou obce Strašice. Pod Strašicemi následuje přibližně 2,5 km dlouhý úsek v lesním porostu Přírodního parku Trhoň, kde se do Klabavy vlévá další významný přítok, Ledný potok. Pod soutokem Klabava směřuje k obci Dobřív, jejímž centrem protéká. Pod Dobřívem se do Klabavy vlévá Skořický potok a pod soutokem protéká Klabava intravilánem obcí Hrádek (kde je převážně vedena regulovaným korytem v areálu hrádeckých železáren) a Kamenný Újezd. Následně Klabava směřuje zemědělskou krajinou k okresnímu městu Rokycany, v jehož intravilánu byla rovněž provedena technická úprava koryta. V Rokycanech se do Klabavy na ř.km 19,723 vlévá Holoubkovský potok. Soutokem končí zájmové území této diplomové práce. Pod Rokycany Klabava

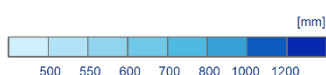
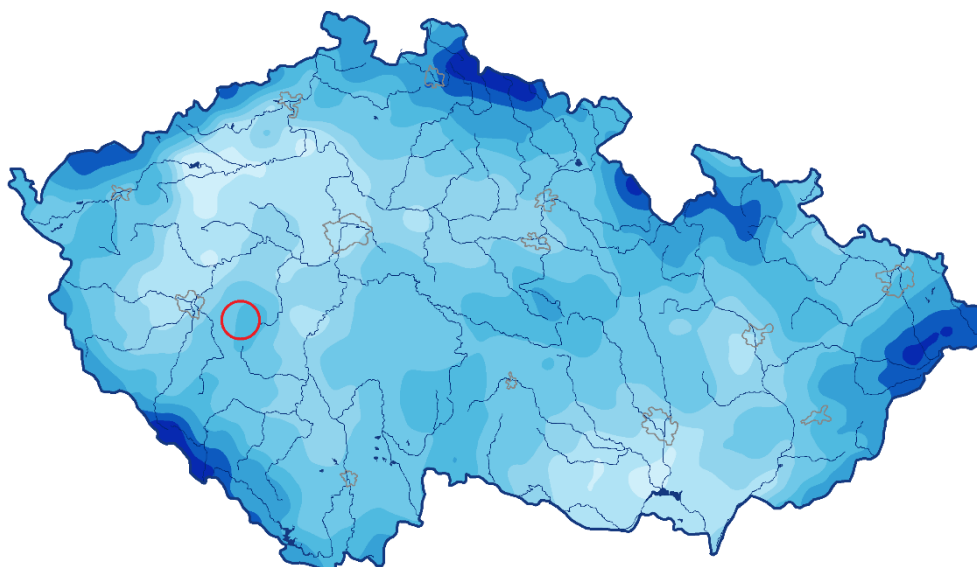
protéká nádrží VD Klabava pocházející z konce padesátých let, jejíž původním účelem byla protipovodňová ochrana dolu na železnou rudu u Ejovic. Po ukončení těžby a zatopení dolu ztratilo vodní dílo svůj primární účel, dnes je tak jeho účelem zajištění minimálního zůstatkového průtoku níže po toku, zmírnění účinku povodní, rybolov, rekreační využití nádrže a využití vodní energie. Níže pak Klabava protéká zatopeným dolem u Ejovic, obcí Chrást a vlévá se do Berounky na ř.km 122,52 (15) (16).



Obrázek 4 – Přehledná mapa Klabavy

Zdroj: http://www.dibavod.cz/download.php?id_souboru=2312

Pro **hydrologické charakteristiky** povodí je zásadní, že Klabava odvádí vodu ze severozápadního cípu Brd, který je v celorepublikovém kontextu srážkově relativně bohatou oblastí. Dokládají to data ČHMÚ, kdy dlouhodobý srážkový normál v období 1991 – 2020 udává hodnotu ročního srážkového úhrnu pro území České republiky 684 mm a pro Plzeňský kraj 686 mm. Ve stejném období byl ve srážkoměrných stanicích Borovno, Míšov (L1BORO01) a Strašice (L2STRA01) naměřen průměrný roční srážkový úhrn 736,62 mm, respektive 736,27 mm (Stanoveno na základě volně dostupných dat jednodenních srážkových úhrnů ČHMÚ) (17) (18).

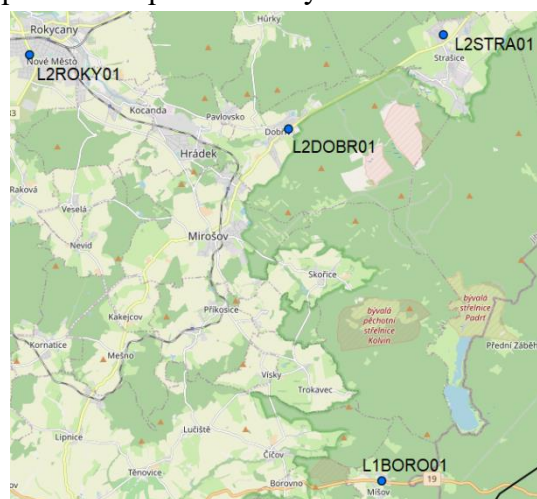


www.chmi.cz

Obrázek 5 – Průměrný srážkový úhrn na území ČR v letech 1991 – 2010

Zdroj: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/charakteristiky_klimatu/img/SRA8110.gif

Podrobnější analýzou dat jednodenních srážkových úhrnů ČHMÚ čtyř srážkoměrných stanic v povodí horní Klabavy byly za období posledních patnácti let (období zvolené z důvodu začátku měření stanice L2ROKY01 až v druhé polovině roku 2006) určeny hodnoty průměrného ročního srážkového úhrnu a maximálního jednodenního srážkového úhrnu. Z výsledků vyplývá, že posledních patnáct let bylo srážkově mírně chudší, než udává dlouhodobý srážkový normál, a také, že srážkový úhrn je největší v pramenné oblasti Klabavy a klesá se vzdáleností toku od pramene. Rozdíl mezi průměrným ročním srážkovým úhrnem stanice v Rokycanech a v Borovnu nedaleko Padrt'ských rybníků je vyšší než 200 mm, maximální jednodenní srážkový úhrn byl v daném období v Borovnu zaznamenán téměř dvojnásobný oproti Rokycanům (18).



Obrázek 6 – Mapa srážkoměrných stanic

Zdroj:

https://www.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/OS/stanice/ShowStations_CZ.html

Srážková data v období 1.1.2007 - 31.12.2021				
Srážkoměrná stanice	Rokycany	Dobřív	Strašice	Borovno
Kód srážkoměrné stanice	L2ROKY01	L2DOBR01	L2STRA01	L1BORO01
Průměrný roční srážkový úhrn [mm]	521,3	678,8	696,1	728,5
Maximální denní srážkový úhrn [mm]	52,0	60,9	83,6	93,3

Tabulka 1 – Analýza jednodenních srážkových dat pro srážkoměrné stanice v povodí horní Klabavy (18)

Klíčovou charakteristiku povodí představuje **ochrana přírody a krajiny**, která je zde přítomná v několika rovinách. Součástí práce je přehledná mapa zahrnující jednotlivé zóny CHKO Brdy a polohu evropsky významných lokalit (**Příloha č.5**).

Základní nástroj ochrany přírody představuje CHKO Brdy, která pokrývá značnou část řešeného povodí. CHKO Brdy vzniklo na základě Nařízení vlády č. 292/2015 Sb. o Chráněné krajinné oblasti Brdy, která vstoupila v platnost 1. ledna 2016 (19).

„Předmětem ochrany chráněné krajinné oblasti je harmonicky utvářená převážně lesní krajina Brdské vrchoviny se zachovalými ekologickými funkcemi, s typickým krajinným rázem s bezlesými enklávami a minimálním osídlením společně s přírodními hodnotami krajiny spočívajícími v rozsahu a kvalitě přirozených a polopřirozených společenstev charakteristických pro brdskou krajinu, zejména bezkolencových a pcháčovských luk, vřesovišť, rašelinišť, pramenišť, mokřadů, společenstev skal a přirozených lesních společenstev a na ně vázaných vzácných a zvláště chráněných druhů rostlin a živočichů. Předmětem ochrany jsou také paleontologická naleziště a geologické a geomorfologické lokality, zejména projevy mrazového zvětrávání, skalní výchozy, kamenná moře a sutě a také typy přírodních stanovišť a druhy, pro které byly vyhlášeny evropsky významné lokality na území chráněné krajinné oblasti (20).“

Na základě vyhlášky č. 293/2015 Sb. (Vyhláška o vymezení zón ochrany přírody Chráněné krajinné oblasti Brdy) bylo území rozděleno do čtyř zón odstupňované ochrany přírody. I. zóna zahrnuje území s nejcennějšími přírodními hodnotami, člověkem nenarušenými nebo jen minimálně narušenými ekosystémy a nejhodnotnější území z hlediska biologické rozmanitosti a ekologické stability krajiny, pro která jsou uplatňována nejprísrnější pravidla ochrany přírody. Nižší stupeň ochrany je uplatňován v II. zóně CHKO Brdy, do které spadají hospodářsky využívané lokality se zachovanými ekosystémy a přírodními hodnotami, u kterých je možné jejich šetrné využívání. Do III. zóny se řadí ekosystémy silně narušené lidskou činností, lokality využívané k intenzivnímu lesnímu hospodářství či zástavba účelovými stavbami, mezi které se řadí mj. pro tuto práci klíčové stavby vodohospodářské. Do IV. zóny spadají území silně přeměněná lidskou činností nezahrnutá v zónách I. – III. (21).

Druhým významným nástrojem ochrany přírody a krajiny v zájmovém území je koncept evropsky významných lokalit soustavy Natura 2000 navazující na směrnici č. 92/43/EHS o ochraně volně žijících živočichů, planě rostoucích rostlin a přírodních stanovišť. Evropsky významné lokality jsou zřizovány za účelem zachování biologické rozmanitosti a ochrany nejvíce ohrožených živočišných druhů, rostlin a

přírodních stanovišť. Z hlediska této diplomové práce jsou rozhodující tři evropsky významné lokality. Největší plochu z nich zabírá EVL „Padrt'sko“, která se rozkládá na pláních a v lesním porostu v okolí Padrt'ských rybníků a zahrnuje koryto řeky Klabavy od Padrt'ských rybníků až k soutoku s Třítrubeckým potokem. Předmětem ochrany je jeden živočišný druh – rak kamenáč (tato problematika je podrobněji popsána v kapitole věnované úseku řeky Klabavy nad Strašicemi) – a dvanáct stanovišť, kde se jako neproblematičtější z hlediska náplně této práce jeví bezkolencové louky na vápnatých, rašelinných nebo hlinito-jílovitých půdách, které jsou nejvíce ohroženy změnou hydrologických poměrů – odvodněním nebo naopak zamokřením. Další dvě evropsky významné lokality „Ledný potok“ a „Klabava“ mají jako předmět ochrany vranku obecnou a pokrývají koryto Klabavy mezi Strašicemi a Dobřívem a Ledného potoka od areálu Bahna k jeho ústí do Klabavy (22) (23) (24).

Údolí Klabavy mezi Strašicemi a Dobřívem spadá do Přírodního parku Trhoň, což je forma ochrany přírody a krajiny nižšího stupně než CHKO. Předmětem ochrany přírodního parku je krajinný ráz. Pro povolení a umístění stavby v přírodním parku je třeba souhlasu orgánu ochrany přírody (25).

Okolí Padrt'ských rybníků (spadající také do I. – III. zóny CHKO Brdy a EVL „Padrt'sko“) bylo prohlášeno regionálním biocentrem ÚTP ÚSES ČR.

V povodí horní Klabavy se vyskytují také další chráněné lokality (např. další EVL nebo koridor soustavy EECONET), nezasahují však přímo do vybraných lokalit řešených v rámci této diplomové práce, není jim zde proto věnován výraznější prostor.

Z hlediska realizace případných protipovodňových opatření v povodí hrají důležitou roli **majetkoprávní vztahy a správa vodních toků**. Přehledná mapa správců vodních toků je součástí práce jako **Příloha č.4**.

Většina řešených úseků vodních toků je ve správě Povodí Vltavy, s.p. (Klabava, Třítrubecký potok od soutoku s Voložným potokem, Rezerva, Vlčí potok a dolní úsek Ledného potoka mimo CHKO Brdy). Lesy ČR, s.p. jsou správcem středního a dolního úseku Skořického potoka. Vojenské lesy a statky ČR, s.p. spravují Ledný potok v CHKO Brdy, Třítrubecký potok nad soutokem s Voložným potokem a horní úsek Skořického potoka nad Skořicemi.

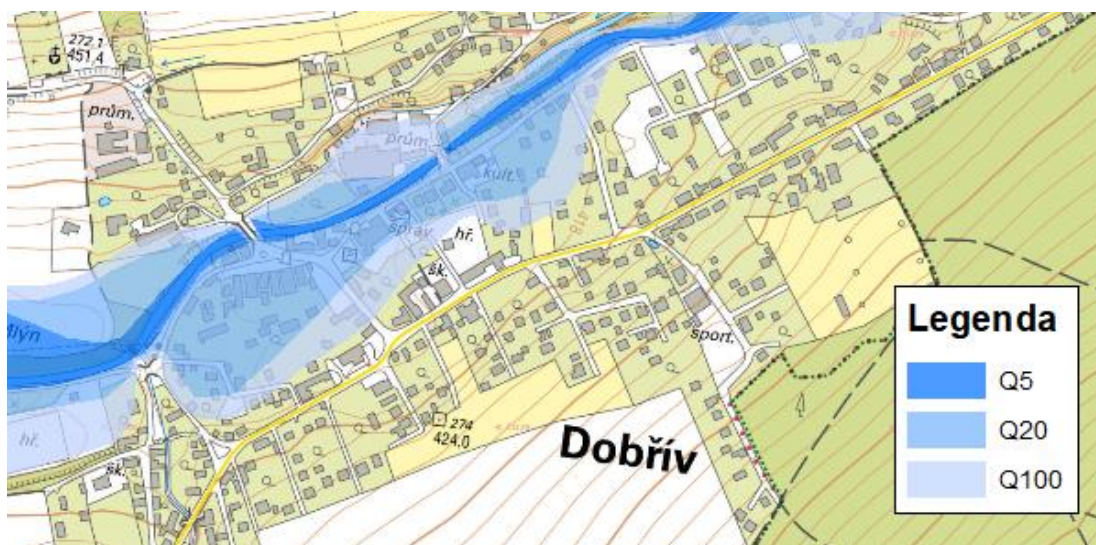
3.2. POVODŇOVÉ RIZIKO

Riziko spojené s povodňovou aktivitou Klabavy je patrné z mnoha různých zdrojů. Jako první se nabízí historická zkušenost, té je ale v této práci věnována samostatná kapitola. Riziko je jednoznačně patrné ze záplavových území, jejichž orientační průběhy jsou součástí volně dostupné struktury DIBAVOD. Z těchto teoretických rozlivů je patrné, že pro případ stoleté povodně není dostatečně chráněna zástavba ani jedné obce, kterou Klabava v řešeném úseku protéká. Nejlépe je na tom město Hrádek, kde Klabava protéká průmyslovým areálem železáren a pro obytnou zástavbu tak riziko nepředstavuje.

Nejhorší protipovodňovou ochranou obyvatel disponují Rokycany a Dobřív, kde se nezanedbatelný počet budov nachází i v záplavovém území dvacetileté vody (26).



Obrázek 7 – Záplavová území v Rokycanech
Zdroj: Vytvořeno v aplikaci ArcMap na základě dat DIBAVOD a ZM10



Obrázek 8 – Záplavová území v Dobřívě
Zdroj: Vytvořeno v aplikaci ArcMap na základě dat DIBAVOD a ZM10

Dalším vhodným ukazatelem povodňového rizika jsou hodnoty neškodného průtoku v intravilánech ohrožených obcí, které stanovil Doc. Ing. Aleš Havlík, CSc. v rámci akce *Stanovení neškodného průtoku na toku Klabava v úseku ústí do Berounky – Strašice* a které jsou shrnuty v následující tabulce (27):

Staničení [ř. km]	Neškodný průtok [m ³ .s ⁻¹]	Popis
35.944	45	Kritický profil v obci Strašice
34.014	40	Kritický profil v obci Strašice
28.763	45	Kritický profil v obci Dobřív
-	-	Hrádek - kapacita koryta vyšší než 130 m ³ .s ⁻¹
23.694	60	Kritický profil v obci Kamenný Újezd
22.982	65	Kritický profil v obci Kamenný Újezd
22.739	55	Kritický profil v obci Kamenný Újezd
20.605	100	Kritický profil v Rokycanech
20.203	105	Kritický profil v Rokycanech

Tabulka 2 – Výstupy Stanovení neškodného průtoku na toku Klabava v úseku ústí do Berounky – Strašice (27)

Stanovení neškodného průtoku sloužilo jako podklad pro *Studii opatření na ochranu před negativními účinky povodní na území svazku obcí v povodí Klabavy*, jejíž výstupem byla mj. také tabulka obdobných hodnot neškodných průtoků v kontextu s hodnotami N-letých průtoků, ze které jasně vyplývá, že ze všech pěti obcí pouze v Hrádku je koryto Klabavy kapacitní na dvacetiletou povodeň (28).

OBEC	Q _{neš}	Q ₅	Q ₂₀	Q ₁₀₀
Strašice	40 m ³ /s	23,2 m ³ /s	41,5 m³/s	70,2 m ³ /s
Dobřív	45 m ³ /s	33,4 m³/s	59,7 m³/s	101,0 m ³ /s
Hrádek	< 129 m ³ /s	42,7 m ³ /s	76,3 m ³ /s	129,0 m³/s
Kamenný Újezd	55-65 m ³ /s	46,9 m³/s	83,9 m³/s	143,0 m ³ /s
Rokycany	80 m ³ /s	46,9 m ³ /s	83,9 m³/s	143,0 m ³ /s

Obrázek 9 – Neškodný průtok v kontextu N-letých průtoků

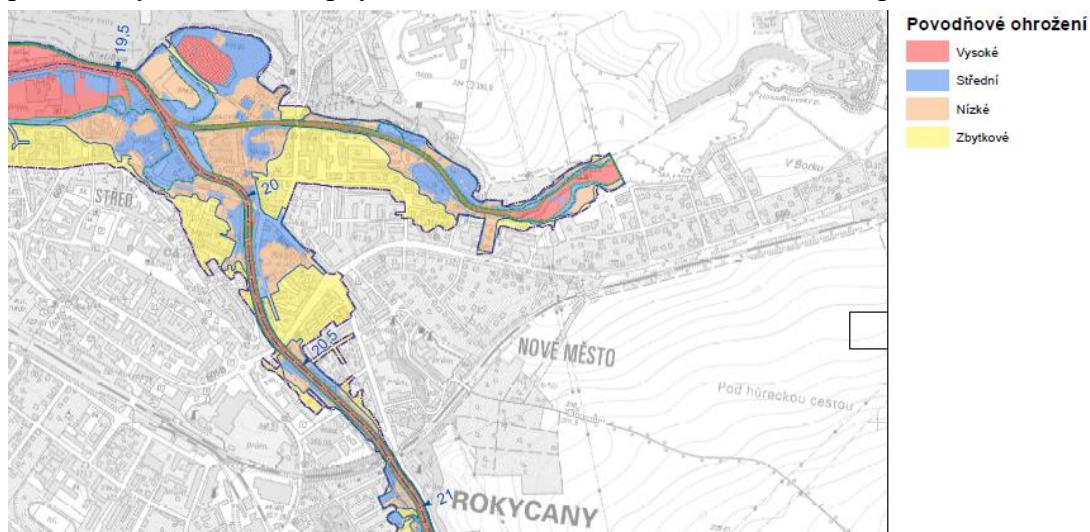
Zdroj: *Studie opatření na ochranu před negativními účinky povodní na území svazku obcí v povodí Klabavy* (14)

Neškodný průtok sloužil také jako návrhová hodnota pro odtok z VD Amerika v rámci studie proveditelnosti. Byla použita hodnota 19,4 m³/s, která ale odpovídá kapacitě koryta mimo intravilán – vodní dílo by tak zmírnilo povodeň do takové míry, že by nedocházelo ani k rozlivu v nezastavěných úsecích (29).

Povodňové riziko, které Klabava představuje je patrné také z dokumentu *Strategie ochrany před negativními dopady povodní a erozními jevy přírodě blízkými opatřeními v České republice*, v rámci kterého je Klabava v úseku od soutoku se Skořickým

potokem k soutoku s Beroučkou vyhodnocena jako území s vysokou mírou ohrožení povodněmi a erozí. V sekci *Ochrana před povodněmi a vodní režim krajiny* Plánu dílčího povodí Beroučky je Klabava v úseku ř.km 35,3 – 0,0 vyhodnocena jako *oblast s významným povodňovým rizikem* a obce Rokycany, Strašice, Dobřív a Kamenný Újezd vyhodnoceny jako obce s *nepřijatelným povodňovým rizikem* (5) (30).

Povodňová rizika lze odvodit také z map povodňového nebezpečí, ohrožení a povodňových rizik dostupných na stránkách Ministerstva životního prostředí (31).



Obrázek 10 – Výřez z mapy povodňového nebezpečí, ohrožení a povodňových rizik – Rokycany

Zdroj: https://www.mzp.cz/mapy_povodnove_ohrozeni_rizika/index.html (18)

V neposlední řadě je povodňové nebezpečí spojené s Klabavou možné vysledovat z dokumentu *Dokumentace oblastí s významným povodňovým rizikem KLABAVA – BER 05-01 - Ř. KM 0,000 – 35,300*, kde jsou uvedeny počty dotčených obyvatel a objektů N-letými povodněmi a počet obyvatel a objektů v nepřijatelném riziku (32).

Poř. číslo	ICOB	Název obce	Počet obyvatel celkem	Počet objektů celkem	Počet dotčených obyvatel / objektů							
					Q ₅		Q ₂₀		Q ₁₀₀		Q ₅₀₀	
					Obyv.	Obj.	Obyv.	Obj.	Obyv.	Obj.	Obyv.	Obj.
7	559717	Rokycany	13 810	2 980	0	8	10	30	568	155	2 071	318
8	559776	Dobřív	1 171	663	0	2	46	55	78	101	141	160
9	559822	Hrádek	2 728	616	0	1	0	1	0	1	30	82
10	559911	Klabava	456	248	0	0	0	2	2	9	10	12
11	560162	Strašice	2 475	753	0	0	0	1	40	56	122	139
12	579009	Medový Újezd	305	177	0	0	0	0	0	1	0	1
Celkem			27 143	8 066	2	36	67	137	716	416	2 626	971

Poř. číslo	ICOB	Název obce	Počet obyvatel celkem	Počet objektů celkem	Počet obyvatel v nepřijatelném riziku	Počet objektů v nepřijatelném riziku
5	559717	Rokycany	13 810	2 980	116	33
6	559776	Dobřív	1 171	663	66	31
7	559911	Klabava	456	248	8	4
8	560162	Strašice	2 475	753	8	3
Celkem			22 478	6 627	224	109

Obrázek 11 – Kvantifikace ohrožených obyvatel a objektů v povodí horní Klabavy
Zdroj: Vyjmuta z Dokumentace oblastí s významným povodňovým rizikem KLABAVA – BER 05-01 - Ř. KM 0,000 – 35,300 (19)

3.3. HISTORICKÉ POVODNĚ

Povodně jsou v povodí Klabavy častým jevem. Převládají zde povodně letního typu. První historicky zaznamenanou povodní v Rokycanech byla událost z roku 1598, další povodně byly zaznamenány v letech 1713, 1750, 1752, 1770, 1786 a 1824. Historicky největší zaznamenanou povodní je událost z května roku 1872. Extrémní přívalové deště zasáhly část povodí Berounky o ploše několika tisíc kilometrů čtverečních. Jedním ze tří ohnisek této události byla oblast severního úpatí Brd a povodí Klabavy. V této době neexistoval měřicí systém takový, jak ho známe dnes, dochované odhady srážkových úhrnů a kulminačních průtoků vycházejí z méně přesných měřících metod (plnění otevřených nádob). Prameny uvádějí, že u Mladotic (povodí Střely) činil srážkový úhrn za 1,5 hodiny téměř 240 mm srážek. I přes prudký nárůst hladiny i protržení rybníčních hrází na Rokycansku nebyly škody příliš vysoké. To však nelze říct o Berounce, kdy v Berouně byl kulminační průtok odhadován na 3000 m³/s (kulminační průtok povodně v roce 2002 zde činil 2170 m³/s) (22) (33) (34).

Další povodňové události byly zaznamenány v letech 1890, 1893, 1895, 1909, 1922, 1930, 1949, 1965. Lépe zmapovanými jsou povodňové události z přelomu sedmdesátých a osmdesátých let, které odstartovala povodeň z května 1978. Přívalový déšť byl následován několikadenním trvalým deštěm, kdy pětidenní srážkový úhrn činil 130 mm. Měření průtoků probíhalo na VD Klabava pod městem Rokycany. Kulminační přítok do nádrže odpovídal sedmnáctileté vodě (70 m³/s). V červenci roku 1980 pak během tří dní spadlo v povodí Klabavy přes 100 mm srážek, což vyvolalo

povodňovou vlnu s hodnotou kulminačního průtoků 124 m³/s v profilu VD Klabava, což odpovídá době opakování 75 let. V Rokycanech byla doba opakování povodňové události na Klabavě i Holoubkovském potoce odhadována na 50 – 100 let. Trojici povodní



Obrázek 12 – Rokycany Na Pátku během povodně v červenci 1980

Zdroj:

https://rokypedia.rokycanstipatrioti.cz/images/Povode%C5%88_na_P%C3%A1tku_21._7._-22._7._1980_-1.jpg

završila v červenci roku 1981 událost navazující na více než 60 hodin trvající dešť v povodí Klabavy. Srážkový úhrn ve Strašicích činil 115 mm. V nádrži VD Klabava bylo zadrženo 3,5 mil. m³ vody, přesto byl na odtoku z nádrže zaznamenán průtok odpovídající době opakování 100 let. Doba opakování povodně nad VD Klabava byla odhadnuta na 200 – 300 let (22) (33) (34).

Další významná povodňová událost byla zaznamenána v červnu 1995. Srážkový úhrn v Borovnu činil 74,5 mm, ve Strašicích 64,5 mm. Srážková událost dala vzniknout povodňové vlně, která na VD Klabava kulminovala na hodnotě průtoku 128 m³/s. Doba opakování povodně v Rokycanech byla stanovena na 65 let nad soutokem Klabavy a Holoubkovského potoka, pod ním dokonce na 100 let. Transformace povodňové vlny v nádrži VD Klabava vedla ke zmírnění povodně na cca 25letou vodu pod přehradou (22).

Nejničivější povodeň v nedávné historii zasáhla území České republiky v srpnu roku 2002 po dvou na sebe navazujících vlnách dešťů. První vlna srážek zasáhla mj. povodí Klabavy mezi 6. a 8. srpnem. Tato vlna nezpůsobila nikterak vysoké škody, došlo ale k nasycení půdního horizontu a k naplnění retenčních prostorů vodních nádrží. Při druhé vlně dešťů mezi 11. a 13. srpnem tak došlo jen k minimální retenci. Celkový úhrn srážek za dobu obou srážkových událostí v povodí horní Klabavy činil 250 mm. Dal vzniknout ničivé povodňové vlně, která v Rokycanech kulminovala na hodnotě průtoku odhadované na 325 m³/s. V Dobřívě byl kulminační průtok odhadnut na 175 m³/s, v Hrádku byla výška hladiny odpovídající 3. SPA přesazena o 110 cm.

VD Klabava, které dokázalo skvěle transformovat menší povodňovou vlnu po první vlně srážek, už díky své vyčerpané retenční schopnosti nedokázalo plně transformovat druhou povodňovou vlnu a kulminační průtok na odtoku z nádrže tak činil 237 m³/s, což přesahuje stoletou vodu (22) (33) (34).



Obrázek 13 – Rokycany Na Pátku během povodně v srpnu 2002

Zdroj:

https://rokypedie.rokycanstipatrioti.cz/index.php?title=Soubor:Povode%5%88_na_P%C3%A1tku_12._8._-_13._8._2002_-2.jpg

V květnu roku 2006 došlo v povodí Klabavy k další povodňové události. Ze všech řek v povodí Berounky právě Klabava byla zasažena nejvíce, jelikož západní úbočí Brd, na kterém Klabava i její přítoky pramení, způsobilo orografické zesílení srážek. Šestihodinové srážkové úhrny dosahovaly 50-80 mm, celkový úhrn za dva dny činil 104,7 mm. Deště v povodí Klabavy vyvolaly povodeň s dobou opakování přibližně 50 let, která způsobila četné škody ve všech městech a obcích situovaných na březích Klabavy (22) (33) (34).



Obrázek 14 – Jez na Prácheň (ř.km 21,043) při povodni v roce 2006

Zdroj:

https://rokypedie.rokycanstipatrioti.cz/index.php?title=Soubor:Povode%88_28._5._2006_-_Pr%C3%A1chovna.JPG

Další, již méně ničivé povodňové události byly zaznamenány v letech 2010, kdy srážkové úhrny až 60 mm vedly ke zvýšení hladiny Klabavy na úroveň pětileté vody, a v roce 2013, kdy byl během několika na sebe navazujících povodňových vln dosažen průtok s dobou opakování 10 let (22) (33) (34).



Obrázek 15 – Jez na Prácheň (ř.km 21,043) při povodni v roce 2013

Zdroj:

https://rokypedie.rokycanstipatrioti.cz/index.php?title=Soubor:Povode%88_28._5._2006_-_Pr%C3%A1chovna.JPG

Vysoké povodňové riziko, které Klabava představuje, a nedávné zkušenosti s ničivou silou rozvodněného toku vedly v posledních dvaceti letech k velké snaze zajistit vyšší protipovodňovou ochranu, než zajišťují stávající opatření. Během dvou desetiletí od povodně 2002, která v České republice do velké míry odstartovala investice do protipovodňové ochrany, vzniklo několik variant snížení povodňového rizika v povodí Klabavy, povětšinou se ale jejich realizace potýkala s nejrůznějšími problémy. Otázka zajištění protipovodňové ochrany tak stále zůstává nevyřešená.

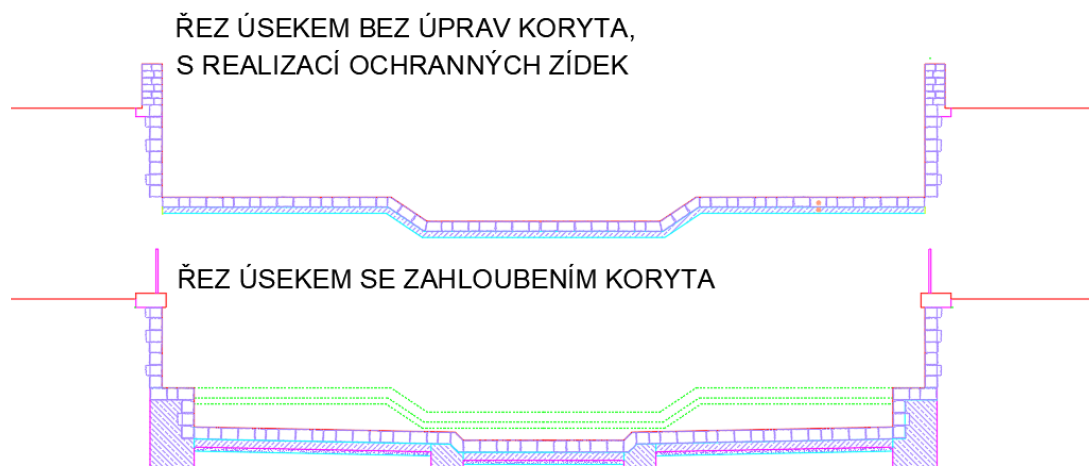
3.4. STÁVAJÍCÍ A UVAŽOVANÉ ZPŮSOBY ŘEŠENÍ PROTIPOVODŇOVÉ OCHRANY

3.4.1. TECHNICKÁ PPO

V minulosti byla protipovodňová ochrana v povodí horní Klabavy řešena pomocí technických úprav koryta v intravilánech obcí na jejích březích. Taková opatření dnes najdeme v Rokycanech, kde byla provedeno napřímení koryta a vytvoření lichoběžníkového, respektive obdélníkového složeného profilu opevněného kamennou dlažbou a kamennými zdmi, v Hrádku, kde je koryto vedeno přímým úsekem podobně opevněného obdélníkového složeného průřezu, ve Strašicích, kde je zahloubené koryto opevněno kamennou rovnaninou a lokálně ochrannými zdmi, v Kamenném Újezdu, kde je provedeno opevnění lichoběžníkového průřezu kamennou rovnaninou, i v Dobřívě, kde je koryto lokálně opevněné kamennými zdmi.

Povodně v srpnu 2002, které v České republice vedly k rozsáhlému investování do protipovodňové ochrany a které jasně ukázaly nedostatečnou kapacitu koryta Klabavy v intravilánech obcí, se začalo intenzivně řešit posílení protipovodňové ochrany zástavby na jejích březích.

První formou posílení protipovodňové ochrany byl projekt Zkapacitnění koryta v ř.km 17,900 – 20,500 orientovaný na intravilán města Rokycany, jehož přípravy začaly v roce 2004. Výsledný projekt, který byl městu předložen v roce 2014 s odhadovanými náklady na realizaci ve výši 490 mil. Kč bez DPH, spočíval v posílení stávající technické úpravy koryta, lokálním zahloubením dna v okolí hydraulicky nejproblematičtějších profilů a konstrukci cca 1 m vysokých ochranných zídek v koruně stávajících nábrežních zdí (35).



Obrázek 16 – Vzorové příčné řezy projektu Zkapacitnění koryta v ř.km 17,900 – 20,500
Zdroj: Zjednodušené výkresy vzorových příčných řezů (77)

Přestože tento projekt nabízel jednoduše proveditelné, hydraulicky efektivní řešení, které by zajistilo kapacitu koryta na stoletou vodu, k jeho realizaci nedošlo a už také nedojde. Proti projektu se totiž postavila široká veřejnost města Rokycany zastupovaná občanským hnutím Kulíšek. Projektu bylo po právu vyčítáno, že z veřejných prostředků financuje nákladnou ochranu majetku úzké skupiny osob a vede k definitivnímu odříznutí koryta od městského prostředí, místo aby hledal optimální řešení pro všechny obyvatele města spočívající ve využití jeho ekologického, a především rekreačního potenciálu. I přes snahu správce vodního toku a vlastníků nemovitostí v záplavových zónách původní záměr prosadit od něj bylo pod nátlakem veřejnosti upuštěno (36).

