



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ KRAJINY

INSTITUTE OF LANDSCAPE WATER MANAGEMENT

REVITALIZACE VODNÍHO TOKU

REVITALISATION OF A WATER CHANNEL

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Vojtěch Voženílek

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Stanislav Paseka, Ph.D.

BRNO 2024

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav vodního hospodářství krajiny
Student: **Vojtěch Voženílek**
Vedoucí práce: **Ing. Stanislav Paseka, Ph.D.**
Akademický rok: 2023/24
Studijní program: B0732A260005 Stavební inženýrství
Studijní obor: Vodní hospodářství a vodní stavby

Děkan Fakulty Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Revitalizace vodního toku

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Revitalizace vodních toků je proces nápravy nevhodně provedených úprav směrem k původnímu, přírodě blízkému stavu s cílem obnovy přirozené funkce vodních ekosystémů. Tyto nápravy mají pozitivní přínosy z hlediska mělkých podzemních vod, zvýšení samočisticí schopnosti, ochrana před povodněmi, migrační prostupnosti, stabilitu koryta nebo zpomalení odtoku vody.

Cíle a výstupy bakalářské práce:

Student provede revitalizaci vodního toku v extravilánu vybraného katastrálního území. Navržená revitalizace bude klást důraz na změnu morfologie stávajícího koryta, zpomalení odtoku vody z území a využití nivy jako území s přirozeným rozlivem a s výskytem biotopů vázaných na vodní prostředí. Výsledným stavem by mělo být morfologicky členité koryto s proměnlivou šířkou i hloubkou, členitou trasou s možností dalšího vývoje působením erozní činnosti proudící vody. Student pro zpracování bakalářské práce využije vhodných prostředků (např. HEC-RAS, Atlas DMR, AutoCAD). Výstupem práce bude textová část doplněna výpočty a výkresová část projektové dokumentace.

Seznam doporučené literatury a podklady:

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

VRÁNA, Karel (ed.). Revitalizace malých vodních toků - součást péče o krajinu. Praha: Pro Ministerstvo životního prostředí vydal Consult, 2004. ISBN 80-902132-9-4.

ŠLEZINGR, M. 1996. Vegetační doprovod vodních toků a nádrží. VUT v Brně. Brno, 90s.

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

Digitální model terénu a případně geodetické zaměření.

Hydrologické údaje povrchových vod.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku.

V Brně, dne 30. 11. 2023

L. S.

doc. Ing. Daniel Marton, Ph.D.
vedoucí ústavu

Ing. Stanislav Paseka, Ph.D.
vedoucí práce

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA, dr. h. c.
děkan

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá návrhem zlepšení současného stavu Biskupického potoka a jeho nivy. Práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. Cílem praktické části je se seznámit s problematikou revitalizací vodních toků a tyto znalosti následně přenést do návrhu. Praktická část se zaměřuje na konkrétní úsek Biskupického potoka. Je v ní popsána lokalita, obsahuje hydraulické výpočty v programu HEC-RAS, kde se nejprve posoudilo stávající koryto a následně i navržené. Prostor je i věnován návrhu soustavy tůní a doprovodné vegetaci. Součástí práce je i výkresová dokumentace.

KLÍČOVÁ SLOVA

Revitalizace, úprava toku, Biskupický potok, HEC-RAS, vodní tok, tůně, přírodě blízká opatření

ABSTRACT

The thesis deals with the proposal of improving the current condition of the Biskupice stream and its floodplain. The thesis is divided into theoretical and practical parts. The aim of the practical part is to get acquainted with the issues of watercourse revitalization and then transfer this knowledge into the design. The practical part focuses on a specific section of the Biskupice stream. It describes the site, includes hydraulic calculations in the HEC-RAS program, where the existing channel was first assessed and then the proposed one. Space is also devoted to the design of the pool system and accompanying vegetation. The work also includes drawing documentation.

KEYWORDS

Restoration, channel improvement, Biskupice stream, HEC-RAS, watercourse, ponds, nature-friendly measures

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

VOŽENÍLEK, Vojtěch. *Revitalizace vodního toku*. Brno, 2024. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny. Vedoucí Ing. Stanislav Paseka, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Revitalizace vodního toku* zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 21. 5. 2024

Vojtěch Voženílek

autor

PODĚKOVÁNÍ

V první řadě bych chtěl poděkovat vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Stanislavu Pasekovi, Ph.D. za jeho ochotu, vstřícnost, trpělivost a vždy pozitivní přístup při zpracovávání mé bakalářské práce. Dále bych chtěla poděkovat mé rodině a přátelům za podporu během celého studia.

Obsah

1	Úvod.....	11
2	Cíl práce	12
3	Revitalizace vodních toků.....	13
3.1	Historie a důvody revitalizací	14
3.2	Podklady a podmínky pro revitalizaci vodních toků	15
4	Revitalizace v ČR a zahraničí	17
4.1	Revitalizace v ČR	17
4.1.1	1. Generace (1985–1995)	17
4.1.2	2. Generace (1995–2002)	18
4.1.3	3. Generace (2002 – současnost).....	18
4.1.4	Současný trend	18
4.1.5	Příklad revitalizace řeky Trkmanky	19
4.1.6	Příklad revitalizace řeky Svratky u Herálce	20
4.2	Revitalizace v zahraničí	21
5	Přínosy revitalizace vodních toků a niv	23
5.1.1	Zvětšení omočeného povrchu koryta	23
5.1.2	Prodloužení trasy a doby průběhu vody korytem.....	23
5.1.3	Zadržování vody v krajině – nivní vody	23
5.1.4	Obnovení členitosti dna podélného profilu koryta.....	24
5.1.5	Obnovení ekologických funkcí vodního toku a nivy	24
5.1.6	Posílení přirozené stability koryta	25
6	Vodní biotopy	26
6.1	Tůň.....	26

6.2	Říční ramena.....	29
6.2.1	Napojení mrtvých ramen řeky Dyje	31
6.3	Mokřady.....	32
7	Vegetační doprovod vodních toků	35
8	Zájmová lokalita	36
8.1	Údaje o povodí.....	36
8.2	Řešený úsek	37
8.3	Charakteristika přírodních podmínek	38
8.3.1	Hydrologické poměry	38
8.3.2	Klimatické poměry	39
8.3.3	Srážkové poměry	40
8.3.4	Teplotní poměry	40
8.3.5	Geomorfologické a geologické poměry	41
8.3.6	Pedologické poměry	43
9	Hydrotechnické výpočty	46
9.1	Vstupní podklady.....	46
9.2	Program HEC-RAS	46
9.2.1	Součinitel drsnosti n	46
9.2.2	Okrajové podmínky	47
9.3	vyhodnocení stávajícího stavu koryta.....	47
9.4	Parametry návrhu.....	50
9.4.1	Postup práce v programu HEC-RAS.....	50
9.4.2	Návrh v programu HEC-RAS	51
9.4.3	Výsledky.....	52

9.4.4	Návrh tůní.....	54
9.4.5	Návrh doprovodné vegetace.....	55
9.5	Porovnání stávajícího a navrhovaného stavu.....	55
10	Závěr.....	57
11	Seznam použité literatury	58
12	Seznam obrázků	61
13	Seznam tabulek.....	62
14	Seznam příloh.....	63

1 Úvod

Revitalizace malých vodních toků a přilehlých niv představuje důležitý aspekt moderního přístupu k ochraně a obnově vodních ekosystémů. Tato práce se v druhé části zaměřuje na návrh revitalizace Biskupického potoka a jeho přilehlé nivy. Předmětem zájmu je tok, jehož stav a funkce byly v minulosti negativně ovlivněny intenzivními lidskými zásahy, jako je narovnávání koryta, odvodnění nivy a další úpravy směřující k využití krajiny pro zemědělské účely.

Historicky byly tyto zásahy vedeny snahou o optimalizaci hospodářského využití krajiny, avšak na úkor přirozených funkcí vodních toků a jejich ekosystémů. Důsledky těchto změn jsou dnes patrné nejen v podobě snížené retenční schopnosti krajiny, ale také v poklesu biologické rozmanitosti, zhoršení kvality vody a zvýšeném riziku povodní. Klimatické změny tyto problémy dále prohlubují, čímž se potřeba revitalizačních opatření stává naléhavější.

Revitalizace malých toků a jejich niv má za cíl obnovit přirozené funkce a ekologickou stabilitu. Klíčovým prvkem je návrat k přirozenému charakteru vodních koryt, podpora tvorby tůň a mokřadů, obnova přirozené vegetace a zlepšení hydromorfologických podmínek. Tyto zásahy nejenže přispívají ke zvýšení biodiverzity a zlepšení kvality vody, ale také pomáhají zadržovat vodu v krajině, čímž snižují riziko povodní a sucha.

2 Cíl práce

Cílem práce je přispět k hlubšímu pochopení významu revitalizace malých vodních toků a přilehlých niv. V bakalářské práci jsou nejprve revitalizace popsány teoreticky a následně v druhé části je vypracován návrh revitalizace vybraného toku.

Teoretická část bakalářské práce má za cíl přiblížit důvody revitalizačních prací a přinést poznatky o možnostech a metodách revitalizací. Část práce bude zaměřena na vodní biotopy přiléhající k vodním tokům (tůně, mokřady, mrtvá ramena). V teoretické části budou ukázány skutečné funkční projekty, které se v posledních letech uskutečnily.

V druhé části práce budou aplikovány poznatky z teoretické části na vybraný vodní tok. V rámci této bakalářské práce bude provedena podrobná analýza současného stavu úseku Biskupického potoka a přilehlé nivy. Následně budou navrženy konkrétní revitalizační opatření. Tyto opatření budou navrhovány v prostředí programu HEC-RAS.

3 Revitalizace vodních toků

V minulých staletích celá řada vodních toků na území České republiky, ale i ostatních států, prodělala řadu omezujících úprav, které narušily jejich trasu, morfologickou stavbu a ekologický stav. Proto se v dnešní době hledají způsoby, jak tyto nevyhovující poměry napravit. Revitalizace vodních toků mají za cíl zlepšit stav vodotečí a přiblížit je přírodě blízkému stavu. Mezi procesy obnovy vodních toků můžeme zařadit revitalizace a renaturace. Cílem revitalizace, ale i renaturace, je řada aspektů, mezi které patří: zlepšení kvality vody, zpomalení odtoku vody z krajiny, obnova biodiverzity v povodí, zvýšení stability krajiny nebo také estetická hodnota. [1]

Revitalizace vodních toků představuje jednorázový technický zásah, jehož cílem je přetvořit charakter toku do podoby bližší přírodnímu toku. Revitalizace se může projevat v mnoha podobách s různými řešeními. Nejběžnější je však opuštění a zasypání nebo přeměna starého, technicky upraveného koryta na nesouvislou síť tůní a jeho nahrazení novým, přírodě blízkým korytem. Toto nové koryto se obvykle vyznačuje podstatně menší hloubkou a průtočnou kapacitou. Ve srovnání s původním je mnohem členitější a postrádá technické typy opevnění. Součástí revitalizace je i snaha o co nejdokonalejší obnovu potočního pásu s přírodním charakterem, který koryto doprovází. Tento pás umožňuje bezpečný rozliv větších průtoků. Z organizačního hlediska se očekává, že hlavní efekty revitalizace, která je realizována jako investiční akce, se projeví již při kolaudaci. Je však nutné si uvědomit, že výstavba představuje pouze polotovár, který se po delší dobu musí sám od sebe dotvářet. [1][2]

Samovolná renaturace je žádoucí u upravených koryt, které ztratily znaky a funkce přirozených vodních toků. Proces probíhá formou rozpadu opevnění, zanášení a zarůstání koryta, případně jeho vymílání. Díky těmto procesům se koryto stává členitějším, v některých případech dochází k změlčení a snížení jeho nepřirozeně velké průtočné kapacity. V horních částech povodí drobných toků může být zarůstání a zanášení dříve uměle zahloubených a napřímených koryt velkým přínosem. V malých, členitých a zarostlých potocích se voda shromažďuje pomaleji a dosahuje nižších kulminačních úrovní než v přímých, hlubokých a hladce vydlážděných kanálech. Samotný děj je obecně velmi efektivní a nenáročný na náklady. Naráží však na omezení, v zahloubených úsecích s koncentrovanými průtoky může selhávat nebo probíhat pomaleji, než by bylo žádoucí. Stejně tak nepůsobí v úsecích s odolným opevněním. V takových případech je nutné přírodě pomoci aktivní revitalizací. [1] [2]



Obr. 1 Příklad revitalizovaného koryta [3]

3.1 Historie a důvody revitalizací

K nejstarším úpravám koryt potoků a řek na našem území docházelo už ve středověku, kdy člověk začal hradit vodní toky jezy, vkládat stupně nebo tvořil vodní náhony pro svůj užitek. Úpravy byly využívány zprvu pro mlynářské, pilařské a hamernické řemeslo. V 19. století s rozvojem strojní techniky započal také rozvoj úprav toků. Z počátku byly úpravy zaměřeny především na splavnost toků, na odvodnění zemědělských ploch a zajištění protipovodňové ochrany. [4] [5]