3.4.2. SUCHÉ RETENČNÍ NÁDRŽE

Během přípravy projektu technické PPO v Rokycanech zároveň probíhalo řešení snížení povodňového rizika v povodí pomocí suchých retenčních nádrží. V roce 2007 byla vypracována *Studie odtokových poměrů v povodí Klabavy*, jejíž návrhová část spočívala opatřeních na vodních tocích, intenzifikaci využití stávajících nádrží pro zachycení vod a transformaci průtoků a výstavbě nových suchých retenčních nádrží. V oblasti soutoku Rezervy, Třítrubeckého potoka a Klabavy bylo vytipováno pět profilů pro potenciální suché nádrže. Maximální hloubka zamýšlených nádrží se pohybovala v rozmezí 16 – 24 m, zadržený objem se pohyboval v rozmezí 0,7 – 4,1 mil. m³. Celkem bylo v povodí Klabavy vybráno patnáct potenciálních lokalit, další byly vybrány např. nad Dobřívem v profilu mezi Pytláckou roklí a silnicí s návrhovou výškou hráze 11 m a zadrženým objemem 2,1 mil. m³ nebo na Ledném potoce s návrhovou výškou hráze 17 m a zadrženým objemem 0,8 mil. m³ (22) (37) (38).

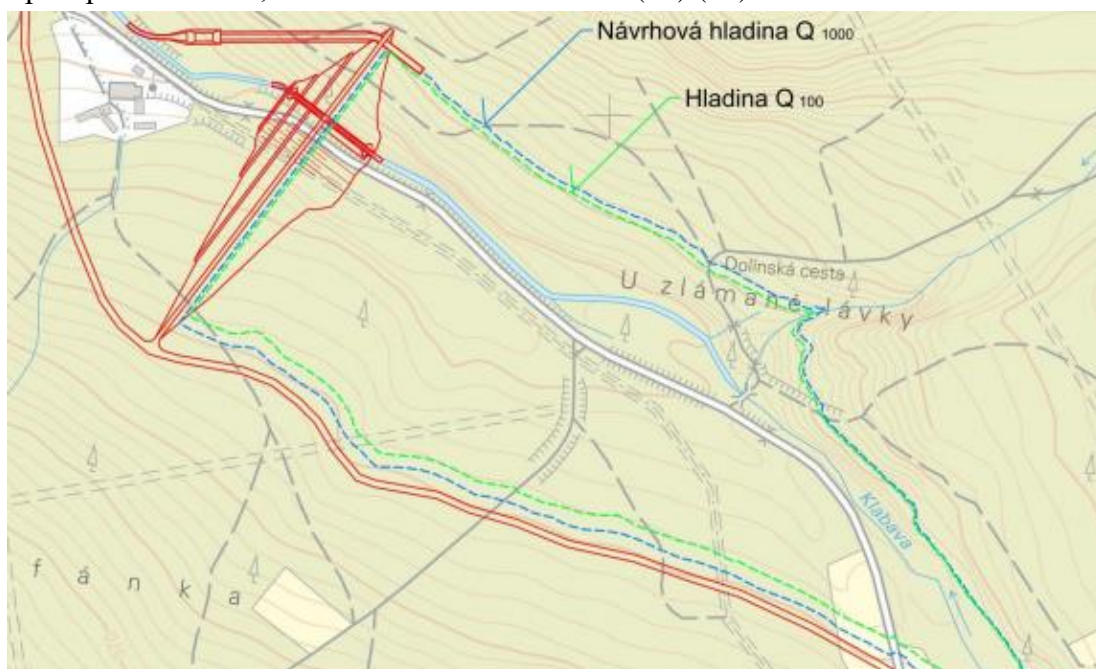


Obrázek 17 – Navržené profily suchých retenčních nádrží dle Studie odtokových poměrů v povodí Klabavy (2007)
Zdroj: <https://knihovna.nature.cz/files/28580>

Na základě zhodnocení protipovodňové efektivity a ekonomické efektivity jednotlivých variant byla jako nejlepší vybrána varianta suché retenční nádrže v profilu Amerika.

V červnu roku 2015 byla vypracována *Studie opatření na ochranu před negativními účinky povodní na území svazku obcí Klabavy*. Výstupem této studie bylo 39 návrhů opatření v intravilánech obcí a 18 opatření s retencí vody – suchých retenčních nádrží, svými parametry a umístěním velmi podobné nebo totožné s lokalitami vycházejícími ze Studie odtokových poměrů povodí Klabavy. Studie rovněž konstatuje, že pro ochranu Strašic a Dobříva na stoletou povodeň je v podstatě jedinou možností zadržení povodňových průtoků realizace suché retenční nádrže/nádrží v Brdech (22) (28).

Na základě těchto návrhů a doporučení vznikla *Studie proveditelnosti VD Amerika*. Jejím výsledkem byl konkrétní návrh suché retenční nádrže s maximální výškou hráze 22 m, délkou hráze v koruně 439 m a celkovým zatopeným objemem při stoleté povodni 1,748 mil. m³ a 2,181 mil m³ při desetitisícileté povodni. Délka zátopy byla přibližně 1,1 km a celková zatopená plocha určená k odlesnění měla výměru 29 ha. Navržené vodní dílo bylo schopné transformovat stoletou povodeň (s kulminačním průtokem 66,7 m³/s) na neškodný průtok (19,4 m³/s). Z ekonomického posouzení návrhu navíc při odhadu stavebních nákladů 546 mil. Kč bez DPH a redukcí kapitalizovaného rizika 619 mil. Kč bez DPH vyplývá, že návrh byl efektivní jak z protipovodňového, tak ekonomického hlediska (29) (39).



Obrázek 18 – Situační schéma návrhu VD Amerika
Zdroj: Vyjmuty z prezentace *Vodní dílo Amerika* (26)

Projednávaní záměru se sice nejprve zdálo být úspěšné, když původní nesouhlasné stanovisko Ministerstva obrany bylo změněno při splnění řady požadavků, které byly vyhodnoceny jako v rámci další přípravy splnitelné. Zlom v projednávaní ale nastal v květnu 2016, kdy bylo vydáno nesouhlasné stanovisko obce Strašice k VD Amerika. Stanovisko bylo zdůvodněno tím, že VD Amerika by představovalo neúměrně rozsáhlý zásah do krajinného rázu a ekologicky hodnotné lokality, že navrhované vodní dílo není v souladu s územním plánem a usnesením zastupitelstva obce o stavební uzávěře na daném území a že vodní dílo neřeší problematiku PPO na dalších vodních tocích v povodí Klabavy. Starosta obce Strašice v rámci stanoviska uvedl, že obec upřednostňuje řešení PPO spočívající v podpoře přirozené retence vody v krajině znamenající minimální zásah do CHKO a krajinného rázu. Na tomto bodě se jednání zastavila a od realizace VD Amerika bylo upuštěno (39).

3.4.3. ZVÝŠENÍ RETENČNÍ SCHOPNOSTI PRAMENNÉ OBLASTI

KLABAVY

V reakci na neúspěšnou snahu o realizaci technických protipovodňových opatření ve formě suchých retenčních nádrží a zkapacitňování koryt se v povodí Klabavy začala protipovodňová ochrana řešit přírodě bližším způsobem. Prvním dokumentem, který tento trend dokládá, je *Studie zvýšení retenční schopnosti pramenné oblasti CHKO Brdy – I. etapa Klabava* z března roku 2017. Studie přináší soubor opatření, jejichž realizace by vedla k posílení retenční schopnosti daného území – a tedy snížení povodňového rizika v povodí horní Klabavy (22).

Navrhovaná opatření zahrnují opatření na vodních tocích (revitalizace obtokového kanálu kolem Padrťských rybníků, odvodňovacích přítoků a Voložného potoka), opatření na vodních nádržích (intenzifikace využití stávajících nádrží v povodí pro účely protipovodňové ochrany pomocí rekonstrukce funkčních objektů, případně zvýšením koruny hrází), opatření na melioracích (např. přerušení odvodnění přehrážkami), opatření na cestní síti (spočívající v minimalizování koncentrace a rychlosti povrchového odtoku) a opatření na způsobech lesního hospodaření (podpora přirozeného stavu lesa) (22).

Součástí studie je hydrologické posouzení několika variant, ze kterého například vyplývá, že zrušení obtokového kanálu kolem Padrťských rybníků by snížilo hodnotu kulminačního průtoku v profilu Amerika o 7,7 %, pokud by bylo kromě zrušení

obtokového kanálu realizováno také opatření na způsobech lesního hospodaření v celém povodí, došlo by ke snížení hodnoty kulminačního průtoku o 25,4 % (22).

V pramenné oblasti Klabavy již došlo k realizaci některých navrhovaných opatření. Portál *Naše voda* například informoval o rozvolnění odvodňovacího příkopu podél silnice mezi Dolejším a Hořejším Padrtským rybníkem s cílem zpomalení odtoku vody a vytvoření biotopu pro rozmnožování obojživelníků a dalších na vodu vázaných živočichů (40).

3.4.4. POLOSUCHÉ RETENČNÍ NÁDRŽE V CHKO BRDY

Trend realizace k přírodě citlivých protipovodňových opatření, která jsou založená na podpoře přirozené retence vody v krajině, je patrný také z nedávné výstavby polosuchých retenčních vodních nádrží a tůní. V posledních letech bylo v CHKO Brdy realizováno pět malých vodních nádrží, jejichž účelem je retence vody v krajině, snížení povodňových průtoků, zvýšení biodiverzity krajiny a uplatnění krajinné funkce vodních nádrží. Tři nádrže ze zmíněných pěti jsou situovány v zájmovém území této diplomové práce. Malá vodní nádrž Klášterka s rozlohou 1420 m² byla realizována na přítoku Rezervy, výrazně větší vodní nádrže Bahna I. (rozloha 8120 m²) a Bahna II. (rozloha 4155 m²) byly realizovány na bezejmenném přítoku Ledného potoka v areálu Zadní Bahna. Mimo povodí Klabavy pak v Brdech byly realizovány MVN Pazderka (rozloha 1400 m²) a MVN Hejl (rozloha 1890 m²). Kromě malých vodních nádrží za účelem přirozené retence vody v krajině a posílení biodiverzity krajiny byly v CHKO Brdy v posledních letech rovněž realizovány čtyři desítky tůní (41) (42) (43).

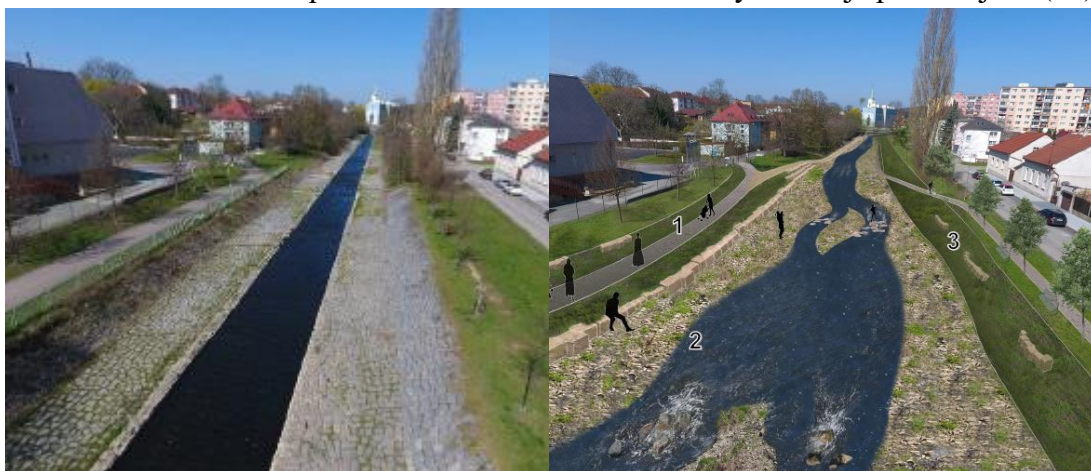


Obrázek 19 – Polosuchá retenční nádrž Bahna I. (v pozadí hrázové těleso nádrže Bahna II.)
Zdroj: Autorská fotografie

3.4.5. PBPO

Co se protipovodňových opatření v intravilánu obcí týče, v posledních letech byly podniknuty kroky k realizaci přírodě blízkých protipovodňových opatření, které spočívají v zajištění protipovodňové funkce koryta při zachování nebo posílení jeho ekologické hodnoty a rekreační využitelnosti. Po neúspěšné snaze o prosazení projektu technické PPO v Rokycanech schválilo Zastupitelstvo města v červnu roku 2019 řešení protipovodňových opatření ve městě Rokycany přírodě blízkým způsobem. Nový projekt bude finančně výrazně náročnější než projekt původní, zajistí ale ochranu celého města a jeho prioritou bude kromě zajištění ochrany města také vytvoření atraktivního prostoru pro návštěvníky a šetrnost k přírodě (44).

V roce 2021 byla zpracována *Studie proveditelnosti přírodě blízkých protipovodňových opatření*, na kterou by měl navázat vlastní projekt. Otázkou však zůstává, zda se případná realizace tak nákladného a komplikovaného projektu vůbec uskuteční. Studie představuje koncepci protipovodňové ochrany, která využívá přírodě blízká opatření. Místo technických prvků klade důraz na rozšíření koryta do stran, zpřístupnění koryta obyvatelům a realizaci pěších a cyklistických stezek. Kromě toho studie řeší i koryta Holoubkovského potoka a Rakovského potoka. Přestože výstupy studie dostupné z webu města Rokycany se mohou jevit jako veskrze pozitivní a mohou vyvolat dojem, že intravilánová revitalizace brzy vyřeší protipovodňovou ochranu Rokycan, je potřeba zmínit, že poslední pracovní verze studie zatím neuvádí žádné orientační náklady na investice. Ty nepochybně násobně převýší náklady spojené s původním projektem technické PPO, je ale možné, že převýší také finanční možnosti města. Pravděpodobnost realizace PBPO v Rokycanech je proto nejistá (45).



Obrázek 20 – Vizualizace PBPO v Rokycanech

Zdroj: Převzato ze studie proveditelnosti přírodě blízkých protipovodňových opatření (32)

Nejblíže realizaci PBPO je v povodí horní Klabavy obec Kamenný Újezd. Obec si v roce 2014 nechala připravit studii protipovodňových opatření, na kterou navázalo zpracování projektové dokumentace Přírodě blízká protipovodňová opatření na toku Klabava v obci Kamenný Újezd, která byla zadána v první polovině roku 2019 a jejíž aktualizovaná verze byla publikována na webových stránkách obce v září 2021.

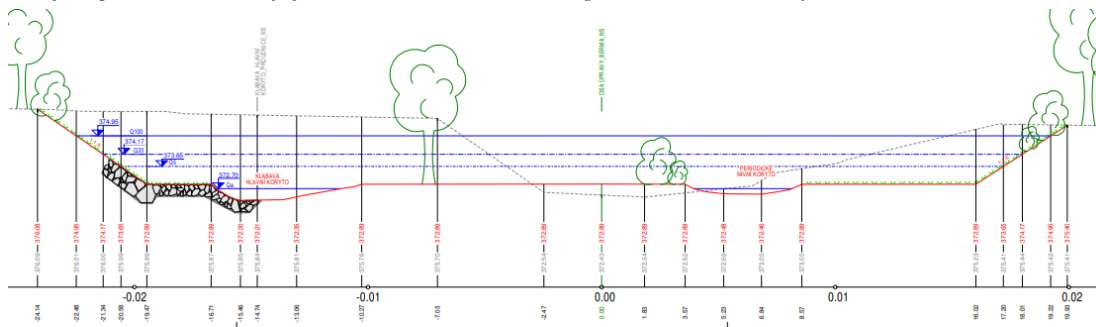
Úprava spočívá ve vytvoření složeného průřezu se stěhovavou přírodě blízkou kynetou a bermou řešenou jako povodňový park. Součástí projektu je také obnova migrační prostupnosti řešeného úseku. PBPO zajistí kapacitu koryta na stoletou vodu.

Realizace projektu by měla započnout v roce 2023 (46) (47)



Obrázek 21 – Výřez z koordinačního výkresu projektu PBPO Kamenný Újezd (34)

Zdroj: https://www.kamennyujezd.cz/assets/File.ashx?id_org=6296&id_dokumenty=4451



Obrázek 22 – Výřez jednoho ze vzorových příčných řezů projektu PBPO Kamenný Újezd (34)

Zdroj: https://www.kamennyujezd.cz/assets/File.ashx?id_org=6296&id_dokumenty=4447

V povodí horní Klabavy je jasně patrný trend řešení PPO pomocí ke přírodě a krajíně citlivých protipovodňových opatření v extravilánu a přírodě blízkých úprav koryt v intravilánu obcí. Přesto stále nebyla zavržena myšlenka řešení PPO pomocí vysoce kapacitní retenční nádrže – v roce 2020 se například objevila zpráva o potenciální realizaci nádrže na Ledném potoce s výškou hráze 29 m a schopností zadržet objem 4 mil. m³. Je tedy zřejmé, že celková koncepce řešení PPO povodí horní Klabavy stále není zdaleka vyřešena a realizace jednotlivých opatření k zajištění potřebné protipovodňové ochrany je snad jen kromě PBPO Kamenný Újezd stále vzdálená (48).

3.5. TERÉNNÍ PRŮZKUM

Terénní průzkum provedený ve dnech 1. až 3. dubna 2022 byl věnován Klabavě v úseku od Hořejšího Padrťského rybníka po zástavbu města Rokycan a jejich významných přítoků – vždy od jejich ústí do Klabavy po profil nedaleko jejich prameniště, nad kterým by již umístění retenční nádrže nemělo dostatečný strategický význam. Takto byly zkoumány potoky Skořický, Ledný, Třítrubecký a Rezerva. V rámci průzkumu byly sledovány a dokumentovány charakteristiky vodních toků, jejich koryt a nivy i blízkých lokalit významných z hlediska účelů práce.

Na základě terénního šetření a dalších dostupných informací a širších souvislostí byly následně vyhodnoceny potenciálně vhodné lokality pro umístění retenčních nádrží či realizaci jiných protipovodňových opatření. Toto hodnocení bylo provedeno s ohledem na uspořádání terénu, stupeň ochrany území, zalesněnost území zátopy, destruktivní dopady působení člověka na dané území, dopravní dostupnost pro potřebu stavby a strategický význam případné retenční nádrže s přihlédnutím k ploše povodí k danému profilu a významným přítokům pod/nad daným profilem.

Výsledky terénního průzkumu a vybrané potenciální lokality retenčních nádrží či jiných protipovodňových opatření jsou spolu s dalšími informacemi prezentovány v následujících kapitolách věnovaných dílčím úsekům Klabavy a jejím přítokům. Přehledná mapa potenciálně vhodných lokalit je součástí práce jako **Příloha č.1**.

3.6. KLABAVA

3.6.1. KLABAVA NAD STRAŠICEMI (Ř.KM 51,200 – 35,000)

Celé povodí řešené v této kapitole je součástí **CHKO Brdy**. Blízké okolí toku u Padrťských rybníků je v I. zóně, padrťské pláně (kde byly stanoveny dva potenciálně vhodné profily) spadají do II. zóny, níže po toku Klabava a její okolí spadá do III. zóny CHKO. Koryto Klabavy a jeho blízké okolí je od Padrťských rybníků až k soutoku s Třítrubeckým potokem součástí **evropsky významné lokality „Padrťsko“**.

Klabava pramení jihovýchodně od obce Teslíny ve výšce 678 m n.m v blízkosti Padrťských rybníků. Padrťské rybníky jsou nejvýše položenými chovnými rybníky ve Středních Čechách. Jejich hlavním využitím je chov ryb, kdy průměrný roční výlov padrťského kapra činí 40 až 50 tun. Dále pak rybníky slouží jako zdroj vody pro vodárny Strašice a Rokycany a pro Železářny Hrádek a další menší odběratele. Další funkci rybníků představuje zdroj vody pro požární účely, vyrovnávání odtokových

poměrů a zmírnění povodňových událostí. Voda v rybnících je v porovnání s jinými rybníky ve Středních Čechách velmi čistá a kyselá díky okolním lesům. Na obou rybnících hospodaří VLS Hořovice – Lesní správa Mirošov. Oba rybníky mají homogenní, sypané hráze, částečně opevněné kamennou rovnáninou na návodním líci. Rybníky jsou vybaveny bezpečnostním přelivem, Hořejší rybník má dokonce bezpečnostní přelivy dva (49) (50).

Hořejší rybník je větší, má plochu 115 ha a objem vody 2,75 mil. m³. Dolejší Padrťský rybník má plochu 65 ha a objem vody 1,48 mil. m³. Vzhledem k tomu, že oba rybníky mají úroveň hladiny normálního nadržení několik desítek centimetrů pod úrovní hrany bezpečnostního přelivu, při tak velké ploše zátopy disponují značným retenčním prostorem v případě významné srážky v jejich povodí (50).



Obrázek 23 – Hořejší Padrťský rybník – pohled od levého bezpečnostního přelivu do zátopy
Zdroj: Autorská fotografie



Obrázek 24 – Dolejší Padrťský rybník
Zdroj: Autorská fotografie

Přestože původně Klabava protékala skrz soustavu rybníků, v minulosti byl vytvořen obtokový kanál, kterým je nyní Klabava vedena. Důvodem pro vytvoření tohoto kanálu bylo hospodářské využívání rybníků, neboť kanál snižuje množství kyselých vod natékající do rybníční soustavy, což zvyšuje hospodářskou produkci v rybnících. Dalším důvodem je ochrana rybníčních hrází před vysokým přílivem srážkových vod (51) (52).

Obtokový kanál má spíše náhodou než úmyslně také funkci biologickou – skrz něj se populaci raka kamenáče z Klabavy pod Padrťskými rybníky podařilo dostat do vodotečí nad rybníky a usadit se v oblasti mezi Hořejším Padrťským rybníkem a Červeným lomem. Obtokový kanál je také vhodným biotopem pro čolka obecného (52).

Existence obtokového kanálu má nicméně také negativní efekt, jelikož část srážkového odtoku z potenciálního povodí Padrťských rybníků je odvedena obtokovým kanálem bez možnosti transformace povodňové vlny v rybnících. Navíc obtokový kanál odvodňuje okolní rašeliniště, což má negativní vliv na živočichy vázané na toto prostředí. Dalším negativním efektem je vyplavování a odnos škodlivých chemikálií pocházejících z bývalé důlní činnosti (53).



Obrázek 25 – Klabava vedená obtokovým kanálem okolo Hořejšího Padrťského rybníka
Zdroj: Autorská fotografie



Obrázek 26 – Klabava vedená obtokovým kanálem okolo Dolejšího Padrťského rybníka
Zdroj: Autorská fotografie

Jedním z potenciálně vhodných opatření v úseku Klabavy v CHKO Brdy z hlediska řešení protipovodňové ochrany v povodí horní Klabavy je z výše uvedených důvodů **zrušení obtokového kanálu kolem Padrťských rybníků** a soustředění veškerého srážkového odtoku v potenciálním povodí Padrťských rybníků do rybníční soustavy. Toto opatření navrhuje také *Studie zvýšení retenční schopnosti pramenné oblasti CHKO Brdy v povodí Klabavy z roku 2017*. Součástí této studie je srážkoodtokový model, na jehož základě bylo stanoveno snížení kulminačního průtoku v závěrovém profilu ve Strašicích o 7 % v případě povodňového scénáře s dobou opakování 100 let při zrušení obtokového kanálu kolem Padrťských rybníků. Rušení obtokového kanálu by navíc bylo v souladu s manipulačním řádem rybníků, ve kterém není obtokový kanál uveden a podle nějž by Klabava měla protékat skrz Padrťské rybníky (53) (22).

Rušení obtokového kanálu může přinést dva negativní důsledky. Prvním je snížení produkce ryb v Padrt'ských rybnících vlivem zvýšení nátoky kyselých vod do rybníční soustavy. Ze článku „*Co dělá správcům CHKO Brdy starosti? Stará strouha kolem Padrt'ských rybníků*“ z roku 2017 vyplývá, že Správa CHKO Brdy už v té době jednala s VLS o rušení obtokového kanálu a rovněž o změně osádek rybníků s cílem nahradit intenzivní chov kapra extenzivním chovem dravců přirozenějších pro tuto lokalitu (52).

Druhý potenciální problém by mohl být přímým důsledkem změny či omezení stávajícího chovu kaprů v Padrt'ských rybnících. V případě snížení produkce kaprů v Padrt'ských rybnících by došlo ke snížení pH v Klabavě níže po proudu, protože moč kaprů obsahuje látky zvyšující pH přirozeně kyselé vody z lesního prostředí. Právě hospodářské využívání Padrt'ských rybníků je považováno za jeden z důvodů zdejšího výskytu raka kamenáče – tento druh totiž potřebuje vodu čistou a nepřilíš kyselou. Na druhou stranu, ve článku „*Nové poznatky o rozšíření raků v CHKO Brdy*“ je intenzifikace chovu kaprů v Padrt'ských rybnících uváděna jako jeden z důvodů poklesu populace raka říčního a raka kamenáče v této lokalitě patrně kvůli snížení čistoty vody. Výskyt raka kamenáče v lokalitě mezi Padrt'skými rybníky a Červeným lomem navíc dokládá, že rak se zde přizpůsobil kyselejšímu prostředí. Navíc by zrušení obtokového kanálu vytvořilo bariéru mezi touto populací a korytem Klabavy a potenciálně tak pomohlo ochránit zde usídleného raka kamenáče před račím morem, který se v Brdech šíří a znamená pro populaci raka kamenáče značné riziko (52) (54) (55).

Odpověď na otázku, zda by opatření ve formě zrušení obtokového kanálu ohrozilo nebo naopak prospělo populaci kriticky ohroženého raka kamenáče, jaký by mělo dopad na hospodářské využívání rybníků a kvalitu vody v Klabavě pod nimi, tato práce nenachází. V případě rozhodování o rušení obtokového kanálu by bylo nanejvýš vhodné dopad tohoto opatření na výskyt raka kamenáče podrobněji analyzovat.

Okolí Padrt'ských rybníků a blízké okolí Klabavy až po její soutok s Třítrubeckým potokem bylo prohlášeno za **evropsky významnou lokalitu „Padrt'sko“**, která je součástí soustavy Natura 2000. Zvláštním předmětem ochrany je zde právě rak kamenáč. Jakýkoliv zásah do stávajícího prostředí je proto nutné hodnotit s ohledem na důsledky, které by mohl pro populaci raka kamenáče představovat (56).

Výskyt raka kamenáče je podmíněn kvalitou vody – potřebuje vodu čistou a nepříliš kyselou. Krom toho vyžaduje členité koryto a četnost úkrytů (kameny, kořeny stromů, podemleté břehy, vhodný substrát pro hrabání nor) (56).

Naopak problém pro raka kamenáče představují necitlivé modifikace a regulace koryt vodních toků. Při snaze chránit tento živočišný druh je proto nutné minimalizovat zásahy do vodních toků a při řešení protipovodňové ochrany hledat taková opatření, která zajistí dostatečnou členitost koryt vodních toků i okolní nivy. To se v případě povodí horní Klabavy netýká pouze území vymezeného jako evropsky významná lokalita, ale také Klabavy mezi Strašicemi a soutokem s Třítrubeckým potokem a dolním tokem Vlčího potoka, kde byl výskyt raka kamenáče potvrzen. Další, z hlediska tématu této práce méně podstatná rizika pro raka kamenáče představuje znečištění vody, šíření račího moru a výskyt predátorů (52) (56).



Obrázek 27 – Evropsky významná lokalita Padrt'sko (fialově)
Zdroj: Výřez z aplikace MapoMat

V úseku mezi Padrt'skými rybníky a soutokem s Třítrubeckým potokem je hledání vhodných profilů pro protipovodňová opatření v podobě retenčních nádrží mimo jiné právě kvůli ochraně raka kamenáče značně problematické. Klabavu zde lze dělit na dva dílčí úseky s výrazně odlišným charakterem.

V pasáži pod Padrt'skými rybníky Klabava silně meandruje, proudění má konstantně říční charakter a okolní niva je tvořena odlesněnými, místy zamokřenými pláněmi pokrytými neobhospodařovaným travním porostem. Stromy a křoviny se v okolí toku vyskytují spíše sporadicky. Díky klidnějším charakteru proudění se zde vyskytuje rak říční, pod Dolejším Padrt'ským rybníkem je výskyt raka bahenního,



Obrázek 28 – Meandrující Klabava pod Padrt'skými rybníky
Zdroj: Autorská fotografie

dalšími tvory obývajícími tento úsek jsou například ledňáček říční nebo vydra říční, která zde potlačila invazi norka amerického a pomohla tak zachránit populaci raka (56).

Výhodou tohoto úseku s ohledem na výstavbu retenčních nádrží je fakt, že jeho okolí není zalesněné. Konstrukce retenční nádrže by tak nevyžadovala kácení souvislého lesního porostu v potenciálním prostoru zátopy. Nedošlo by tak k zásadnímu narušení biotopu. Problém pro zdejší živočichy by mohlo představovat náhlé výrazné zvýšení hladiny a nános sedimentu. Umístění pod Padrt'skými rybníky a povodí tvořené lesními půdami naznačuje, že pohyb jemnozrnných splavenin by zde neměl být příliš výrazný. Problém s náhlým růstem hladiny lze částečně řešit vytvořením vhodných úkrytů pro živočichy (např. opevnění návodního líce hráze hrubým kamenným záhozem nebo rovnáninou).

Kromě možnosti využití Padrt'ských rybníků jako retenčních nádrží zrušením obtokového kanálu byl v rámci terénního průzkumu vyhodnocen jako potenciálně vhodný profil **X_KL1 – Profil mostku přes Klabavu u nádrže Šindelka** na ř.km 43,920. Údolí Klabavy zde křížuje násep silniční komunikace. Značně kapacitní mostní konstrukce je tvořena dvojicí paralelně umístěných Benešových rámu, které díky svému zakončení tvořícímu ve dně stupeň představují migrační bariéru. V potenciální zátopě se vyskytují nižší desítky listnatých stromů. Retenční nádrž by mohla využít stávající, ideálně mírně navýšený násep. Pro převod běžných průtoků by mohl sloužit propustek buď trubní nebo tvořený migračně vhodnější konstrukcí. V případě překročení kapacity výpusti by došlo



Obrázek 29 – Mostek u nádrže Šindelka
Zdroj: Autorská fotografie)



Obrázek 30 – Pohled do potenciální zátopy z mostku v MVN Šindelka
Zdroj: Autorská fotografie)

k transformaci povodňové vlny v zátopě. Po vyčerpání kapacity zátopy by vstoupil v činnost bezpečnostní přeliv buď pojezdňý umístěný v konstrukci vozovky nebo tvořený Benešovými rámy. Nevýhodou tohoto profilu je nízká retenční kapacita zátopy.

Jako další potenciálně vhodný profil v úseku Klabavy pod Padrt'skými rybníky byl v rámci terénního průzkumu na ř.km 42,980 vyhodnocen **KL1 – Profil u nádrže Ledvinka** na hranici padrt'ských plání a souvislého lesního porostu. Na pravém břehu je zde vhodně situovaný svah, prostor potenciální zátopy obsahuje minimální množství stromů a vzhledem k umístění na hranici mezi lesem a unikátními padrt'skými pláněmi, a nikoliv v jejich středu, by hrázové těleso nepředstavovalo tak značný zásah do krajinného rázu. Levý břeh nabízí možnost vytvoření obtokového koryta pro ochranu živočichů, který by mohl být zaústěn do odtokového koryta pod nádrži Ledvinka.



Obrázek 31 – Pohled do potenciální zátopy u hranice lesa a padrt'ských plání

Zdroj: Autorská fotografie

Další potenciálně vhodný profil byl stanoven v přechodovém úseku mezi klidnou, meandrující Klabavou na padrt'ských pláních a bystrinným úsekem s velkým podélným sklonem v údolí u cesty Josefka. Přibližně 250 m za hranicí lesa se zde na ř.km 42,160 nachází **X_KL2 – Profil nízké hráze bývalého rybníka**. Výhodou je existující těleso hráze, jehož rekonstrukce by vedla k vytvoření retenční nádrže. Ta by

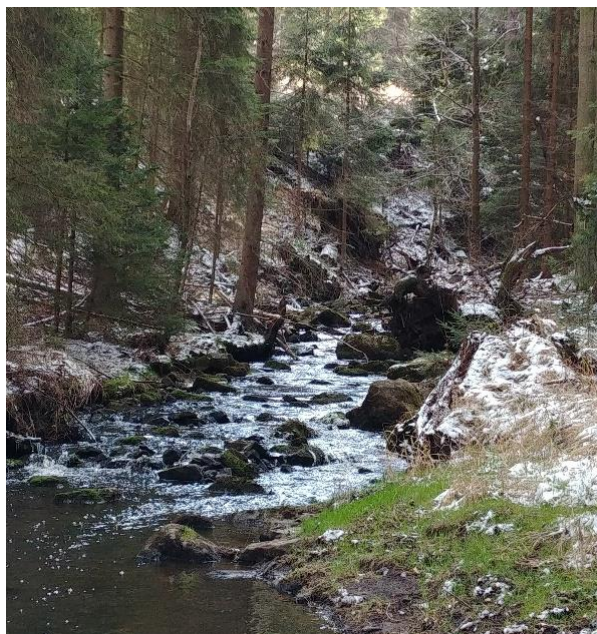


Obrázek 32 – Pohled z hráze bývalého rybníka na Klabavě; prostor zátopy na pravé straně

Zdroj: Autorská fotografie

nepředstavovala zcela nový element narušující stávající přírodní charakter, ale pouze obnovení historické vodní nádrže. Nevýhodou je zalesnění potenciální zátopy a její nízká retenční kapacita.

Níže po proudu se Klabava zařezává do úzkého údolí mezi vrchy Kočka a Kamenná. Klabava zde má bystřinný charakter s velkým podélným sklonem a rychlostmi proudění. Okolí toku je zalesněné, a přestože sevřené údolí by nabízelo geomorfologicky vhodné profily pro konstrukci retenční nádrže, zásah do ideálního biotopu raka kamenáče v podobně kácení a modifikací stávajícího členitého, balvanitého koryta bez možnosti bypassu představuje natolik významnou překážku, že mezi profilem bývalého rybníka a soutokem Klabavy s Třítrubeckým potokem nebyl stanoven v této práci stanoven žádný vhodný profil pro realizaci protipovodňového opatření.



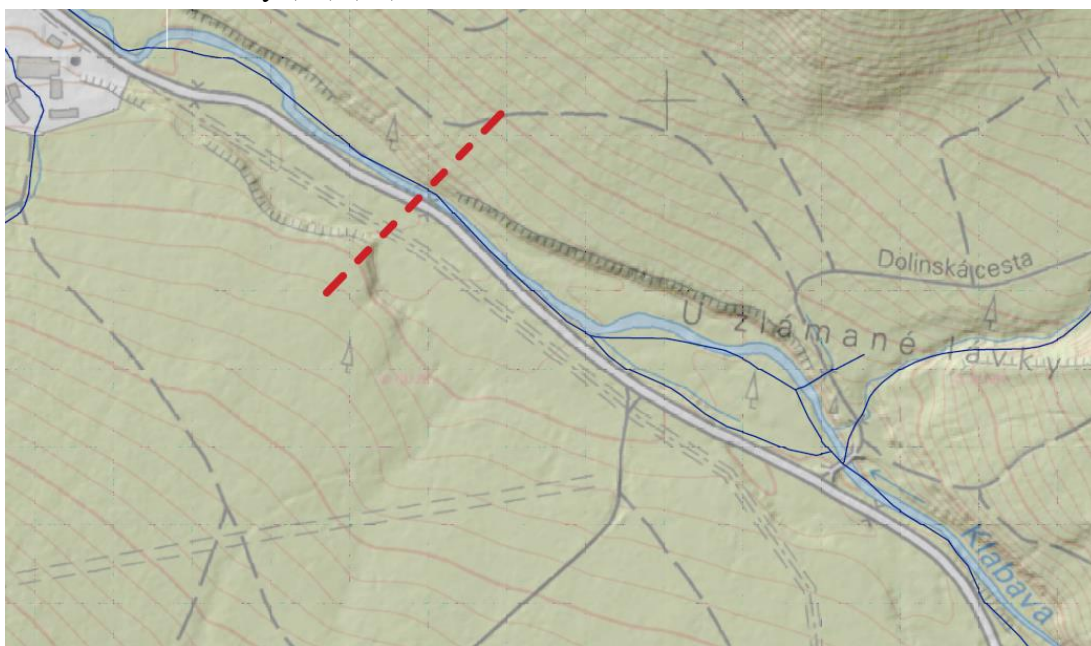
Obrázek 33 – Klabava nad soutokem s Třítrubeckým potokem
Zdroj: Autorská fotografie

U loveckého zámečku Tři Trubky se do Klabavy vlévá Třítrubecký potok. Ten odvádí vodu z rozsáhlého povodí (včetně povodí Rezervy a Voložného potoka). Pod soutokem s Třítrubeckým potokem se tak výrazně zvětší rozměry koryta Klabavy a její průtok. Klabava mění směr přibližně o 90 stupňů a směřuje na severozápad směrem ke Strašicím. Následující 2-3 km dlouhý úsek je proto zdánlivě strategicky ideální lokalitou pro konstrukci retenční nádrže zajišťující protipovodňovou ochranu obce Strašice, údolí má navíc pro umístění nádrže vhodný tvar. Zde také bylo v minulosti uvažováno VD Amerika. Studie proveditelnosti vodního díla nebyla rozpracována a od realizace hráze značně narušující krajinný ráz ekologicky významné lokality bylo upuštěno. Velký



Obrázek 34 – Klabava mezi objektem Amerika a loveckým zámečkem Tři Trubky
Zdroj: Autorská fotografie

problém z hlediska umístění retenční nádrže zde opět představuje nutnost kácení souvislého lesního porostu a narušení lokality, kde se vyskytuje rak kamenáč, rak říční a vranka obecná. Strategicky i morfologicky ideální profil **KL2 – Profil nad areálem Amerika** na ř.km 37,250 je však vhodné prověřit z hlediska možnosti a efektivity realizace menší retenční nádrže s výrazně menším negativním dopadem na krajinný ráz hodnotné lokality (29) (39).



Obrázek 35 – Morfologicky i strategicky vhodný profil nad areálem Amerika

Zdroj: Vytvořeno v aplikaci AutoCAD s využitím dat DMR 5G, ZM10 a Vodní toky databáze DIBAVOD

Pod areálem Amerika se charakter Klabavy nikterak výrazně nemění. Členité, kamenité, přirozené koryto v lesním porostu se dvěma mostními objekty přivádí vody Klabavy do Strašic, první obce jejíž zástavbou Klabava protéká a pro kterou představuje povodňové riziko.



Obrázek 36 – Klabava v lesním porostu nad Strašicemi
Zdroj: Autorská fotografie



Obrázek 37 – Přirozené koryto Klabavy s dynamickými změnami režimu proudění
Zdroj: Autorská fotografie

3.6.2. KLABAVA MEZI STRAŠICEMI A DOBŘÍVEM (Ř.KM 35,000 – 28,000)

Na začátku Strašic je na Klabavě na ř. km 35,997 nízký jez. Pod ním má Klabava relativně mělké koryto přírodního charakteru se stromy na obou březích a souvislou zástavbou na levém břehu. Pod silničním mostem na ř. km 35,078 se koryto více zahlubuje oproti okolnímu terénu, zvětšuje se kapacita a v okolí mostních objektů nebo exponovaných budov jsou břehy opevněny gabionovou nebo zděnou zdí.



Obrázek 38 – Koryto Klabavy na začátku Strašic
Zdroj: Autorská fotografie



Obrázek 39 – Hlubší koryto opevněné gabionovou zdí, ř. km 34,366
Zdroj: Autorská fotografie

Koryto Klabavy mezi Strašicemi a jezem nad Dobřívem na ř. km 30,488 bylo spolu s dolním tokem Ledného potoka, vyhlášeno jako **Evropsky významná lokalita „Klabava“** soustavy Natura 2000, kde je předmětem ochrany vranka obecná (23). „*Vranka obecná obývá horské a podhorské potoky v úsecích s členitým štěrkovým nebo štěrkopískovým dnem, kde se po většinu času ukrývá pod kameny. Její přítomnost vykazuje vysokou kvalitu toku, jde o tzv. bioindikační druh (23)*“. Vranka obecná potřebuje čistou, prokysličenou vodu a členité, kamenité koryto. Za účelem ochrany vranky obecné je nanejvýše nutné zajistit plnou migrační prostupnost a nezasahovat do toku v době rozmnožování (v průběhu března a dubna). Důležitým bodem doporučených opatření pro EVL chránící vranku obecnou (převzato z opatření pro EVL Ledný potok) je, že „*zcela vyloučeny by měly být všechny zásahy, které nejsou prováděny ve prospěch předmětu ochrany či jiných ochrannářsky významných fenoménů, především regulace a podobné vodohospodářské úpravy koryta toku (23)*“.

Umístění polosuché retenční nádrže v rámci EVL je tedy zcela vyloučeno. Otázkou zůstává, zda by byla možná suchá retenční nádrž při zachování všech charakteristik koryta, zajištění migrační prostupnosti, obohacení biotopu v rámci zátopů a případná ochrana vranky obecné před zvýšením hladiny v době povodně bypasssem. Z těchto předpokladů nadále v rámci této lokality diplomová práce vychází.



Obrázek 40 – EVL Klabava a EVL Ledný potok (zvýrazněně šialovou barvou)

Zdroj: Výřez z aplikace MapoMat AOPK ČR

Pod Strašicemi mírně meandrující Klabava protéká listnatým hájem. Na ř. km 33,022 Klabava křížuje silnici II/117. Nad mostem se na ř.km 33,050 nachází potenciálně vhodný profil **X_KL3 – Profil pod Mikulíkovým mlýnem**, kde velký sklon toku nabízí poměrně velkou kapacitu zátopy. Problémem je, že tato lokalita se nachází v cípu CHKO, velkou část zátopy by bylo pravděpodobně nutné odlesnit, přestože nezanedbatelná část zátopy je tvořena loukou.



Obrázek 41 – Klabava mezi Strašicemi a silničním mostem na ř. km 32,022

Zdroj: Autorská fotografie

Mostní objekt zde tvoří hranici CHKO, také za mostem ale Klabava protéká chráněným územím, Přírodním parkem Trhoň. Přírodní park je druh chráněného území nižšího stupně než CHKO, kde je hlavním předmětem ochrany tzv. krajinný ráz – tedy přírodní charakter území. Pro povolení a umístění stavby v přírodním parku je třeba souhlasu orgánu ochrany přírody. Z toho důvodu byly v rámci přírodního parku Trhoň jako potenciálně vhodné určeny pouze lokality, ve kterých již byl původní krajinný ráz silně narušen lidskou činností (především těžbou dřevin) a případné umístění retenční nádrže by tak nevedlo k devastaci přírodně hodnotné lokality (25).

Přibližně 500 m pod silničním mostem se na ř.km 32,520 nachází další potenciálně vhodná lokalita: **X_KL4 – Profil nad osadou na bývalém mlýně Melmatěj** pod skalním útvarem, na kterém se nachází hradiště Vimberk. Je zde vhodné uspořádání pravého břehu a do velké míry vykáčená zátoka, navíc položená mimo CHKO. Objem potenciální zátoky je ovšem poměrně malý, bylo by nutné odlesnění části zátoky. Krajinný ráz je zde již narušen rozsáhlým kácením v okolí skalního útvaru hradiště Vimberk, problém ale představuje blízkost silnice II/117 a její nízko položená niveleta, která výrazně limituje případnou výšku hráze, případně by vyžadovala přeložku této lokálně velmi významné komunikace. Stejně jako v případě profilu nad silničním mostem je zde také nevýhodné strategické umístění nádrže z pohledu chráněných obcí.



Obrázek 42 – Pohled po vodě na vykáčenou část potenciální zátoky a skalní útvar hradiště Vimberk
Zdroj: Autorská fotografie

Další potenciálně vhodný profil byl zvolen na ř.km 31,170 (**X_KL5 – Profil nad soutokem Klabavy a Ledného potoka**). Zde opět dochází k rozsáhlé těžbě a krajinný ráz tak nepředstavuje takovou překážku. Problém je nevhodné terénní uspořádání, malá kapacita zátoky při nutnosti poměrně dlouhé hráze.



Obrázek 43 – Pohled po vodě do potenciální zátoky v profilu mezi Dobřívem a Melmatějem
Zdroj: Autorská fotografie

Žádný profil mezi Strašicemi a Dobřívem nenabízí ideální podmínky pro umístění retenční nádrže. Terénní uspořádání údolí Klabavy a malý sklon v podélném i příčném směru nabízí pouze profily vyžadující dlouhé těleso hráze s malou výškou, rozsáhlou zátupu a relativně malým retenčním objemem. Stejný problém platí i pro lokalitu zvolenou v rámci terénního průzkumu jako nejvhodnější v rámci úseku Klabavy mezi Strašicemi a Dobřívem: **KL3 – Profil pod soutokem Klabavy a Ledného potoka** na ř.km 30,750. V potenciální zátopě zde proběhlo velmi rozsáhlé kácení, proto narušení krajinného rázu nepředstavuje takovou překážku. Navíc je profil strategicky vhodně situovaný pod soutokem Klabavy a Ledného potoka a jen cca 300 m nad chatovou osadou na začátku obce Dobřív, kterou tak případná retenční nádrž může efektivně chránit. Nedaleko této lokality již v minulosti byla uvažována retenční nádrž v rámci studie SWECO Hydroprojekt a.s. (2007). Varianta vybudování dvanáctimetrové hráze s retenčním objemem až 2,1 mil. m³ v profilu horního dobřívského jezů ale nebyla podrobněji rozpracována mj. z důvodu ochrany vranky obecné (57).



Obrázek 44 – Prostor potenciální zátopy na soutoku Klabavy s Ledným potokem

Zdroj: Autorská fotografie

Přibližně 300 m pod soutokem Klabavy a Ledného potoka je na Klabavě vysoký jez představující migrační překážku a konec EVL Klabava. Rovněž je zde část průtoku odvedena náhonem do Huťského rybníka, u kterého stojí technická historická památka Vodní hamr Dobřív. Klabava zde mívá chatovou osadu na levém břehu a pokračuje do zástavby obce Dobřív. Z několika mostních objektů v Dobřívě stojí za zmínku Švédský most na ř. km 28,763 – jedná se o historický jednoobloukový most z lomového kamene ze 17. století. Koryto Klabavy v Dobřívě není výrazně regulované ani zahloubené (58).



Obrázek 45 – Pohled po vodě ze Švédského mostu

Zdroj: Autorská fotografie

3.6.3. KLABAVA POD DOBŘÍVEM (Ř.KM 28,000 – 19,723)

Pod Dobřívem Klabava pokračuje přirozeným korytem k městu Hrádek. Nejprve míjí na levém břehu ČOV Mirošov, ve které je shromažďována a čištěna odpadní voda z obcí Mirošov a Dobřív. Pod čistírnou odpadních vod se do Klabavy vlévá Skořický potok.



Obrázek 46 – Soutok Klabavy a Skořického potoka, v pozadí ČOV
Zdroj: Autorská fotografie

Následně Klabava protéká údolím s loukou, polem a cyklostezkou na levém břehu a listnatým lesem na břehu pravém, kde se nachází potenciálně vhodná lokalita: **KL5 – Profil nad městem Hrádek** na ř.km 26,910. Kapacitu případné zátopy lze rozšířit na levém břehu boční hrází ke hranici EVL Hrádecká Bahna. Výhodou je odlesněný prostor na levém břehu, který by tvořil většinou část zátopy, strategické umístění pod soutokem se Skořickým potokem a přímo nad zástavbou Dlouhá Louka a městem Hrádek a fakt, že potenciální zátopa není součástí chráněného území. Nevýhoda spočívá v délce a komplikovanější geometrii případné hráze, omezení úrovně maximální hladiny kvůli ČOV Mirošov a možná nutnost kácení lesa na pravém břehu.



Obrázek 47 – pohled proti směru toku do potenciální zátopy na pravém břehu mezi Dobřívem a Hrádkem
Zdroj: Autorská fotografie

Klabava následně míjí zástavbu Dlouhá Louka, jejíž protipovodňová ochrana je posílená ochranným valem na pravém břehu. Přirozené koryto Klabavy je na začátku města Hrádek přerušeno jezem na okraji areálu železáren. V následujícím úseku, kdy Klabava tímto areálem protéká,



Obrázek 48 – Jez nad železárnami, začátek regulace
Zdroj: Autorská fotografie

je její koryto zregulováno a napřímeno. V korytě byla vytvořena kyneta, koryto bylo opevněno a byla na něm provedena řada stupňů.



Obrázek 49 – Pohled proti vodě na Klabavu vytékající z areálu hrádeckých železáren
Zdroj: Autorská fotografie

Pod areálem železáren vzdouvá hladinu Klabavy jez na ř. km 24,251. Pod jezem Klabava protéká zástavbou obce Kamenný Újezd, kde má její koryto víceméně přirozený charakter s břehy místy opevněnými kamennou rovnáninou a dvojicí stupňů ve dně. Pod Kamenným Újezdem Klabava směřuje k okresnímu městu Rokycany. Koryto zde má přirozený charakter. Okolí toku je převážně pokryto loukami, poli a řídkou vegetací. Řídká zástavba v malé vzdálenosti od toku střídající se na obou březích řeky spolu s mírným příčným sklonem okolního terénu a podélným sklonem Klabavy však znemožňuje využití okolí toku jako zátopy pro případnou retenční nádrž. V rámci tohoto úseku tak nebyl vybrán žádný potenciálně vhodný profil.



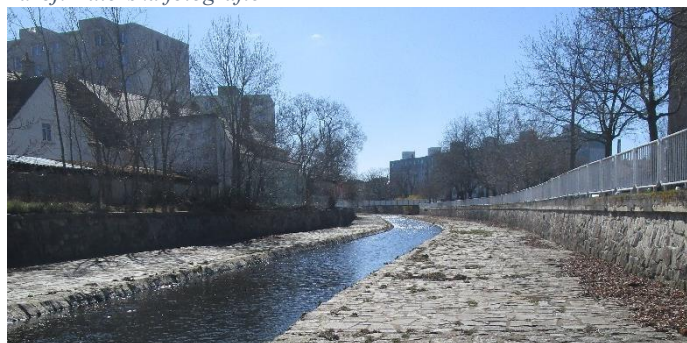
Obrázek 50 – Pohled ve směru po vodě na koryto Klabavy a cyklostezku mezi Kamenným Újezdem a Rokycany
Zdroj: Autorská fotografie

Klabava pod jezem na ř. km 21,637 vstupuje do zástavby města Rokycany. Zde má koryto nejprve přirozený charakter s břehy lokálně opevněnými např. ochrannými zdmi. Pod jezem na ř. km 21,043 začíná zregulované koryto. Koryto má lichoběžníkový průřez s kynetou převádějící běžné průtoky v jeho středu. Materiálově je regulované koryto řešeno kamennou dlažbou v celé délce i šířce. Klabava tak v intravilánu Rokycan postrádá jakoukoliv členitost (směrovou i materiálovou),

ekologickou a rekreační hodnotu. Pro obyvatele Rokycan je koryto defacto nepřístupné. Hydrotechnická protipovodňová úprava koryta v Rokycanech tak neplní žádnou z funkcí, které tok v městském intravilánu potenciálně plnit může, kromě funkce protipovodňové, i v té však stávající úprava koryta při velkých povodních selhává. Nad mostem v ulici Pražská na ř. km 20,420 se lichoběžníkový průřez mění na obdélníkový průřez s břehy tvořenými ochrannými kamennými zdmi. Na ř. km 20,018 se nachází nízkokapacitní silniční most v ulici Soukenická, který je kritickým profilem z hlediska



Obrázek 51 – Začátek lichoběžníkového regulovaného koryta
Zdroj: Autorská fotografie



Obrázek 52 – Koryto obdélníkového průřezu v intravilánu Rokycan
Zdroj: Autorská fotografie



Obrázek 53 – Nízkokapacitní most v ulici Soukenická
Zdroj: Autorská fotografie

kapacity koryta Klabavy v Rokycanech. Pod tímto mostem Klabava pokračuje k soutoku s Holoubkovským potokem (ř.km 19,723), kde končí technická úprava koryta a zároveň zde Klabava opouští řešené území této diplomové práce.



Obrázek 54 – Soutok Klabavy (vpravo) s Holoubkovským potokem (vlevo), konec technické úpravy koryta Klabavy
Zdroj: Autorská fotografie

3.7. VÝZNAMNÉ PŘÍTOKY KLABAVY

3.7.1. TŘÍTRUBECKÝ POTOK

Třítrubecký potok je přibližně 6,5 km dlouhý pravostranný přítok Klabavy, který odvádí vodu z povodí o rozloze 19,9 km² (+16,2 km² povodí Rezervy). Pramení u bývalé Borské hájovny a teče v západním a severozápadním směru údolím, které ohraničují vrchy Koruna a Bohutínský vrch ze severu a vrchy Brdce, Hradiště, Praha, Březový vrch a Kočka z jihu.



Obrázek 55 – Třítrubecký potok a jeho povodí (modře)
Zdroj: Výtřez z aplikace ArcGIS, vytvořeno pomocí dat DIVAVOD, ZM10 a DMR 5G

Významným přítokem Třítrubeckého potoka je Voložný potok a potok Rezerva, který se do Třítrubeckého potoka vlévá nedaleko nad jeho ústím do Klabavy. Naprostá většina povodí a blízkého okolí toku je pokryta lesním porostem, celé povodí Třítrubeckého potoka je součástí CHKO Brdy – až na výjimky ve III. zóně CHKO. Tok má v celé své délce přirozený charakter s dynamicky se měnícím režimem proudění. (26) (59).

Prvním profilem, který byl v rámci průzkumu terénu stanoven jako potenciálně vhodný, je **X_TT1 – Profil u Borské cesty** (ř.km 5,710) pod soutokem Třítrubeckého potoka s bezejmenným přítokem z MVN Bor. Ve prospěch tohoto profilu hraje jeho dobrá dopravní dostupnost, z velké části vykáčený prostor potenciální zátopy a vhodné uspořádání okolního terénu. Nevýhodou je nepřilíš strategické umístění nedaleko od pramene Třítrubeckého potoka (tedy řešení pouze pro odtok z malého povodí) a fakt, že právě tato lokalita je výjimečně ve II. zóně CHKO. Přesto byl profil vyhodnocen jako vhodný pro malou, polosuchou retenční nádrž.



Obrázek 56 – Pohled z potenciální zátopy po vodě ke křížení Třítrubeckého potoka s Borskou cestou
Zdroj: Autorská fotografie

Další potenciálně vhodná lokalita byla určena cca 900 m níže po toku v místě brodu lesní cesty. **X_TT2 – Profil U Spáleného dubu** (ř.km 4,790) disponuje vhodně tvarovaným, příkrým, odlesněným levým břehem a značné částí potenciální zátopy. Spadá do III. zóny CHKO. Další, charakterem velmi podobný profil byl vybrán přibližně 270 m níže po toku. **X_TT3 – Profil nad soutokem Třítrubeckého a Voložného potoka** (ř.km 4,510) nabízí stejné výhody jako profil X_TT2, ale také stejnou strategickou nevýhodu – umístění nad soutokem s tímto významným přítokem.



Obrázek 57 – Pohled z levého na pravý břeh přes brod v profilu U Spáleného dubu
Zdroj: Autorská fotografie



Obrázek 58 – profil z levého na pravý břeh v potenciální zátopě nad soutokem Třítrubeckého a Voložného potoka
Zdroj: Autorská fotografie

Jako nejvhodnější profil na Třítrubeckém potoce byl stanoven **TT1 – Profil pod soutokem Třítrubeckého a Voložného potoka** na ř.km 3,060. Více než 100 m široké údolí je zde na obou stranách sevřeno příkrými svahy, vhodné terénní uspořádání tak zajišťuje značnou kapacitu zátopy. Břehy i převážná



Obrázek 59 – Soutok Třítrubeckého a Voložného p.
Zdroj: Autorské fotografie

část potenciální zátopy byly vykáceny, konstrukce retenční nádrže by tak neznamenal závažný narušení krajinného rázu. Zajištěna je také dobrá dopravní dostupnost díky asfaltové komunikaci v levém svahu. Profil je navíc vhodně umístěn pod soutokem s Voložným potokem. Z hlediska ochrany přírody je profil také velmi přívětivý, jedná se o III. zónu CHKO, pod žádným dalším ochranným režimem tato lokalita není.



Obrázek 60 – Potenciální zátopa v profilu pod soutokem Třítrubeckého a Voložného potoka – pohled po vodě
Zdroj: Autorská fotografie

Další dvě potenciálně vhodné lokality byly vybrány níže po toku. **X_TT4 – Profil v meandru Pod Bučinou** (ř.km 2,380) i **TT2 – Profil nad bývalou Třítrubeckou myslivnou** (ř.km 1,750) jsou situovány nad armádním areálem „U Někých“, případná retenční nádrž zde může transformovat průtok z téměř celého povodí Třítrubeckého potoka nad soutokem s Rezervou. Profily mají vhodnou geometrii profilu – příkré svahy na obou březích. V obou případech by bylo nutné vykácení lesního porostu v zátopě. Problém může představovat horší dopravní dostupnost a z hlediska kvality odebírané vody rovněž odběrný objekt u profilu v meandru Pod Bučinou a vodojem umístěný na levém břehu u profilu nad bývalou Třítrubeckou myslivnou.



Obrázek 61 – Pohled z levého břehu proti vodě do potenciální zátopy v meandru Pod Bučinou
Zdroj: Autorská fotografie



Obrázek 62 – Pohled po vodě z potenciální zátopy nad Třítrubeckou myslivnou (v pozadí vodojem na levém břehu)
Zdroj: Autorská fotografie

Třítrubecký potok následně vtéká do utajovaného armádního areálu „U Někých“, kde se do něj vlévá potok Rezerva. Pod armádním areálem potok směřuje k soutoku s Klabavou. V tomto krátkém úseku již nebyla určena žádná potenciálně vhodná lokalita z důvodu omezených prostorových možností a jímacího objektu povrchové vody.



Obrázek 63 – Třítrubecký potok pod areálem „U Někých“
Zdroj: Autorská fotografie

3.7.2. LEDNÝ POTOK

Ledný potok je přibližně 7,1 km dlouhý levostranný přítok Klabavy, který odvádí vodu z povodí o rozloze 11,6 km². Pramení u cesty Vlášenska nedaleko od západní hranice CHKO Brdy. Od svého pramene až ke křížení se silnicí II/117 je jeho povodí součástí CHKO Brdy – převážně III. zóny.

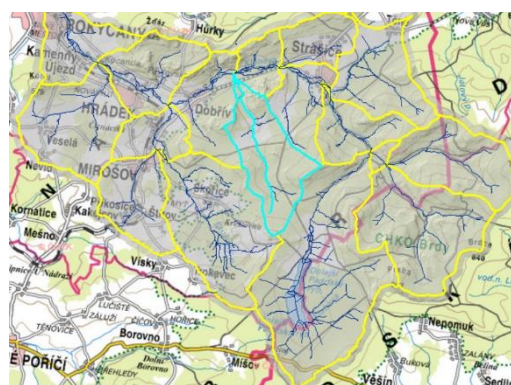
Okolí areálu Zadní Bahna spadá do II. zóny CHKO. Úsek mezi křížením se silnicí II/117

a soutokem s Klabavou spadá do Přírodního parku Trhoň. Ledný potok je významným habitatem vranky obecné. Jeho koryto od areálu Zadní Bahna níže po toku bylo proto vyhlášenou evropsky významnou lokalitou „Ledný potok“ plynule navazující na EVL Klabava. V obou evropsky významných lokalitách je předmětem ochrany právě vranka obecná. Problematice ochrany vranky se podrobněji věnuje podkapitola *Klabava mezi Strašicemi a Dobřívem*. V lokalitě Ledný potok byl rovněž zaznamenán výskyt mihule potoční. Koryto má v celé své délce přirozený charakter, jeho migrační prostupnost je ovšem narušena dvojicí Benešových rámp. Okolí toku tvoří převážně jehličnatý lesní porost, v okolí Zadních Bahen nivu potoka tvoří především listnatý háj náletových dřevin (bříza bělokora) a travní porost s výskytem mokřadů (26) (59).

Jako první potenciálně vhodná lokalita byl stanoven **L1 – Profil U Chaloupky** pod Bílou skálou (ř.km 4,090). Výhody této lokality spočívají v dobré dopravní dostupnosti, umístění ve III. zóně CHKO mimo EVL Ledný potok, poměrně vhodné terénní uspořádání a proběhnuvší antropogenní zásah v podobě vykáčení lesního porostu na levém břehu.



Obrázek 65 – Pohled z levého břehu proti vodě do potenciální zátopy U Chaloupky
Zdroj: Autorská fotografie



Obrázek 64 – Ledný potok a jeho povodí (modře)
Zdroj: Výřez z aplikace ArcGIS, vytvořeno pomocí dat DIVAVOD, ZM10 a DMR 5G

Pod tímto profilem je Ledný potok křížen několika lesními komunikacemi a vzniká zde tak mj. migrační problém propustku tvořeného Benešovým rámem. Níže pak Ledný potok opouští jehličnatý lesní porost a protéká okolo areálu Bahna, kde okolí toku spadá do II. zóny CHKO. Ledný potok je zde klidnější, převládá říční režim proudění a velmi časté meandry.



Obrázek 66 – Meandr Ledného potoka u Bahen
Zdroj: Autorská fotografie

Potenciálně vhodná lokalita pro boční retenční nádrž se nachází na okraji odlesněného areálu Bahna (**X_L1 – Profil Bahna** na ř.km 3,600) nedaleko retenčních nádrží Bahna I. a Bahna II. Výhodou je odlesněný prostor zátopy, boční nádrž by navíc nenarušila koryto Ledného potoka. Pod tímto profilem navíc začíná EVL Ledný potok, z hlediska ochrany vranky obecné je proto vhodné umístit případné protipovodňové opatření nad začátek EVL. Komplikací pro potenciální stavbu hrázového tělesa může být silné zamokření ideální lokality z hlediska terénního uspořádání.



Obrázek 67 – Prostor potenciální zátopy boční retenční nádrže na Bahnech
Zdroj: Autorská fotografie

Pod Bahny Ledný potok opět vstupuje do jehličnatého lesního porostu a charakter toku se mění na více bystřínný, s dynamickými změnami režimu proudění, kamenitým dnem (ideálním pro místní populaci vranky obecné) a přímějším korytem. Dva potenciálně vhodné profily byly stanoveny v okolí skalního útvaru Florian.



Obrázek 68 – Koryto potoka v EVL Ledný potok
Zdroj: Autorská fotografie

Kromě možnosti konstrukce velmi kapacitní retenční nádrže s vysokým tělesem hráze využívající přes třicet metrů vysoký skalní útvar, která by znamenala nesmírně citelný zásah do krajinného rázu i habitatu vranky (tato práce zkoumající méně drastická řešení ji proto neuvažuje), zde údolí nabízí profily **L2 – Profil nad skalním útvarem Florian** (ř.km 1,660) a **X_L2 – Profil pod skalním útvarem Florian** (ř.km 0,970). Oba profily jsou situované v souvislém lesním porostu a potenciální zátopa by proto vyžadovala částečné odlesnění. Obě lokality spadají do EVL Ledný potok, případný návrh retenční nádrže by tak musel být proveden citlivě vůči populaci vranky obecné.

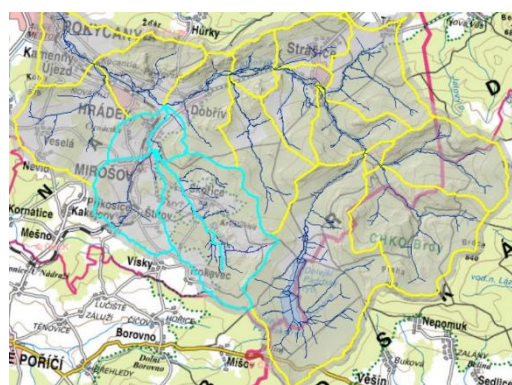


Obrázek 69 – Pohled proti vodě do potenciální zátopy v profilu nad skalním útvarem Florian
 Obrázek 70 – Pohled přes vodu na levý břeh a proti vodě do potenciální zátopy v profilu nad skalním útvarem Florian
 Zdroj: Autorská fotografie

Pod touto lokalitou Ledný potok pokračuje k silnici II/117, kde opouští CHKO Brdy a vstupuje do Přírodního parku Trhoň, kterým směřuje k soutoku s Klabavou.

3.7.3. SKOŘICKÝ POTOK

Skořický potok je přibližně 9,1 km dlouhý levostranný přítok Klabavy, který odvádí vodu z povodí o rozloze 35,3 km² (včetně povodí Příkosického potoka). Pramení v III. zóně CKHO Brdy pod vrchem Okrouhlík, jižně od bývalé pěchotní střelnice Kolvín. V souvislém lesním porostu v II. zóně CHKO míjí zříceninu hradu Dršťka a opouští CHKO. Následuje cca 2 km dlouhý



Obrázek 71 – Skořický potok a jeho povodí (modře)
 Zdroj: Výtisk z aplikace ArcGIS, vytvořeno pomocí dat DIVAVOD, ZM10 a DMR 5G

úsek jihozápadně od obce Skořice nespádající do CHKO. Díky zástavbě v říční nivě, která zde sice není nikterak hustá, ale je rozmístěna relativně konzistentně podél toku v celém tomto úseku, zde nebyl stanoven žádný potenciálně vhodný profil pro

umístění retenční nádrže. Přestože Skořický potok zde protéká zemědělsky využívanou krajinou, jeho blízké okolí je v nezastavěných partiích tvořeno převážně hájem z listnatých stromů a hustými křovinami. Jižně od Skořic potok rovněž protéká rybníkem, jehož schopnost transformovat povodňovou vlnu je však vzhledem k provozní hladině na úrovni bezpečnostního přelivu zanedbatelná.



Obrázek 72 – Koryto Skořického potoka v úseku mimo CKHO Brdy
Zdroj: Autorská fotografie

Pod Strnadovým mlýnem Skořický potok opět vstupuje na území III. zóny CHKO Brdy. Zde potok protéká přibližně 1,1 km dlouhým údolím k městu Mirošov. Terénní uspořádání údolí nabízí vhodné profily pro umístění retenční nádrže, z nichž byl jako potenciálně vhodný vybrán **X_SK – Profil nad Mirošovem** (ř.km 3,730), kde se na levém břehu rozkládá louka a část potenciální zátopy by tak nevyžadovala úpravy.



Obrázek 73 – Pohled přes vodu na pravý břeh potenciální zátopy profilu nad Mirošovem
Zdroj: Autorská fotografie

Jedná se ale o nejkrásnější úsek Skořického potoka s nivou tvořenou hájem převážně listnatých dřevin s množstvím popadaných stromů, křovin, mezi kterými volně meandruje přirozené koryto potoka dynamicky měnící rychlost a režim proudění, vytvářející přirozené nádrže, tůňe a skluzy. Přirozené, divoké prostředí nivy Skořického potoka poskytuje ideální podmínky pro v něm žijící živočichy. Výrazný zásah do něj, který by umístění retenční nádrže v podstatě v jakékoliv formě představovalo, je proto nežádoucí.



Obrázek 74 – Niva Skořického potoka v údolí ad Mirošovem
Zdroj: Autorská fotografie

Na konci tohoto údolí je na Skořickém potoce rozdělovací objekt, pomocí kterého je napájena dvojice bočních nádrží – Cihelského a Dvorského rybníka.



Obrázek 75 – Rozdělovací objekt na Skořickém potoce
Zdroj: Autorská fotografie

Skořický potok je veden okolo rybníků a opouští zde CHKO Brdy. U hráze Cihelského rybníka je v levém břehu koryta dlážděná konstrukce přelivu, kterým je koryto potoka propojeno s Cihelským rybníkem. Konstrukce má funkci bezpečnostního přelivu rybníka a zároveň rozdělovacího objektu, pomocí kterého je v případě povodňové události část objemu povodňové vlny transformována v nádrži.



Obrázek 76 – Bezpečnostní přeliv Cihelského rybníka plnící funkci rozdělovacího objektu pro transformaci povodňové vlny v nádrži
Zdroj: Autorská fotografie

Do Skořického potoka se pod rybníky vlévá Příkosický potok. Skořický potok pak pokračuje do zástavby obce Mirošov, kde je jeho koryto zahloubeno a částečně opevněno kamennou dlažbou a kamennými zdmi. Koryto má značnou kapacitu, a navíc protéká pouze severní částí obce, a nikoliv jejím centrem, pro které tak představuje větší povodňové nebezpečí Příkosický potok a vodoteče z okolních polí.



Obrázek 77 – Koryto Skořického potoka v Mirošově

Zdroj: Autorská fotografie

Pod Mirošovem pokračuje Skořický potok zemědělskou krajinnou, blízké okolí koryta přirozeného charakteru je tvořeno hájem listnatých dřevin a zamokřeným travním porostem. Zde byl rovněž vybrán potenciálně vhodný **SK – Profil pod Mirošovem** (ř.km 0,370). Případná retenční nádrž by zde sice nechránila zástavbu obce Mirošov, z hlediska ochrany obcí níže je ale výhodné, že do daného profilu spadá i povodí Příkosického potoka. Okolní lokalita není v žádném režimu ochrany přírody.



Obrázek 78 – Okolí Skořického potoka pod Mirošovem

Zdroj: Autorská fotografie

Potenciální problém představují staré hráze bobří evropského, které značí jeho minulý a možný budoucí výskyt, se kterým by bylo nutno počítat při návrhu retenční nádrže. Pod tímto profilem Skořický potok pokračuje k soutoku s Klabavou.

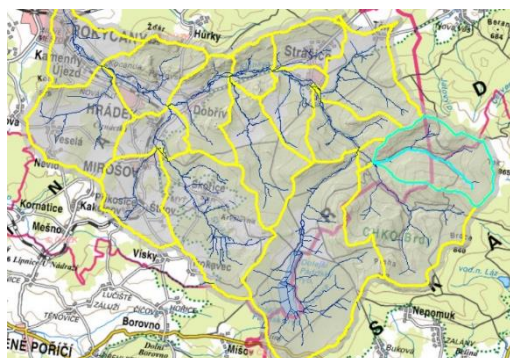


Obrázek 79 – Stará bobří hráz na Skořickém potoce

Zdroj: Autorská fotografie

3.7.4. POTOK REZERVA

Rezerva je přibližně 5,5 km dlouhý pravostranný přítok Třítrubeckého potoka pramenící pod Carvánkou na jihovýchodním svahu Toku, nejvyššího vrcholu Brd. Rezerva protéká údolím mezi vrchy Jordán a Koruna a odvádí vodu z povodí o rozloze 12,6 km², které je celé součástí CHKO Brdy (III. zóna). Celý volně přístupný úsek koryta má přirozený charakter. Jeho okolí je tvořeno souvislým lesním porostem, ve kterém Rezerva volně meandruje a vytváří úseky s dynamickými změnami režimu proudění, přirozené břehové nátrže, tůňe a balvanité skluzy. Část toku není volně přístupná, protože Rezerva protéká utajovaným areálem Armády ČR „U Němých“, ve kterém se Rezerva vlévá do Třítrubeckého potoka nedaleko nad jeho ústím do Klabavy. Díky své čisté vodě Rezerva slouží jako zdroj vody pro rokycanský vodojem (59) (26).