Velký rozvoj redukování vodních toků a ploch v zájmu získávání zemědělské půdy nastal v druhé polovině 20. století, kdy docházelo ke zkapacitnění vodních toků, k melioraci a odvodňování mokřadů a nivních ploch. Zkapacitnění toků probíhalo narovnáním a zahloubením koryta. Většinou bývaly dimenzovány na Q_2 až Q_5 , v extrémních případech to mohlo být i Q_{20} . podélný sklon byl zvolen stejný po celé délce upravovaného úseku, aby bylo jednodušší čištění. V důsledku narovnání vznikaly v korytech velké rychlosti, a proto se opevňovaly betonovými dlaždicemi. Tyto úpravy byly zamýšleny dobře a z krátkodobého hlediska se mohly jevit jako užitečné, ale z dlouhodobého hlediska měly velmi špatný dopad na fungování celého přílehlého ekosystému. Vyvrcholením byla 70. a 80. léta, kdy se velkoplošné zemědělství setkala s chemizací. Následkem toho byla zhoršená kvalita vody, a dokonce musela být řada podzemních zdrojů kvůli její kvalitě opuštěna. [4] [5]



Obr. 2 Příklad upraveného opevněného potoka [3]

3.2 Podklady a podmínky pro revitalizaci vodních toků

Předpokladem pro úspěšný návrh a realizaci revitalizace upraveného vodního toku jsou:

- Zájem investora o výstavbu – zájem investora o revitalizaci vodního toku je klíčovým předpokladem pro úspěch celého projektu. Vzhledem k tomu, že pojem „revitalizace toku“ nemusí být pro širší veřejnost zcela jasný, je nezbytné, aby potenciální investor získal komplexní informace o tom, co revitalizace obnáší, jaké benefity přináší a proč se tato akce realizuje; [6]
- Řešitelné majetkové poměry lokality – na uvažované lokalitě mohou být pro přípravu akce likvidující. Na rozdíl od „bodových“ staveb, jsou revitalizace toků stavbami „liniovými“, kde mohou být stavbou dotčeny desítky vlastníků. Vlastnímu projektovému řešení by mělo předcházet zpracování jednoduchého záměru nebo studie proveditelnosti, kde hlavní důraz by měl být kladen na průzkum ochoty vlastníků řešit vlastnické vztahy prodejem nebo věcným břemenem; [6]
- Vhodný tvar údolní nivy – synonymem přirozené trasy vodního toku se často chápe meandrování. Je však důležité zdůraznit, že meandrování je přirozené pouze pro specifickou skupinu vodotečí, které se vyznačují určitou vodností, charakterem potoční nivy a také půdními podmínkami. Meandrování je typické spíše pro méně sklonité úseky s širokou nivou. Na nevhodných lokalitách s nevhodnou geomorfologií a podložím se

meandrování může stát destruktivní silou a vést k poškození koryta. Navíc z estetického hlediska takový tok nepůsobí přirozeně; [6]

- Hydrologické poměry toku – dimenzování koryta na návrhové průtoky velkých vod se při revitalizacích ukazuje jako nevhodné. Z hlediska funkčnosti navrhovaných úprav je totiž klíčový průtokový režim při minimálních průtocích. Zachování průchodnosti toku a minimální hloubky vody i v těchto obdobích je pro ekosystém a biodiverzitu vodního toku nezbytné; [6]
- Kvalita vody – kvalita vody v toku je výrazným kritériem pro realizaci či likvidaci záměru revitalizace. V mnoha případech se v tocích protékajících intravilánem nacházejí splašky, které výrazně zhoršují kvalitu vody, v lepším případě jsou splašky alespoň zředěné. V takových případech je účinnost revitalizace výrazně potlačena; [6]
- Účelnost migrační prostupnosti toku – správně revitalizovaný vodní tok by měl také splňovat i tuto podmínku. Migrace vodním tokem je pro řadu druhů přirozená a nezbytná součást jejich životního cyklu, ať už se jedná o vývoj, rozmnožování nebo zajišťování potravy. Proto je při revitalizačních úpravách klíčové respektovat tyto druhy a zajistit jim bezproblémový pohyb tokem. Dosáhnout průchodnosti lze implementací migračně prostupných spádových objektů, jako jsou zdrsňené skluzy, stupně s rampou a podobně; [6]
- Osvěta u dodavatele – Pro dosažení optimálních výsledků revitalizace toků je nezbytná úzká spolupráce projektanta a dodavatele stavby. Mnoho dodavatelů dosud plně nechápe principy revitalizací a snaží se koryta prohlubovat, aby odpovídala dimenzování na návrhové průtoky. Další chybou jsou stavitelé, kteří nahrazují půlkruhový profil koryta lichoběžníkovým. Kvalitní dodavatel by měl být vstřícný k požadavkům projektanta a schopný používat vhodné nástroje pro realizaci. Příkladem je dodavatel, který si pro větší účinnost revitalizace nechal vyrobit speciální půlkruhový nástavec na lžici bagru; [6]

4 Revitalizace v ČR a zahraničí

4.1 Revitalizace v ČR

Od poloviny 80. let je snaha napravit škody, které byly napáchány během minulých let a vrátit vodnímu ekosystému zdravější podobu. První velký krok byl zaznamenán 20. května 1992, kdy byl schválen Program revitalizace říčních systémů. Začátky nové disciplíny byly komplikované, především z důvodu nedostatečné odborné a organizační připravenosti vodního hospodářství, jenž se jen pomalu odpoutávalo ze zažitých postupů z minulých desetiletí. Dalším významným rokem byl rok 1995, v kterém byla vydána první metodika pro revitalizaci vodních toků. Dokument definoval strukturu dat, která musí každá studie obsahovat, pokud má být zahrnuta do programu. Mezi novodobé důležité milníky se jistě může zařadit dokument: Strategie revitalizace vodních toků v České republice do roku 2030, který byl vydán roku 2015 ministerstvem zemědělství. [5] [15]

Celkově můžeme realizaci revitalizačních akcí rozdělit na tři generace. Každá z fází vývoje je charakterizována specifickou úrovní znalostí a souborem vnějších podmínek, které v daném období definovaly možnosti pro výběr typu a rozsahu revitalizačních opatření. [5] [6]

- 1. generace – původní trasa, původní profil koryta, původní opevnění, vkládání spádových objektů
- 2. generace – nová trasa, nové mělčí koryto, odstranění opevnění
- 3. generace – komplexní řešení v rámci pásu údolní nivy, napojení revitalizace toku na okolí

4.1.1 1. Generace (1985–1995)

V raných fázích navrhování se revitalizace se zaměřovaly na zachování původního koryta, a to z hlediska trasy, průtočného profilu, opevnění a pobřežní vegetace. Jedinou revitalizační prací bylo vkládání kamenných a dřevěných prahů, přehrážek a tůní. Cílem bylo zpomalit proud nad vzdouvacími objekty a tím zajistit usazení sedimentu nad těmito zábranami. Celkový proces spočíval v zapuštění kulatiny fixované ocelovými trny do břehů. Jízky se tvořily ze dřeva a kameniva, přehrážky a prahy byly zděné. Rovněž liniová výsadba vegetace na břehové hraně byla málo efektivní, takto provedená výsadba nevytvářela potřebnou krajinnou kulisu, ani stabilizační účinek ve svazích nebyl nijak kladný. [5] [11]

Pro návrhy revitalizací bylo velmi málo odborné, a především kvalitní literatury. Tato literatura byla v období první generace kladně hodnocena, jelikož to byly první materiály, z kterých mohli projektanti čerpat. Bohužel postupem času došlo k automatizaci projektů a individuální přístup byl odsunut na vedlejší kolej. [5]

4.1.2 2. Generace (1995–2002)

Druhá etapa revitalizačních projektů znamenala významný krok vpřed v řešení komplexní problematiky revitalizace vodních toků. Zásadní inovací je zaměření na funkčnost koryta v celém rozsahu průtoků od nízkých až po povodňové. To znamená, že při nízkých průtocích je zajištěna migrace organismů a povodňové průtoky nemají destruktivní účinky na profil koryta. [5] [11]

Podstatou druhé etapy revitalizace vodních toků byl zásah do trasy koryta. Nová trasa se vyznačuje obloukovitým až meandrujícím průběhem. Díky tomuto řešení došlo k prodloužení délky toku, čímž se snížil podélný sklon dna a zpomalila se rychlost proudu. Nové koryto bylo navrženo výrazně mělčí s menší kapacitou. To umožňuje, aby se voda při zvýšených průtocích rychleji rozlila do okolní nivy, čímž se chrání koryto před poškozením. [5] [6]

4.1.3 3. Generace (2002 – současnost)

Třetí generace revitalizace vodních toků představuje vrchol současného poznání. Jedná se o komplexní přístup, který se zaměřuje nejen na samotný tok, ale i na jeho širší okolí, zejména údolní nivou, a v ideálním případě i na celé povodí. [5] [11]

Mezi základní principy patří volba nové trasy koryta, která se může lišit od původní a snaží se napodobovat přirozené meandry a zatačky. Dno koryta je navrhováno mělčí s menším průtočným profilem, aby bez vybřežení zvládlo pouze nízké průtoky (např. jednoletý nebo třicetidenní). Při větších průtocích voda vybřeží a protéká celou údolní nivou. Části původního koryta, které nejsou průtočné, se mohou stát tůněmi. Do tůní lze zaústit drenážní systémy a případně je propojit s novým korytem. Na revitalizované ploše se vysazuje doprovodná vegetace, která navazuje na stávající vegetaci v povodí. Revitalizovaný tok by měl umožňovat migraci živočichů v rámci celého povodí. [5] [6]

Komplexní revitalizace přináší řadu benefitů jako je zvýšení biodiverzity, podpora bohatšího života vodních organismů a rozmanitosti biotopů. Zlepšuje se ekologická stabilita, odolnost proti negativním vlivům jako jsou povodně a sucho. Revitalizovaná krajina s meandry, tůněmi a mokřady je atraktivnější a esteticky hodnotnější. [5] [6]

4.1.4 Současný trend

Princip revitalizace upravených toků se v současnosti zaměřuje na změnu trasy koryta, vytvoření nového koryta s vhodným tvarem a průtočným profilem a minimalizaci těžkého opevnění. [6]

Původní trasa upravených toků se obvykle skládá z dlouhých přímých úseků a střídavých kruhových oblouků, což neodpovídá přirozenému toku přírodních koryt. Nový průběh toku je tvořen převážně kruhovými oblouky malých poloměrů s krátkými přímými úseky. To vede k mírnému prodloužení trasy, snížení podélného sklonu dna koryta a zmenšení rychlosti protékající vody. Revitalizovaná koryta mají obvykle mísovitý tvar s větší šířkou než hloubkou. Dno koryta je pod úrovní terénu o 0,3 až 0,5 m. [5] [6]

Menší průtočný profil zajistí, že při vyšších průtocích voda vybřeží do údolní nivy a koryto není při povodňových průtocích namáháno, tudíž nevyžaduje těžké opevnění. Mírné deformace profilu a posuny trasy v nivě obvykle nevadí, pokud niva neleží v intravilánu. [6]

Původní koryto upraveného toku se při revitalizaci zahrne zeminou, aby nedocházelo k odvádění vody z nově vytvořeného koryta, které leží výše. Vzhledem k menším rozměrům revitalizovaného profilu oproti původnímu však chybí dostatek zeminy pro jeho úplné zahrnutí. Z tohoto důvodu se v trase původního koryta navrhuje průtočné a neprůtočné tůňe. [5] [6]

Součástí revitalizace toku i nivy je výsadba doprovodné vegetace v okolí tůň a skupinově podél revitalizovaného toku. Správný návrh výsadeb musí schválit odbor životního prostředí a skladba dřevin musí odpovídat místním podmínkám. Důležité pro účinnou revitalizaci je komplexnost projektu. Komplexním přístupem k revitalizaci se dosahuje nejen ekologických benefitů, ale i estetického zhodnocení lokality a harmonického začlenění revitalizovaného toku do okolní krajiny. [5] [6]

4.1.5 Příklad revitalizace řeky Trkmanky

Revitalizovaný úsek řeky Trkmanky se nachází asi 1,5 km od Velkých Pavlovic. Na toku byly v dřívější době provedeny technické úpravy, které koryto zkapacitnily, napřímily a vytvořily příčný profil koryta bez břehových porostů. Snížila se stabilita a členitost toku, což zapříčinilo nadměrné zanášení toku. [7]

Výstavba započala v roce 2020 a byla dokončena na konci roku 2021. Cílem stavby bylo zpomalit odtok vody z území, omezit zanášení koryta a v neposlední řadě obnovit větší biodiverzitu v lokalitě. Celkový úsek toku byl prodloužen o bezmála 400 metrů, byly zde vybudovány výrazné meandry a soustava pěti neprůtočných tůň s malou hloubkou, dno ovšem leží pod hladinou podzemní vody proto, aby bylo docíleno stálé hladiny vody. Revitalizace je i doplněna o vegetační pásmo. Bylo zde vysázeno 180 stromů a přes 400 keřů, které by měly výrazně zlepšit biodiverzitu lokality. Celková cena projektu přesáhla částku 31,5 milionů Kč. [7]



Obr. 3 Revitalizovaný úsek řeky Trkmanky [7]

4.1.6 Příklad revitalizace řeky Svratky u Herálce

V roce 2022 byly zahájeny revitalizační práce v pramenné části řeky Svratky. Náklady na kompletní obnovu činily 33,8 mil. Kč, projekt byl dokončen na konci roku 2023. Revitalizační práce lze rozdělit do dvou částí, konkrétně na revitalizaci v intravilánu a extravilánu. [9]

Práce v intravilánu spočívaly v postavení nové protipovodňové zdi, která byla navýšena o 30 cm. Obdélníkový profil koryta byl nahrazen složeným, skládajícím se z kynety a zatravněných berm. [9]

Pod obcí Herálec byl tok navrácen do původního koryta, tím byla délka řeky prodloužena o necelý kilometr. Zajištěním rozlivu větších průtoků do luční nivy a podpořením retence vody byla celkově podpořena biodiverzita lokality. [9]



Obr. 4 Revitalizovaný úsek řeky Svatky [9]

4.2 Revitalizace v zahraničí

Zájem o rozvoj vodohospodářských revitalizací ve vyspělých zemích přišel o desítky let dříve než u nás. Již v 70. letech 20. století účelová občanská sdružení vyvíjejí snahu o obnovu narušených vodních toků a přilehlé krajiny. Mezi první státy se řadí USA, Velká Británie, Německo nebo například Dánsko. V některých zemích (Dánsko, Holandsko) se již od počátku objevuje snaha nejen o všeobecnou ochranu přírody, ale také pomocí revitalizací toků a přilehlých niv zajistit protipovodňovou ochranu. [4]

Revitalizační práce mají velký význam v Německu, kde již od 70. let probíhají rozsáhlé projekty na obnovu upravených koryt a přilehlých niv. Mezi nejvýznamnější projekty v Německu, ale i v celé Evropě, určitě patří revitalizace řeky Isar v Mnichově. Vyhotovení projektu trvalo bezmála 7 let a stálo úctyhodných 28,1 milionu eur. [4] [8]



Obr. 5 Revitalizovaná řeka Isar v Německu [16]

Německé zákony udávají, že důležitou protipovodňovou ochranou jsou přírodní či přírodně blízká koryta s přiléhajícími nivami. Tyto předpisy stanovují, že přírodní charakter vodních toků a niv a jejich přirozené funkce mají být chráněny a obnovovány. [4]

5 Přínosy revitalizace vodních toků a niv

Revitalizace vodních toků a niv se stává klíčovou strategií pro nápravu škod způsobených lidskou činností a pro obnovu zdravého fungování vodních ekosystémů. Principem revitalizace je navrátit tokům a nivám jejich přirozený charakter a funkce. Toho lze dosáhnout různými opatřeními, které jsou popsány v následujících kapitolách. Je obecně známo, že každý projekt je výjimečný, každé území poskytuje jiné podmínky, a proto je možné dosahovat různých efektů jinou měrou. [4]

5.1.1 Zvětšení omočeného povrchu koryta

Ve většině případů se k technickým úpravám koryt používaly hladké tvárnice a dlažby. Tyto povrchy jsou opakem povrchu přirodně blízkého koryta, jsou málo členité a mají malý měrný omočený povrch, tedy i biologicky aktivní povrch dna. Vyměněním betonových tvárníc za přirozené kamenivo výrazně pomůžeme zvětšením omočené plochy koryta. Z výpočtů vyplývá, že aktivní povrch dna pokrytého kameninou může být až několikanásobný oproti dnu z betonových tvárníc. [4] [5]

Povrch dna a svahů je sídlem společenstva vodních organismů, které jsou základem biodiverzity toku. Omočený povrch je také důležitý z hlediska samočištění vody. Je sídlem bakterií, řas, hub, prvoků a sinic, jež odstraňují z vody organické i bakteriální znečištění.

5.1.2 Prodloužení trasy a doby průběhu vody korytem

Nejběžnějším krokem ke zdržení vody v korytě je prodloužení délky trasy toku. Toho lze dosáhnout meandrováním koryta, které přirozeně prodlužuje jeho délku a zároveň vytváří nová přírodní stanoviště a úkryty v nově vzniklých pobřežních oblastech. Při návrhu optimální trasy je vhodné zvážit využití trasy původní, kterou lze často zjistit z historických map a dokumentů. Návrhové parametry koryta se liší v závislosti na typu toku. U přirozeně přímého toku se klade důraz na zachování jeho charakteru a minimalizaci zásahů. Naopak u potenciálně meandrujících toků se navrhují meandrové oblouky s poloměrem 2 - 3násobku šířky koryta a meandrový pás o šířce 10 - 14násobku šířky koryta. [4] [5]

Doba zdržení je významným parametrem z hlediska zdržení vody v krajině. Revitalizace může až několikanásobně prodloužit dobu průběhu vody a tím podpořit samočisticí efekt toku a infiltraci vody do přilehlých niv. [4]

5.1.3 Zadržování vody v krajině – nivní vody

Jedním z cílů technicky zahloubených koryt bylo zachytit hlavníky drenáží a odvodnit nivní pozemky. Odvedení vody drenáží z nivních pozemků často nestačilo k tomu, aby se půda dala

efektivně hospodářsky využívat, ale stačilo k degradaci cenných mokřadních biotopů. Upravené koryto bylo nezřídka kdy zahlobbeno jeden až dva metry pod povrch, tím dno toku sahalo pod úroveň svrchních vrstev jemných a méně propustných nivních půd a zachycovalo vodu z hlouběji uložených propustnějších zemín.[4]

Revitalizací by se mělo koryto opět změlřit a tím podpořit infiltraci vody do přilehlých niv. Zároveň se zvýší hladina podzemní vody v blízkosti toku. [4]

5.1.4 Obnovení členitosti dna podélného profilu koryta

Při technických úpravách se členitý podélný sklon eliminuje a namísto něj je tvořen jednotný sklon, který je jednodušší pro tvorbu i následnou údržbu. Přebytečné převýšení je řešeno vkládáním spádových příčných objektů, jako jsou prahy, stupně a jezy. V důsledku technických úprav tok ztratil přirozené střídání proudných a tišinných míst, jež jsou základem tvarové diverzity a ekologické hodnoty. [4][11]

Mezi nejdůležitější kroky správné revitalizace je obnova členitosti dna podélného profilu toku. Je to efekt, který by měl být alespoň splněn, když jiné prvky revitalizace je komplikované naplnit. Při budování nového revitalizovaného koryta se obvykle kopíruje okolní terén, členění koryta na tišinná a proudná místa se při realizaci vytvoří vyhloubením tůň při nárazových březích a kamenným záhozem do inflexní trasy. Obecně je dáno, že korytotvorné procesy si s tím poradí i bez lidské pomoci. [4][11]

5.1.5 Obnovení ekologických funkcí vodního toku a nivy

Technicky upravené koryto má velmi negativní dopad na život ve vodoteči, takové koryto nabízí pouze dva základní velmi chudé biotopy pro život. Jedná se o biotop kynety s tenkou vrstvou vody tekoucí po dně a biotop strmých svahů. Členitost revitalizovaného koryta a nivy můžeme vnímat v celé řadě aspektů:

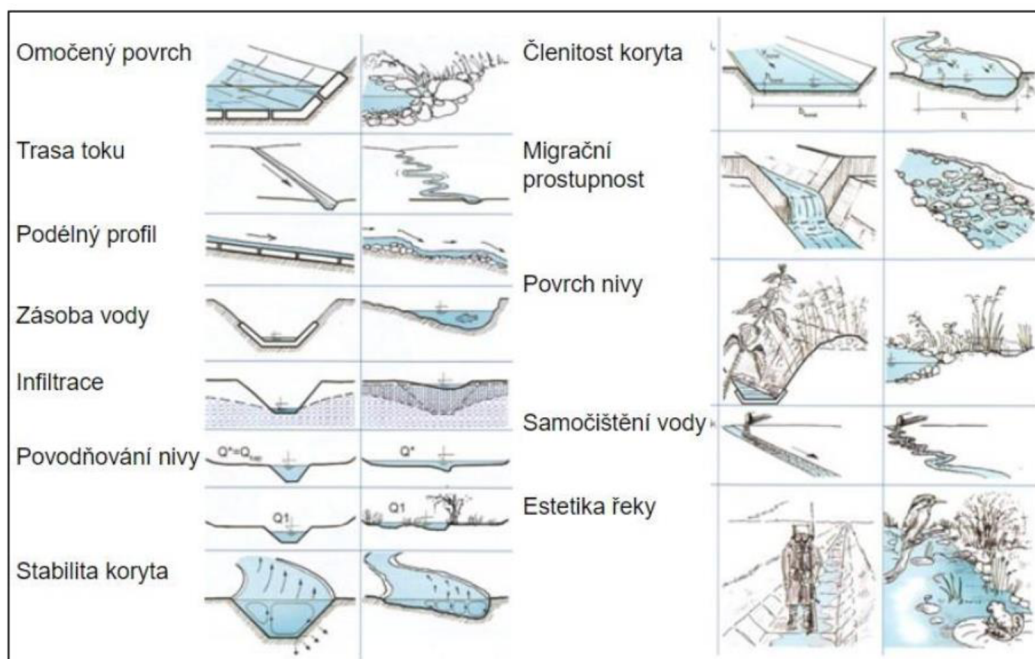
- Členitost příčných průřezů koryta
- Podélná členitost koryta
- Různost hloubek a proudění
- Rozsah biologicky mimořádně cenné břehové oblasti
- Četnost úkrytů v korytě
- Charakter dnového substrátu
- Charakter porostu břehů [4]

Všechny tyto aspekty spolu utvářejí ekologicky fungující prostředí pro biodiverzitu toku a jeho nivy. Člověk vhodně provedenou revitalizací nenapodobí přesně podmínky přírodního toku, ale může dát dobré základy přírodě, která si prostředí toku postupem času dotvoří. [4]

5.1.6 Posílení přirozené stability koryta

Technicky upravovaná koryta charakteristická svojí napřímeností, jsou velice nevhodná pro objemnější průtoky. V takových korytech vznikají o dost větší rychlosti než v přírodně blízkých tocích, a proto musela být opevňována betonovými tvárniciemi nebo dlaždicemi. Odolnost tohoto druhu opevnění je i tak velice nestálá. Stačí narušení několika málo prvků a při větším průtoku se může celé opevnění poškodit.

Revitalizované toky, jak už bylo několikrát zmíněno, jsou mělké a členité s menší kapacitou, větší průtoky se vylévají do přilehlé nivy, v návaznosti na technických parametrech vznikají v toku menší rychlosti. Proto takové koryto je stabilní i při větších průtocích a nemusí být mohutně opevněno. Nově vybudovaná koryta se stabilizují kamenným pohozením. V některých případech není ani pohození potřeba, jelikož se koryto samo stabilizuje pomocí prorůstání kořenů stromů a keřů. Jako stabilizující prvek dobře fungují travní drny nebo sem tam trčící kameny či balvany. [4]



Obr. 6 Přínosy revitalizace vodních toků a niv [4]

6 Vodní biotopy

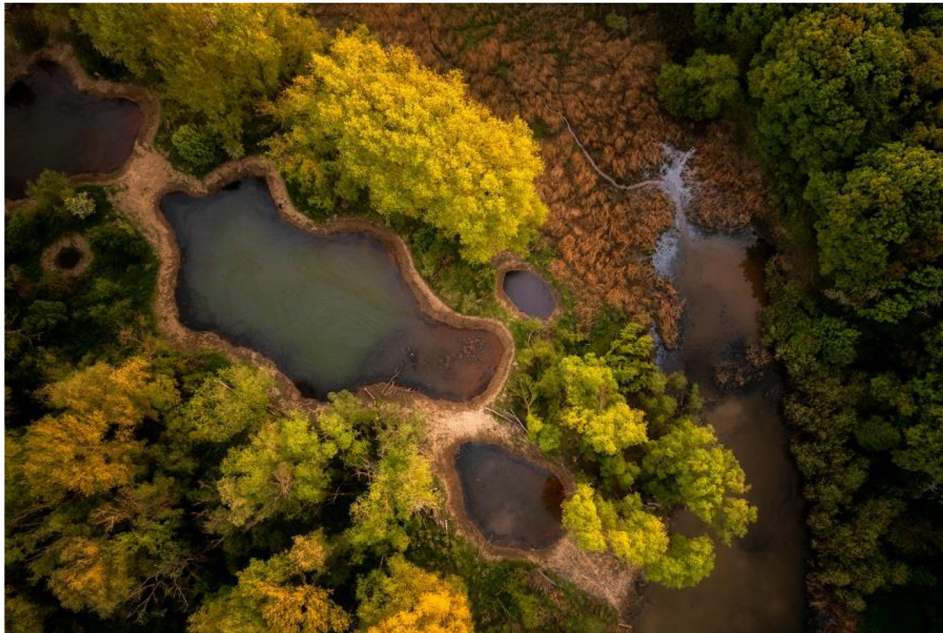
Vodní biotopy, ať už se jedná o potoky, mokřady, tůně či říční nivy, představují jedinečné a nenahraditelné ekosystémy. Jejich jedinečnost tkví v zadržování vody v krajině, jsou také domovem rozmanité škály rostlin a živočichů. Navíc plní řadu důležitých funkcí pro člověka jako je regulace vodního režimu, ochrana před povodněmi a čištění vody. [10]