Obrázek 80 – Rezerva a její povodí (modře)
Zdroj: Výtěž z aplikace ArcGIS, vytvořeno pomocí dat DIVAVOD, ZM10 a DMR 5G



Obrázek 81 – Přirozené koryto Rezervy v lesním porostu
Zdroj: Autorská fotografie



Obrázek 82 – Přirozená břehová nátrž na Rezervě
Zdroj: Autorská fotografie



Obrázek 83 – Meandr na Rezervě
Zdroj: Autorská fotografie

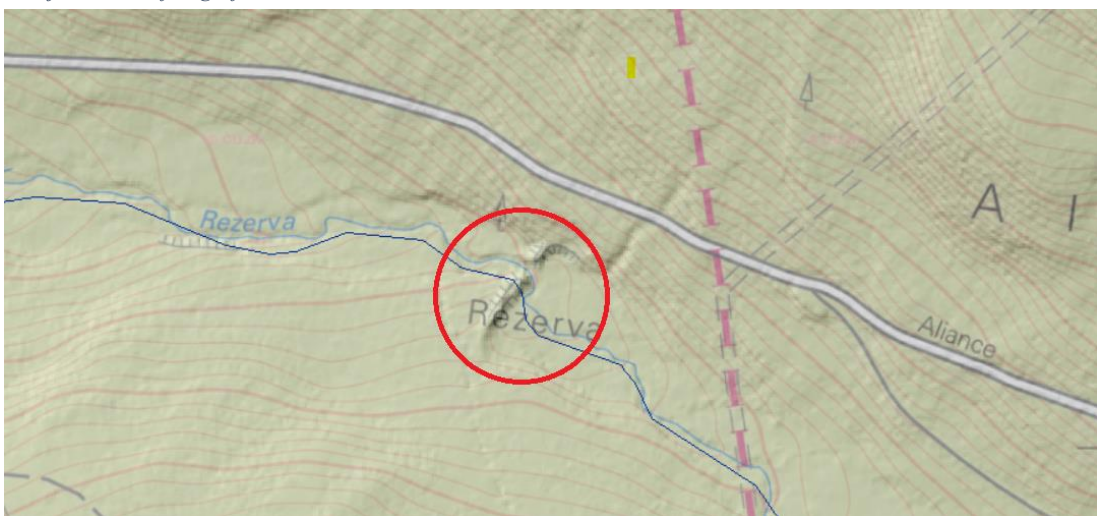
V rámci terénního průzkumu byl vybrán jeden potenciálně vhodný profil pro umístění retenční nádrže. Jedná se o **R – Profil protržené hráze bývalého rybníka na Rezervě** (ř.km 2,680). Výhodou tohoto profilu je právě fakt, že by se nejednalo o konstrukci zcela nové nádrže, ale o obnovení hráze bývalého rybníka. Daný profil je navíc dobře dostupný po zpevněné lesní komunikaci zvané Aliance. Nevýhodou zůstává nutnost kácení lesního porostu v zátopě.



Obrázek 84 – Pohled do potenciální zátopy z hráze bývalého rybníka na Rezervě
Zdroj: Autorská fotografie



Obrázek 85 – Pohled po vodě na protrženou partii hráze bývalého rybníka na Rezervě
Zdroj: Autorská fotografie

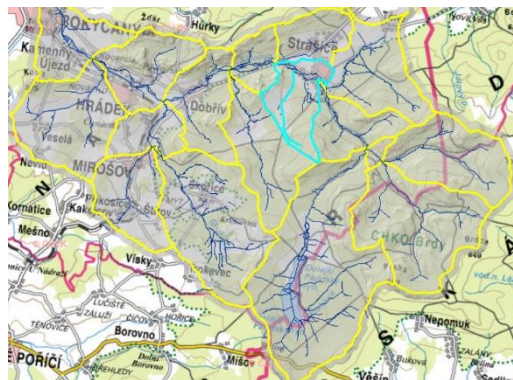


Obrázek 86 – Tělo hráze bývalého rybníka na Rezervě dobře patrné z digitálního modelu terénu
Zdroj: Výřez z aplikace ArcGIS, vytvořeno pomocí dat DIBAVOD, ZM10 a DMR 5G

3.7.5. VLČÍ POTOK

Vlčí potok je přibližně 3,7 km dlouhý levostranný přítok Klabavy, který odvádí vodu z povodí o rozloze 3,7 km². Pramení na severozápadním svahu vrchu Kamenná, protéká areálem Přední Bahna a vlévá se do Klabavy ve Strašicích. Přestože jeho význam pro srážkoodtokové vztahy v povodí Klabavy je výrazně menší než u výše uvedených přítoků, je součástí této práce z důvodu prověření možnosti retenční nádrže v areálu Přední Bahna. Armádní činností silně narušené, odlesněné území nabízí příležitost pro umístění retenční nádrže v CHKO (II. zóna), aniž by došlo k významnému narušení krajinného rázu. Naopak polosuchá retenční nádrž může významně posílit biodiverzitu lokality (59).

V rámci terénního průzkumu byl proto vybrán **VLC – Profil na severním okraji areálu Přední Bahna** (ř.km 0,900) z výše uvedených důvodů a pro svou strategickou polohu – s největším potenciálním povodím profilu při zachování jeho umístění na Předních Bahnech. V okolí toku je nezanedbatelné množství mladých, převážně listnatých stromů, nutnost případného kácení mimo prostor stálého nadržení je nejistá.



Obrázek 87 – Vlčí potok a dílčí povodí Klabavy IV. řádu. Do kterého spadá (modře)

Zdroj: Výřez z aplikace ArcGIS, vytvořeno pomocí dat DIVAVOD, ZM10 a DMR 5G



Obrázek 88 – Severní cíp areálu Přední Bahna

Zdroj: Autorská fotografie



Obrázek 89 – Pohled po vodě na Vlčí potok odtékající z areálu Přední Bahna

Zdroj: Autorská fotografie

4. SRÁŽKOOTOKOVÝ MODEL

Následující kapitola popisuje principy a způsob přípravy modelu srážkoodtokových vztahů v zájmovém území, který byl použit pro vodohospodářské řešení protipovodňové ochrany v povodí horní Klabavy.

4.1. POPIS PROGRAMU HEC-HMS

V rámci diplomové práce byl použit program HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center – Hydrologic Modelling System) ve verzi 4.6.1 určený mj. k modelování srážkoodtokového procesu. Autorem programu je U.S. Army Corps of Engineers.

Program HEC-HMS modeluje srážku dle vstupního návrhového hyetogramu na dílčí povodí o dané ploše. Pro stanovení odtoku z dílčích povodí využívá program HEC-HMS v prvním kroku metodu SCS Curve Number (Metoda CN křivek) pro stanovení objemu přímého odtoku na základě vstupních parametrů Initial Abstraction (počáteční ztráta), Curve Number (číslo křivky CN) a Impervious (Procentuální zastoupení nepropustných ploch v povodí). V druhém kroku program HEC-HMS využívá metodu Clarkova jednotkového hydrogramu k modelování transformace přímého odtoku na základě vstupních parametrů – retenčního koeficientu a doby koncentrace. Jednotlivá dílčí povodí jsou propojena sítí úseků vodních toků, kde je využívána metoda Muskingum Cunge pro výpočet postupu vlny v korytě vodního toku. Metoda je založená na rovnici kontinuity a difuzním tvaru rovnice hybnosti. Vstupními parametry jsou v rámci programu HEC-HMS sklon úseku vodního toku, délka úseku vodního toku, Manningův součinitel drsnosti koryta, geometrie charakteristického průřezu koryta (pro účely této práce byl použit lichoběžníkový průřez, pro který byla vstupním parametrem šířka ve dně a sklon břehů, a složený průřez, pro který byl vstupním parametrem drsnostní součinitel pravé a levé bermy a osmibodová křivka charakterizující geometrie průřezu) a referenční průtok *Index flow*. Na vodních nádržích v povodí program HEC-HMS modeluje transformaci povodňové vlny na základě charakteristických čar nádrže a konsumpčních křivek funkčních objektů určených na základě jejich vstupních parametrů (60).

4.2. VSTUPNÍ DATA A JEJICH PŘÍPRAVA

Následující podkapitola se věnuje postupu přípravy vstupních dat softwaru HEC-HMS. Výsledné vstupní hodnoty jsou shrnuty v přílohové části (**Příloha č.1 Dílčí povodí a úseky vodních toků; Příloha č.2 – Charakteristiky dílčích povodí a úseků vodních toků, Příloha č.3 – Srážková data**).

Pro sestavení srážkoodtokového modelu povodí Klabavy byla využita následující data:

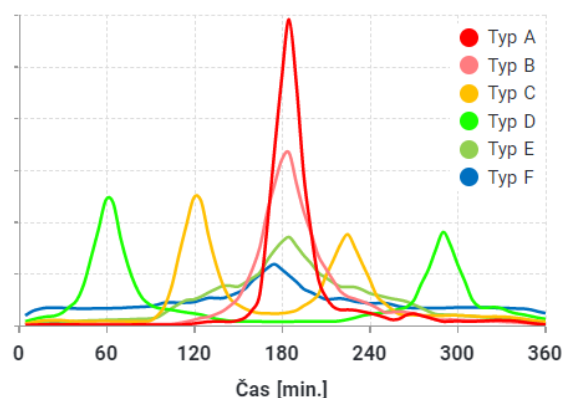
- Průběhy 6hodinových návrhových srážek na povodí IV. řádu; Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství FSV ČVUT, dostupné na adrese rain.fsv.cvut.cz (61)
- Digitální model reliéfu České republiky 5. generace (DMR 5G); ČÚZK; dostupný v databázi ArcGIS online (62)
- Datová sada Struktura DIBAVOD (A02 – vodní tok (jemné úseky); A07 – hydrologické členění – povodí IV. řádu; A08 – hydrologické členění – povodí III. řádu); VÚV T.G.Masaryka, dostupná na adrese <https://www.dibavod.cz/27/struktura-dibavod.html> (26)
- Geofabrik: Czech Republic – open source databáze, dostupná na adrese <http://download.geofabrik.de/europe/czech-republic.html> (63)
- Urban Atlas LCLU 2018, dostupný na adrese land.copernicus.eu (64)
- Natura 2000 - CLMS N2K status map 2018, dostupná na adrese land.copernicus.eu (65)
- Corine Land Cover 2018, dostupný na adrese land.copernicus.eu (66)
- Mapa vymezení hydrologických skupin půd, mapa velkého měřítka; poskytnuto Výzkumným ústavem meliorací a ochrany půdy pro účely diplomové práce (67)
- Ortofoto mapa ČR; ČÚZK; dostupná v databázi ArcGIS online (68)
- Hydrologická data získaná z dokumentu *Analýza oblastí s významným povodňovým rizikem v povodí Vltavy a podklady k Plánu pro zvládnutí povodňových rizik v povodí Labe: Dokumentace oblastí s významným povodňovým rizikem KLABAVA – BER 05-01 - Ř. KM 0,000 – 35,300* (32)
- Hydrologická data v profilu záměru VD Amerika získaná z dokumentu *Vodní dílo Amerika, Studie proveditelnosti*; SWECO Hydroprojekt, a.s. (29)

4.2.1. SRÁŽKOVÁ DATA

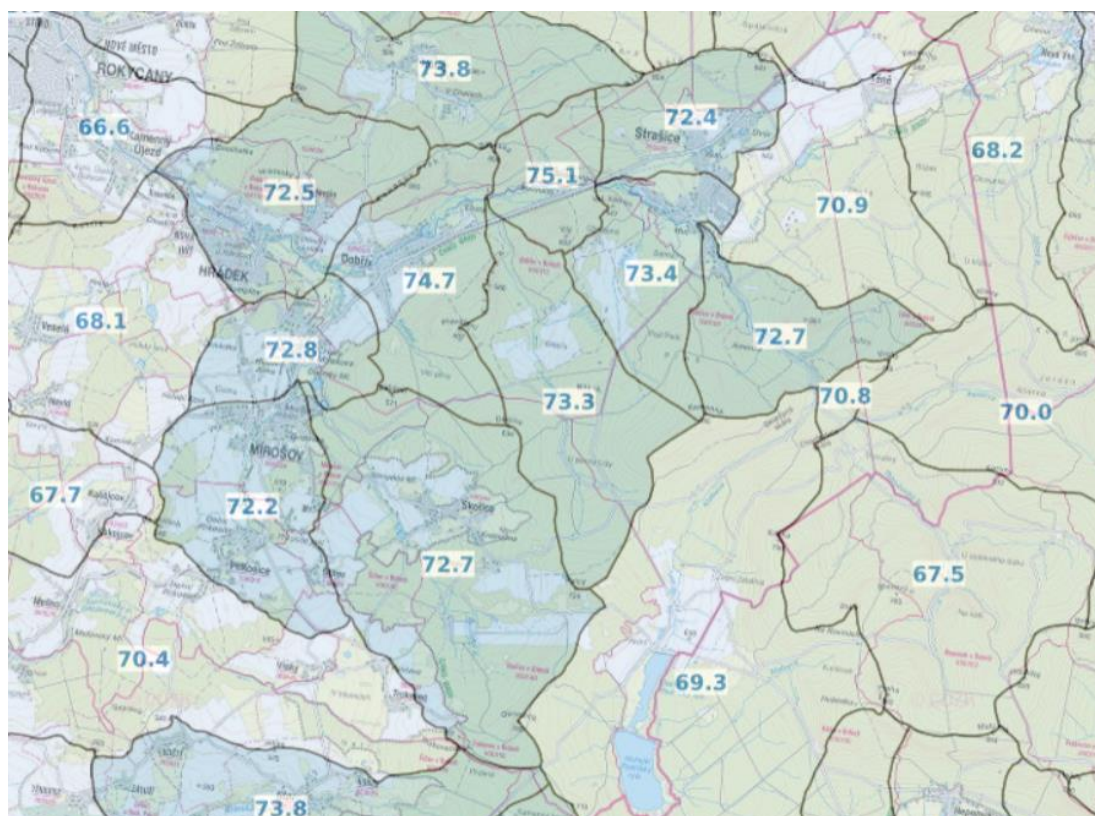
Jako srážková data pro model HEC-HMS byly použity hyetogramy volně dostupné z webové aplikace Katedry hydromeliorací a krajinného inženýrství FSv ČVUT v Praze *Průběhy 6hodinových návrhových srážek na povodí IV. Řádu*.

Kromě úhrnu šestihodinové srážky s dobou opakování 2, 5, 10, 20, 50 a 100 let pro každé povodí IV. řádu aplikace poskytuje pro každou takovou srážkovou událost šest teoretických návrhových hyetogramů (typ A až F) s časovým krokem 5 minut, u kterých je rovněž uvedena pravděpodobnost jejich výskytu pro dané povodí.

V rámci této diplomové práce byl modelován průběh srážkoodtokové události s dobou opakování 100 let. Proto byly použity hyetogramy srážek s dobou opakování 100 let. Pro každé povodí IV. řádu v zájmovém území byl v modelu HEC-HMS použit hyetogram typu F, který měl pro všechna povodí v zájmovém území jednoznačně nejvyšší pravděpodobnost výskytu (61).



Obrázek 90 – Průběhy návrhových hyetogramů typu A-F
Zdroj: Výřez z webové aplikace „Průběhy 6hodinových návrhových srážek na povodí IV. řádu“ (21)

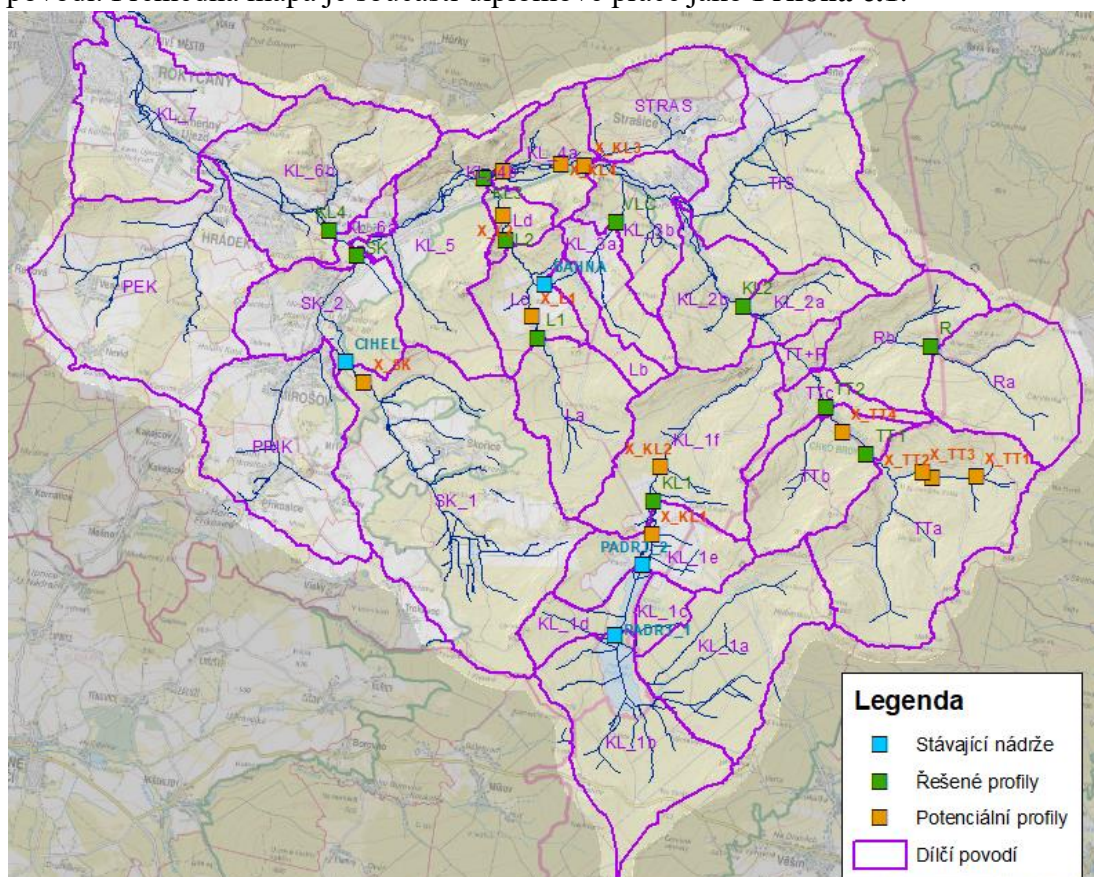


Obrázek 91 – Úhrny 6hodinové srážky s dobou opakování 100 let na povodích IV. řádu v zájmovém území
Zdroj: Výřez z webové aplikace „Průběhy 6hodinových návrhových srážek na povodí IV. řádu“ (21)

4.2.2. ROZDĚLENÍ NA DÍLČÍ POVODÍ

Následující postup byl proveden v aplikaci ArcMap 10.6 s pomocí dat Struktura DIBAVOD (A02 – vodní tok (jemné úseky); A07 – hydrologické členění – povodí IV. řádu) a DMR 5G. Vzhledem k rozlišovací schopnosti rastru DMR 5G (čtvercová síť 2x2 m) bylo nejprve provedeno umělé zahloubení toků pro správné stanovení odtokových drah: Příkazem *Extract By Mask* byla vyjmuta část DMR 5G, na které jsou umístěny vodní toky dle Struktury DIBAVOD. Tento rastr byl příkazem *Rastr Calculator* uměle zahlouben. Pomocí příkazů *Reclassify* a *Con* byl propojen původní DMR se zahloubeným DMR v osách vodních toků. Na základě tohoto rastru byl pomocí příkazů *Fill* a *Flow Direction* vytvořen rastr směru povrchového odtoku, který je prvním vstupním podkladem pro vytvoření dílčích povodí.

Druhým vstupním podkladem je bodový shapefile obsahující body, představující závěrové profily výsledných dílčích povodí. Byl proto vytvořen bodový shapefile obsahující body ve vybraných potenciálně vhodných profilech a body v uzávěrových profilech povodí IV. řádu. Připravené podklady byly použity jako vstupní data příkazu *Watershed*, jehož výstupem bylo následující rozdělení povodí Horní Klabavy na dílčí povodí. Přehledná mapa je součástí diplomové práce jako **Příloha č.1**.



Obrázek 92 – Rozdělení povodí horní Klabavy na dílčí povodí

Zdroj: Vytvořeno v programu ArcMap pomocí dat DIBAVOD, ZM10 a DMR 5G

4.2.3. PLOCHA DÍLČÍCH POVODÍ

Plocha dílčích povodí byla ve výše popsaném souboru typu shapefile stanovena v prostředí ArcMap pomocí funkce *Calculate Geometry*.

4.2.4. RETENČNÍ KOEFICIENT

Vstupním parametrem metody Clarkova jednotkového hydrogramu pro výpočet transformace přímého odtoku je retenční koeficient, který byl pro dílčí povodí odvozen na základě následující rovnice (60):

$$R = A \times L^B \times S_{10-85}^C \text{ [hod]} \text{ (Rovnice 1)}$$

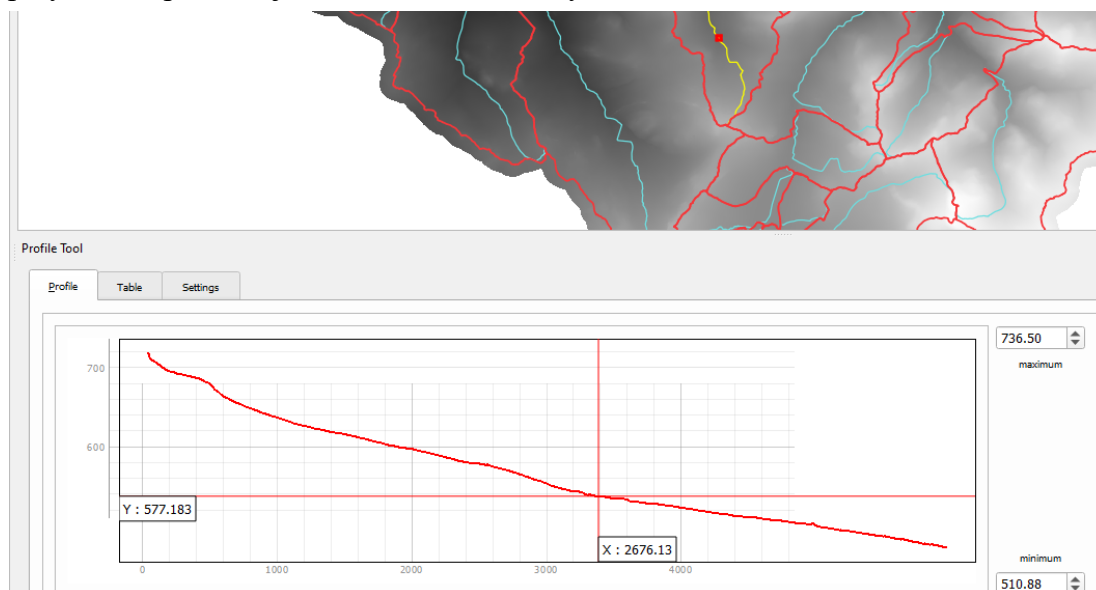
L Maximální délka údolnice [míle]

S_{10-85} Průměrný sklon nejdelší údolnice [stopy/míle]

A, B, C Koeficienty, dle ČHMÚ pro ČR platí: A = 80, B = 0,342. C = 0,79

Maximální délka údolnice L byla odvozena v prostředí ArcMap pomocí příkazu *Longest Flow Path* z balíčku nástrojů *Arc Hydro Tools*. Vstupními daty byl digitální model reliéfu DMR 5G, z něj odvozený rastr směru povrchového odtoku a soubor typu shapefile obsahující polygony dílčích povodí. Výstupem byl soubor typu shapefile s liniemi nejdelších údolnic a hodnotami jejich délek.

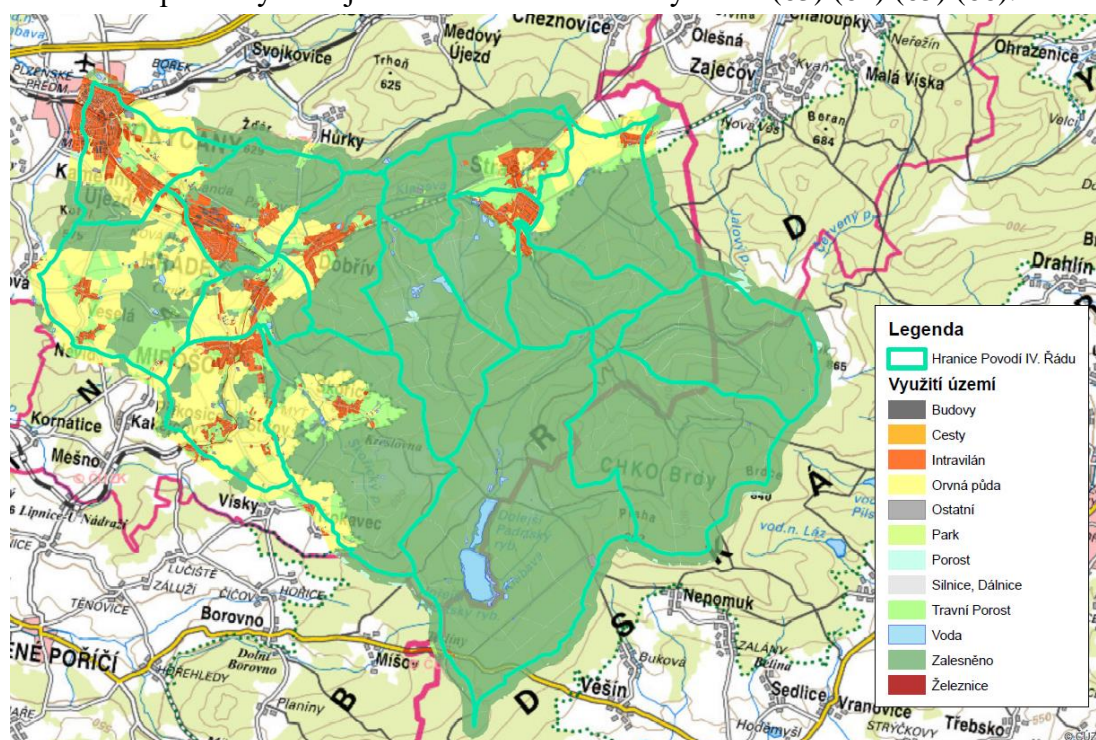
Průměrný sklon nejdelší údolnice S_{10-85} pro jednotlivá dílčí povodí byl stanoven jako poměr rozdílu nadmořských výšek na koncích nejdelší údolnice a délky nejdelší údolnice. Nadmořské výšky na koncích nejdelší údolnice byly stanoveny pomocí nástroje *Profile Tool* v prostředí QGIS, kde byl použit DMR 5G jako model terénu a polyline shapefile nejdelších údolnic získaný v minulém kroku.



Obrázek 93 –; Využití nástroje *Profile Tool* ke stanovení podélného sklonu nejdelší údolnice dílčích povodí
Zdroj: Výřez z programu QGIS, nástroj *Profil Tool*, využití dat DMR 5G

4.2.5. VYUŽITÍ ÚZEMÍ

Jedním ze vstupů srážkoodtokového modelu HEC-HMS jsou čísla CN křivek pro jednotlivá povodí. Jejich stanovení probíhá na základě dvou charakteristik území – hydrologických vlastností půdy a využití území. Využití území je také klíčové pro stanovení dalšího vstupního parametru – procentuálního zastoupení nepropustných ploch v povodí. Z těchto důvodů bylo v rámci přípravy vstupních dat modelu nutné připravit rovněž data využití území. Hlavním zdrojem dat využití území byla open-source databáze Geofabrik, přesněji volně stažitelný landuse shapefile pro území České republiky. Ten byl zpřesněn a doplněn o další soubory typu shapefile opět z databáze Geofabrik – cestní, silniční a železniční síť, prvky veřejné infrastruktury, vodní plochy a budovy. Tato data nicméně nepokrývala 100 % zájmového území. Proto byla jako podklad pod tuto vrstvu použita data z databáze land.copernicus.eu, především pak část databáze Urban Atlas 2018 pro město Plzeň, která pokrývá západní část povodí mimo CHKO Brdy, a část databáze Natura 2000, která pokrývá velkou část povodí na území CHKO Brdy. Po implementaci těchto dat stále zbylo několik malých nepokrytých polygonů, pro jejichž zařazení, co se využití území týče, byla použita databáze CORINE Land Cover 2018. Analýzou a úpravou těchto dat v prostředí ArcMap byl vytvořen co nejpodrobnější a nejpřesnější datový soubor formátu shapefile vycházející čistě z volně stažitelných dat (63) (64) (65) (66).

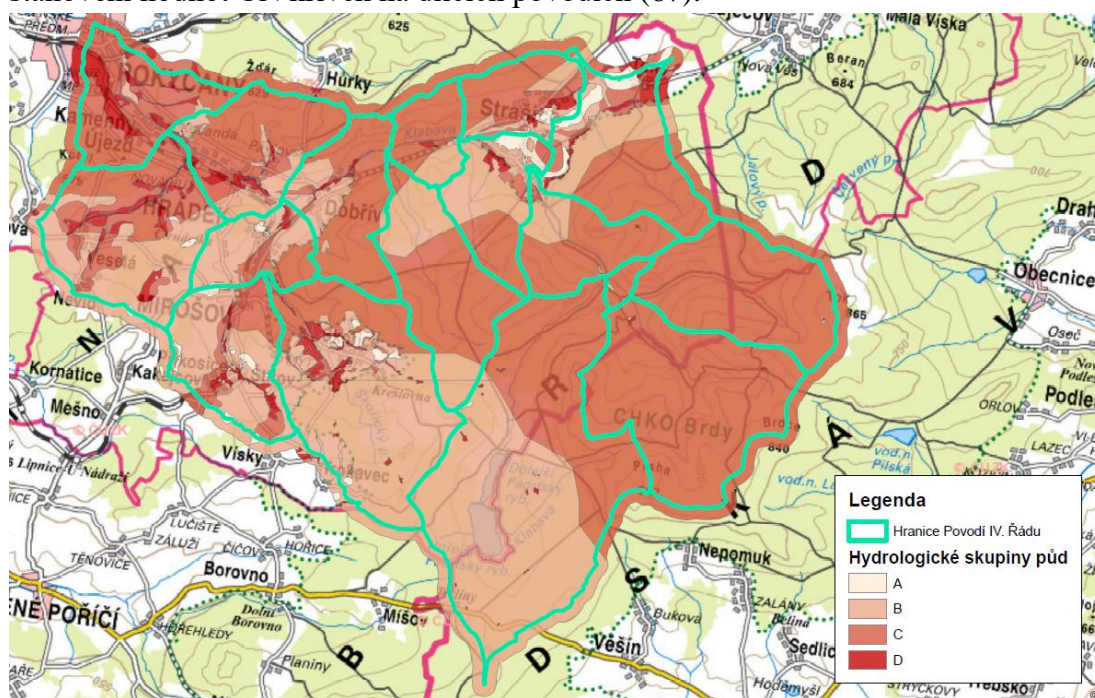


Obrázek 94 – Využití území v povodí Horní Klabavy

Zdroj: Vytvořeno v programu ArcMap na základě dat Geofabrik, Corine, UrbanAtlas, DIBAVOD, ZM10

4.2.6. PŮDNÍ CHARAKTERISTIKY

Pro stanovení HSP byla využita mapa Hydrologických skupin půd, jejíž výřez pokrývající zájmové území poskytl Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy pro účely této práce. Tato mapa člení zájmové území do polygonů charakterizovaných hydrologickou skupinou půd (A,B,C,D), tyto polygony jsou následně využity pro stanovení hodnot CN křivek na dílčích povodích (67).



Obrázek 95 – Hodnoty HSP v povodí Horní Klabavy

Zdroj: Vtvořeno v programu ArcMap na základě dat VÚMOP, s pomocí dat ZM10, DIBAVOD

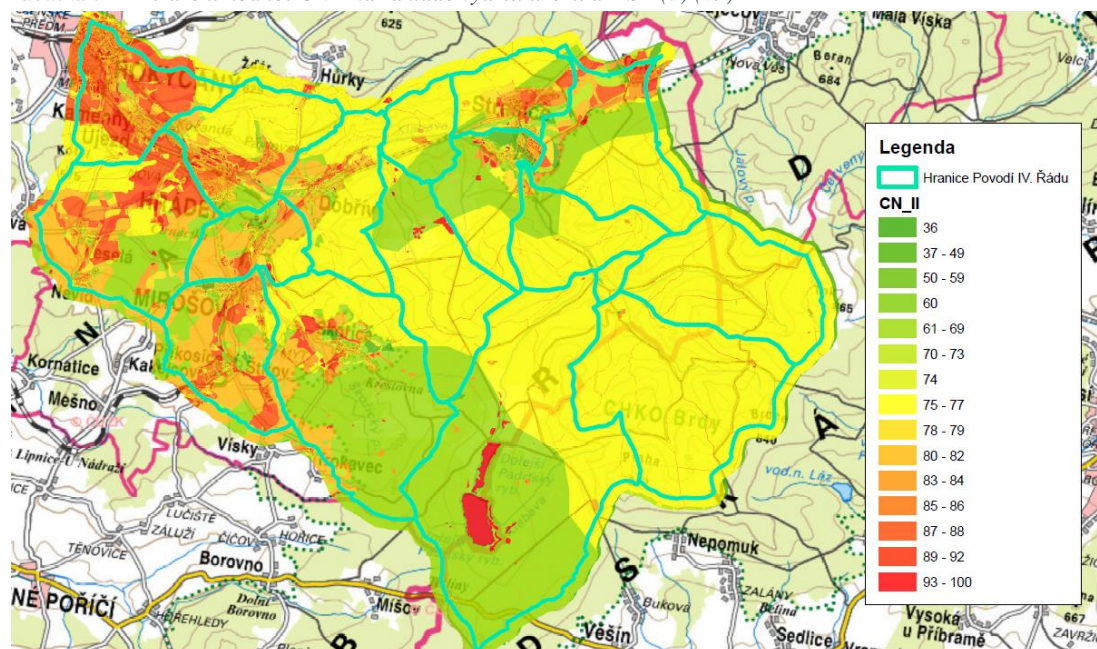
4.2.7. STANOVENÍ ČÍSEL CN KŘIVEK

Pro stanovení objemu přímého odtoku z dílčích povodí využívá program HEC-HMS metoda SCS – CN neboli metodu CN křivek. Na základě dat využití území a HSP byl vytvořen datový soubor rozdělující zájmové území do polygonů charakterizovaných využitím území a hydrologickou skupinou půdy. Těmto polygonům pak byla přiřazena čísla CN. Hodnoty čísel CN křivek byly přiřazeny na základě tabulek dostupných v dokumentu *Strategie ochrany před negativními dopady povodní a erozními jevy v České republice* a ve článku *Analýza změn odtokových poměrů pro Českou republiku* na webu VTEI, jehož autorem je Ing. Lukáš Smelík, Ph.D. (5) (69).