V minulosti bohužel docházelo k masivnímu ničení a degradaci vodních biotopů. Mokřady byly vysušovány a přeměňovány na zemědělskou půdu. Tyto zásahy měly za následek ztrátu biodiverzity, narušení vodního režimu a zhoršení kvality vody. [10]

6.1 Tůně

Tůně jsou důležitou součástí komplexních revitalizací vodních toků, a proto by se při obnově vodoteče na ně nemělo zapomínat. Obecně řečeno, tůně jsou prohlubně v terénu nebo v korytě vodního toku, které jsou zaplaveny vodou. Přírozeně vzniklé tůně jsou modelovány povodňovou vlnou, která jednak může vytvořit výmoly v korytě a tím podpořit vznik hlubších částí tedy tůní a jednak zaplaví hlubší místa v nivě toku. Při tvorbě nové trasy koryta se tůně často budují v korytě starého toku, kde jsou k jejich tvorbě ideální podmínky a řeší tak problém se zásypem starého koryta. [4] [10]

Od jejich polohy vůči toku a hladině podzemní vody se můžou dělit na stále zaplněné vodou a periodicky zaplněné vodou. Tůně se dále dělí podle pozice oproti toku na průtočné a neprůtočné. Rozloha tůní může být značně rozdílná, od velikosti větší kaluže až po relativně velké vodní plochy, které mohou mít i více jak 2 hektary. [4] [10]



Obr. 7 Příklad soustavy tůní u obce Řevnice [13]

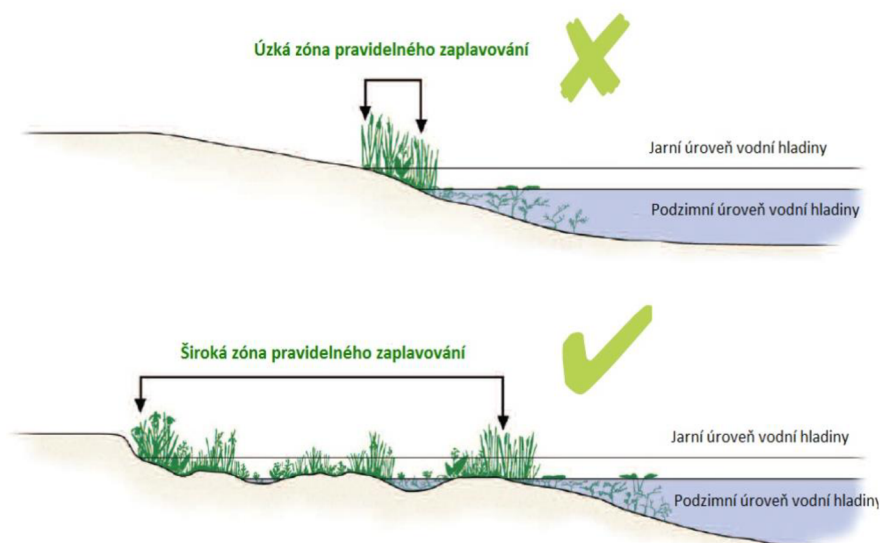
Oproti předešlým desetiletím si v dnešní době již naštěstí uvědomujeme důležitost tůní pro celkový ekosystém. Jsou to cenné biotopy pro mnoho druhů rostlin a živočichů, včetně obojživelníků, hmyzu a vodních ptáků. Tůně také plní důležité funkce v krajině jako je retence vody, regulace mikroklimatu a čištění vody. V posledních letech se proto objevuje snaha o revitalizaci a obnovu tůní. Prohlubují se nové tůně, stávající se čistí a renaturují. Ochrana tůní je důležitou součástí ochrany biodiverzity a udržitelného hospodaření s krajinou. [4] [10]

Při budování nových tůní je důležité zvolit vhodné místo s dostatkem prostoru pro rozvoj a s přístupem k vodě. Je vhodné určit, jaký je její převažující účel. Tůně ležící v trase vodního toku plní funkce:

- Zachytávání splavenin;
- Zvětšení množství vody v toku;
- Funkce stabilizujícího vývaru;
- Tlumení vymílacích účinků proudu v korytě; [4]

Kdežto tůně ležící mimo trasu vodoteče plní jiné funkce, poskytují dobré podmínky pro faunu a floru vodních biotopů, zadržují vodu v krajině a vytvářejí, ať už více či méně, stabilnější vodní plochy, v neposlední řadě zlepšují estetický dojem krajiny. Fyzický charakter tůně je velice důležitý pro správné fungování biotopu. Zde jsou nejdůležitější vlastnosti, na které by se mělo hledět při návrhu tůní:

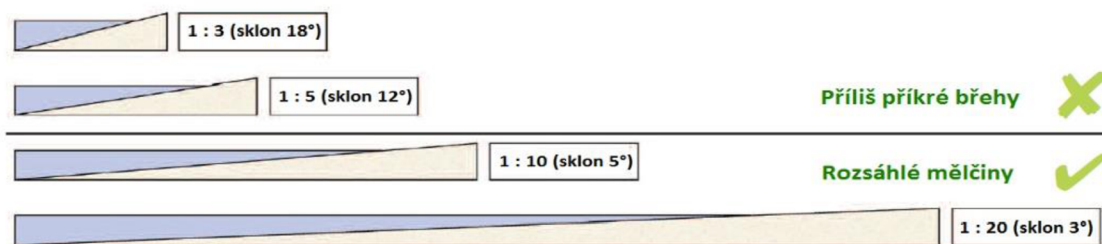
- Tvar nádrže a vertikální členitost – tůň by měla mít nepravidelný tvar a být členitá, čímž se napodobí přirozené vodní biotopy, podpoří se biodiverzita a stabilita ekosystému. Monotónní tvary typu "vana" nebo "lichoběžník" nejsou žádoucí. Výjimku tvoří oblasti s invazivními druhy ryb, kde se pro snadné vylovení používají techničtější tvary bez členitosti. Tyto tůň by neměly v dané lokalitě převažovat. Tůň by měla obsahovat jak mělké části ("litorály") s rychle se prohřívající vodou, tak i hlubší části. Mělké části jsou u všech tůní zcela zásadní, jelikož slouží pro rozmnožování rostlin a živočichů. Hluboké zóny, ačkoliv důležité, pro úkryt živočichů v zimě, nejsou nezbytné;
- Členitá břehová linie – projektant by neměl podcenit návrh členitosti břehů. Vytváří tak více prostoru pro různé druhy organismů. Ideální je členitá břehová linie s množstvím zákrut, výběžků a nepravidelností;
- Zóna s periodickým zaplavováním – kolísání hladiny vody v tůni je žádoucí, jelikož podporuje její biologický potenciál. Řada živočichů a rostlin je přímo závislá na kolísání hladiny. Při poklesu vody se na členité břehové linii tvoří malé laguny s prohřátou vodou;



Obr. 8 Litorální zóna [10]

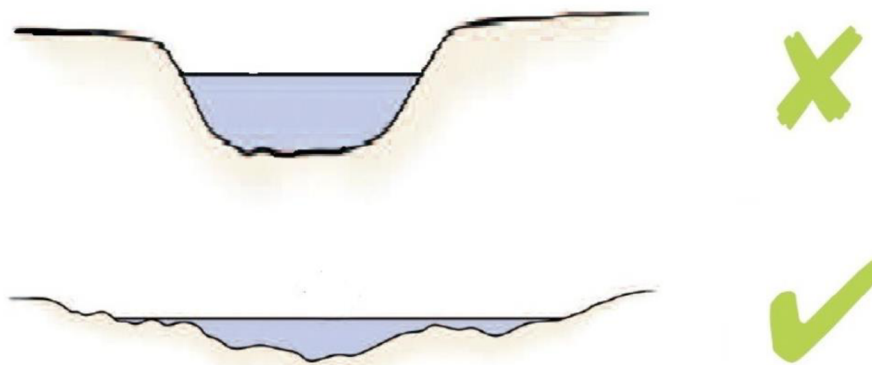
- Maximální podpora litorální plochy – mělčiny do hloubky 50 cm jsou více než žádané, vyhovují životnímu cyklu většině obyvatel tůní a podporují tak jejich biodiverzitu. Litorální část by se měla rozkládat alespoň na jedné třetině plochy;
- Mírný sklon břehů – nejlepším řešením je pozvolné stoupání břehů v poměru 1:10 až 1:20, ale ne vždy toho lze docílit, u menších tůní jsou přijatelné i sklony 1:5, takovým limitním sklonem, jehož hodnota už by se neměla překročit je sklon 1:3. Pozvolné sklony podporují

bohatou litorální část, která jak už bylo zmíněno, je žádoucí;



Obr. 9 Porovnání vhodnosti sklonu svahů [10]

- Maximální hloubka – u velkých tůní o rozloze několik stovek metrů čtverečních může hloubka dosahovat 80 až 100 cm, ve výjimečných případech až 1,5 metru. U menších tůní postačí hloubka kolem 50 cm, ani velmi mělké tůně nejsou od věci a měli by být zahrnuty do komplexních projektů;



Obr. 10 Porovnání členitosti dna a svahů tůně [10]

- Komplex tůní – budováním komplexu tůní se podpoří větší biodiverzita lokality a poskytnou se více příležitosti pro vznik druhové rozmanitosti. Proto se dává přednost vybudování více tůní o různých velikostech a hloubkách oproti jedné velké. Větší tůně je také přínosná, ale je vhodné ji doplnit o soubor dalších menších tůní. [10]

6.2 Říční ramena

Říční ramena jsou pozůstatkem meandrů, které zanikly v důsledku vlastních tvarotvorných procesů řeky, nebo regulačním chováním člověka. Postranní ramena jsou důležitým prvkem niv, jsou přirozeným zásobíštěm vody a vážou na sebe velké rostlinné i živočišné bohatství. Díky blízkosti vodního toku jsou zpravidla celoročně zatopené a jejich hladina výrazně

nekolísá. Problémem mohou být zahloubené vodní toky a drenážní systémy, které mohou narušit stabilní vodní hladinu v postranních ramenech. Říční ramena můžeme rozdělit na:

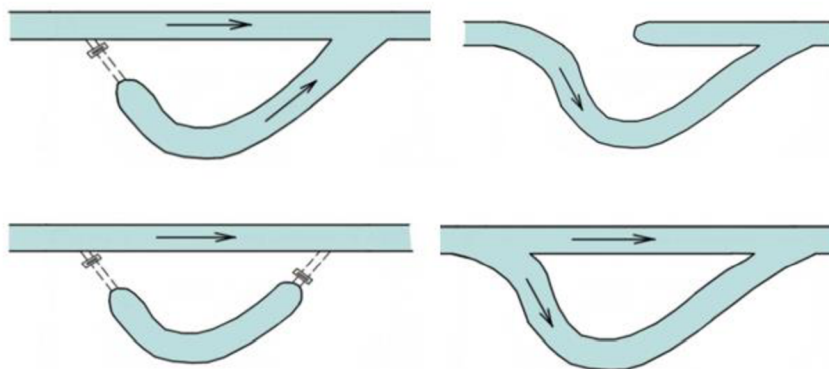
- Vedlejší rameno – rameno probíhající souběžně s hlavním tokem, je stále průtočné;
- Slepé rameno – už není průtočné, ale je stále jedním koncem napojené na aktivní tok;
- Mrtvé rameno – je zcela oddělené od aktivního toku; [4] [12]



Obr. 11 Vitovská mrtvá ramena na řece Moravě [30]

V dnešní moderní době s dokonalým funkčním členěním ploch a regulovaným chováním vodních toků v nivách je vznik nových ramen výrazně omezený. O to více je důležité v některých případech obnova postranních ramen. Obnova se může rozdělit do pěti typů opatření, které je možné společně kombinovat:

- Obnovení aktivního průtoku ramenem – průtok ramenem lze obnovit buďto přivedením vody z hlavního toku, nebo zaústěním nějakého vedlejšího přítoku. Komplikací může být výškové položení toku oproti ramenu. Řeka je často z erozních důvodů nebo regulační činnosti člověka více zahloubena. Tento výškový nepoměr se dá vyrovnat vzdouvacím objektem, ovšem řešení je to nepříliš časté. Propojení aktivního toku a ramene je nejefektivnější průkopem. Dále to může být pomocí trubních přívodů nebo přeronom přes litorální pásmo;



Obr. 12 Možnosti obnovení průtoku ramen [4]