V prostředí programu ArcMap byly tyto hodnoty přiřazeny pomocí příkazu *Join Field* jednotlivým polygonům charakterizovaným hodnotami HSP a využitím území pokrývajícím celé zájmové území.

Využití území	HSP			
	A	B	C	D
Orná půda	72	81	88	91
Ovocný sad	59	74	82	86
Travní porost	49	69	79	84
Zalesněno	45	66	77	83
Porost bez rozlišení	36	60	73	79
Ostatní	59	74	82	86
Intravilán	59	74	82	86
Silnice, dálnice	74	84	90	92
Železnice včetně náspu	59	74	82	86
Vodní plocha	100	100	100	100

Tabulka 3 – Přirazení hodnot CNII na základě využití území a HSP (5) (69)



Obrázek 96 – Stanovené hodnoty CN II v povodí horní Klabavy

Zdroj: Vytvořeno v aplikaci ArcMap pomocí dat DIBAOD, VÚMOP, Geofabrik, Urban Atlas, Corine

Polygonový shapefile byl následně převeden na rastr a pomocí příkazu *Zonal Statistics as Table*, kde vstupními daty byl tento rastr a polygony dílčích povodí, byly vypočítány průměrné hodnoty čísel CN křivek pro dílčí povodí.

Pro povodí Klabavy, Rezervy a Třítrubeckého potoka v Brdech byl na základě *Studie zvýšení retenčních schopností pramenné oblasti CHKO Brdy* a terénního průzkumu předpokládán vysoký stupeň nasycení, a proto byly hodnoty čísel CN křivek přepočítány dle následující rovnice dostupné z článku *Aktuálnost "Metody čísel odtokových křivek - CN" k určování přímého odtoku z malého povodí* (22) (70):

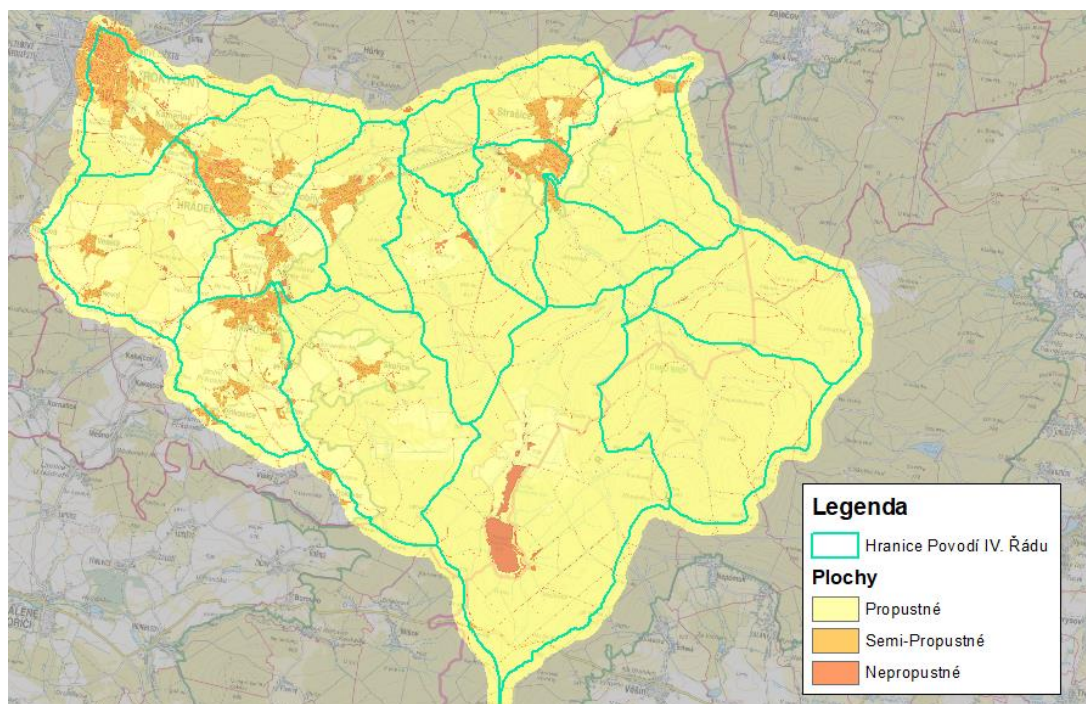
$$CNIII = CNII / (0,4036 + 0,005964 \times CNII) [-] \text{ (Rovnice 2)}$$

CNII Číslo odtokové křivky pro střední stupeň nasycení prostředí [-]

CNIII Číslo odtokové křivky pro vysoký stupeň nasycení prostředí [-]

4.2.8. PROCENTO NEPROPUSTNÝCH PLOCH

Procentuální zastoupení nepropustných ploch, které je vstupním parametrem určení objemu přímého odtoku, bylo stanoveno na základě výše popsaných dat využití území. Jednotlivým typům využití území byly přiřazeny hodnoty 100 % (nepropustné plochy), 0 % (propustné plochy) a 15 % (odhad pro intravilán mimo budovy a komunikace).



Obrázek 97 – Zastoupené propustných, semi-propustných a nepropustných ploch v povodí horní Klabavy
Zdroj: Vytvořeno v programu ArcMap na základě dat Geofabrik, UrbanAtlas, Corine, ZM10 a DIBAVOD

Pomocí příkazu *Zonal Statistics as Table* v programu ArcMap byly stanoveny průměrné hodnoty procentuálního zastoupení nepropustných ploch v dílčích povodích.

4.2.9. DOBA KONCENTRACE

Vstupním parametrem metody Clarkova jednotkového hydrogramu pro výpočet transformace přímého odtoku je doba koncentrace. Pro její výpočet bylo nutné nejprve určit potenciální maximální retenční kapacitu povodí S a průměrný sklon povodí Y .

Potenciální maximální retenční kapacita S byla určena na základě následující rovnice z hodnoty CN daného povodí (71):

$$S = 25,4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) [mm] \text{ (Rovnice 3)}$$

Průměrný sklon povodí Y byl stanoven v prostředí ArcMap, kde byl na základě DMR 5G pomocí příkazu *Slope* vytvořen rastr sklonitosti území. Pomocí příkazu *Zonal Statistics as Table* byly určeny průměrné hodnoty pro dílčí povodí.

Na základě těchto údajů byla pro dílčí povodí stanovena doba doběhu $tLAG$, která značí časový interval mezi kulminací srážky na daném povodí a kulminací průtoku v závěrovém profilu povodí. Byla odvozena na základě následující rovnice (60):

$$tLAG = \frac{L^{0,8} \times (S + 1)^{0,7}}{1900 \times \sqrt{Y}} \text{ [hod]} \text{ (Rovnice 4)}$$

L	Maximální délka údolnice [stopy]
S	Potenciální maximální retenční kapacita povodí [palce]
Y	Průměrný sklon povodí [%]

Doba koncentrace dílčích povodí byla odvozena na základě doby doběhu $tLAG$ pomocí následující rovnice (60):

$$T_c = 1,67 \times tLAG \text{ [hod]} \text{ (Rovnice 5)}$$

4.2.10. CHARAKTERISTIKY ÚSEKŮ VODNÍCH TOKŮ

Pro výpočet postupu vlny v korytě vodního toku využívá program HEC-HMS metodu Muskingum – Cunge. Jejimi vstupními parametry jsou pro každý dílčí úsek vodního toku jeho délka, podélný sklon, Manningův součinitel drsnosti, geometrie charakteristického průřezu koryta a referenční průtok.

Na základě rozdělení zájmového území na dílčí povodí bylo stanoveno devatenáct dílčích úseků vodních toků (**Příloha č. 1**). Byl vytvořen soubor typu shapefile v prostředí ArcMap obsahující tyto úseky vodních toků a byly stanoveny jejich délky. Následně byl určen podélný sklon dílčích úseků stejným způsobem jako byl stanoven podélný sklon nejdelší údolnice pomocí nástroje *Profile Tool* v prostředí QGIS.

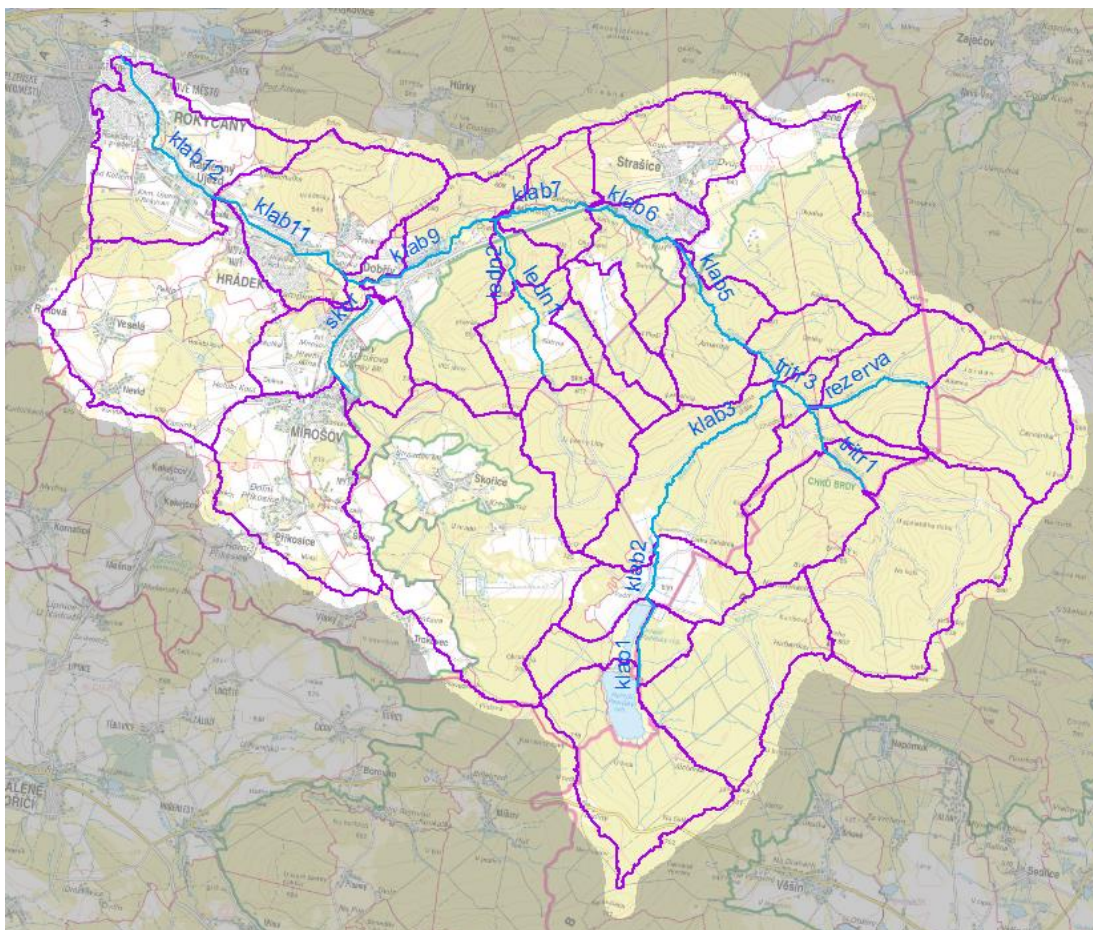
Hodnoty Manningova drsnostního součinitele n pro koryta vodních toků byly stanoveny na základě terénního průzkumu a Fotografického katalogu drsností zpracovaného Ústavem vodních staveb Fakulty stavební VUT v Brně (72). Bermám lichoběžníkových průřezů koryt byla přidělena hodnota $n = 0,08$.

Dílčí úseky vodních toků, pro které platí, že rozměry koryta jsou příliš malé pro to, aby jejich analýza pomocí DMR 5G přinesla relevantní odhad parametrů koryta, byly modelovány v prostředí HEC-HMS jako lichoběžníková. Šířka koryta byla odměřena na základě ortofoto mapy ČR (ČUZK) a sklony břehů byly odhadnuty na základě terénního průzkumu. Dílčí úseky vodních toků, pro které platí, že rozměry koryta jsou dostatečně pro to, aby bylo možné provést relevantní analýzu jejich parametrů pomocí DMR 5G, byly v prostředí HEC-HMS modelovány jako složený

průřez. Parametry koryta byly do modelu zadány jako osmibodové průřezové křivky, získané úpravou reprezentativních příčných řezů (DMR 5G) v programu AutoCAD.

Poslední vstupní hodnotou pro metodu Muskingum – Cunge je *Index flow* – referenční průtok, který dle oficiálního návodu programu HEC-HMS představuje průměr odhadovaného kulminačního průtoku modelovaného scénáře a obvyklého průtoku ve vodním toku. Pro dílčí úseky byl stanoven na základě předpokládaných přibližných kulminačních průtoků vycházejících mj. z hodnot kulminačních průtoků povodní s dobou opakování 100 let dostupných z dokumentu *Analýza oblastí s významným povodňovým rizikem v povodí Vltavy a podklady k Plánu pro zvládnání povodňových rizik v povodí Labe: Dokumentace oblastí s významným povodňovým rizikem KLABAVA – BER 05-01 - Ř. KM 0,000 – 35,300 (60) (68)*.

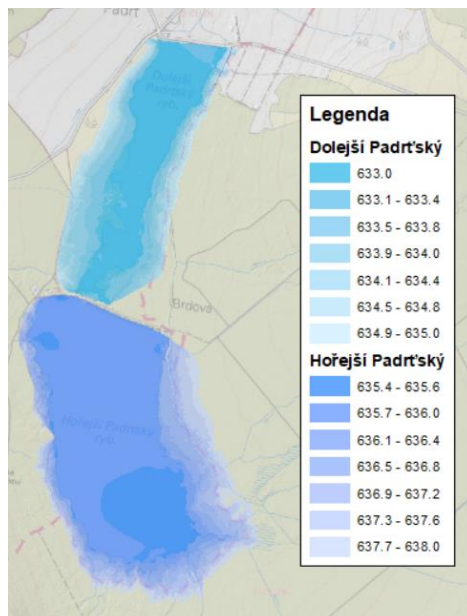
Přehledná mapa dílčích úseků vodních toků je součástí práce jako **příloha č.1**. Parametry všech dílčích úseků vodních toků jsou uvedeny v **příloze č.2**.



Obrázek 98 – Dílčí úseky vodních toků použité ve srážkoodtokovém modelu
Zdroj: Vytvořeno v aplikaci ArcMap na základě dat DIBAVOD a ZM10

4.2.11. STÁVAJÍCÍ VODNÍ NÁDRŽE

Do výchozího modelu pro kalibraci a verifikaci byly zahrnuty tři stávající vodní nádrže – Hořejší Padrťský rybník, Dolejší Padrťský rybník a Cihelský rybník nad Mirošovem. Vodní nádrže Bahna I. a Bahna II. nebyly zahrnuty do modelu pro kalibraci a verifikaci, protože hydrologická data sloužící pro kalibraci a verifikaci modelu nebyla aktualizována po nedávné výstavbě nádrží a jejich existence do nich tak nebyla promítnuta. Charakteristiky nádrží Bahna I. a Bahna II. byly stanoveny za účelem zahrnutí nádrží do modelů pro vodohospodářské řešení.

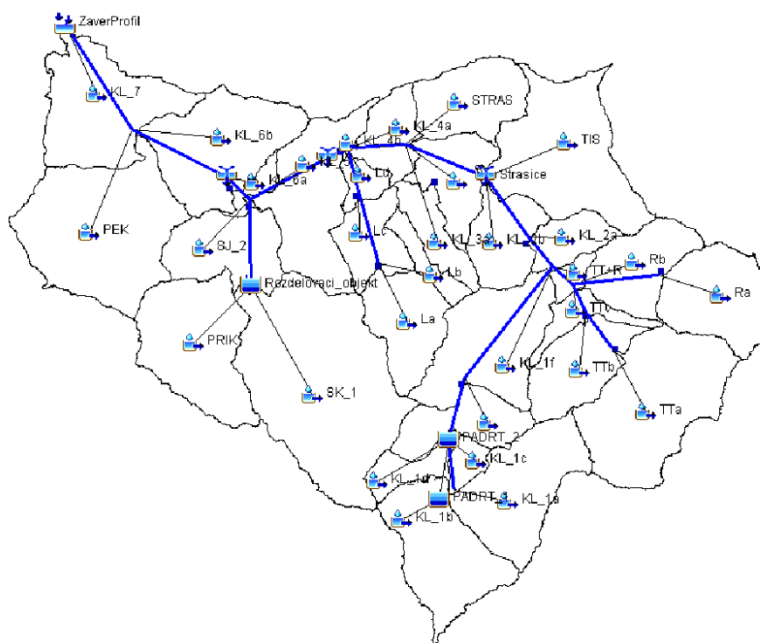


Obrázek 99 – Příprava charakteristických čar Padrťských rybníků v prostředí ArcMap
Zdroj: Vytvořeno na základě DMR 5G a ZM20

Charakteristické čáry, úroveň hladiny stálého nadržení a parametry funkčních objektů nádrží byly odvozeny na základě terénního průzkumu a analýzy terénu pomocí DMR 5G v ArcMap a QGIS.

4.3. SESTAVENÍ MODELU

V prostředí programu HEC-HMS byla zadána vstupní data (charakteristiky dílčích povodí, úseků vodních toků, stávajících vodních nádrží, srážková data) do modelu výchozího stavu.



Obrázek 100 – Schéma modelu výchozího stavu v aplikaci HEC-HMS
Zdroj: Výřez z programu HEC-HMS

4.4. KALIBRACE A VERIFIKACE MODELU

Model byl kalibrován z hlediska kulminačních průtoků ve vybraných profilech, pro které je známa hodnota maximálního průtoků s dobou opakování 100 let.

Hrubá kalibrace modelu byla provedena pomocí parametru *ratio* výpočetního modulu HEC-HMS. Jemná kalibrace (týkající se pouze povodí Klabavy nad Strašicemi, Třítrubeckého potoka a Rezervy) spočívala v mírném zvýšení počáteční ztráty. Jako referenční průtoky pro kalibraci a verifikaci modelu byly použity tabulky stoletých průtoků dostupné z dokumentu *Analýza oblastí s významným povodňovým rizikem v povodí Vltavy a podklady k Plánu pro zvládnutí povodňových rizik v povodí Labe: Dokumentace oblastí s významným povodňovým rizikem KLABAVA – BER 05-01 - Ř. KM 0,000 – 35,300* a hodnota stoletého průtoků v profilu VD Amerika získaná z dokumentu *Vodní dílo Amerika, Studie proveditelnosti* ($Q_{100} = 66,7 \text{ m}^3/\text{s}$) (29).

Profil	Plocha km ²	Q ₂ m ³ /s	Q ₅ m ³ /s	Q ₁₀ m ³ /s	Q ₂₀ m ³ /s	Q ₅₀ m ³ /s	Q ₁₀₀ m ³ /s	Q ₅₀₀ m ³ /s	Datum pořízení
ústí do Berounky	-	-	67.2	-	132	-	254	442	16.11.2018
LGS Nová Huť	-	-	70.6	-	137	-	248	402	16.11.2018
hráz VD Klabava	-	-	62.2	-	123	-	232	396	16.11.2018
nad Rakovským potokem	-	-	52.7	-	105	-	199	341	13.06.2019
nad Holubkovským potokem	-	-	39.2	-	78.0	-	148	253	13.06.2019
LGS Hrádek	-	-	42.8	-	76.4	-	129	200	16.11.2018
k.ú. Dobřív, cca 170 m pod ústím Ledného potoka	-	-	32.6	-	58.2	-	98.4	165	16.11.2018
měrný profil Strašice	-	-	19.5	-	39.5	-	76.7	134	16.11.2018

Obrázek 101 – Referenční hodnoty stoletých průtoků použité pro kalibraci a verifikaci modelu
Zdroj: Vymuto z dokumentu „Analýza oblastí s významným povodňovým rizikem v povodí Vltavy a podklady k Plánu pro zvládnutí povodňových rizik v povodí Labe: Dokumentace oblastí s významným povodňovým rizikem KLABAVA – BER 05-01 - Ř. KM 0,000 – 35,300“ (29)

V rámci kalibrace a verifikace modelu bylo dosaženo následující shody stoletých průtoků ve vybraných profilech:

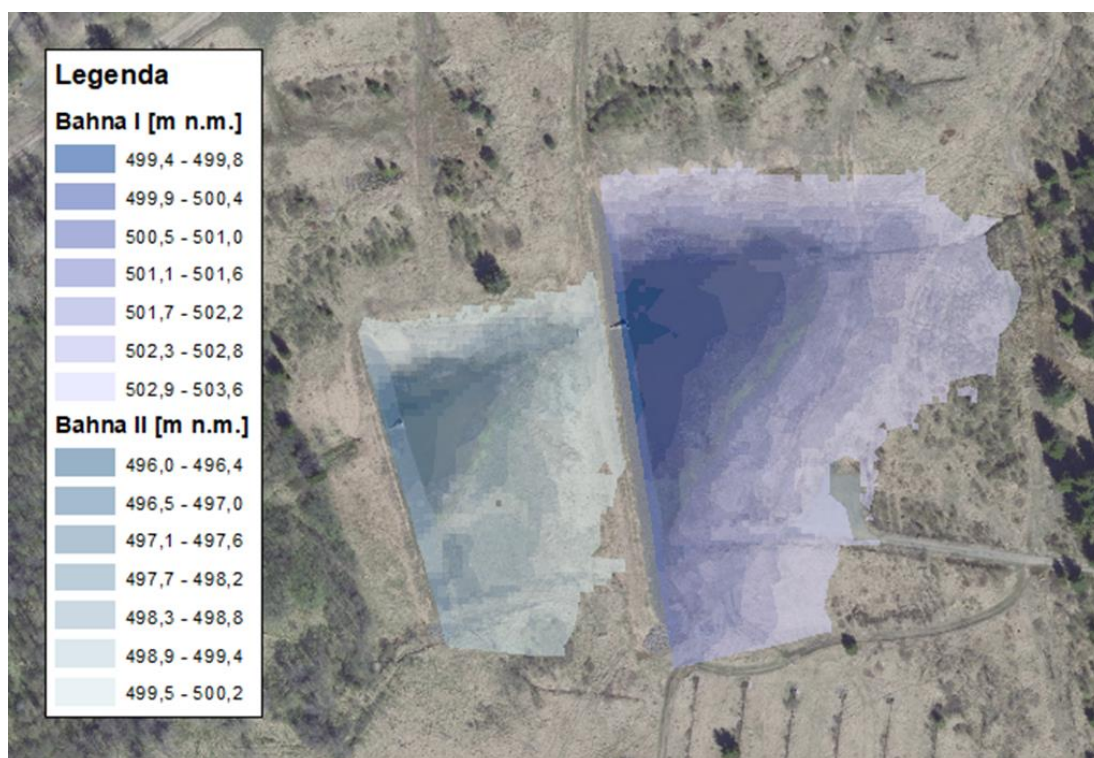
Profil	Výstupní hodnota modelu	Referenční hodnota	Absolutní odchylka	Relativní odchylka
	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[%]
Amerika - ř.km 37,6	69,7	66,7	3,0	4,40
Měrný profil Strašice	73,2	76,7	3,5	4,67
k.ú. Dobřív, cca 170 m pod ústím Ledného potoka	101,8	98,6	3,2	3,19
LGS Hrádek	129,0	129,0	0,0	0,00
Měrný profil Rokycany - Na Pátku	149,0	148,0	1,0	0,67

Tabulka 4 – Shoda modelovaných a referenčních hodnot stoletých průtoků ve vybraných profilech

5. ŘEŠENÍ PROTIPOVODŇOVÉ OCHRANY POMOCÍ RETENČNÍCH NÁDRŽÍ

Předmětem této kapitoly je návrh čtyř variant koncepčního řešení protipovodňové ochrany v povodí horní Klabavy pomocí suchých nebo polosuchých retenční nádrží, jejich zhodnocení a porovnání mezi sebou a v kontextu alternativních způsobů řešení protipovodňové ochrany v povodí (viz kapitola 3.4).

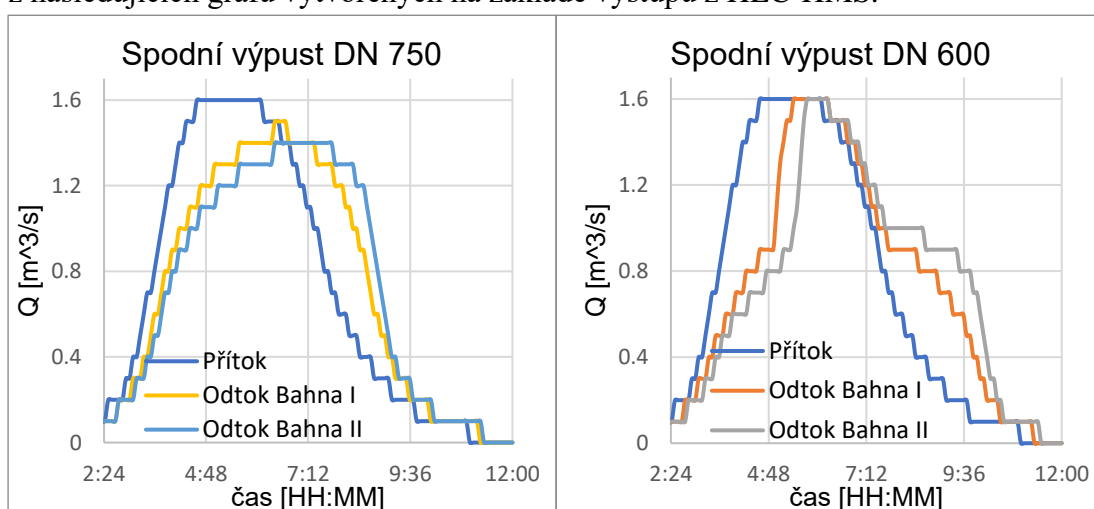
Před přistoupením k tomuto řešení bylo ovšem nutné do verifikovaného modelu zahrnout také nedávno realizované polosuché retenční nádrže Bahna I. a Bahna II. Parametry hráze, funkčních objektů, úroveň hladiny stálého nadržení a charakteristické křivky zátopy (s krokem 0,2 m) byly odhadnuty na základě analýzy terénu pomocí DMR 5G v prostředí ArcMap a QGIS a na základě terénního průzkumu.



Obrázek 102 – Vizualizace nadmořských výšek v zátopě polosuchých retenčních nádrží Bahna I. a Bahna II. Zdroj: Vytvořeno v prostředí ArcMap na základě dat DMR 5G a pomocí Ortofoto mapy ČR

Výpočet nicméně ukázal, že nádrže s takto malým retenčním prostorem (Bahna I. má retenční objem cca 3600 m³ a Bahna II. pouze cca 1300 m³) mají při tak významné povodni, jako je událost s dobou opakování 100 let, v širším kontextu zcela zanedbatelný efekt. Při úpravě DN spodních výpustí na hodnotu 0,75 m, kdy je povodňová vlna transformována nejefektivněji (dosažení hrany bezpečnostního přelivu při kulminaci) se daří kulminační průtok redukovat na odtoku z nádrže Bahna II z 1,6 m³/s na 1,4 m³/s. Efekt nádrže z hlediska ochrany Dobříva, což je

nejbližší obec po proudu od nádrží, by byl v podstatě nulový, když by vedl ke snížení kulminačního průtoku z hodnoty 101,8 m³/s na 101,6 m³/s. Menší rozměr spodní výpusti (odhad DN 600) vede k vyšší efektivitě nádrže při menších povodních, při takto významné povodňové události dojde ale vlivem rychlejšího plnění retenčního prostoru k přesazení úrovně bezpečnostního přelivu před odezněním vrcholu povodňové vlny. V podstatě tak nedojde k redukci kulminačního průtoku na odtoku z nádrže, pouze dojde k jeho posunutí v čase vlivem transformace. Transformační efekt nádrží Bahna I a II pro rozměr spodní výpusti DN 600 a DN 750 je patrný z následujících grafů vytvořených na základě výstupů z HEC-HMS.



Model se zakomponovanými nádržemi Bahna I. a Bahna II. následně sloužil jako podklad pro variantní řešení protipovodňové ochrany. Cílem modelování suchých a polosuchých nádrží bylo snížení kulminačního průtoku ve Strašicích, Dobřívě a Rokycanech pokud možno na neškodný průtok při srážkové události s dobou opakování 100 let. Neškodný průtok nebyl kritériem pro obec Hrádek, kde neškodný průtok v podstatě odpovídá stoleté povodni, a v Kamenném Újezdu, kde je sice koryto nekapacitní, ale v blízké budoucnost bude koryto přírodě blízkým způsobem upraveno a zkapacitněno tak, aby bezpečně převedlo stoletou povodeň. Cílové hodnoty byly tak na základě tabulky uvedené v kapitole 3.2 následující (28):

$$Q_{\text{neš}} = 40 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (měrný profil ve Strašicích)}$$

$$Q_{\text{neš}} = 45 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (v Dobřívě pod soutokem Klabavy a Ledného potoka)}$$

$$Q_{\text{neš}} = 80 - 100 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (v Rokycanech nad soutokem s Holoubkovským potokem)}$$

Pro posouzení účinku navrhovaných opatření na srážkoodtokové vztahy v povodí byly na základě výše popsaného modelu modelovány také srážkové události s dobou opakování 20 a 50 let. Byla však provedena pouze hrubá kalibrace těchto modelů, výsledky odkazující se na ně jsou proto výhradně orientačního charakteru.

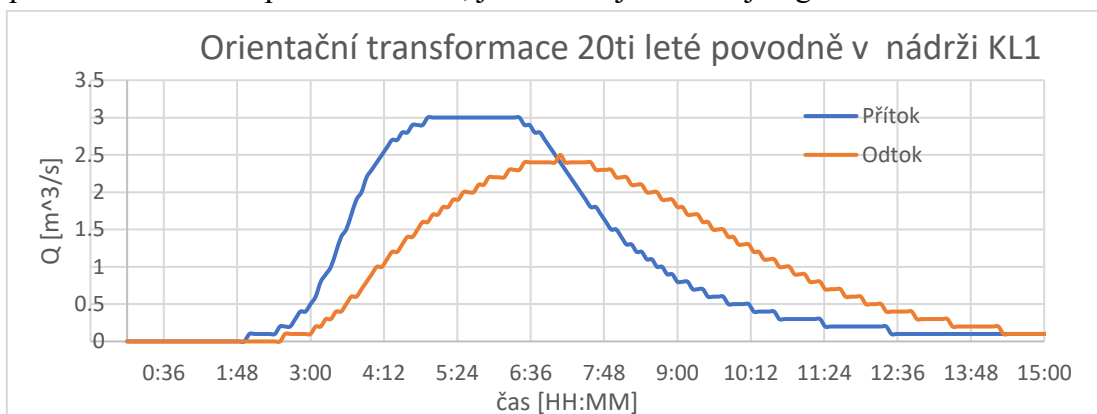
5.1. VARIANTA A

Detailní údaje a mapy doprovázející tuto podkapitulu jsou součástí diplomové práce jako **Příloha č.6 – Varianta A**. Varianta A stejně jako ostatní varianty realizuje protipovodňové opatření v podobě zrušení obtokového kanálu kolem Padrťských rybníků a svedení veškerého odtoku z potenciálního povodí rybníků do jejich zátopy. Díky velkému objemu retenčního prostoru rybníků vyplývajících z rozsáhlé zátopy lze v nádržích velmi efektivně transformovat odtok z povodí nad nimi. *Studie Zvýšení retenční schopnosti pramenné oblasti CHKO Brdy* vyčíslila tento efekt na snížení kulminačního průtoku stoleté povodně v profilu Amerika o 7,7 %. Efekt byl prověřen také modelem HEC-HMS a byl vyčíslen na snížení kulminačního průtoku stoleté povodně v profilu Amerika z hodnoty 69,7 m³/s na 64,5 m³/s (snížení o 7,5 %) (22).

Předmětem první varianty byl kromě zrušení obtokového kanálu návrh retenčních nádrží v několika profilech, které byly vyhodnoceny jako nejvhodnější, při návrhu relativně malých rozměrů hrázových těles a relativně malých objemů retenčních prostorů tak, aby retenční nádrže neznamenal příliš výrazný zásah do krajinného rázu a nutnost odlesnění velkých ploch a při přírodě blízkém provedení a realizaci malého objemu stálého nadržení naopak vytvořily hodnotný krajinný a ekologický prvek. Výpustní zařízení nádrží bylo navrženo orientačně a bylo dimenzováno tak, aby nádrže měly nejlepší možný transformační efekt při povodni s dobou opakování 100 let. Při případné realizaci by však bylo nutné posoudit, zda raději nenavrhnout méně kapacitní výpustní zařízení s horším transformačním efektem pro stoletou povodeň, ale lepším transformačním efektem pro frekventovanější povodně. Retenční nádrže s malým objemem retenčního prostoru vůči objemu povodňové vlny (retenční prostor největší zde navržené nádrže má objem 41,3 tis. m³) totiž nemají na zmírnění stoleté povodně příliš velký efekt, jak je dále doloženo v této kapitole. Nabízí se proto otázka, zda při případné realizaci navržených nádrží neoptimalizovat kapacitu objektů spíše s ohledem na povodeň s dobou opakování například 20 let, kdy by jejich efekt s ohledem na snížení negativních dopadů povodně mohl být významnější.

První retenční nádrž byla navržena profilu **KL1 – Profil u nádrže Ledvinka**. Nízká hráz s výškou 2,25 m umožňuje vytvoření retenčního objemu 19,8 tis. m³. V zátopě by nebylo nutné kácení, malé množství dřevin, které se v ní nachází, je zvyklé na vlhké prostředí a občasné krátkodobé zatopení by pro ně nemělo představovat výrazný problém. Navíc zde terénní uspořádání umožňuje vytvoření

migračně prostupného bypassu (s ohledem na populaci raka kamenáče) zaústěného do koryta výtoku z nádrže Ledvinka. Nádrž by tak mohla mít stálé nadržení, aniž by došlo k narušení migrační prostupnosti. Případně lze spodní výpust koncipovat jako migračně prostupnou a nádrž realizovat bez stálého nadržení. Nádrž se nicméně projevila jako poměrně neefektivní při srážkové události s dobou opakování 100 let z hlediska schopnosti snížit kulminační průtok. Její transformační schopnost je vyšší při srážce s dobou opakování 20 let, jak dokazuje následující graf.



Další navrhovaná nádrž se nachází na **Vlčím potoce v profilu VLC – Profil na severním okraji areálu Přední Bahna**. Vzhledem k terénním dispozicím má tato nádrž ale v podstatě zanedbatelný efekt na snížení negativních dopadů povodní. Přesto její realizace dává smysl z hlediska vytvoření ekologicky hodnotného prvku v areálu Přední Bahna, pokud by bylo vytvořeno stálé nadržení. Vzniknout by tak mohla podobná nádrž, jako jsou nádrže Bahna I. a Bahna II. – jak objemem, okolní krajinou, tak svým významem z hlediska povodní, krajiny i ekologie.