- Obnovení povodňových průtoků ramen – Napojení ramen na aktivní povodňový rozliv v nivě může mít efektivní vliv na průtočnost říčního koridoru. Pro ramena je žádoucí a oživující, aby jednou za rok byla propláchnuta menšími povodňovými vlnami;
- Odbahnění ramene – odbahnění ramene je komplikovanější než u jiných vodních objektů, na rozdíl od rybníků voda nejde vypustit, a tak se přistupuje odbahnění mokrou cestou. Sací bagry si musejí poradit s četnými překážkami jakou jsou části spadlých stromů;
- Zvýšení hladiny vody v rameni – zvýšení životnosti ramene lze docílit nastavením vyšší přepadové úrovně v odtoku z ramene. Z hlediska komplexní revitalizace to bývá příznivé řešení;
- Vyhlobení nového ramene – v některých případech je jednodušší a k přírodě šetrnější vyhloubit protáhlou tůň napodobující rameno, nebo na stejném místě podle starých map replikovat dávno zazemněné rameno než revitalizovat původní. [4]

6.2.1 Napojení mrtvých ramen řeky Dyje

Výtečným příkladem oživení mrtvých ramen je projekt na řece Dyji, kdy v letech 2018 až 2019 proběhlo napojení dvou ramen na tok. Jelikož upraveným tokem prochází státní hranice mezi Českou republikou a Rakouskem, muselo být původní koryto ponecháno. Vznikl tak vodní tok s dvěma funkčními rameny. Na napojení spolupracovala česká i rakouská strana a celý projekt stál na 23,5 mil Kč. [17]



Obr. 13 Napojení mrtvého ramene na řece Dyje [17]

6.3 Mokřady

Mokřad je oblast v krajině, kde se vyskytuje zvýšená hladina povrchové nebo podpovrchové vody. Tyto oblasti zahrnují vlhké louky, břehy vodních toků, tůňe, jezera, rybníky a další. Jedná se o přechodové území s členitou nejednoznačnou hranicí mezi vodou a souší. Ideálně by měly mokřady sloužit k zadržování vody a zavlažování okolní krajiny. Přesná vědecká definice mokřadů je složitá a nejednotná, vzhledem k velkému počtu různých typů mokřadů po celém světě. [4] [10]

Mokřady jsou jedny z nejohroženějších vodních biotopů České republiky, a přitom mají velmi důležité funkce pro správné fungování biologických procesů, jsou to lokality bohatě oživené velkým společenstvem rostlin a živočichů. Mokřady se vyznačují schopností zadržovat velké množství vody, a následně dokáží dotovat vodou okolní krajinu. Významnou funkcí mokřadů je podpora malého vodního oběhu intenzivním výparem z vodní hladiny. [4] [10]



Obr. 14 Příklad mokřadu [14]

V oboru revitalizací se vyskytuje řada procesů pro obnovu nebo vybudování nového mokřadu:

- Podpora stávajícího mokřadu úpravami odtokového režimu – voda v mokřadu se dá zdržet velice jednoduchými způsoby, mezi nejběžnější způsoby patří zvednutí dna odtokového koryta, nebo vytvoření přehrázek z kulatiny;
- Stabilizace mokřadu, který se vyvinul na místě bývalého rybníka – v případě, že na místě zaniklého rybníka se rozvine kvalitní plnohodnotný mokřad, je vhodné ho podpořit namísto obnovy nádrže. Nadále se ovšem na stavbu bude pohlížet jako na nádrž, tudíž stále musí odpovídat požadavkům na bezpečné převedení N-letých průtoků;
- Zřízení doprovodných postranních mokřadů při revitalizaci koryta vodního toku – příbřežní mokřady jsou žádoucí z hlediska aktivního záplavového území;
- Výstavba mokřadů nízkým ohrázováním – na území ploché nivy si vybuduje nízká hrázka, či spíše val s mírným sklonem. Pro ochranu hrázky se stejně jako u nádrží buduje bezpečnostní přeliv. Hráz by měla dosahovat maximální výšky 0,6 m;
- Výstavba mokřadu hloubením – jeli méně výhodné budovat mokřad vzdouváním hladiny vody, přistupuje s k snížení terénu. Mokřady lze hloubit jako součást rozsáhlejších protipovodňových retenčních sníženin nebo povodňových průlehů. Před začátkem budování mokřadu tímto způsobem je žádoucí, aby bylo naplánováno uložení materiálu tak, aby nevznikaly cizorodé terénní tvary nebo aby se nepoškodily hodnotné plochy. [4] [10]



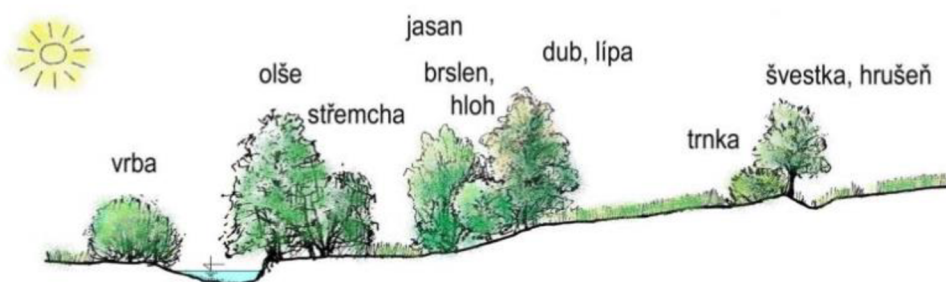
Obr. 15 Tvorba mělkých tůň v mokřadu [10]

7 Vegetační doprovod vodních toků

Významným prvkem komplexní revitalizace je návrh doprovodné vegetace, jelikož porosty jsou nedílnou součástí vodních toků. Vegetační doprovod podporuje biodiverzitu oblasti a zkvalitňuje ekologickou i estetickou stránku lokality. Kořenová síť stabilizuje koryto a vzrostlé stromy a keře posilují tlumivé účinky niv na povodňové průtoky. V nivách se o ně mohou zachytávat plaveniny, které by jinak mohly způsobovat škody na objektech na toku. [4]

V první řadě je důležité před zahájením revitalizačních prací zmapovat současný stav porostů. Rušivé zásahy do stávající zeleně při revitalizaci je nutné minimalizovat, snaha je chránit vzrostlé stromy a keře. I přes toto opatření by neměla být opomenuta výsadba nových stromů a keřů a tím podpořit vegetační pás kolem toku. Při návrhu ozelenění může vzniknout mnoho chyb, ke kterým by za ideálních podmínek nemělo dojít. Mezi chyby návrhu patří: výsadba nevhodných druhů, výsadba v nevyhovujícím množství a struktuře, výsadba příliš malých nebo velkých sazenic a nedostatečné následné ošetřování. [4]

Správně navržený vegetační doprovod má splňovat řadu funkcí, těmto funkcím je přizpůsobena i výsadba. Podstatným účelem vegetačního pásu je oddělení revitalizovaného území od okolí, častokrát intenzivně obhospodařované půdy, a tím ztlumení jeho negativních vlivů. Opomenout by se neměl ani výběr dřevin pro výsadbu, ne každá dřevina je vhodná, určitě by se mělo dbát, aby byly vysazovány dřeviny přirozené pro řešenou lokalitu. Obecně jsou pro revitalizace vhodné druhy vrby, olše, jilmů, javorů a topolů, dále dub, líska, jasan a habr. Zapomínat by se nemělo ani na bylinné patro, jenž se ve většině případů vytvoří samo dle podmínek lokality. [4]



Obr. 16 Zastoupení dřevin v nivě toku [4]

8 Zájmová lokalita

Zájmová lokalita se nachází v Pardubickém kraji, konkrétně v jihovýchodní části okresu Svitavy u obce Biskupice u Jevíčka. V katastrálním území obce byly zahájeny 30.6.2017 komplexní pozemkové úpravy (KoPÚ), které měly za cíl mimo jiné vyřešit protipovodňovou ochranu obce, jelikož byl v obci identifikován kritický bod.

Lokalita byla vybrána pro studii revitalizace toku, jelikož jsou zde k dispozici nová data, užitečná pro vypracování studie. Území je vhodné pro navržení revitalizace z několika důvodů, jako je napřímení toku, lichoběžníkový pravidelný tvar koryta a nadměrné zahloubení. Provedení samostatné revitalizace je nepravděpodobné, jelikož část vybrané lokality je novou parcelou na základě KoPÚ připravenou pro retenční vodní nádrž. Byl zde proveden inženýrsko – geologický průzkum (IGP) [31] a od ČHMÚ byla poskytnuta hydraulická data povodí. [18]



Obr. 17 Katastrální mapa po dokončení KoPÚ Biskupice u Jevíčka [21]

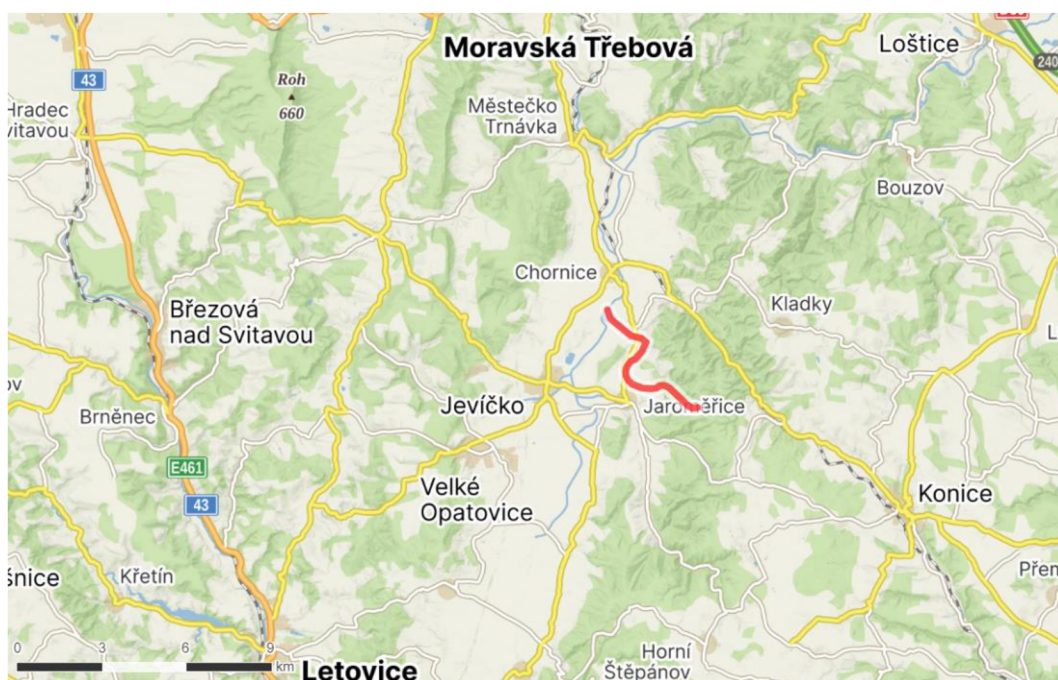
8.1 Údaje o povodí

Potok protéká nejprve katastrálním územím Jaroměřice a poté i Biskupice u Jevíčka. Vodní tok je pojmenován podle jediné obce, kterou protéká, a to jsou Biskupice. Pramen potoka se nachází

v lesích východně od Jaroměřic v přibližné výšce 475 m n. m. Podél horní části toku vede značená turistická trasa z Jaroměřic do Šubířova. Na druhém kilometru toku leží soustava průtočných a neprůtočných tůní. Poté potok protéká obcí Biskupice, za níž se vlévá do říčky Jevíčky, potok je jejím pravostranným přítokem. Biskupický potok má 4 bezejmenné přítoky, všechny jsou pravostranné. První dva ústí do toku v lesích u Jaroměřic, třetí ústí v obci Biskupice a poslední přítok je na říčním km 0.380 ve výšce 327 m n. m. [19]

Tab. 1 Hydrologické charakteristiky Biskupického potoka [20]

Název toku	Biskupický potok
Povodí	Moravy
IDVT	10197412
Hydrologické pořadí	4-10-02-09400-0-00
Správce toku	Lesy ČR, s. p.
Délka [km]	6,58
Plocha povodí [km ²]	8
Kraj	Pardubický
Okres	Svitavy

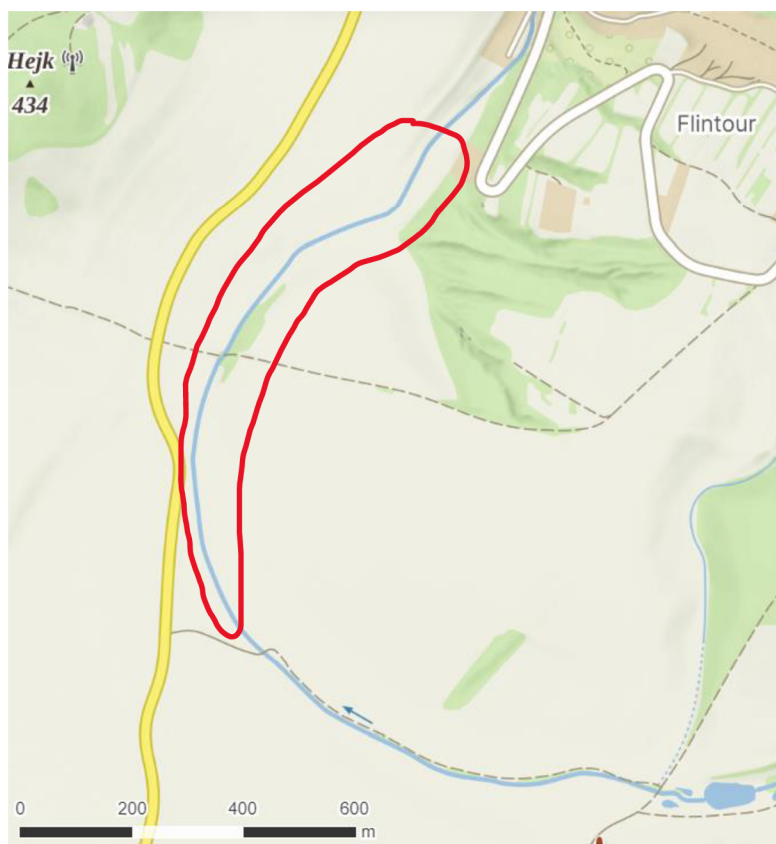


Obr. 18 Poloha Biskupického potoka [21]

8.2 Řešený úsek

Řešená oblast se nachází v úseku od km 2,440 po km 3,540. Jedná se o část potoka, který protéká zemědělsky obdělávanou oblastí a končí před obcí Biskupice u Jevíčka. Kolem toku se objevuje úzký zatravněný pás s ojediněle vyskytujícími keřovými a stromovými porosty. Přes potok vedou dvě polní cesty, jejichž křížení je zajištěno propustky. Potok je po celé délce řešené

oblasti mírně pravotočivý. V blízkosti toku vede silnice II/371 spojující Jaroměřice s Biskupicemi.



Obr. 19 Zvýrazněný řešený úsek [21]

8.3 Charakteristika přírodních podmínek

8.3.1 Hydrologické poměry

Biskupický potok spadá do povodí řeky Moravy. Vlévá se do říčky Jevíčko, která se následně vlévá do řeky Třebůňky, jež ústí pod Mohelnicí u obce Moravičany do řeky Moravy.

Na potoku se nenachází žádný hlásný profil, ani měrná stanice. Hydrologické údaje povrchových vod byly získány od ČHMÚ. Tyto údaje jsou kvality IV. třídy. [22]

Tab. 2 M-denní průtoky Získané z ČHMÚ [22]

M-denní průtoky Q_{Md}													
M	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	355	364
Q [l/s]	40	27	21	18	15	14	12	11	9.1	7.8	6.2	4.3	2.6

Tab. 3 N-leté průtoky získané z ČHMÚ [22]

N-leté průtoky Q_N							
N	1	2	5	10	20	50	100
Q [m^3/s]	0.881	1.83	3.44	4.91	6.62	9.23	11.5

8.3.2 Klimatické poměry

Klimatické poměry byly určeny podle Quittovi klasifikace podnebí, která je na území České a Slovenské republiky jednou z nejrozšířenějších a nejvyužívanějších metod pro klasifikaci podnebí.

Zájmové území se nachází v mírném pásmu, které se vyznačuje střídáním čtyř ročních období. Vliv oceánského a kontinentálního podnebí se zde prolíná a vytváří specifické klimatické poměry. Podle Quittovy klimatické klasifikace za období 1961–2000 spadá území města Jevíčka a přilehlých obcí včetně Biskupice u Jevíčka do mírně teplé oblasti MT9. [23]

Pro oblast MT9 je typické dlouhé, teplé, suché až mírně suché léto. Zima je krátká, mírně teplá a suchá, sněhová pokrývka se vyskytuje jen v malém časovém horizontu. Přechodné období mezi létem a podzimem je kratší s mírným až mírně teplým podzimem. [23]



Obr. 20 Mapa klimatických regionů [24]

Tab. 4 Charakteristika klimatické oblasti MT9 [23]

Charakteristika	MT9
Počet letních dnů	40 - 50
Počet dnů s průměrnou teplotou 10 °C a více	140 - 160
Počet mrazových dnů	110 - 130
Počet ledových dnů	30 - 40
Průměrná teplota v lednu [°C]	-3 - (-4)
Průměrná teplota v červenci [°C]	17 - 18
Průměrná teplota v dubnu [°C]	6 - 7
Průměrná teplota v říjnu [°C]	7 - 8
Průměrný počet dnů se srážkami 1 mm a více	100 - 120
Srážkový úhrn ve vegetačním období [mm]	400 - 450
Srážkový úhrn v zimním období [mm]	250 - 300
Počet dnů se sněhovou pokrývkou	60 - 80
Počet zamračených dnů	120 - 150
Počet jasných dnů	40 - 50

8.3.3 Srážkové poměry

Nejbližší srážkoměrnou stanicí je Jevíčko, které je od obce Biskupice a od Biskupického potoku vzdálené asi 3 km. Stanice Jevíčko udává dlouhodobý průměrný roční srážkový úhrn v intervalu 551 až 650 mm. Celkový úhrn srážek může být z menší části ovlivněn nadmořskou výškou, ve které se místo nachází. [23]

Tab. 5 Průměrné srážkové úhrny k roku 2023 [25]

Kraj		Měsíc												Rok
		I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	
Pardubický	S	48	37	53	79	36	36	53	161	12	42	98	95	750
	N	48	39	49	38	72	79	95	77	62	48	46	49	701
	%	100	95	108	208	50	46	56	209	19	88	213	194	107

S = úhrn srážek [mm]

N = dlouhodobý srážkový normál [mm]

% = úhrn srážek v % [25]

8.3.4 Teplotní poměry

Průměrná roční teplota na území Biskupic u Jevíčka je v intervalu 7,1 až 8 °C. Teplota může kolísat s nadmořskou výškou, ale rozdíly budou velmi malé, jelikož potok má převýšení od pramene po ústí lehce přes 150 metrů. [23]

Tab. 6 Průměrné měsíční teploty k roku 2023 [25]

Kraj	Měsíc												Rok	
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.		
Pardubický	T	2,0	1,1	4,7	6,5	12,6	17,3	19,7	18,8	16,8	11,3	4,1	2,2	
	N	-1,6	-0,5	3,1	8,5	13,2	16,6	18,3	18,0	13,2	8,3	3,7	-0,5	
	O	3,6	1,6	1,6	-2,0	-0,6	0,7	1,4	0,8	3,6	3,0	0,4	2,7	

T = teplota vzduchu [°C]

N = dlouhodobý normál teploty vzduchu [°C]

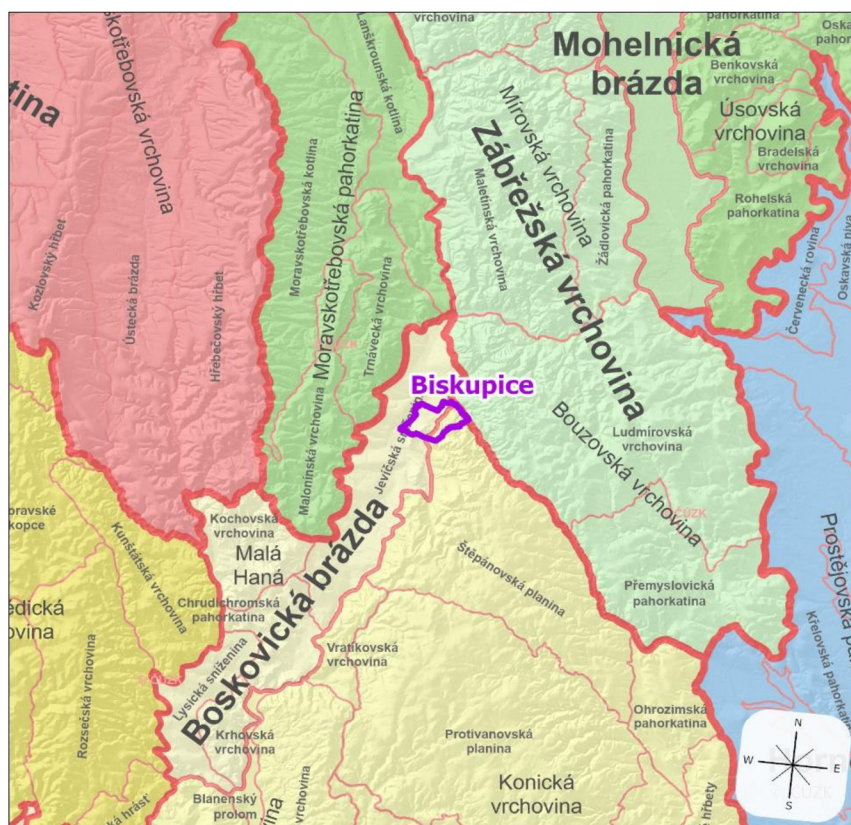
O = odchylka od normálu [°C] [25]

8.3.5 Geomorfologické a geologické poměry

Obec Biskupice se nachází v geomorfologické oblasti Brněnská vrchovina, jenž zahrnuje celek Dražanská vrchovina s podcelkem Konická vrchovina a celek Boskovická brázda s podcelkem Malá Haná. Boskovická brázda se táhne od východních Čech od Žamberka přes Jevíčko, Boskovice až k Moravskému Krumlovu. Zatímco Dražanská vrchovina se rozkládá mezi Brnem a Jevíčkem. Zájmová lokalita se nachází v severní části Dražanské vrchoviny. [26]

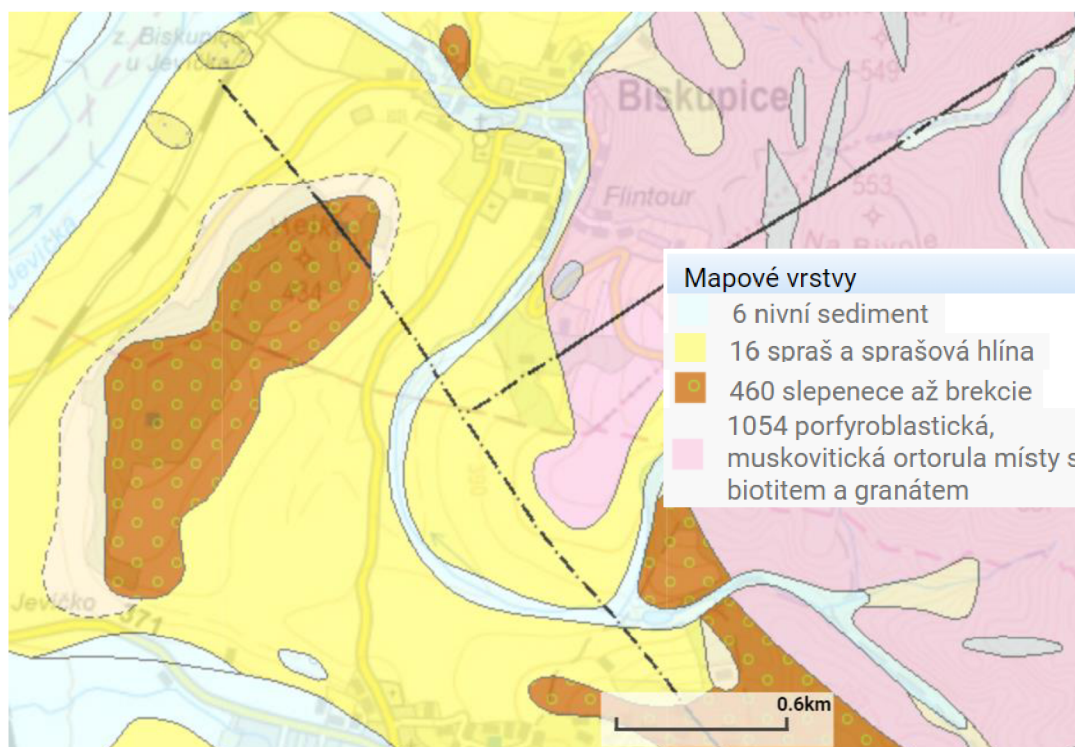
Malá Haná představuje nejsevernější část Boskovické brázdy, která je starým tektonickým příkopem vyplněným karbonskými a permskými sedimenty. Tyto sedimenty se skládají především z pískovců, písčitých prachovců a slepenců. Permokarbonské sedimenty jsou ve střední části překryty mladšími třetihorními a čtvrtohorními usazeninami, a to především spraší. [26]

Konická vrchovina, která se nachází v sousedství Malé Hané, je tvořena spodnokarbonskými drobami, břidlicemi a slepenci. [26]



Obr. 21 Mapa geomorfologických poměrů [27]

Ve svazích údolí se nachází eolickodeluviální prachové středně plastické jíly, které jsou svrchu pevné nebo tuhé až pevné, naspodu pak tuhé. Na dně údolí leží fluviální prachové, písčito-prachové, písčité nebo šterkovité jíly, při povrchu opět s pevnými, tuhými konzistencemi. V rámci IGP provedeného 24. 7. 2020 pro plánovanou retenční vodní nádrž byly v dané lokalitě zastiženy jíly se střední plasticitou F6 – CI a jíly šterkové F2 – CG v hloubkách kolem 0,5 m. Hladina podzemní vody byla zastižena v hloubce 3,5 metru, pod jílovitou vrstvou.[31]



Obr. 22 Mapa geologických poměrů [33]