Třetí navrhovaná nádrž leží v Třítrubeckém potoce v profilu **TT1 – Profil pod soutokem Třítrubeckého a Voložného potoka**. Tento profil je autorem této diplomové práce považován za nejlepší ze všech uvažovaných profilů v rámci celého povodí. Při výšce hráze 7 m nabízí retenční prostor 41,3 tis m³ v člověkem již silně poznamenané zátopě. Jedinou formu ochrany přírody zde představuje III. zóna CHKO, profil je navíc dobře dopravně dostupný po zpevněné komunikaci.

Čtvrtá navrhovaná nádrž leží na Rezervě v profilu **R – Profil u protržené hráze bývalého rybníka na Rezervě**. Zde se nabízí možnost obnovy hráze ve III. zóně CHKO a vytvoření nádrže s malým prostorem stálého nadržení a retenčním prostorem o objemu 21,7 m³ při výšce hráze 6,4 m. Tato nádrž má podobnou transformační schopnost jako nádrž na Třítrubeckém potoce – tedy při stoleté povodni nepostačující, ale rozhodně výraznější než nádrž KL1 a VLC.

Poslední navržená nádrž je v profilu **L1 – Profil U Chaloupky** na Ledném potoce. Nachází se ve III. zóně CHKO, a především mimo EVL Ledný potok, takže ochrana vranky obecné zde nepředstavuje překážku. Sevřené údolí zde nabízí vytvoření nádrže s objemem retenčního prostoru 16,3 při výšce hráze 6,9 m. Povodí nádrže je menší a přítok při povodni je v porovnání s nádržemi na Rezervě a Třítrubeckém potoce výrazně nižší, lze tak efektivněji využít retenční objem pro transformaci, reálný efekt na snížení kulminačního průtoku níže v povodí je ale díky nepříliš vhodnému strategickému umístění nádrže nevýznamný.

Implementace uvedených opatření by dle modelu HEC-HMS vedla ke snížení kulminačního průtoku ve Strašicích o 18,2 %, v Dobřívě o 15,1 % a v Rokycanech o 10,4 %. Opatření by ale ani zdaleka nevedla k zajištění neškodného průtoku. To je způsobeno především malým objemem retenčních prostorů nádrží, který byl volen ve snaze o zmenšení zásahu do krajinného rázu a minimalizaci negativních důsledků na ekosystémy daných lokalit. Navrhovaná opatření při citlivém návrhu mohou plnit i jinou funkci než protipovodňovou – funkci krajinného a ekologického prvku. Následující tabulka ukazuje i orientační efekt opatření na průchod povodňové vlny s dobou opakování 20 a 50 let. Je ale nutné zdůraznit, že jde o průběh při optimalizaci využití retenčního prostoru na stoletou povodeň. Při optimalizaci funkčních objektů na průběh frekventovanějších povodní by byla transformace mnohem efektivnější.

[m ³ /s] [%]	Strašice	Dobřív	Rokycany
Q _{neš}	40	45	80
Q ₁₀₀ před realizací	73.2	101.6	148.7
Q ₁₀₀ po realizaci	59.9	86.3	133.3
Absolutní snížení průtoku	13.3	15.3	15.4
Relativní snížení průtoku	18.2	15.1	10.4
Zajištění Q _{neš}	NE	NE	NE
Q ₅₀ před realizací	60.3	82.2	119.8
Q ₅₀ po realizaci	50.3	70.6	108.6
Absolutní snížení průtoku	10	11.6	11.2
Relativní snížení průtoku	16.6	14.1	9.3
Zajištění Q _{neš}	NE	NE	NE
Q ₂₀ před realizací	46.4	61.3	88.7
Q ₂₀ po realizaci	39.7	54.4	82.2
Absolutní snížení průtoku	6.7	6.9	6.5
Relativní snížení průtoku	14.4	11.3	7.3
Zajištění Q _{neš}	ANO	NE	NE

Tabulka 5 – Vliv opatření z Varianty A na srážkoodtokové vztahy v povodí horní Klabavy

5.2. VARIANTA B

Detailní údaje a mapy doprovázející tuto podkapitulu jsou součástí diplomové práce jako **Příloha č.7 – Varianta B**. Varianta B vznikla na základě Varianty A. Kromě zrušení obtokového kanálu kolem Padrťských rybníků byla z varianty A ponechána nádrž KL1 u nádrže Ledvinka na Klabavě, nádrž v profilu VLC na Vlčím potoce a nádrž v profilu bývalého rybníka na Rezervě. Nádrž v profilu TT1 pod soutokem Třítrubeckého a Voložného potoka byla oproti původnímu návrhu zvětšena. Bylo provedeno zvýšení koruny hráze a úrovně bezpečnostního přelivu o 1,5 m, čímž bylo docíleno zvýšení retenčního objemu z původních 41,3 tis. m³ na 78,9 tis. m³. Spodní výpust byla optimalizována na průchod povodňové vlny s dobou opakování 20 let. Důvodem pro toto rozhodnutí je navržení retenční nádrže v profilu **TT2 – Profil nad bývalou Třítrubeckou myslivnou**. Navržená výška hráze je 10 m a retenční prostor má objem 180,6 tis. m³. Norma TNV 75 2415 doporučuje sázení hospodářského lesa (který vyplňuje prostor potenciální zátopy této nádrže) v suchých nádržích až od úrovně dvacetileté vody. Vlivem optimalizace výpusti horní nádrže na dvacetiletou vodu pak ve spodní nádrži při dvacetileté vodě nevystoupá hladina tak vysoko a velkou část zátopy by tak nebylo nutné odlesnit a lze ji nadále využívat jako hospodářský les. Zátopa má celkovou výměru 5,02 ha, plocha zátopy pod hladinou dvacetileté vody má výměru 2,83 ha.

Značná retenční schopnost této nádrže v kombinaci s horní nádrží pomáhá velmi dobře transformovat odtok z povodí Třítrubeckého potoka i při srážkové události s dobou opakování 100 let. Transformační efekt nádrží navíc způsobí mírné vzájemné posunutí povodňových vln z povodí Klabavy, Třítrubeckého potoka a Rezervy, takže se kulminace povodňových vln přímo nestřetnou. Tento efekt má při srážkové události s dobou opakování 100 let za následek snížení kulminačního průtoku ve Strašicích na 45,6 m³/s, což je oproti původní hodnotě zlepšení o 37,7 %. Tato hodnota se blíží neškodnému průtoku, kterého by pravděpodobně bylo možné dosáhnout implementací alespoň části opatření, která navrhuje studie *Zvýšení retenční kapacity pramenné oblasti CHKO Brdy v povodí (22)*.

Realizace navržených retenčních nádrží by dle modelu HEC-HMS vedla ke snížení kulminačního průtoku povodňové vlny s dobou opakování 100 let v Dobřívě o 28,1 % a v Rokycanech o 19,4 %. Ve Strašicích by pouze realizací navrhovaných nádrží byl zajištěn neškodný průtok při průchodu povodňové vlny s dobou opakování

20 a 50 let, v Rokycanech a Dobřívě při průchodu povodňové vlny s dobou opakování 20 let. Výčet hodnot kulminačních průtoků při povodňové události s dobou opakování 20, 50 a 100 let je přehledně uveden v následující tabulce:

[m ³ /s] [%]	Strašice	Dobřív	Rokycany
Q _{neš}	40	45	80
Q ₁₀₀ před realizací	73.2	101.6	148.7
Q ₁₀₀ po realizaci	45.6	73.1	119.8
Absolutní snížení průtoku	27.6	28.5	28.9
Relativní snížení průtoku	37.7	28.1	19.4
Zajištění Q _{neš}	NE	NE	NE
Q ₅₀ před realizací	60.3	82.2	119.8
Q ₅₀ po realizaci	38.1	59	96.9
Absolutní snížení průtoku	22.2	23.2	22.9
Relativní snížení průtoku	36.8	28.2	19.1
Zajištění Q _{neš}	ANO	NE	NE
Q ₂₀ před realizací	46.4	61.3	88.7
Q ₂₀ po realizaci	29.9	44.4	71.2
Absolutní snížení průtoku	16.5	16.9	17.5
Relativní snížení průtoku	35.6	27.6	19.7
Zajištění Q _{neš}	ANO	ANO	ANO

Tabulka 6 – Vliv opatření z Varianty B na srážkoodtokové vztahy v povodí horní Klabavy

Součástí varianty B bylo také prověření vlivu tří potenciálních nádrží pod Dobřívem na průběh povodňových vln v Rokycanech. Byla takto posouzena nádrž v profilu **SK – Profil pod Mirošovem** a dvě varianty nádrže v profilu **KL4 – Profil nad městem Hrádek** – varianta přímé hráze a varianta kombinující přímou a boční hráz s cílem vytvoření většího retenčního prostoru.

Potenciální nádrž v profilu SK by měla objem retenčního prostoru 45,5 tis. m³ a vedla by ke snížení kulminačního průtoku stoleté povodně v Rokycanech ze 119,8 m³/s na 116,2 m³/s. Potenciální nádrž v profilu KL4 s přímou hrází by měla objem retenčního prostoru 230 tis. m³ a vedla by ke snížení kulminačního průtoku stoleté povodně v Rokycanech ze 119,8 m³/s na 116,2 m³/s. Při použití boční hráze by došlo ke zvětšení objemu retenčního prostoru na 502 tis. m³ a posílení efektu redukování kulminačního průtoku stoleté povodně v Rokycanech na hodnotu 105 m³/s. Ani jedna z nádrží však nebyla zahrnuta do návrhu varianty 2 – buď pro svůj zanedbatelný vliv nebo pro náročnost provedení a míru zásahu, který by realizace představovala.

[m ³ /s] [tis- m ³]	Bez opatření	KL4 - boční	KL4 - přímá	SK
Q ₁₀₀ v Rokycanech	119.8	105	115.1	116.2
Q ₅₀ v Rokycanech	96.9	76.9	89.9	94.9
Q ₂₀ v Rokycanech	71.2	55	63.7	70.1
Objem retenčního prostoru	0	500	230	45.4

Tabulka 7 – Vliv potenciálních nádrží pod Dobřívem na kulminační průtok v Hrádku při variantě B

5.3. VARIANTA C

Detailní údaje a mapy doprovázející tuto podkapitulu jsou součástí diplomové práce jako **Příloha č.8 – Varianta C**. Varianta C rozvíjí varianty předchozí a navrhuje další opatření k posílení protipovodňové ochrany v povodí. Součástí varianty C jsou všechny nádrže navržené ve variantě B a zrušení obtokového kanálu kolem Padrťských rybníků. Varianta C navíc přidává retenční prvek v profilu **KL3 – Profil pod soutokem Klabavy a Ledného potoka**. Tento profil se nachází v širokém zalesněném údolí nad Dobřívem v Přírodním parku Trhoň.

Filozofie varianty C se opírá o fakt, že při průchodu dvacetileté vody soustavou nádrží navrženou ve variantě B není v Dobřívě přesažen neškodný průtok. Předmětem této varianty je proto návrh nádrže s kapacitním výpustním zařízením, které umožní volný průchod dvacetileté povodně, aniž by došlo k plnění nádrže. Při dosažení hodnoty neškodného průtoku se plní zdrž a transformuje povodňovou vlnu v retenčním prostoru. Vzhledem k tomu, že zátopa se plní jen při povodních s delší dobou opakování než 20 let je zátopu možné ponechat zalesněnou a nenarušovat tak krajinný ráz, který je v přírodním parku předmětem ochrany. Z hydraulického hlediska toto ovšem není dokonale proveditelné při použití jednoduchých bezobslužných konstrukcí. Se stoupající hladinou v nádrži roste průtok výpustního zařízení. Zatímco by se postupně plnil retenční prostor, překročil by průtok v Dobřívě hodnotu neškodného průtoku.

Jednou možností je regulovaný výpustní objekt, který by zajistil, aby v Dobřívě nepřekročil průtok hodnotu neškodného průtoku během plnění retenčního prostoru. Takový objekt je ale náročnější na údržbu, obsluhu i technologické provedení. Další možností je navržení bezobslužného výtokového objektu, jehož kapacita pro proudění s volnou hladinou bude nižší. Retenční prostor se tak začne plnit již dříve, s nárůstem hladiny však nebude přesažen neškodný průtok pod nádrží. Toto ovšem znamená, že čím větší retenční prostor má být pro transformaci využit, tím vyšší musí být hráz a tím méně kapacitní musí být výpustní zařízení, aby při vyšší hladině nebyl překročen neškodný průtok. Se zmenšující se kapacitou výpustního zařízení se zmenšuje hodnota průtoku, při kterém se začíná plnit zátopa a tím se zvětšuje plocha, k jejímuž zatopení dojde při dvacetileté povodni.

Varianta C představuje dvě dílčí varianty řešení suché retenční nádrže v profilu KL3. Varianta C1 prezentuje nádrž s menším retenčním prostorem a více kapacitním

výtokovým otvorem. Díky menšímu retenčnímu prostoru zde stoletou povodeň nelze dokonale transformovat na neškodný průtok, při dvacetileté povodni je ovšem zatopena jen menší část zátopy, vhodnými terénními úpravami jde ještě tuto plochu výrazně zmenšit (navýšení pravého břehu koryta a zajištění nezatopení rozsáhlých partií na pravém břehu při průchodu dvacetileté vody). Varianta C2 nabízí vyšší hráz s větším retenčním prostorem a méně kapacitním výpustním objektem. Stoletou povodeň dokáže transformovat na neškodný průtok v Dobřívě, při dvacetileté povodni nicméně dochází k výraznějšímu zatopení prostoru zátopy, což by teoreticky vyžadovalo její odlesnění, a tedy větší zásah do zde chráněného krajinného rázu.

Je nutné zmínit, že dimenze výpustního objektu byly určeny na základě přibližného stanovení konsumpční křivky pomocí vzorců pro výpočet výtoku otvorem, přepadu přes širokou korunu a rovnoměrného proudění. Jde o velmi značné zjednodušení komplexního hydraulického jevu a výsledky zde prezentované jsou proto silně orientačního charakteru. V případě zvažování realizace podobného opatření by byl nutný návrh založený na odborné hydraulické analýze.

Na základě modelování varianty C1 bylo dosaženo kulminačního průtoku stoleté povodně v Dobřívě $56,7 \text{ m}^3/\text{s}$ pomocí hráze výšky 5,8 m s rozměry výtokového otvoru $6 \times 1,7 \text{ m}$, retenčním objemem nádrže 246,6 tis. m^3 a výměrou plochy pod úrovní hladiny při průchodu povodňové vlny s dobou opakování 20 let 5,48 ha (tuto hodnotu lze však dále výrazně snížit vhodnou úpravou pravého břehu koryta Klabavy v zátopě).

Na základě modelování varianty C2 bylo dosaženo kulminačního průtoku stoleté povodně v Dobřívě $44,9 \text{ m}^3/\text{s}$, což je hodnota menší než neškodný průtok. Je k tomu zapotřebí hráze výšky 7,1 m poskytující retenční prostor o objemu 384,2 tis. m^3 s výměrou plochy pod úrovní hladiny při průchodu povodňové vlny s dobou opakování 20 let 8,32 ha.

Obě dílčí varianty snižují kulminační průtok stoleté povodně v Rokycanech na hodnotu mezi hodnotami uvedenými jako neškodný průtok ($80 \text{ m}^3/\text{s}$ a $100 \text{ m}^3/\text{s}$). Varianta C2 je výrazně efektivnější z hlediska snížení dopadů povodní, variantu C1 lze nicméně provést více šetrněji ke krajinnému rázu lokality. Nelze proto jednoznačně určit, která varianta je lepší.

Výčet hodnot kulminačních průtoků při povodňové události s dobou opakování 20, 50 a 100 let je přehledně uveden v následujících tabulkách:

VARIANTA C1			
[m ³ /s] [%]	Strašice	Dobřív	Rokycany
Q _{neš}	40	45	80
Q ₁₀₀ před realizací	73.2	101.6	148.7
Q ₁₀₀ po realizaci	45.6	56.7	98.6
Absolutní snížení průtoku	27.6	44.9	50.1
Relativní snížení průtoku	37.7	44.2	33.7
Zajištění Q _{neš}	NE	NE	NE
Q ₅₀ před realizací	60.3	82.2	119.8
Q ₅₀ po realizaci	38.1	49.9	83.3
Absolutní snížení průtoku	22.2	32.3	36.5
Relativní snížení průtoku	36.8	39.3	30.5
Zajištění Q _{neš}	ANO	NE	NE
Q ₂₀ před realizací	46.4	61.3	88.7
Q ₂₀ po realizaci	29.9	41	65
Absolutní snížení průtoku	16.5	20.3	23.7
Relativní snížení průtoku	35.6	33.1	26.7
Zajištění Q _{neš}	ANO	ANO	ANO

Tabulka 8 – Vliv opatření z Varianty C1 na srážkoodtokové vztahy v povodí horní Klabavy

VARIANTA C2			
[m ³ /s] [%]	Strašice	Dobřív	Rokycany
Q _{neš}	40	45	80
Q ₁₀₀ před realizací	73.2	101.6	148.7
Q ₁₀₀ po realizaci	45.6	44.9	87.1
Absolutní snížení průtoku	27.6	56.7	61.6
Relativní snížení průtoku	37.7	55.8	41.4
Zajištění Q _{neš}	NE	ANO	NE
Q ₅₀ před realizací	60.3	82.2	119.8
Q ₅₀ po realizaci	38.1	41.3	74.5
Absolutní snížení průtoku	22.2	40.9	45.3
Relativní snížení průtoku	36.8	49.8	37.8
Zajištění Q _{neš}	ANO	ANO	ANO
Q ₂₀ před realizací	46.4	61.3	88.7
Q ₂₀ po realizaci	29.9	35.6	59
Absolutní snížení průtoku	16.5	25.7	29.7
Relativní snížení průtoku	35.6	41.9	33.5
Zajištění Q _{neš}	ANO	ANO	ANO

Tabulka 9– Vliv opatření z Varianty C2 na srážkoodtokové vztahy v povodí horní Klabavy

5.4. VARIANTA D

Detailní údaje a mapy doprovázející tuto podkapitulu jsou součástí diplomové práce jako **Příloha č.9 – Varianta D**. Předmětem Varianty D je posílení retenční a transformační funkce předešlých variant s cílem zajištění neškodného průtoku při průchodu stoleté povodňové vlny v Rokycanech, Dobřívě a ve Strašicích. Součástí varianty je zrušení obtokového kanálu kolem Padrťských rybníků, všechny nádrže z varianty B a nádrž v profilu L1 z varianty A. Zahrnuta je rovněž nádrž v profilu KL3 s upravenými parametry – výškou hráze 6,6 m, objemem retenčního prostoru 340,9 tis. m³ a průřezem výpustního objektu 6x1 m (Zde je opět nutné upozornit na orientační charakter výsledků kvůli zjednodušenému způsobu stanovení konsumpční křivky výpustního objektu). Tato soustava nádrží je doplněna nádrží v profilu **KL2 – Profil nad areálem Amerika**, kde navržená nádrž disponuje retenčním prostorem o objemu 203,3 tis. m³ při výšce hráze 10 m a celkové ploše zátopy 7,61 ha. Během optimalizace této varianty byla rovněž prověřena možnost využití profilu **L2 – Profil nad skalním útvarem Florian**. Zde umístěná nádrž ale nebyla vyhodnocena jako dostatečně efektivní, profil se navíc nachází v EVL Ledný potok, kde je předmětem ochrany vranka obecná, aniž by zde byla dobrá možnost vytvoření obtokového koryta.

Vlivem navržených opatření by dle modelu HEC-HMS došlo k zajištění neškodného průtoku při průchodu povodňové vlny s dobou opakování 100 let ve Strašicích, Dobřívě i Rokycanech. Výčet hodnot kulminačních průtoků při povodňové události s dobou opakování 20, 50 a 100 let je přehledně uveden v následující tabulce:

[m ³ /s] [%]	Strašice	Dobřív	Rokycany
Q _{neš}	40	45	80
Q ₁₀₀ před realizací	73.2	101.6	148.7
Q ₁₀₀ po realizaci	31.5	36.9	79.8
Absolutní snížení průtoku	41.7	64.7	68.9
Relativní snížení průtoku	57.0	63.7	46.3
Zajištění Q _{neš}	ANO	ANO	ANO
Q ₅₀ před realizací	60.3	82.2	119.8
Q ₅₀ po realizaci	28.9	34.4	67.3
Absolutní snížení průtoku	31.4	47.8	52.5
Relativní snížení průtoku	52.1	58.2	43.8
Zajištění Q _{neš}	ANO	ANO	ANO
Q ₂₀ před realizací	46.4	61.3	88.7
Q ₂₀ po realizaci	25.2	30.5	53.3
Absolutní snížení průtoku	21.2	30.8	35.4
Relativní snížení průtoku	45.7	50.2	39.9
Zajištění Q _{neš}	ANO	ANO	ANO

Tabulka 10 – Vliv opatření z Varianty D na srážkoodtokové vztahy v povodí horní Klabavy

5.5. VÝSLEDNÉ SROVNÁNÍ VARIANT

Důležitým podkladem pro hodnocení vlivu jednotlivých variant na srážkoodtokové poměry v povodí jsou hydrogramy povodňových vln s dobou opakování 20, 50 a 100 let ve Strašicích, Dobřívě a Rokycanech pro jednotlivé varianty, které jsou součástí diplomové práce jako **Příloha č.10 – Výsledné hydrogramy**.

Na základě parametrů nádrží a výstupů modelování bylo provedeno srovnání variant. Pro jednotlivé varianty byly určeny hodnoty procentuálního snížení kulminačního průtoku povodňové vlny s dobou opakování 100 let ve Strašicích, Dobřívě a Rokycanech, hodnoty celkového retenčního prostoru všech nádrží a hodnoty celkových výměr zátopy. Orientačně byly stanoveny výměry území, kde by bylo nutné kácení hospodářského lesa, a celkový objem zeminy v tělesech hrází. Rovněž byly odhadnuty stavební náklady na jednotlivé varianty (dle odhadu 6 mil. Kč/1 ha zátopy).

Na základě poměrů mezi snížením kulminačních průtoků PV100 a dalšími parametry jednotlivých variant bylo provedeno vzájemné srovnání variant, Varianta A ze srovnání vychází nejhůře, protože pozitivní ovlivnění ekosystému nebylo součástí hodnocení. Varianta B vychází jako nejlepší, protože využívá především profily s vhodným terénním uspořádáním a odlesněným prostorem zátopy. Varianty C a D vycházejí z tohoto srovnání o něco hůře, jejich silná stránka ale spočívá v dosahování požadavků na neškodný průtok. Není proto možné objektivně vybrat nejlepší variantu.

VZÁJEMNÉ SROVNÁNÍ VARIANT		A	B	C1	C2	D
Průměrné snížení kulminace PV100	[%]	14,50	28,40	38,50	45,00	55,70
Bez vlivu zrušení obtokového kanálu	[%]	7,00	20,90	31,00	37,50	48,20
Celkový retenční prostor	[tis. m ³]	102,50	304,40	551,00	688,60	864,90
Celková plocha zátopy	[ha]	8,24	12,00	29,02	34,59	42,10
Celková zatopená plocha při PV20	[ha]	5,53	9,37	14,85	17,69	22,48
Z toho nutné odlesnit	[ha]	1,81	4,90	9,01	11,14	15,58
Počet nádrží	[-]	5,00	5,00	6,00	6,00	7,00
Orientační objem hrázových těles	[tis. m ³]	44,11	75,45	96,76	106,39	142,73
Orientační stavební náklady	[mil. Kč]	49,44	72,00	174,12	207,54	252,60
Poměr snížení/cena	[%/mil. Kč]	0,14	0,29	0,18	0,18	0,19
Poměr snížení/retenční prostor	[%/tis. m ³]	0,07	0,07	0,06	0,05	0,06
Poměr snížení/zatopená plocha PV20	[%/ha]	1,27	2,23	2,09	2,12	2,14
Poměr snížení/odlesnění	[%/ha]	8,01	5,80	4,28	4,04	3,58
Poměr snížení/zemní práce	[%/ha]	0,16	0,28	0,32	0,35	0,34
	VÁHA	RELATIVNÍ HODNOTY				
Poměr snížení/cena	0,25	0,49	1,00	0,61	0,62	0,66
Poměr snížení/retenční prostor	0,1	0,99	1,00	0,82	0,79	0,81
Poměr snížení/zatopená plocha PV20	0,15	0,57	1,00	0,94	0,95	0,96
Poměr snížení/odlesnění	0,25	1,00	0,72	0,53	0,50	0,45
Poměr snížení/zemní práce	0,25	0,45	0,79	0,91	1,00	0,96
CELKOVÉ SKÓRE		0,67	0,88	0,74	0,75	0,74

Tabulka 11 – Vzájemné srovnání jednotlivých variant řešení protipovodňové ochrany v povodí horní Klabavy

5.6. POROVNÁNÍ S ALTERNATIVNÍMI KONCEPCEMI PPO

Pro účely porovnání navrhovaných variant a dalších koncepcí protipovodňové ochrany, které jsou podrobněji popsány v kapitole 3.4, byla použita **vícekritériální analýza variant**. Analýza byla provedena za základě srovnání třech kritérií:

- 1) Finanční prostředky vynaložené na realizaci opatření
- 2) Zvýšení míry ochrany před povodněmi v povodí v důsledku realizace opatření
- 3) Důsledky, které by realizace opatření měla na přírodu a krajinu v zájmové lokalitě.

Jednotlivé varianty a koncepce PPO byly v těchto třech aspektech ohodnoceny v rozsahu 1 (nejhorší) – 10 (nejlepší). Volbou vah jednotlivých kritérií pak bylo provedeno srovnání při přiřazení jiných různých priorit jednotlivým kritériím.

V prvním srovnání byla všem kritériím přiřazena **stejná váha** (=0,33), žádné kritérium tedy nemělo vyšší prioritu než ostatní kritéria. Nejlepší výsledky v tomto srovnání měla opatření prezentovaná ve studii *Zvýšení retenční schopnosti pramenné oblasti CHKO Brdy*, která jsou šetrná k přírodě a jsou rovněž v porovnání s ostatními variantami finančně nenáročná. Problém spočívá v tom, že nezajistí dostatečnou míru protipovodňové ochrany. To alespoň z části řeší opatření, která se umístila na dalších příčkách – kombinace opatření z této studie s šetrnějšími variantami prezentovaných v této diplomové práci a přírodě blízkou úpravou koryta Klabavy v Rokycanech. Tato opatření ale neřeší protipovodňovou ochranu Strašic a Dobříva, kde by bylo vhodné prověřit možnost zkapacitnění koryta přírodě blízkým způsobem. Z variant, které řeší i protipovodňovou ochranu těchto obcí se nejlépe umístila Varianta C2.

ZPŮSOB ŘEŠENÍ PROTIPOVODŇOVÉ OCHRANY	KRITÉRIUM NÁKLADŮ NA REALIZACI	KRITÉRIUM OCHRANY PŘED POVODNĚMI	KRITÉRIUM DOPADŮ NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ	CELKEM	POŘADÍ
Varianta A	9,00	1,00	8,00	6,00	6
Varianta B	7,50	4,00	5,50	5,67	7
Varianta C1	6,00	6,00	3,50	5,17	9
Varianta C2	5,00	8,00	3,00	5,33	8
Varianta D	4,00	10,00	1,50	5,17	10
Technická úprava koryta v Rokycanech	5,00	6,00	3,00	4,67	12
PBPO Rokycany	4,00	6,00	9,00	6,33	3
Zvýšení retence v Brdech	10,00	2,00	9,00	7,00	1
VD Amerika	4,50	10,00	1,00	5,17	10
Var A + PBPO + Zvýšení ret.	2,00	8,00	10,00	6,67	2
Var B + PBPO + Zvýšení ret.	1,50	8,50	9,00	6,33	3
Var C + PBPO + Zvýšení ret.	1,00	9,00	8,00	6,00	5

Tabulka 12 – Vícekritériální analýza variant – žádný aspekt nemá prioritu

V druhém srovnání mělo vyšší prioritu kritérium **nákladů na realizaci** (rozdělení vah 0,5 náklady – 0,35 ochrana – 0,15 životní prostředí). Tato analýza zkoumá, jak využít minimální prostředky pro zvýšení míry protipovodňové ochrany v povodí bez velkého ohledu na životní prostředí. Nejlepší je z tohoto ohledu opět soubor opatření ze studie *Zvýšení retenční schopnosti pramenné oblasti CHKO Brdy* následovaný variantami A a B z této diplomové práce, což jsou ale opatření, která nezajistí dostatečnou míru ochrany. Na čtvrtém místě se umísťuje VD Amerika následovaná variantami C2 a D, což jsou naopak opatření představující výrazný zásah do krajiny, ale výrazné zvýšení protipovodňové ochrany při relativně efektivním využití finančních prostředků.

ZPŮSOB ŘEŠENÍ PROTIPOVODŇOVÉ OCHRANY	KRITÉRIUM NÁKLADŮ NA REALIZACI	KRITÉRIUM OCHRANY PŘED POVODŇEMI	KRITÉRIUM DOPADŮ NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ	CELKEM	POŘADÍ
Varianta A	9,00	1,00	8,00	6,05	2
Varianta B	7,50	4,00	5,50	5,98	3
Varianta C1	6,00	6,00	3,50	5,63	7
Varianta C2	5,00	8,00	3,00	5,75	5
Varianta D	4,00	10,00	1,50	5,73	6
Technická úprava koryta v Rokycanech	5,00	6,00	3,00	5,05	11
PBPO Rokycany	4,00	6,00	9,00	5,45	8
Zvýšení retence v Brdech	10,00	2,00	9,00	7,05	1
VD Amerika	4,50	10,00	1,00	5,90	4
Var A + PBPO + Zvýšení ret.	2,00	8,00	10,00	5,30	9
Var B + PBPO + Zvýšení ret.	1,50	8,50	9,00	5,08	10
Var C + PBPO + Zvýšení ret.	1,00	9,00	8,00	4,85	12

Tabulka 13 – Vícekriteriální analýza variant – priorita finančního kritéria

V rámci třetího srovnání byla vyšší priorita přidělena **ochraně přírody a krajiny** (rozdělení vah 0,2 náklady – 0,3 ochrana – 0,5 životní prostředí). Na prvním místě se umístila kombinace PBPO v Rokycanech, zvýšení retence v Brdech a varianty A.

ZPŮSOB ŘEŠENÍ PROTIPOVODŇOVÉ OCHRANY	KRITÉRIUM NÁKLADŮ NA REALIZACI	KRITÉRIUM OCHRANY PŘED POVODŇEMI	KRITÉRIUM DOPADŮ NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ	CELKEM	POŘADÍ
Varianta A	9,00	1,00	8,00	6,10	6
Varianta B	7,50	4,00	5,50	5,45	7
Varianta C1	6,00	6,00	3,50	4,75	9
Varianta C2	5,00	8,00	3,00	4,90	8
Varianta D	4,00	10,00	1,50	4,55	10
Technická úprava koryta v Rokycanech	5,00	6,00	3,00	4,30	12
PBPO Rokycany	4,00	6,00	9,00	7,10	3
Zvýšení retence v Brdech	10,00	2,00	9,00	7,10	3
VD Amerika	4,50	10,00	1,00	4,40	11
Var A + PBPO + Zvýšení ret.	2,00	8,00	10,00	7,80	1
Var B + PBPO + Zvýšení ret.	1,50	8,50	9,00	7,35	2
Var C + PBPO + Zvýšení ret.	1,00	9,00	8,00	6,90	5

Tabulka 14 – Vícekriteriální analýza variant – priorita kritéria ochrany životního prostředí

Jedná se o kombinaci opatření, která vedou ke zlepšení přírodních a ekologických hodnot jak v extravilánu, tak v intravilánu. Následují další kombinace šetrnějších retenčních nádrží, PBPO v Rokycanech a opatření ze studie *Zvýšení retenční schopnosti pramenné oblasti CHKO Brdy*. Nejhuře v tomto srovnání dopadá technická úprava koryta v Rokycanech, VD Amerika a Varianta D.

Ve čtvrtém srovnání byla dána nejvyšší priorita **protipovodňové ochraně** (rozdělení vah 0,3 náklady – 0,6 ochrana – 0,1 životní prostředí). První dvě pozice proto obsazují VD Amerika a Varianta D, zajišťující neškodný průtok ve všech obcích, ačkoliv jen za vysokou cenu ve smyslu negativního dopadu na životní prostředí a také značných finančních nákladů.

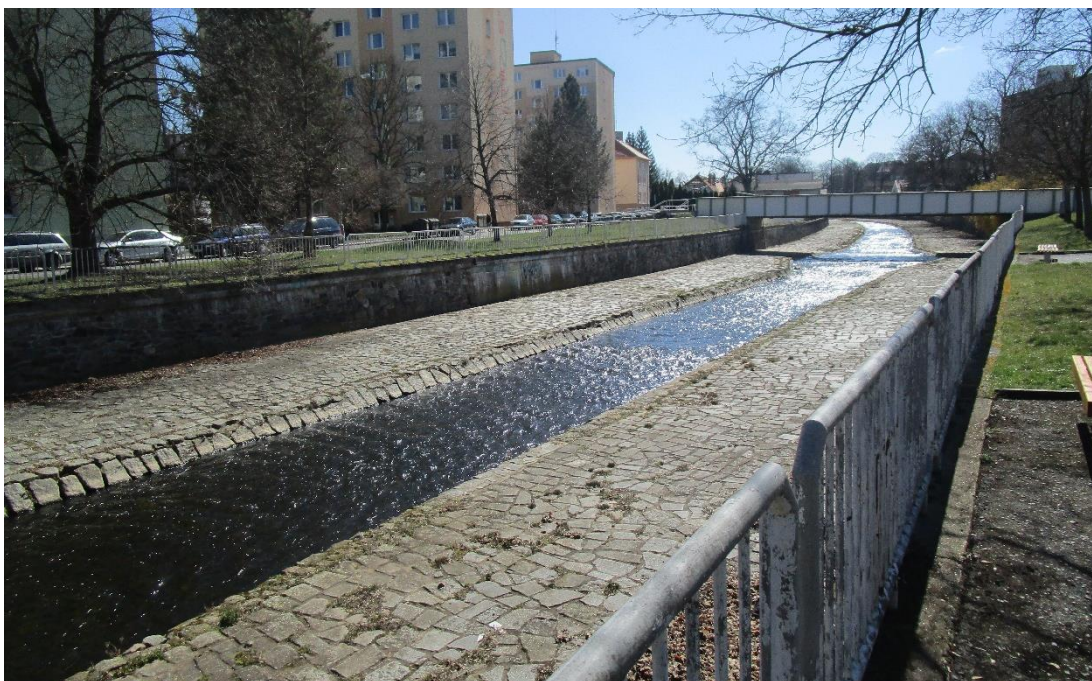
ZPŮSOB ŘEŠENÍ PROTIPOVODŇOVÉ OCHRANY	KRITÉRIUM NÁKLADŮ NA REALIZACI	KRITÉRIUM OCHRANY PŘED POVODŇEMI	KRITÉRIUM DOPADŮ NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ	CELKEM	POŘADÍ
Varianta A	9,00	1,00	8,00	4,10	12
Varianta B	7,50	4,00	5,50	5,20	10
Varianta C1	6,00	6,00	3,50	5,75	7
Varianta C2	5,00	8,00	3,00	6,60	3
Varianta D	4,00	10,00	1,50	7,35	2
Technická úprava koryta v Rokycanech	5,00	6,00	3,00	5,40	9
PBPO Rokycany	4,00	6,00	9,00	5,70	8
Zvýšení retence v Brdech	10,00	2,00	9,00	5,10	10
VD Amerika	4,50	10,00	1,00	7,45	1
Var A + PBPO + Zvýšení ret.	2,00	8,00	10,00	6,40	6
Var B + PBPO + Zvýšení ret.	1,50	8,50	9,00	6,45	5
Var C + PBPO + Zvýšení ret.	1,00	9,00	8,00	6,50	4

Tabulka 15 – Vícekriteriální analýza variant – priorita kritéria zvýšení míry protipovodňové ochrany

Na základě vícekritériální analýzy variant lze konstatovat, že žádná z uvedených variant není ve všech směrech vhodná. Nejvíce univerzální koncepci představuje PBPO v Rokycanech a soustava nádrží prezentovaná ve variantě B. Stoprocentně lze doporučit realizaci opatření ze studie *Zvýšení retenční schopnosti pramenné oblasti CHKO Brdy*. Tato opatření je však vhodné doplnit dalšími opatřeními posilujícími míru protipovodňové ochrany v povodí. Lze doporučit realizaci PBPO v Rokycanech a šetrnějších retenčních prvků prezentovaných ve variantách A a B. Za účelem posílení nedostatečné protipovodňové ochrany Dobřiva je nutné prověřit možnost realizace přírodně blízkých opatření zvyšujících kapacitu koryta Klabavy v intravilánu obce. V případě, že by realizace takových opatření byla příliš problematická nebo dokonce nemožná, lze zajistit protipovodňovou ochranou obce realizací retenčních prvků prezentovaných ve variantách C a D. Opatření, které lze jednoznačně nedoporučit, je technická úprava koryta v Rokycanech.