8.3.6 Pedologické poměry

Povodí Biskupického potoka se vyznačuje mozaikou pedologických typů, které odrážejí geologický podklad, reliéf a hydrologické poměry. Nejrozšířenějším typy půdy v oblasti jsou fluvizemě, hnědozem, kambizem a pseudogleje. Tyto půdy se vyvíjejí na hlinitých a prachovitých sedimentech a vyznačují se šedavým až hnědavým zbarvením a slabě vyvinutým humusem. Jsou náchylné k zamokření a hydromorfním procesům, což se projevuje tvorbou skvrn a pruhů s redukčními znaky. [26]

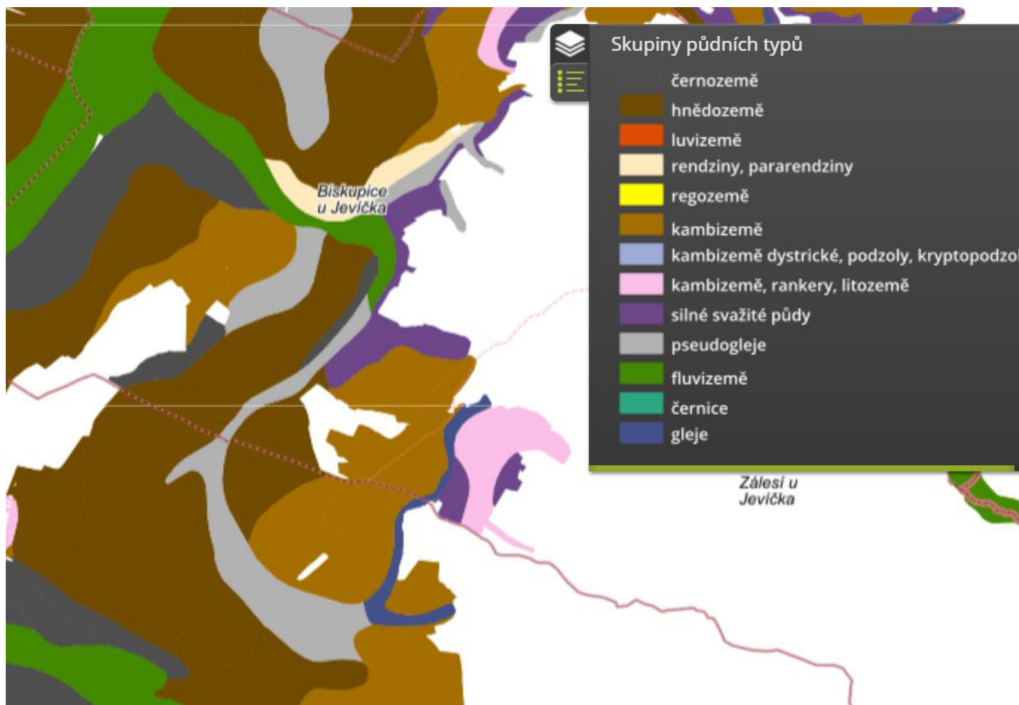
V údolní nivě potoka se vyskytuje fluvizemě. Tento typ půdy se vyvíjí na říčních sedimentech a vyznačuje se hnědočerným zbarvením a bohatým humusem. Je úrodná a vhodná pro zemědělské využití. [28]

Na svazích pahorkatin, dále od toku, se nachází hnědozem. Tato půda se vyvíjí na hlinitých a prachovitých sedimentech a vyznačuje se hnědočerveným zbarvením a dobře vyvinutým humusem. Jsou méně úrodné než lužní půdy. [28]

V horní části toku mají své četné zastoupení kambizemě. Tyto půdy převažují v pahorkatinách a vrchovinách. Kambizemě se vyznačují hnědavým až červenohnědým zbarvením. [28]

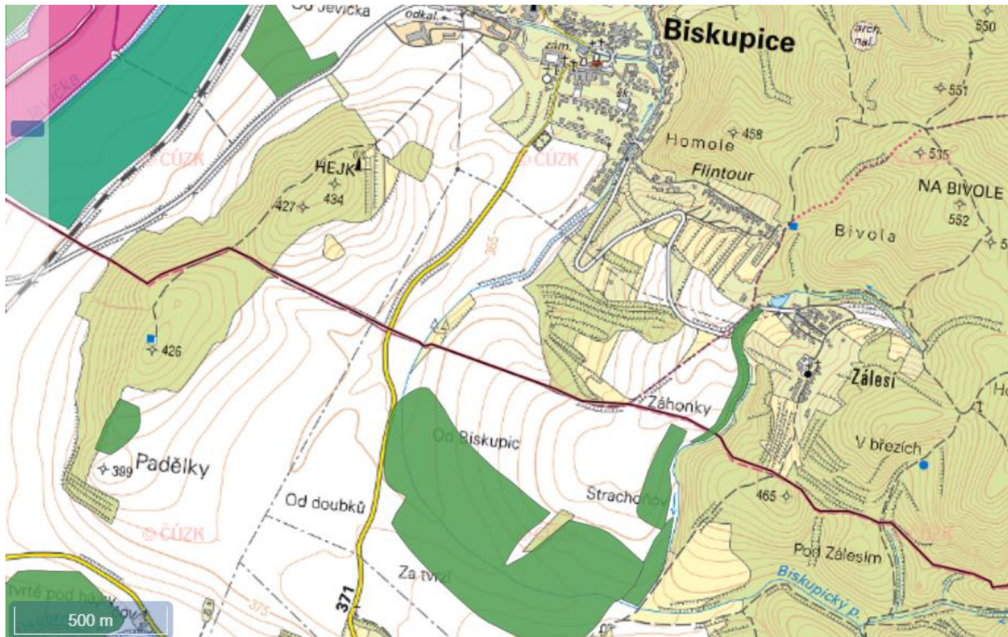
Vedle Kambizemě se v horní části toku v blízkosti koryta se nacházejí i pseudogleje, které jsou charakteristické svým šedavým zbarvením. Pseudogleje se vyznačují proměnlivým vodním

režimem s periodickým zamokřením v důsledku sezónních srážek nebo kolísání hladiny podzemní vody. [28]



Obr. 23 Mapa pedologických poměrů [24]

V horní části toku se nacházejí meliorační stavby vybudované po roce 1961. Tyto drenážní prvky odvodňují přilehlou plochu okolo toku, Biskupický potok je jejich recipientem. Jelikož přesná poloha drenážního systému není známa, není možné určit jeho zaústění. Pokud by vedlo drenážní potrubí v přijatelné hloubce, je možné jej zaústit do nově navrženého koryta. Jsou-li drény vedeny hlouběji, je možné vybudovat svodný drén, který by se zaústil níže do toku nebo do navržených tůní nedaleko meliorizovaného úseku.



Obr. 24 Mapa melioračních staveb [34]

9 Hydrotechnické výpočty

9.1 Vstupní podklady

Pro tvorbu praktické části bakalářské práce bylo zapotřebí využít řady vstupních podkladů pro správné vypracování práce. Využité podklady:

- Mapa DMR 5G – mapa byla stažena ze serveru Geoportál CUZK. Pro vložení do HEC-RASu bylo zapotřebí mapu upravit na vhodný formát v programu ArcGIS;
- Osa toku – pro získání osy toku byl využit server DIBAVOD, pomocí následné úpravy v ArcGISu bylo možné vložit osu toku do výpočetního programu HEC-RAS. Pro práci s osou toku bylo také využito zaměření skutečného stavu;
- Hydrologické údaje povrchových vod – údaje o N-letých a M-denních průtocích od ČHMÚ z kapitoly 8.3.1 Hydrologické poměry
- Geodetické zaměření – pro tvorbu situačních výkresů byly využity mapové podklady z geodetického zaměření, které bylo prováděno pro KoPÚ v k. ú. Biskupice u Jevíčka. [32]

9.2 Program HEC-RAS

HEC-RAS je volně přístupný americký výpočtový software vytvořený US Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center (USACE HEC). Poprvé byl vydán v roce 1995 jako nástupce HES-2. Program je navržen převážně pro modelování 1D hydraulických procesů. Program je hojně využíván pro navrhování vodních děl, analýzu záplavových území a rozlivů, analýzu protržení hrází, transport sedimentů, revitalizace toků a mnoho dalších činností spojených s vodními díly. HEC-RAS modeluje jak ustálené proudění, tak neustálené proudění, které je modelováno pomocí Saint-Venantovy rovnice. [29]

Bakalářská práce byla vytvořena ve verzi programu 6.4.1. Pro výpočet cílových hodnot byl použit 1D model ustáleného rovnoměrného proudění o volné hladině. Do výpočtového programu bylo nutné zadat vstupní podklady, konkrétně mapu DMR 5G, osu toku a hodnoty N-letých a M-denních průtoků.

9.2.1 Součinitel drsnosti n

Pro správné nastavení modelu je velice důležitý součinitel drsnosti. Při jeho nesprávném určení, byť jen o několik desetin, může dojít k velmi odlišným výsledkům od skutečného stavu. V součiniteli je skrytá drsnost materiálu změny tvaru koryta, vegetace a spousta dalších. Pro určení drsnosti koryta byl využit volně dostupný katalog drsností.

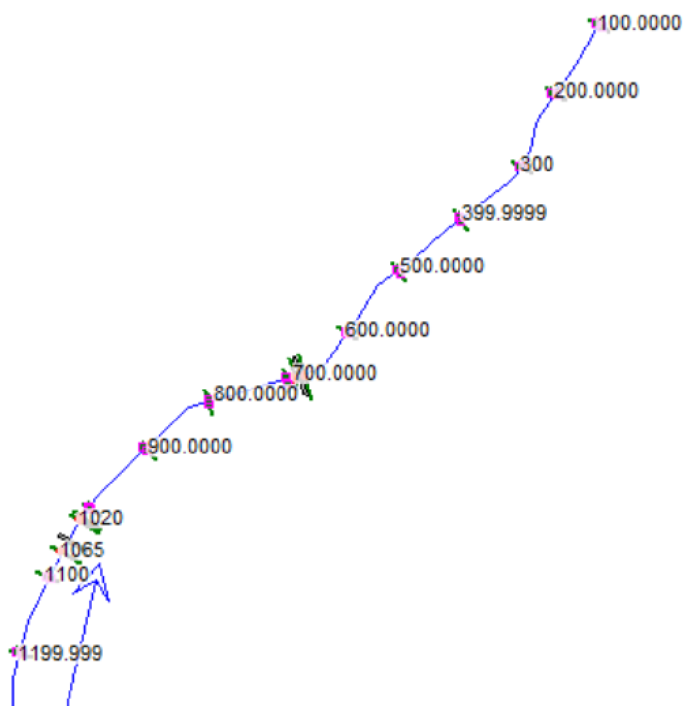
9.2.2 Okrajové podmínky

Okrajové podmínky jsou dvě. První jsou N-leté a M-denní průtoky, které jsou popsány v předešlé kapitole (kapitola 8.3.1), druhá okrajová podmínka je sklon koryta i ve spodní části řešeného úseku.

9.3 vyhodnocení stávajícího stavu koryta

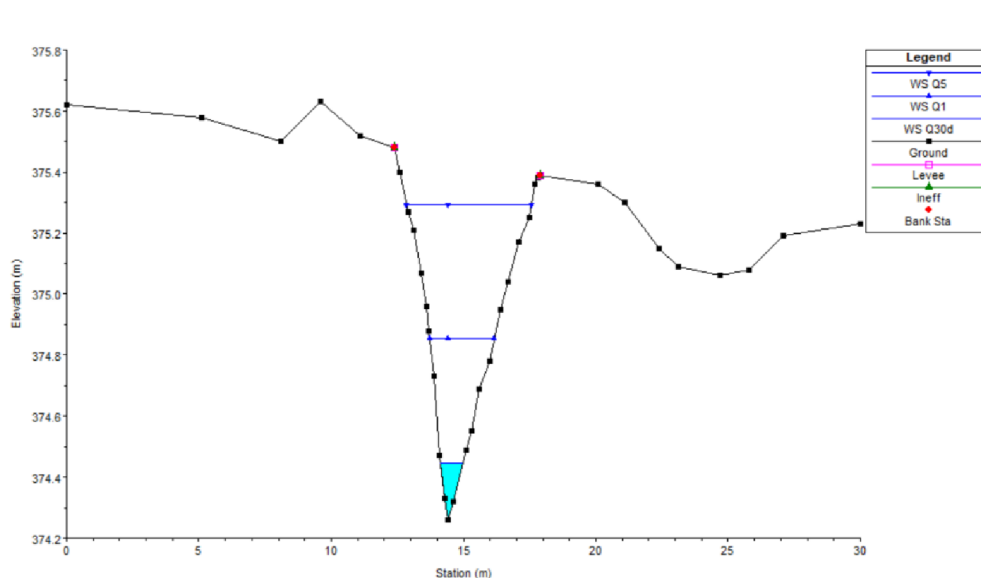
Studie je prováděna na velmi malém vodním toku, tudíž nebylo možné získat od Lesů ČR, s. p. příčné profily a ani nebyly v rámci bakalářské práce geodeticky zaměřeny. Muselo se přistoupit k nejméně přesné variantě. Příčné profily byly na základě vložené mapy DMR 5G a osy toku do programu HEC-RAS vygenerovány.