6. DŮSLEDKY REALIZACE OPATŘENÍ PRO NÁVRH PBPO V ROKYCANECH

Výsledné srovnání jednotlivých koncepcí protipovodňové ochrany v povodí horní Klabavy ukazuje, že ideálním řešením je kombinace opatření zvyšující přirozenou retenci v povodí, k přírodě šetrných suchých nebo polosuchých retenčních nádrží a přírodě blízkých protipovodňových úprav koryta Klabavy v intravilánu ohrožených obcí. V rámci této kapitoly je provedeno orientační zhodnocení vlivu, jaký by na případný návrh PBPO v rokycanském intravilánu měla realizace vybraných opatření prezentovaných v minulých kapitolách.



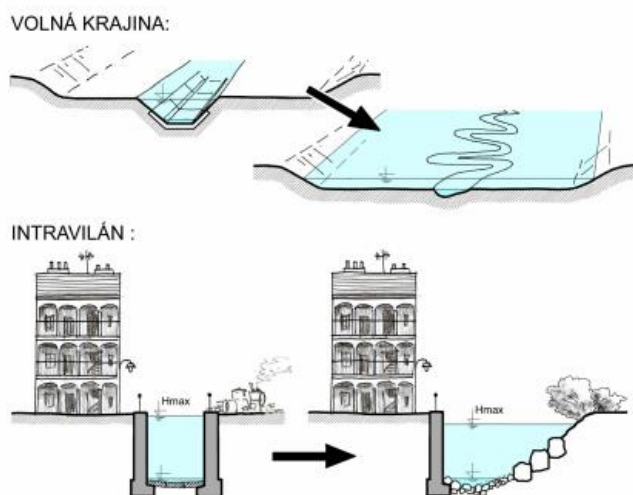
Obrázek 103 – Stávající technická úprava koryta Klabavy v Rokycanech
Zdroj: Autorská fotografie

6.1. ZÁSADY PŘÍRODĚBLÍZKÝCH PROTIPOVODŇOVÝCH OPATŘENÍ

Termín přírodě blízká protipovodňová opatření nebo také intravilánové revitalizace označuje soubor opatření na korytech vodních toků v urbanizovaných územích, která mají tři hlavní cíle:

- zajištění protipovodňové ochrany okolní zástavby
- zlepšení ekologického stavu toku
- zlepšení rekreační využitelnosti toku

Zajištění protipovodňové ochrany okolní zástavby spočívá ve hledání možnosti vytvoření členitého, přírodě blízkého koryta ve stísněných podmínkách městského prostředí, které má dostatečnou kapacitu pro převedení návrhových průtoků. Za tímto účelem je aplikováno rozvolnění vodního toku, kdy je kapacita hledána v širce (perimetru) koryta maximálním využitím okolního prostoru. Zahlubování vodního toku se využívá jen v minimální možné míře tam, kde okolní podmínky neumožní zajištění dostatečné kapacity koryta jiným způsobem (73).



Obrázek 104 – Prostorové možnosti v krajině a v intravilánu
Zdroj: http://www.povis.cz/pre/2015_oov/material_aopk.pdf

Ve snaze o **zlepšení ekologického stavu toku** je klíčem vytvoření členitého koryta přírodě blízkého charakteru, které umožňuje další rozvoj a vytváří dobré podmínky pro rostliny a živočichy. Za tímto účelem je ideální složený průřez koryta. V rámci kynety je z tohoto pohledu rozhodující členitost jak hydraulická, kdy koryto musí poskytovat partie s různými rychlostmi a režimy proudění, tak materiálová, kdy koryto musí být tvořeno přírodními materiály a poskytovat úkryty drobným živočichům. Klíčovou rolí v rámci posílení ekologického stavu vodního toku hraje zajištění migrační prostupnosti. V rámci bermy je pak vhodné volit co nej přírodnější řešení s břehovými a vegetačními porosty (73).



Obrázek 105 – Příklad NEVHODNĚ řešené úpravy koryta v intravilánu
Zdroj: https://www.4stav.cz/protipovodnova-opatreni-na-rece-litavce-v-kralovem-dvore-u-berouna_4c3825

Rekreační využitelnost lze posílit především zpřístupněním koryta pěším a cyklistům pomocí pěších cest a cyklostezek. Nanejvýš vhodné je zakomponování ploch a zařízení určených pro rekreaci, oddech a sportovní vyžití obyvatel. Tyto prostory lze vybavit lavičkami nebo například pobytovými schody, tyto objekty však nesmí výrazně omezovat průtočnou kapacitu koryta. Revitalizované koryto je vhodné propojit s městskou soustavou parků a zahrad a zabezpečit přístup k vodním plochám. Aby však rekreační využití koryta výrazně neohrožovalo ekologickou hodnotu toku, je vhodné zakomponování i nepřístupných klidových zón (73).



Obrázek 106 – Příklad PBPO plnící ochrannou, ekologickou i rekreační funkci ve stísněných městských podmínkách

Zdroj: https://www.mesto-pisek.cz/html/soubory/_WEB_Studie/_WEB_Mehelnicky/pdf/B/Navrhy_o_patreni/SO_02/B_1_SO_02.pdf

Různé úseky vodních toků v intravilánu se liší mírou, do jaké mohou jednotlivé cíle naplňovat. Proto je třeba pro každou dílčí lokalitu hledat ideální způsob využití z hlediska dosažení těchto cílů. Prioritu má v intravilánech vždy protipovodňová ochrana, protože hlavním návrhovým parametrem prováděných úprav je zajištění dostatečné kapacity koryta pro požadovanou míru ochrany okolní zástavby. Toho však nelze vždy dosáhnout pouze implementací přírodně blízkých opatření. V takové situaci je třeba aplikovat účelnou kombinaci technických a přírodně blízkých opatření. Technická opatření může být nutné uplatňovat v partiích, kde jsou prostorové podmínky příliš stísněné a neumožňují rozšíření perimetru koryta. V takových místech je vhodné aplikovat opatření, jako jsou ochranné protipovodňové hráze, zdi a valy nebo mobilní hrazení (73) (74).

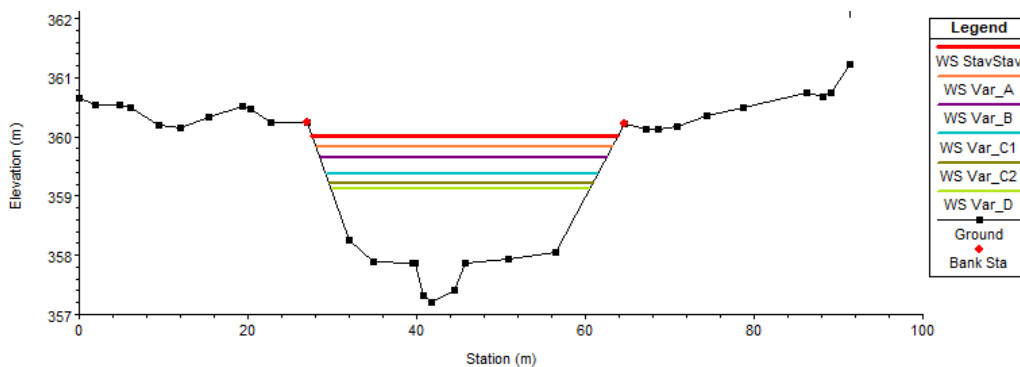
PBPO rovněž uvádí *Metodika odboru ochrany vod, která stanovuje postup komplexního řešení protipovodňové a protierozní ochrany pomocí přírodně blízkých opatření z roku 2008* a *Strategie ochrany před negativními dopady povodní a erozními jevy přírodně blízkými opatřeními v České republice z roku 2015* jako jeden ze šesti vhodných způsobů posílení protipovodňové ochrany v České republice (4) (5). Tento typ opatření je zde stručně definován jako „PBPO v intravilánu spočívající ve

zkapacitnění koryta při zachování nebo posílení jeho ekologické hodnoty, konstrukce stěhovavé kynety pro převádění obvyklých průtoků a přírodě blízkých berem zajišťujících dostatečnou kapacitu koryta při povodni, případně je možné ohrázování zastavěného území (4).“

6.2. HYDRAULICKÝ MODEL PBPO V ROKYCANECH

Pro zhodnocení vlivu, který by realizace vybraných opatření navržených v této diplomové práci měla na možnosti realizace PBPO v Rokycanech, byl použit matematický hydraulický model 1D ustáleného nerovnoměrného proudění sestavený v programu HEC-RAS, který byl vyvinut v Hydraulic Engineering Center US Army Corps of Engineers. Ustálené nerovnoměrné proudění je v programu HEC-RAS řešeno *metodou po úsecích*, která je založená na Bernoulliho rovnici a rovnici kontinuity (75).

Jako podklad pro zhodnocení byl použit model PBPO v Rokycanech sestavený v rámci autorovy bakalářské práce *Vodohospodářské řešení koryta řeky Klabavy v rokycanském intravilánu*, ve které je detailně popsána příprava a původ vstupních dat. Původní model byl upraven takovým způsobem, aby více odpovídal koncepci představené ve *Studii proveditelnosti přírodě blízkých protipovodňových opatření* z roku 2021. V původním modelu byl proto upraven průřez kynety, způsob řešení zkapacitnění mostu v Soukenické ulici na ř. km 20,018 a úsek mezi tímto mostem a koncem technické úpravy koryta na ř. km 19,723, kde zmíněná studie neaplikuje rozvolnění koryta. Model byl koncipován tak, aby při maximálním využití prostorových možností kapacitně vyhověl na stoletou povodeň, jejíž kulminační průtok v Rokycanech činí 148 m³/s. Následně bylo provedeno srovnání vybraných charakteristik při průchodu stoleté povodně takto upraveným korytem při realizaci jednotlivých variant retenčních nádrží prezentovaných v této práci.



Obrázek 107 – Srovnání max. úrovně hladin při průchodu stoleté povodně teoretickým korytem s prvky PBPO při současném stavu povodí (červeně) a při implementaci variant A – D (viz legenda) v příčném řezu na ř. km 20,538
Zdroj: Výřez z programu HEC-RAS

Sledována byla úroveň hladiny a velikost průtočné plochy (kvůli menším požadavkům na zahloubení koryta, a tedy menšímu objemu zemních prací v případě realizace některé z variant), rychlost proudění a tečné napětí (kvůli možnosti použití přírodnějších materiálů a konstrukcí v návaznosti na menší namáhání koryta při snížení povodňových průtoků). Tyto parametry byly vyhodnoceny v šesti profilech charakterizujících jednotlivé úseky (tři profily v místech s výrazným rozvolněním koryta, dva profily ve stísněných podmínkách, kde perimetr zůstává zachován a jeden v kritickém profilu mostu v Soukenické ulici).

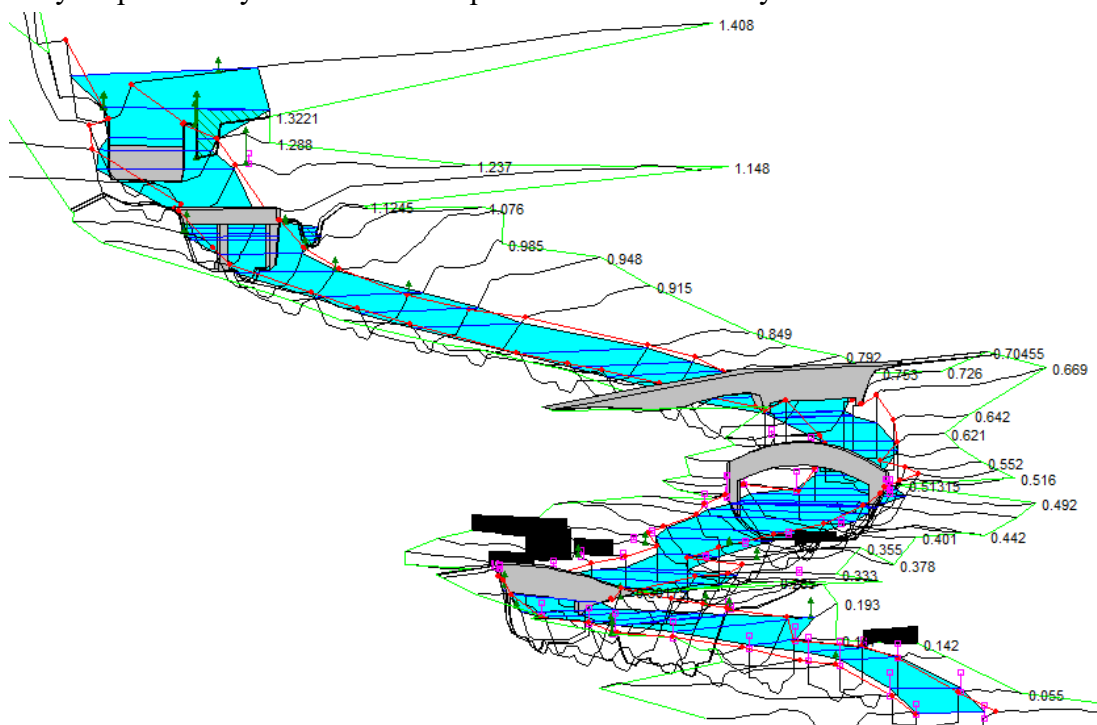
Analýza, jejíž výstupy jsou uvedeny v následující tabulce, ukazuje, že významnější vliv má realizace některé z variant na parametry hloubky a zatopené plochy. Pro k přírodě šetrnější varianty nicméně nepředstavují tyto hodnoty nikterak zásadní rozdíl z hlediska zahlubování koryta (např. varianta B by vyžadovala o cca

Max. hloubka [m]	Stávající	A	B	C1	C2	D
ř. km 20.018 (kritický profil - most v Souenické ulici)	3.75	3.56	3.37	3.06	2.87	2.75
ř. km 20.101 (zúžení - omezené prostorové podmínky)	3.35	3.18	3.01	2.73	2.57	2.46
ř. km 20.195 (rozvolnění v okolí lávky Na Pátku)	3.42	3.22	3.02	2.70	2.52	2.40
ř. km 20.309 (zúžení - omezené prostorové podmínky)	2.43	2.29	2.17	1.97	1.85	1.78
ř. km 20.572 (rozvolnění v úseku pod železničním mostem)	2.63	2.46	2.30	2.05	1.92	1.83
ř. km 20.960 (rozvolnění v úseku nad železničním mostem)	3.35	3.18	3.00	2.71	2.55	2.44
Průměrná absolutní změna [m]	-	-0.17	-0.34	-0.62	-0.78	-0.88
Průměrná procentuální změna [%]	-	5.49	10.88	19.60	24.56	27.84
Průtočná plocha [m ²]	Stávající	A	B	C1	C2	D
ř. km 20.018 (kritický profil - most v Souenické ulici)	117.18	109.39	101.98	89.71	82.70	78.06
ř. km 20.101 (zúžení - omezené prostorové podmínky)	48.38	45.18	42.13	37.01	34.10	32.15
ř. km 20.195 (rozvolnění v okolí lávky Na Pátku)	108.08	98.91	90.33	76.44	68.71	63.69
ř. km 20.309 (zúžení - omezené prostorové podmínky)	34.17	31.75	29.68	26.04	23.99	22.66
ř. km 20.572 (rozvolnění v úseku pod železničním mostem)	67.72	61.47	55.75	47.01	42.40	39.53
ř. km 20.960 (rozvolnění v úseku nad železničním mostem)	91.21	84.65	78.36	68.00	62.09	58.22
Průměrná absolutní změna [m ²]	-	-5.90	-11.42	-20.42	-25.46	-28.74
Průměrná procentuální změna [%]	-	7.58	14.68	26.25	32.73	36.94
Rychlost proudění [m/s]	Stávající	A	B	C1	C2	D
ř. km 20.018 (kritický profil - most v Souenické ulici)	1.26	1.22	1.17	1.10	1.05	1.02
ř. km 20.101 (zúžení - omezené prostorové podmínky)	<u>3.06</u>	<u>2.95</u>	<u>2.84</u>	<u>2.66</u>	<u>2.55</u>	<u>2.48</u>
ř. km 20.195 (rozvolnění v okolí lávky Na Pátku)	1.37	1.35	1.33	1.29	1.27	1.25
ř. km 20.309 (zúžení - omezené prostorové podmínky)	<u>4.33</u>	<u>4.20</u>	<u>4.04</u>	<u>3.79</u>	<u>3.63</u>	<u>3.52</u>
ř. km 20.572 (rozvolnění v úseku pod železničním mostem)	2.19	2.17	2.15	2.10	2.05	2.02
ř. km 20.960 (rozvolnění v úseku nad železničním mostem)	1.62	1.57	1.53	1.45	1.40	1.37
Průměrná absolutní změna [m/s]	-	-0.06	-0.13	-0.24	-0.31	-0.36
Průměrná procentuální změna [%]	-	2.68	5.57	10.41	13.59	15.69
Tečné napětí [Pa]	Stávající	A	B	C1	C2	D
ř. km 20.018 (kritický profil - most v Souenické ulici)	13.81	13.09	12.39	11.24	10.57	10.13
ř. km 20.101 (zúžení - omezené prostorové podmínky)	<u>88.1</u>	<u>83.37</u>	<u>78.87</u>	<u>71.65</u>	<u>67.39</u>	<u>64.68</u>
ř. km 20.195 (rozvolnění v okolí lávky Na Pátku)	17.02	16.88	16.76	16.61	16.53	16.51
ř. km 20.309 (zúžení - omezené prostorové podmínky)	<u>193.16</u>	<u>185.17</u>	<u>174.40</u>	<u>159.32</u>	<u>149.91</u>	<u>143.45</u>
ř. km 20.572 (rozvolnění v úseku pod železničním mostem)	47.54	47.97	48.28	48.09	47.43	47.43
ř. km 20.960 (rozvolnění v úseku nad železničním mostem)	23.83	22.88	22.01	20.56	19.73	19.17
Průměrná absolutní změna [Pa]	-	-2.35	-5.12	-9.33	-11.98	-13.68
Průměrná procentuální změna [%]	-	3.68	8.02	14.60	18.75	21.41

Tabulka 16 – Vliv realizace jednotlivých variant na jednotlivé parametry při návrhu PBPO v Rokycanech

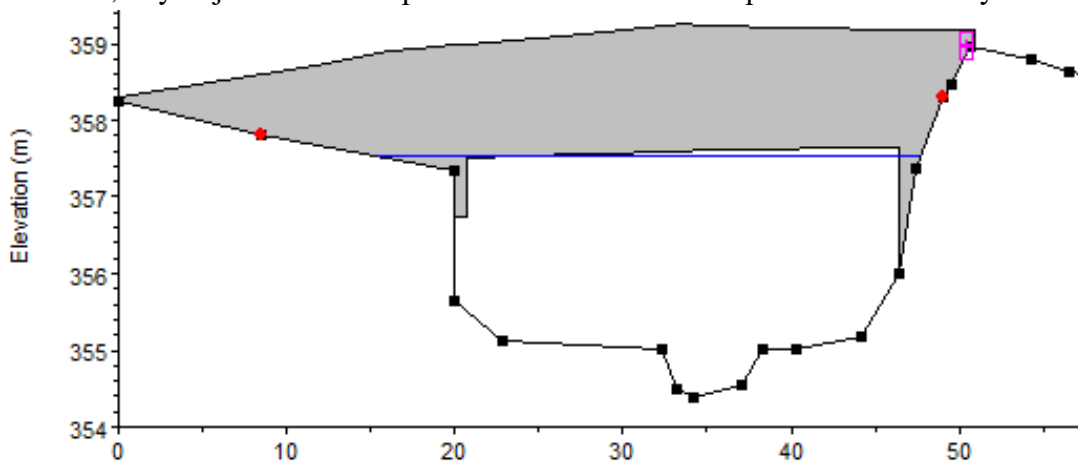
35 cm méně hluboké koryto). Menší zahloubení koryta v horních partiích úpravy by přesto mohlo poskytnout větší podélný sklon pro zvýšení kapacity v problematických partiích v profilu mostu na ř. km 20,018 a níže. Z hlediska rychlostí proudění a tečných napětí se ukazuje, že mírné snížení, které by realizace opatření v povodí představovala, by nemělo v podstatě žádný vliv na materiálové možnosti návrhu. V pasážích, kde lze aplikovat rozvolnění koryta, by při využití dostupného perimetru byly již při stávajícím stoletém průtoku dosaženy dostatečně nízké hodnoty tečných napětí pro využití přírodních materiálů (travní porost odolá na 80-90 Pa, šterk dle frakce na 40-150 Pa (76)). V problematických partiích, kde to prostorové možnosti rozvolnění neumožňují, je v každém případě nutné opevnění koryta, relevantní snížení parametrů tečného napětí a rychlostí ale do jisté míry poskytují pouze varianty C2 a D, které už ale snižují hodnotu Q_{100} do takové míry, že by realizace komplexní protipovodňové ochrany v Rokycanech nebyla třeba.

Na závěr byla provedena úprava geometrie koryta tak, aby jeho kapacita odpovídala kulminačnímu průtoku stoleté povodně při realizaci opatření z varianty B. Charakter příčných řezů a perimetr koryta zůstal oproti výchozí variantě zachován, ale byla zvýšena úroveň nivelety dna. Zároveň byla prověřena možnost zkapacitnění mostu v Soukenické ulici využitím zvýšené nivelety dna ke zvětšení podélného sklonu v jeho okolí. Výsledky ukazují, že při dimenzování koryta na průtok $119,8 \text{ m}^3/\text{s}$ je při daných prostorových možnostech potřebná hloubka koryta o 20 - 50 cm menší.



Obrázek 108 – Model PBPO v Rokycanech pro variantu B
Zdroj: Výřez z programu HEC-RAS

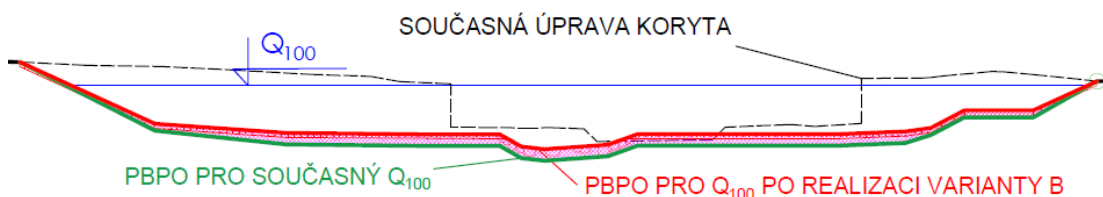
Rychlost proudění v sevřených úsecích v okolí mostních objektů a v krátkých partiích mezi ř.km 20,101 a 20,124 a mezi ř. km 20,275 a 20,392 vyžaduje opevnění koryta v celé jeho šířce. V ostatních partiích je možné použít přírodě blízké materiály pro bermu i kynetu, protože průřezová rychlost proudění jen zřídka přesahuje 2 m/s. Lze rovněž omezit rozsah rekonstrukce mostu v Soukenické ulici na ř. km 20,018, jelikož navrhovaná geometrie umožňuje převedení návrhového průtoku s volnou hladinou, kdy dojde k zavzdutí pouze malé levé části níže položené mostovky.



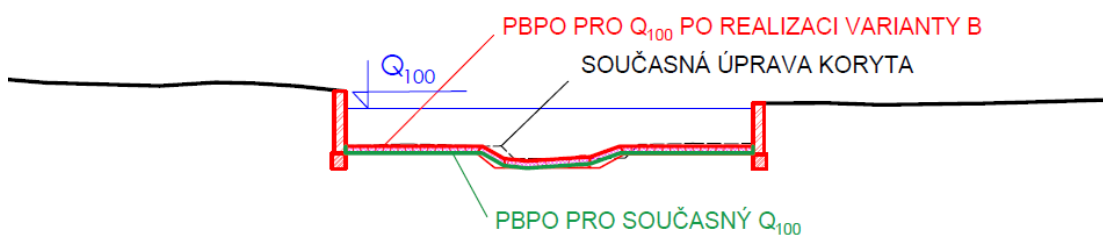
Obrázek 109 – Most na ř. km 20,018 při průtoku 119,8 m³/s geometrií PBPO navrženou pro variantu B
Zdroj: Výřez z programu HEC-RAS

Přímým důsledkem snížení návrhového průtoku pro řešení PBPO v Rokycanech vlivem realizace retenčních nádrží v povodí horní Klabavy by bylo mírné zmenšení objemu zemních prací vyplývající z menšího zahlubování koryta, jak dokládají následující schématické příčné řezy:

ř. km 20,195 - rozšíření perimetru koryta tam, kde to okolní zástavba umožňuje



ř. km 20,309 - řešení ve stísněných podmínkách



Obrázek 110 – Příčné řezy korytem Klabavy v Rokycanech, zakreslení geometrie PBPO pro současné srážkoodtokové vztahy v povodí (zeleně) a pro srážkoodtokové vztahy ovlivněné realizací varianty B (červeně)
Zdroj: Vytvořeno v programu AutoCAD na základě dat DMR 5G

ZÁVĚR

Povodí horní Klabavy je z hlediska ochrany před povodněmi velmi problematickou lokalitou, kde na razantní snížení povodňového rizika v ohrožených obcích neexistuje jednoduché řešení, které by s sebou neneslo řadu problémů bránících v jeho realizaci. Významná část řešeného povodí leží v severozápadním cípu CHKO Brdy, což je srážkově bohatá oblast, která má ale velmi hodnotný přírodní a krajinný charakter a umístění dostatečně kapacitní retenční nádrže pro zajištění protipovodňové ochrany obcí níže po proudu by zde proto znamenalo příliš citelný zásah do krajinného rázu a přírodních hodnot. Diplomová práce se proto pokusila hledat řešení soustavou menších suchých a polosuchých retenční nádrží.

Výsledky hydrologického modelování ukazují, že realizace nádrží s menšími hrázemi a malým objemem retenčního prostoru (varianty A a B), které by nezpůsobily přílišný zásah do krajinného rázu, a naopak by díky stálému nadržení mohly vést k posílení biodiverzity v dané lokalitě, nezpůsobí dostatečné snížení kulminačního průtoku povodňové vlny s dobou opakování 100 let pro zajištění ochrany obcí situovaných na březích Klabavy. Toho lze dosáhnout pouze realizací nádrží s velkým celkovým retenčním objemem (do jisté míry varianta C a varianta D), což ovšem není dobře slučitelné s ochranou přírody a krajiny.

Pro nejlepší naplnění ekonomických, ekologických i ochranných cílů je třeba hledat účelnou kombinaci jednotlivých přístupů k řešení protipovodňové ochrany v povodí horní Klabavy. Z vícekritériální analýzy jednotlivých variant a koncepcí protipovodňové ochrany v zájmovém povodí pak vyplývá, že nejlepším způsobem řešení tohoto problému je kombinace opatření v povodí navrhovaných ve *Studii zvýšení retenční schopnosti pramenné oblasti CHKO Brdy* (šetrnější lesní hospodářství, úpravy na cestní síti, revitalizace odvodňovacích příkopů a drobných vodních toků a zrušení obtokového kanálu kolem Padrťských rybníků), několika menších retenčních nádrží (z variant A a B), jejichž negativní dopad na přírodní a krajinné hodnoty lokality by byl minimální, a přírodě blízkých protipovodňových opatření na korytě řeky Klabavy v intravilánech ohrožených obcí (především Dobřív a Rokycany). Na základě výsledků diplomové práce lze doporučit realizaci opatření z výše uvedené studie a prověření možností realizace PBPO v Dobřívě. V návaznosti na to lze za účelem posílení ochrany obcí doporučit realizaci některých k přírodě šetrných nádrží z variant A a B, z nichž jako nejvhodnější se jeví nádrž v profilu TT1.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. Zákon č. 254/2001 Sb. - Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon). 25. 07 2001.
2. Strategie ochrany před povodněmi na území České republiky. *eAGRI*. [Online] Ministerstvo zemědělství ČR, 2000. [Citace: 24. 4 2022.] http://eagri.cz/public/web/file/365715/Strategie_ochrany_pred_povodnemi.pdf.
3. Směrnice Evropského parlamentu a rady 2007/60/ES ze dne 23. října 2007 o vyhodnocování a zvládání povodňových rizik. [Online] 23. 10 2007. [Citace: 3. 5 2022.] https://www.vuv.cz/files/pdf/problematika_povodni/smernice_povodne_cz-en.pdf.
4. Metodika odboru ochrany vod Ministerstva životního prostředí, která stanovuje postup komplexního řešení protipovodňové a protierozní ochrany pomocí přírodě blízkých opatření: MŽP, 2008. Věstník ministerstva životního prostředí, 11/2008.
5. 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: 10. 4 2022.] http://www.vodavkrajine.cz/sites/default/files/vystup/informace_o_vysledcich_projektu_a_jejich_vyuziti.pdf.
6. Metodika odboru ochrany vod, která stanovuje postup hodnocení vlivu opatření na vodních tocích: Ministerstvo životního prostředí, 2008.
7. NEDVĚDOVÁ, Klára. *Protipovodňová opatření v intravilánech historických měst*. Praha : České vysoké učení technické v Praze, 2019.
8. Katalog opatření Suché a polosuché poldry. *eAGRI*. [Online] 12 2005. [Citace: 5. 5 2022.] https://eagri.cz/public/web/file/37061/_35_poldry.pdf.
9. VEČEŘA, Jan a DASHÖFER, Verlag. Protipovodňová ochrana sídel a dotační možnosti obcí a měst. *Města obce profi*. [Online] 14. 11 2019. [Citace: 5. 5 2022.] <https://www.obecniportal.cz/33/protipovodnova-ochrana-sidel-a-dotacni-moznosti-obci-a-mest-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4EhxcjSLDvCErjPbT5GkW9f8/?ns=1623114408>.
10. TNV 75 2415 Suché nádrže. [Online] 1 2013. [Citace: 4. 5 2022.] https://eagri.cz/public/web/file/104414/TNV_75_2415_Suche_nadrze.pdf.
11. ŘÍHA, Jaromír, a další. Návrh a realizace suchých nádrží z pohledu technickobezpečnostního dohledu. *Ministerstvo životního prostředí*. [Online] 2014. [Citace: 5. 5 2022.] http://www.povis.cz/pdf/Suche_nadrze_TBD.pdf.
12. JUST, Tomáš. Přírodě blízké úpravy vodních toků v intravilánech a jejich význam v ochraně před povodněmi. Revitalizace sídelního prostředí vodními prvky. [Online] 2010.

13. DAVID, Václav. Vodní hospodářství krajiny 2- Prezenace na téma Suché nádrže. *Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství*. [Online] [Citace: 5. 5 2022.] https://storm.fsv.cvut.cz/data/files/p%C5%99edm%C4%9Bty/VK2/VK2_prednVD07_ZS2017.pdf.
14. JUST, Tomáš, MORAVEC, Pavel a STODOLA, Jakub. Doporučení k projektům malých vodních. [Online] 3 2020. [Citace: 5. 5 2022.] <https://strednicechy.ochranaprirody.cz/res/archive/213/071162.pdf?seek=1585907111>.
15. FORTINOVÁ, Lenka. Řeka Klabava - Česká republika. *infoglobe*. [Online] 19. 8 2010. [Citace: 20. 4 2022.] <https://www.infoglobe.cz/reky/evropa/ceska-republika/klabava/#menu>.
16. Dokumentace oblastí s významným povodňovým rizikem. *PLÁN DÍLČÍHO POVODÍ BEROUNKY*. [Online] Povodí Vltavy s.p., 1 2016. [Citace: 28. 4 2022.] http://www.pvl.cz/portal/pdp/BE/DOsVPR/1_Text/BER_Rokycany.pdf.
17. Územní srážky v roce 2021. [Online] Český hydrometeorologický ústav. [Citace: 2. 5 2022.] <https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-srazky#>.
18. Denní data dle zákona 123/1998 Sb. [Online] Český hydrometeorologický ústav. [Citace: 2. 5 2022.] <https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/denni-data/Denni-data-dle-z.-123-1998-Sb>.
19. Nařízení vlády č. 292/2015 Sb. *Zákony pro lidi - Sbírka zákonů*. [Online] 5. 11 2015. [Citace: 2. 5 2022.] <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2015-292>.
20. Správa CHKO Brdy. *Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky - Regionální pracoviště Střední Čechy*. [Online] <https://brdy.ochranaprirody.cz/>.
21. Vyhláška č. 293/2015 Sb. *Zákony pro lidi - Sbírka zákonů*. [Online] 5. 11 2015. [Citace: 2. 5 2022.] <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2015-293>.
22. LUBAS, Miroslav. Souhrnná zpráva - Studie zvýšení retenční schopnosti pramenné oblasti CHKO Brdy - I. etapa Klabava. [Online] 3 2017. [Citace: 13. 4 2022.] <https://knihovna.nature.cz/media-viewer?rootDirectory=70475&origin=https%3A%2F%2Fknihovna.nature.cz%2Frecords%2F4a717cbf-6698-4881-ba11-f5d2c4666c94>.
23. SPILKA, Josef. Souhrn doporučených opatření pro evropsky významnou lokalitu Ledný potok. *AOPK ČR*. [Online] [Citace: 22. 4 2022.] <https://strednicechy.ochranaprirody.cz/res/archive/105/014642.pdf?seek=1373446628>.
24. SPILKA, Josef, a další. Souhrn doporučených opatření pro evropsky významnou lokalitu Padrťsko. *Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky - Regionální pracoviště Střední Čechy*. [Online] [Citace: 2. 5 2022.] <https://strednicechy.ochranaprirody.cz/res/archive/254/031743.pdf?seek=1446709921>.
25. Zákon č. 114/1992 Sb - Zákon České národní rady o ochraně přírody a krajiny. *Zákonky pro lidi*. [Online] 1992. [Citace: 22. 4 2022.] <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1992-114>.

26. Struktura DIBAVOD. *VÚV TGM - Oddělení geografických informačních systémů a kartografie*. [Online] 2020. [Citace: 23. 4 2022.] <https://www.dibavod.cz/27/struktura-dibavod.html>.
27. HAVLÍK, Aleš. Stanovení neškodného průtoku na toku Klabava v úseku ústí do Berounky – Strašice. Praha : Revital, 2015.
28. Studie opatření na ochranu před negativními účinky povodní na území svazku obcí v povodí Klabavy. *Město Hrádek*. [Online] 5. 6 2015. [Citace: 2. 5 2022.] https://www.mestohradek-ro.cz/evt_file.php?file=964.
29. KYSNAR, Filip. Vodní dílo Amerika, studie proveditelnosti. *Povodí Vltavy, s.p.* [Online] 8 2015. [Citace: 20. 4 2022.] <https://www.pvl.cz/files/download/vodohospodarske-informace/vd-amerika/vd-amerika-zprava.pdf>.
30. Plán dílčího povodí Berounky - Ochrana před povodněmi a vodní režim krajiny. [Online] Povodí Vltavy, s.p., 1 2016. [Citace: 2. 5 2022.] <https://www.pvl.cz/portal/pdp/BE/web/V.html>.
31. Mapy povodňového nebezpečí, ohrožení a povodňových rizik. [Online] [Citace: 2. 5 2022.] https://www.mzp.cz/mapy_povodnove_ohrozeni_rizika/index.html.
32. Analýza oblastí s významným povodňovým rizikem v povodí Vltavy a podklady k Plánu pro zvládnutí povodňových rizik v povodí Labe: Dokumentace oblastí s významným povodňovým rizikem KLABAVA – BER 05-01 - Ř. KM 0,000 – 35,300. *Povodí Vltavy, s.p.* [Online] 10 2021. [Citace: 15. 4 2022.] https://www.pvl.cz/portal/pdp2020/PDP_BER/DOsVPR/DOsVPR_BER_05.pdf.
33. Přirozená povodeň. *Dobřív - Povodňový plán obce*. [Online] [Citace: 23. 4 2022.] https://www.edpp.cz/dbrv_prirozena-povoden/.
34. Povodně. *Rokypedie*. [Online] Rokycanští patrioti, 13. 8 2013. [Citace: 30. 4 2022.] <https://rokypedie.rokycanstipatrioti.cz/index.php?title=Povodn%C4%9B>.
35. Vzorové příčné řezy: Klabava Rokycany, zkapacitnění koryt v ř. 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: 2. 5 2022.] https://www.idnes.cz/plzen/zpravy/protipovodnova-opatreni-kolem-klabavy-rokycany.A150402_105029_plzen-zpravy_pp.
37. Bude nad Dobřívem přehrada? *Rokycanský deník*. [Online] 14. 12 2007. [Citace: 2. 5 2022.] https://rokycansky.denik.cz/zpravy_region/mat_prehrady20071214.html.
38. Studie odtokových poměrů v povodí Klabavy. Praha : Hydroprojekt CZ, a.s., 2007.
39. STRATÍLEK, Jiří a ŠTĚTKA, Jiří. Vodní dílo Amerika. *Povodí Vltavy, s.p.* [Online] [Citace: 20. 4 2022.] <https://www.pvl.cz/files/download/vodohospodarske-informace/vd-amerika/vd-amerika-prezentace-20160922.pdf>.

40. Brdy zase zadržují o trochu více vody. U Padrt'ských rybníků. *Naše voda - Informační portál o vodě*. [Online] 29. 10 2020. [Citace: 3. 5 2022.] <https://www.nase-voda.cz/brdy-zase-zadrzuji-o-trochu-vice-vody-u-padrt-skych-rybniku/>.
41. V brdských lesích vznikly další dvě nádrže, mají zlepšit vodní bilanci i biodiverzitu. *Region Plzeň*. [Online] 26. 3 2022. [Citace: 3. 5 2022.] <https://www.regionplzen.cz/zpravodajstvi/v-brdskych-lesich-vznikly-dalsi-dve-nadr-171458/>.
42. VLS budují v Brdech malé vodní nádrže, mají zadržet v lesích více vody. *Vojenské lesy a statky ČR, s.p.* [Online] [Citace: 3. 45 2022.] <https://www.vls.cz/news/370>.
43. Vojenské lesy budují v Brdech malé vodní nádrže, mají chránit před povodněmi a zadržet v lesích více vody. *Příbram.cz*. [Online] 2. 8 2018. [Citace: 3. 5 2022.] <https://www.pribram.cz/clanek/vojenske-lesy-buduji-v-brdech-male-vodni-nadrze-maji-chronit-pred-povodnemi-a-zadrzet-v-lesich-vice-vody/11080/>.
44. MAXINEROVÁ, Tereza. Protipovodňová opatření budou blízká přírodě. *Informační centrum Rokycany*. [Online] 25. 6 2019. [Citace: 3. 5 2022.] <https://www.rokycany.cz/protipovodnova-opatreni-budou-blizka-prirode/d-893724/p1=912>.
45. Studie proveditelnosti přírodě blízkých protipovodňových opatření. *Město rokycany*. [Online] 06 2021. [Citace: 3. 5 2022.] <https://www.rokycany.cz/studie-proveditelnosti-prirode-blizkych-protipovodnovych-opatreni/d-899989>.
46. Kamenný Újezd na Klabavě je nejdále v protipovodňových opatřeních. *Naše voda - informační portál o vodě*. [Online] 22. 11 2019. [Citace: 2. 5 2022.] <https://www.nase-voda.cz/kamenny-ujezd-na-klabave-je-nejdale-protipovodnovych-opatrenich/>.
47. KAPLANOVÁ ŠINDLAROVÁ, Tereza a ŠINDLAR, Miroslav. PD - Protipovodňové opatření - aktualizace. *Kamenný Újezd - Úřad a samospráva*. [Online] 16. 9 2021. [Citace: 2. 5 2022.] <https://www.kamennyujezd.cz/pd-protipovodnove-opatreni-aktualizace/d-4460>.
48. JEŽEK, Petr. V Brdech může vyrůst nádrž, přehradila by údolí Ledného potoka. *iDNES.cz / Zpravodajství*. [Online] 6. 6 2020. [Citace: 3. 5 2022.] https://www.idnes.cz/plzen/zpravy/voda-sucho-prehrada-brdy-chko-vojenske-cviciste-ministerstvo-zivotniho-prostredi-ledny-potok.A200605_551628_plzen-zpravy_vb.
49. Klabava (řeka). [Online] [Citace: 4. 5 2022.] [http://www.wikiwand.com/cs/Klabava_\(%C5%99eka\)](http://www.wikiwand.com/cs/Klabava_(%C5%99eka)).
50. Padrt'ské rybníky . *Vojenské Lesy a Statky ČR, s.p.* [Online] [Citace: 17. 4 2022.] https://www.vls.cz/media/downloadables/padrt-ske_rybniky_Sestava_1.pdf.
51. STEHLÍK, Martin, LUBAS, Miroslav a GUZIUR, Jiří. Možnosti zvýšení retence vody v povodí horní Klabavy (CHKO Brdy). *AOPK - Regionální pracoviště Střední Čechy*. [Online] 2017. [Citace: 13. 4 2022.] <https://strednicechy.ochranaprirody.cz/res/archive/035/069797.pdf?seek=1568203348>.

52. URBAN, Karel a URBANOVÁ MOJSEJOVÁ, Kateřina. Raci, voda a strouha zvaná Klabava. *Brdy Srdce Čech*. [Online] 24. 04 2019. [Citace: 13. 4 2022.] <http://www.turistika-brdy.cz/raci-voda-a-strouha-zvana-klabava-7086>.
53. Co dělá správcům CHKO Brdy starosti? Stará strouha kolem Padrt'ských rybníků. *Ekolist*. [Online] 27. 7 2017. [Citace: 16. 4 2022.] <https://ekolist.cz/cz/zpravodajstvi/zpravy/co-dela-spravcum-chko-brdy-starosti-stara-strouha-kolem-padrtskych-rybniku>.
54. LOTOCKI, Tomáš a VETEŠNÍK, Lukáš. BIOLOGIE RYB / močové ústrojí. *Český rybář*. [Online] 1. 4 2011. [Citace: 15. 4 2022.] <https://www.ceskyrybar.cz/cz/rubriky/zajimavosti/biologie-ryb-mocove-ustroji>.
55. VLACH, Pavel a FISCHER, David. Nové poznatky o rozšíření raků v CHKO Brdy. *AOPK - Regionální pracoviště Střední Čechy*. [Online] [Citace: 17. 4 2022.] <https://strednicechy.ochranaprirody.cz/res/archive/074/069813.pdf?seek=1568203408>.
56. FISCHER, David a SVOBODOVÁ, Jitka. Račí stezka - Padrt'ský potok (Evropsky významná lokalita Padrt'sko). *Hydroekologický informační systém VUV TGM*. [Online] [Citace: 17. 4 2022.] <https://heis.vuv.cz/data/webmap/datovesady/projekty/eeacrayfish2015/default.asp?>
57. Bude nad Dobřívem přehrada? *rokycanskýdení.cz*. [Online] 14. 12 2007. [Citace: 22. 4 2022.] https://rokycansky.denik.cz/zpravy_region/mat_prehrady20071214.html.
58. HALLA, Pavel. Švédský most v Dobřívě je pevný i romantický zároveň. Jde se po něm do kopce. *Český rozhlas*. [Online] 7. 4 2015. [Citace: 22. 4 2022.] <https://regiony.rozhlas.cz/svedsky-most-v-dobrive-je-pevny-i-romanticky-zaroven-jde-se-po-nem-do-kopce-7438420>.
59. Vodní toky. *Brdy*. [Online] [Citace: 23. 4 2022.] <https://brdy.up4.cz/homepage/typ?typ=03>.
60. HEC-HMS User's Manual. *US Army Corps of Engineers - Hydraulic Engineering Center*. [Online] 6. 12 2021. [Citace: 27. 4 2022.] <https://www.hec.usace.army.mil/confluence/hmsdocs/hmsum/latest>.
61. KAVKA, Petr a kol. Průběhy 6hodinových návrhových srážek na povodí IV. řádu. *Rain @ FSv ČVUT v Praze*. [Online] [Citace: 25. 4 2022.] <https://rain1.fsv.cvut.cz/webapp/rain6h>.
62. Digitální model reliéru České republiky 5. generace (DMR 5G). místo neznámé : Český úřad zeměměřický a katastrální, 2009 - 2013.
63. Geofabrik: Czech Republic. místo neznámé : Geofabrik GmbH and OpenStreetMap Contributors, 2018.
64. Urban Atlas LCLU 2018. místo neznámé : European Environment Agency (EEA).
65. CLMS N2K status map 2018. místo neznámé : European Environment Agency (EEA).
66. Corine Land Cover (CLC) 2018, version 2020_20u1. místo neznámé : European Environment Agency (EEA).

67. Mapa vymezení hydrologických skupin půd, mapa velkého měřítka. místo neznámé : Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., 2018.
68. Ortofoto mapa České republiky. místo neznámé : ČUZK.
69. SMELÍK, Lukáš. Analýza změn odtokových poměrů pro Českou republiku. *VTEI*. [Online] 5 2016. [Citace: 10. 4 2022.] <https://www.vtei.cz/2016/08/analyza-zmen-odtokovych-pomeru-pro-ceskou-republiku/>.
70. JANEČEK, Miloslav a KOVÁŘ, Pavel. Aktuálnost "Metody čísel odtokových křivek - CN" k určování přímého odtoku z malého povodí. *Vodní hospodářství*. 2010, 07.
71. JANEČEK, Miloslav a kol. Ochrana zemědělské půdy před erozí. *Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství K143 FSv ČVUT*. [Online] 2012. [Citace: 27. 4 2022.] https://storm.fsv.cvut.cz/data/files/p%C5%99edm%C4%9Bty/YPEO/Metodika_PEO_noveli_zace%20upravene%2025_1_2012.pdf.
72. UHLMANNOVÁ, Hana a SMELÍK, Lukáš. Fotografický katalog drsností. [Online] VUT v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodních staveb. [Citace: 20. 4 2022.] <http://www.utok.cz/sites/default/files/data/USERS/u24/Drsnost%20koryt.pdf>.
73. JUST, Tomáš. Přírodě blízké úpravy vodních toků v intravilánech a jejich význam v ochraně před povodněmi. *Ochrana přírody*. 2010, 6.
74. JUST, Tomáš. Uplatnění revitalizačních opatření v protipovodňové ochraně. *SBORNÍK PŘÍSPĚVKŮ - Přírodě blízká protipovodňová ochrana: Prostor pro vodní toky a zapojení ekosystémů*. 23. 11 2010.
75. HEC-RAS User's Manual. *US Army Corps of Engineers - Hydrologic Engineering Center*. [Online] 2022. [Citace: 12. 5 2022.] <https://www.hec.usace.army.mil/confluence/rasdocs/rasum/latest>.
76. VOKURKA, Adam a ZLATUŠKA, Karel. Technická doporučení pro hrazení bystřin a strží. *eAGRI*. [Online] 2020. [Citace: 12. 5 2022.] https://eagri.cz/public/web/file/651981/Technicka_doporuceni_hrazeni_bystrin_strzi_A4_WEB.pdf. 978-80-7434-557-9.
77. Vzorové příčné řezy: Klabava Rokycany, zkapacitnění koryta v ř. km 17,900 - 20,500. Praha : SWECO Hydroprojekt, 2014.

SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A ROVNIC

Obrázek 1 – Příklad opatření proti zanášení výpustního zařízení Zdroj: https://strednicechy.ochranaprirody.cz/res/archive/213/071162.pdf?seek=1585907111	22
Obrázek 2 – Příklad migračně prostupného výpustního zařízení Zdroj: https://strednicechy.ochranaprirody.cz/res/archive/213/071162.pdf?seek=1585907111	22
Obrázek 3 – Suchá retenční nádrž Čihadla se sdruženým objektem Zdroj: http://www.praha-priroda.cz/vodni-plochy-a-potoky/vodni-plochy-dle-katastru/hostavice/sn-cihadla/	23
Obrázek 4 – Přehledá mapa Klabavy Zdroj: http://www.dibavod.cz/download.php?id_souboru=2312	26
Obrázek 5 – Průměrný srážkový úhrn na území ČR v letech 1991 – 2010 Zdroj: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/charakteristiky_klimatu/img/SRA8110.gif	27
Obrázek 6 – Mapa srážkoměrných stanic Zdroj: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/OS/stanice/ShowStations_CZ.html	27
Obrázek 7 – Záplavová území v Rokycanech Zdroj: Vytvořeno v aplikaci ArcMap na základě dat DIBAVOD a ZM10	30
Obrázek 8 – Záplavová území v Dobřívě Zdroj: Vytvořeno v aplikaci ArcMap na základě dat DIBAVOD a ZM10	30
Obrázek 9 – Neškodný průtok v kontextu N-letých průtoků Zdroj: Studie opatření na ochranu před negativnímu účinky povodní na území svazku obcí v povodí Klabavy (14)	31
Obrázek 10 – Výřez z mapy povodňového nebezpečí, ohrožení a povodňových rizik – Rokycany Zdroj: https://www.mzp.cz/mapy_povodnove_ohrozeni_rizika/index.html (18)	32
Obrázek 11 – Kvantifikace ohrožených obyvatel a objektů v povodí horní Klabavy Zdroj: Vyjmuta z Dokumentace oblastí s významným povodňovým rizikem KLABAVA – BER 05-01 - Ř. KM 0,000 – 35,300 (19)	32
Obrázek 12 – Rokycany Na Pátku během povodně v července 1980 Zdroj: https://rokypedia.rokycanstipatrioti.cz/images/Povode%20na_P%20tku_21.7._22.7.1980_1.jpg	33
Obrázek 13 – Rokycany Na Pátku během povodně v srpnu 2002 Zdroj: https://rokypedia.rokycanstipatrioti.cz/index.php?title=Soubor:Povode%20na_P%20tku_12.8._13.8.2002_2.jpg	34
Obrázek 14 – Jez na Práchovně (ř.km 21,043) při povodni v roce 2006 Zdroj: https://rokypedia.rokycanstipatrioti.cz/index.php?title=Soubor:Povode%2028.5.2006_Pr%20chovna.JPG	35
Obrázek 15 – Jez na Práchovně (ř.km 21,043) při povodni v roce 2013 Zdroj: https://rokypedia.rokycanstipatrioti.cz/index.php?title=Soubor:Povode%201.6.2013_Na_Pr%20chovn%20B.jpg	35

Obrázek 16 – Vzorové příčné řezy projektu Zkapacitnění koryta v ř.km 17,900 – 20,500 Zdroj: Zjednodušené výkresy vzorových příčných řezů (77)	36
Obrázek 17 – Navržené profily suchých retenčních nádrží dle Studie odtokových poměrů v povodí Klabavy (2007) Zdroj: https://knihovna.nature.cz/files/28580	37
Obrázek 18 – Situační schéma návrhu VD Amerika Zdroj: Vyjmuto z prezentace Vodní dílo Amerika (26)	38
Obrázek 19 – Polosuchá retenční nádrž Bahna I. (v pozadí hrázové těleso nádrže Bahna II.) Zdroj: Autorská fotografie	40
Obrázek 20 – Vizualizace PBPO v Rokycanech Zdroj: Převzato ze studie proveditelnosti přírodě blízkých protipovodňových opatření (32)	41
Obrázek 21 – Výřez z koordinačního výkresu projektu PBPO Kamenný Újezd (34) Zdroj: https://www.kamennyujezd.cz/assets/File.ashx?id_org=6296&id_dokumenty=4451	42
Obrázek 22 – Výřez jednoho ze vzorových příčných řezů projektu PBPO Kamenný Újezd (34) Zdroj: https://www.kamennyujezd.cz/assets/File.ashx?id_org=6296&id_dokumenty=4447	42
Obrázek 23 – Hořejší Padrťský rybník – pohled od levého bezpečnostního přelivu do zátopy Zdroj: Autorská fotografie	44
Obrázek 24 – Dolejší Padrťský rybník Zdroj: Autorská fotografie	44
Obrázek 25 – Klabava vedená obtokovým kanálem okolo Hořejšího Padrťského rybníka Zdroj: Autorská fotografie	45
Obrázek 26 – Klabava vedená obtokovým kanálem okolo Dolejšího Padrťského rybníka Zdroj: Autorská fotografie	45
Obrázek 27 – Evropsky významná lokalita Padrťsko (fialově) Zdroj: Výřez z aplikace MapoMat	47
Obrázek 28 – Meandrující Klabava pod Padrťskými rybníky Zdroj: Autorská fotografie	47
Obrázek 29 – Mostek u nádrže Šindelka Zdroj: Autorská fotografie)	48
Obrázek 30 – Pohled do potenciální zátopy z mostku v MVN Šindelka Zdroj: Autorská fotografie	48
Obrázek 31 – Pohled do potenciální zátopy u hranice lesa a padrťských plání Zdroj: Autorská fotografie	49
Obrázek 32 – Pohled z hráze bývalého rybníka na Klabavě; prostor zátopy na pravé straně Zdroj: Autorská fotografie	49
Obrázek 33 – Klabava nad soutokem s Třítrubeckým potokem Zdroj: Autorská fotografie.	50
Obrázek 34 – Klabava mezi objektem Amerika a loveckým zámečkem Tři Trubky Zdroj: Autorská fotografie	50
Obrázek 35 – Morfologicky i strategicky vhodný profil nad areálem Amerika Zdroj: Vytvořeno v aplikaci AutoCAD s využitím dat DMR 5G, ZM10 a Vodní toky databáze DIBAVOD	51

Obrázek 36 – Klabava v lesním porostu nad Strašicemi Zdroj: Autorská fotografie	51
Obrázek 37 – Přirozené koryto Klabavy s dynamickými změnami režimu proudění Zdroj: Autorská fotografie	51
Obrázek 38 – Koryto Klabavy na začátku Strašic Zdroj: Autorská fotografie	52
Obrázek 39 – Hlubší koryto opevněné gabionovou zdí, ř. km 34,366 Zdroj: Autorská fotografie	52
Obrázek 40 – EVL Klabava a EVL Ledný potok (zvýrazněné fialovou barvou) Zdroj: Výřez z aplikace MapoMat AOPK ČR.....	53
Obrázek 41 – Klabava mezi Strašicemi a silničním mostem na ř. km 32,022 Zdroj: Autorská fotografie.....	53
Obrázek 42 – Pohled po vodě na vykáčenou část potenciální zátopy a skalní útvar hradiště Vimperk Zdroj: Autorská fotografie	54
Obrázek 43 – Pohled po vodě do potenciální zátopy v profilu mezi Dobřívem a Melmatějem Zdroj: Autorská fotografie	54
Obrázek 44 – Prostor potenciální zátopy na soutoku Klabavy s Ledným potokem Zdroj: Autorská fotografie	55
Obrázek 45 – Pohled po vodě ze Švédského mostu Zdroj: Autorská fotografie	55
Obrázek 46 – Soutok Klabavy a Skořického potoka, v pozadí ČOV Zdroj: Autorská fotografie	56
Obrázek 47 – pohled proti směru toku do potenciální zátopy na pravém břehu mezi Dobřívem a Hrádkem Zdroj: Autorská fotografie.....	56
Obrázek 48 – Jez nad železárnami, začátek regulace Zdroj: Autorská fotografie	56
Obrázek 49 – Pohled proti vodě na Klabavu vytékající z areálu hrádeckých železáren Zdroj: Autorská fotografie	57
Obrázek 50 – Pohled ve směru po vodě na koryto Klabavy a cyklostezku mezi Kamenným Újezdem a Rokycany Zdroj: Autorská fotografie	57
Obrázek 51 – Začátek lichoběžníkového regulovaného koryta Zdroj: Autorská fotografie ..	58
Obrázek 52 – Koryto obdélníkového průřezu v intravilánu Rokycan Zdroj: Autorská fotografie	58
Obrázek 53 – Nízkokapacitní most v ulici Soukenická Zdroj: Autorská fotografie	58
Obrázek 54 – Soutok Klabavy (vpravo) s Holoubkovským potokem (vlevo), konec technické úpravy koryta Klabavy Zdroj: Autorská fotografie	58
Obrázek 55 – Třítrubecký potok a jeho povodí (modře) Zdroj: Výřez z aplikace ArcGIS, vytvořeno pomocí dat DIVAVOD, ZM10 a DMR 5G	59
Obrázek 56 – Pohled z potenciální zátopy po vodě ke křížení Třítrubeckého potoka s Borskou cestou Zdroj: Autorská fotografie	59

Obrázek 57 – Pohled z levého na pravý břeh přes brod v profilu U Spáleného dubu Zdroj: Autorská fotografie	60
Obrázek 58 – profil z levého na pravý břeh v potenciální tátopě nad soutokem Třítrubeckého a Vložného potoka Zdroj: Autorská fotografie	60
Obrázek 59 – Soutok Třítrubeckého a Vložného p. Zdroj: Autorské fotografie.....	60
Obrázek 60 – Potenciální zátoka v profilu pod soutokem Třítrubeckého a Vložného potoka – pohled po vodě Zdroj: Autorská fotografie.....	60
Obrázek 61 – Pohled z levého břehu proti vodě do potenciální zátopy v meandru Pod Bučinou Zdroj: Autorská fotografie	61
Obrázek 62 – Pohled po vodě z potenciální zátopy nad Třítrubeckou myslivnou (v pozadí vodojem na levém břehu) Zdroj: Autorská fotografie	61
Obrázek 63 – Třítrubecký potok pod areálem „U Němých“ Zdroj: Autorská fotografie	61
Obrázek 64 – Ledný potok a jeho povodí (modře) Zdroj: Výřez z aplikace ArcGIS, vytvořeno pomocí dat DIVAVOD, ZM10 a DMR 5G	62
Obrázek 65 – Pohled z levého břehu proti vodě do potenciální zátopy U Chaloupky Zdroj: Autorská fotografie	62
Obrázek 66 – Meandr Ledného potoka u Bahen Zdroj: Autorská fotografaie	63
Obrázek 67 – Prostor potenciální zátopy boční retenční nádrže na Bahnech Zdroj: Autorská fotografie.....	63
Obrázek 68 – Koryto potoka v EVL Ledný potok Zdroj: Autorská fotografie.....	63
Obrázek 69 – Pohled proti vodě do potenciální zátopy v profilu nad skalním útvarem Florian Zdroj: Autorská fotografie	64
Obrázek 70 – Pohled přes vodu na levý břeh a proti vodě do potenciální zátopy v profilu nad skalním útvarem Florian Zdroj: Autorská fotografie	64
Obrázek 71 – Skořický potok a jeho povodí (modře) Zdroj: Výřez z aplikace ArcGIS, vytvořeno pomocí dat DIVAVOD, ZM10 a DMR 5G	64
Obrázek 72 – Koryto Skořického potoka v úseku mimo CKHO Brdy Zdroj: Autorská fotografie.....	65
Obrázek 73 – Pohled přes vodu na pravý břeh potenciální zátopy profilu nad Mirošovem Zdroj: Autorská fotografie	65
Obrázek 74 – Niva Skořického potoka v údolí ad Mirošovem Zdroj: Autorská fotografie...	66
Obrázek 75 – Rozdělovací objekt na Skořickém potoce Zdroj: Autorská fotografie	66
Obrázek 76 – Bezpečnostní přeliv Cihelského rybníka plnící funkci rozdělovacího objektu pro transformaci povodňové vlny v nádrži Zdroj: Autorská fotografie	66
Obrázek 77 – Koryto Skořického potoka v Mirošově Zdroj: Autorská fotografie	67
Obrázek 78 – Okolí Skořického potoka pod Mirošovem Zdroj: Autorská fotografie	67
Obrázek 79 – Stará bobří hráz na Skořickém potoce Zdroj: Autorská fotografie.....	67

Obrázek 80 – Rezerva a její povodí (modře) Zdroj: Výřez z aplikace ArcGIS, vytvořeno pomocí dat DIVAVOD, ZM10 a DMR 5G	68
Obrázek 81 – Přirozené koryto Rezervy v lesním porostu Zdroj: Autorská fotografie	68
Obrázek 82 – Přirozená břehová nátrž na Rezervě Zdroj: Autorská fotografie.....	68
Obrázek 83 – Meandr na Rezervě Zdroj: Autorská fotografie	68
Obrázek 84 – Pohled do potenciální zátopy z hráze bývalého rybníka na Rezervě Zdroj: Autorská fotografie	69
Obrázek 85 – Pohled po vodě na protrženou partii hráze bývalého rybníka na Rezervě Zdroj: Autorská fotografie	69
Obrázek 86 – Těleso hráze bývalého rybníka na Rezervě dobře patrné z digitálního modelu terénu Zdroj: Výřez z aplikace ArcGIS, vytvořeno pomocí dat DIBAVOD, ZM10 a DMR 5G	69
Obrázek 87 – Vlčí potok a dílčí povodí Klabavy IV. řádu. Do kterého spadá (modře) Zdroj: Výřez z aplikace ArcGIS, vytvořeno pomocí dat DIVAVOD, ZM10 a DMR 5G	70
Obrázek 88 – Severní cíp areálu Přední Bahna Zdroj: Autorská fotografie	70
Obrázek 89 – Pohled po vodě na Vlčí potok odtékající z areálu Přední Bahna Zdroj: Autorská fotografie.....	70
Obrázek 90 – Průběhy návrhových hyetogramů typu A-F Zdroj: Výřez z webové aplikace „Průběhy 6hodinových návrhových srážek na povodí IV. řádu“ (21)	73
Obrázek 91 – Úhrny 6hodinové srážky s dobou opakování 100 let na povodích IV. řádu v zájmovém území Zdroj: Výřez z webové aplikace „Průběhy 6hodinových návrhových srážek na povodí IV. řádu“ (21).....	73
Obrázek 92 – Rozdělení povodí horní Klabavy na dílčí povodí Zdroj: Vytvořeno v programu ArcMap pomocí dat DIBAVOD, ZM10 a DMR 5G	74
Obrázek 93 –; Využití nástroje Profile Tool ke stanovení podélného sklonu nejdelší údolnice dílčích povodí Zdroj: Výřez z programu QGIS, nástroj Profil Tool, využití dat DMR 5G ...	75
Obrázek 94 – Využití území v povodí Horní Klabavy Zdroj: Vytvořeno v programu ArcMap na základě dat Geofabrik, Corine, UrbanAtlas, DIBAVOD, ZM10.....	76
Obrázek 95 – Hodnoty HSP v povodí Horní Klabavy Zdroj: Vtvořeno v programu ArcMap na základě dat VÚMOP, s pomocí dat ZM10, DIBAVOD	77
Obrázek 96 – Stanovené hodnoty CN II v povodí horní Klabavy Zdroj: Vytvořeno v aplikaci ArcMap pomocí dat DIBAVOD, VÚMOP, Geofabrik, Urban Atlas, Corine	78
Obrázek 97 – Zastoupené propustných, semi-propustných a nepropustných ploch v povodí horní Klabavy Zdroj: Vytvořeno v programu ArcMap na základě dat Geofabrik, UrbanAtlas, Corine, ZM10 a DIBAVOD	79
Obrázek 98 – Dílčí úseky vodních toků použité ve srážkoodtokovém modelu Zdroj: Vytvořeno v aplikaci ArcMap na základě dat DIBAVOD a ZM10.....	81

Obrázek 99 – Příprava charakteristických čar Padrťských rybníků v prostředí ArcMap Zdroj: Vytvořeno na základě DMR 5G a ZM20.....	82
Obrázek 100 – Schéma modelu výchozího stavu v aplikaci HEC-HMS Zdroj: Výřez z programu HEC-HMS	82
Obrázek 101 – Referenční hodnoty stoletých průtoků použité pro kalibraci a verifikaci modelu Zdroj: Vyjmuta z dokumentu „Analýza oblastí s významným povodňovým rizikem v povodí Vltavy a podklady k Plánu pro zvládání povodňových rizik v povodí Labe: Dokumentace oblastí s významným povodňovým rizikem KLABAVA – BER 05-01 - Ř. KM 0,000 – 35,300“ (29).....	83
Obrázek 102 – Vizualizace nadmořských výšek v zátopě polosuchých retenčních nádrží Bahna I. a Bahna II. Zdroj: Vytvořeno v prostředí ArcMap na základě dat DMR 5G a pomocí Ortofoto mapy ČR	84
Obrázek 103 – Stávající technická úprava koryta Klabavy v Rokycanech Zdroj: Autorská fotografie.....	99
Obrázek 104 – Prostorové možnosti v krajině a v intravilánu Zdroj: http://www.povis.cz/pre/2015_oov/material_aopk.pdf	100
Obrázek 105 – Příklad NEVHODNĚ řešené úpravy koryta v intravilánu Zdroj: https://www.4stav.cz/protipovodnova-opatreni-na-rece-litavce-v-kralovem-dvore-u-berouna_4c3825	100
Obrázek 106 – Příklad PBPO plnící ochrannou, ekologickou i rekreační funkci ve stísněných městských podmínkách Zdroj: https://www.mestopisek.cz/html/soubory/_WEB_Studie/_WEB_Mehelnicky/pdf/B/Navrhy_opatreni/SO_02/B_1_SO_02.pdf	101
Obrázek 107 – Srovnání max. úrovně hladin při průchodu stoleté povodně teoretickým korytem s prvky PBPO při současném stavu povodí (červeně) a při implementaci variant A – D (viz legenda) v příčném řezu na ř.km 20,538 Zdroj: Výřez z programu HEC-RAS.....	102
Obrázek 108 – Model PBPO v Rokycanech pro variantu B Zdroj: Výřez z programu HEC-RAS.....	104
Obrázek 109 – Most na ř. km 20,018 při průtoku 119,8 m ³ /s geometrií PBPO navrženou pro variantu B Zdroj: Výřez z programu HEC-RAS.....	105
Obrázek 110 – Příčné řezy korytem Klabavy v Rokycanech, zakreslení geometrie PBPO pro současné srážkoodtokové vztahy v povodí (zeleně) a pro srážkoodtokové vztahy ovlivněné realizací varianty B (červeně) Zdroj: Vytvořeno v programu AutoCAD na základě dat DMR 5G.....	105

Tabulka 1 – Analýza jednodenních srážkových dat pro srážkoměrné stanice v povodí horní Klabavy (18)	27
Tabulka 2 – Výstupy Stanovení neškodného průtoku na toku Klabava v úseku ústí do Berounky – Strašice (27)	31
Tabulka 3 – Přirazení hodnot CNII na základě využití území a HSP (5) (69).....	78
Tabulka 4 – Shoda modelovaných a referenčních hodnot stoletých průtoků ve vybraných profilech.....	83
Tabulka 5 – Vliv opatření z Varianty A na srážkoodtokové vztahy v povodí horní Klabavy	88
Tabulka 6 – Vliv opatření z Varianty B na srážkoodtokové vztahy v povodí horní Klabavy	90
Tabulka 7 – Vliv potenciálních nádrží pod Dobřívem na kulminační průtok v Hrádku při variantě B.....	90
Tabulka 8 – Vliv opatření z Varianty C1 na srážkoodtokové vztahy v povodí horní Klabavy	93
Tabulka 9– Vliv opatření z Varianty C2 na srážkoodtokové vztahy v povodí horní Klabavy	93
Tabulka 10 – Vliv opatření z Varianty D na srážkoodtokové vztahy v povodí horní Klabavy	94
Tabulka 11 – Vzájemné srovnání jednotlivých variant řešení protipovodňové ochrany v povodí horní Klabavy	95
Tabulka 12 – Vícekriteriální analýza variant – žádný aspekt nemá prioritu.....	96
Tabulka 13 – Vícekriteriální analýza variant – priorita finančního kritéria.....	97
Tabulka 14 – Vícekriteriální analýza variant – priorita kritéria ochrany životního prostředí	97
Tabulka 15 – Vícekriteriální analýza variant – priorita kritéria zvýšení míry protipovodňové ochrany.....	98
Tabulka 16 – Vliv realizace jednotlivých variant na jednotlivé parametry při návrhu PBPO v Rokycanech.....	103
Rovnice 1 – Stanovení retenčního koeficientu (60).....	75
Rovnice 2 – Stanovení čísla odtokové křivky pro vysoký stupeň nasycení povodí (22) (70)	78
Rovnice 3 – Stanovení maximální retenční kapacity (71)	79
Rovnice 4 – Stanovení doby doběhu (60).....	98
Rovnice 5 – Stanovení doby koncentrace (60)	80

SEZNAM PŘÍLOH

- [1] DÍLČÍ POVODÍ A ÚSEKY VODNÍCH TOKŮ
- [2] CHARAKTERISTIKY DÍLČÍCH POVODÍ A ÚSEKŮ VODNÍCH TOKŮ
- [3] SRÁŽKOVÁ DATA
- [4] SPRÁVCI VODNÍCH TOKŮ
- [5] CHRÁNĚNÁ ÚZEMÍ
- [6] VARIANTA A
- [7] VARIANTA B
- [8] VARIANTA C
- [9] VARIANTA D
- [10] VÝSLEDNÉ HYDROGRAMY