Na úseku o délce 1100 m bylo celkově vytvořeno 17 příčných profilů, které slouží k posouzení stavu koryta. Niveleta dna začíná ve výšce 373,55 m n. m. a končí ve výšce 357,22 m n. m., s průměrným sklonem 1,48 %. Na úseku toku se nacházejí 2 propustky, které bylo nutné zohlednit ve výpočtech. Oba propustky mají shodně kruhový průtočný profil DN 1000. Součinitel drsnosti n byl zvolen podle katalogu, při porovnávání se vzorovými toky, byl řešený úsek vyhodnocen jako neudržované čisté koryto s plevelnou trávou, případně řídkými křovinami, proto byla zvolena pro Manningův součinitel drsnosti hodnota 0,045.



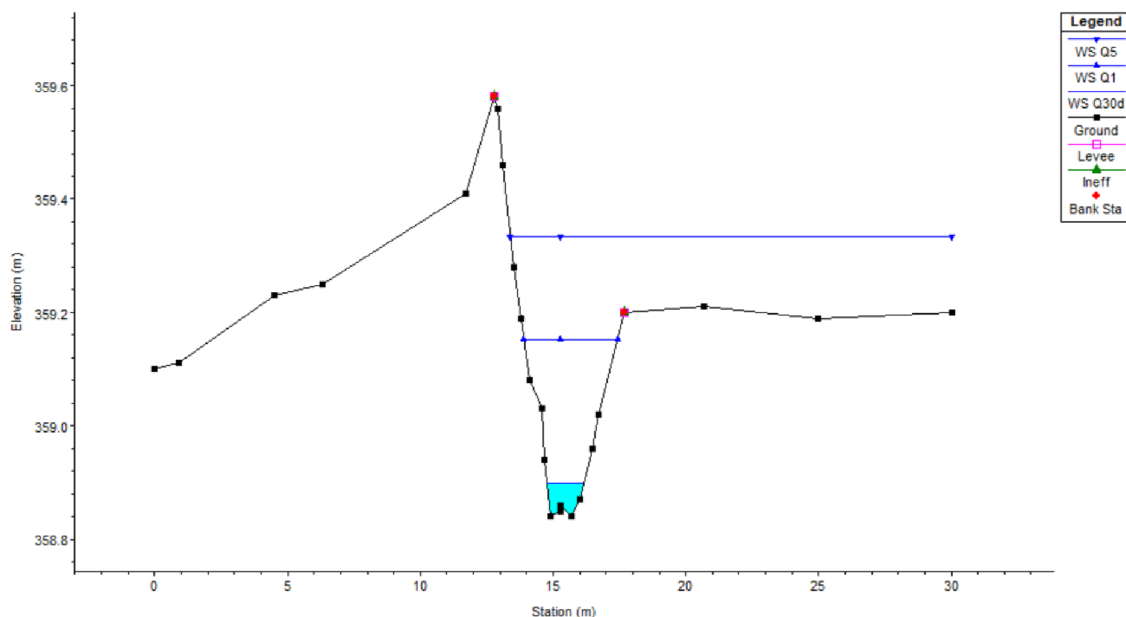
Obr. 25 Řešený úsek toku s vyznačenými příčnými profily (HEC-RAS)

Po analýze příčných profilů koryta může být řečeno, že řešený úsek toku je výrazně zahloubený a předimenzovaný. Průměrně je potok dimenzovaný na průtoky Q_1 o hodnotě $0,881 \text{ m}^3/\text{s}$ až Q_5 o hodnotě $3,44 \text{ m}^3/\text{s}$, ale najdou se úseky, jejichž kapacita výrazně přesahuje Q_5 . Vzorový příčný profil koryta toku má výšku v rozmezí mezi $0,3$ až $1,2$ metru, přičemž vyšší hodnoty nabývají v horní části toku. Šířka koryta v březích se pohybuje v rozmezí $3,5$ až 7 metru. Na obrázku Obr. 26 je ukázán příklad příčného profilu z horní části toku, na kterém je koryto zahloubeno $1,13 \text{ m}$ a šířka v březích je $5,30 \text{ m}$. Jsou zde vyznačeny hladiny Q_{30d} , Q_1 a Q_5 , na obrázku je vidět, že koryto v daném profilu je dimenzované na průtok větší jak Q_5 .



Obr. 26 Příklad kapacitního úseku, PF 1199 (HEC-RAS)

Na obrázku obr. 27 je příklad řezu z dolní části toku, kde je koryto již méně zahloubené, ale stále je více kapacitní, než by bylo vhodné. Koryto je $0,4$ metru zahloubeno a má šířku v březích $3,9$ metru. Koryto je v této části kapacitní na Q_1 voda z něj vybřeží při průtocích mezi Q_1 a Q_5 .



Obr. 27 Příklad méně kapacitního úseku, PF 600 (HEC-RAS)

Celkově lze původní úsek Biskupického potoka zhodnotit jako nepřiměřeně kapacitní, místy zbytečně hodně zahloubený, bez možnosti rozlivu nižších průtoků do přilehlé nivy. Pro řešení úsek není vhodné ani jeho napřimená, lehce pravotočivá trasa, která postrádá náhodné změny směru. Ani sklony svahů pohybující se okolo hodnoty 1:2, nejsou kladným. Přilehlá niva je malá a chudá, v korytě toku a nivě se vyskytují převážně traviny a byliny, ojediněle se objevují zástupci keřového patra. Kladnou stránkou je přírodní vzhled bez opevnění betonovými či kamennými komponenty.



Obr. 28 Koryto Biskupického potoka (autor: Paseka Stanislav, Ing., Ph.D.)



Obr. 29 Niva Biskupického potoka (autor: Paseka Stanislav, Ing., Ph.D.)

9.4 Parametry návrhu

9.4.1 Postup práce v programu HEC-RAS

Návrh osy toku a modelování koryta probíhali v programu HEC-RAS. V rámci studie byl využit 1D model koryta. Přes funkci Ras Mapper byla do programu vložena osa toku a mapa DMR 5G. V Ras Mapperu byla nakreslena navrhovaná osa toku pomocí editace a přidány příčné profily po 100 metrech.

Následně se příčné profily upravovali v *Geometric Data*, záložce *Cross section Data*. Zde se modeloval tvar koryta, pomocí parametru *Station* se upravovali souřadnice bodů v příčném profilu, pomocí *Elevation* se zase upravovala nadmořská výška, přes funkci *Main Channel Bank Stations* se vkládali souřadnice levého a pravého břehu, poslední úpravou je přidání *Levees* (hrází), které mají za cíl zabránit proudění vody do nižších míst profilu před vybřežením z koryta.

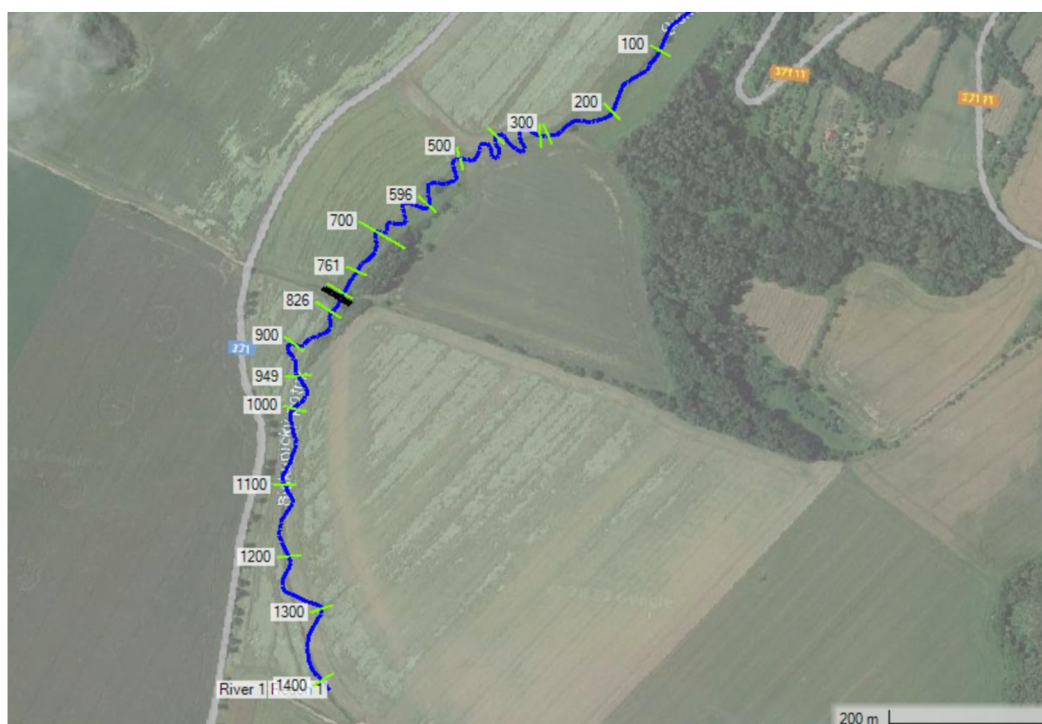
Do modelu bylo nutné zadat ponechaný propustek, který se vkládá přes funkci *Geometric Data* a záložku *Bridge/ Culvert*. Zde se zadávaly parametry: tvar, šířka, výška, délka, vzdálenost k hornímu profilu, stupeň drsnosti n a kóta dna na vtoku a výtoku.

Ve funkci *Geometric Data* v záložce *Tables* se zvolilo *Mannings n or k values*, kde se zadá pro celé koryto hodnota drsnosti. Následně se v záložce *Steady Flow Data* zadají posuzované průtoky a zadá se okrajová podmínka *Normal Depth*. Jako poslední se v záložce *Steady Flow Analysis* zadá *Flow Regime Subcritical* a klikne se na *Compute*, načež se nasimulují jednotlivé návrhové průtoky.

9.4.2 Návrh v programu HEC-RAS

Jedním z cílů práce bylo prodloužit osu toku a tím i zmírnit podélný sklon, snížit kapacitu koryta a v neposlední řadě vytvořit mělčí přírodně blízké koryto. Na tento cíl byla zaměřena práce v HEC-RASu. V horní části toku je terén více svažitéjší, a proto zde byly navrženy protáhlé oblouky. V dolní části toku je údolí nivy příznivější pro tvorbu hustěji meandrované části.

Mezi profily PF 826 a PF 761 křížuje potok polní cesta, která je řešená kruhovým propustkem o DN 1000. Vzhledem ke stavu a kapacitě bylo rozhodnuto propustek ponechat. Druhý propustek, který se nachází mezi profily PF 300 a PF 200, bylo z důvodu malé využitelnosti rozhodnuto vyjmout a nahradit mělkým brodem.



Obr. 30 Navržená trasa s vyznačenými příčnými profily (HEC-RAS)

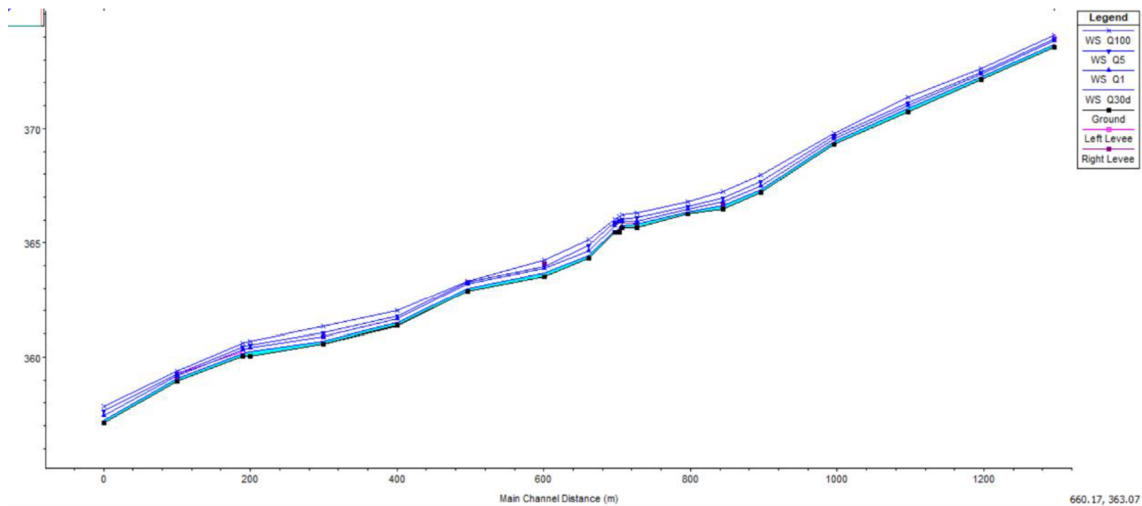
Dalším důležitým krokem bylo stanovit součinitel drsnosti a okrajové podmínky. Hodnota součinitele drsnosti byla zvolena pro dno i svahy shodně 0,035, tato hodnota odpovídá malému čistému toku bez peřejí a tůní s kameny a plevelem. Okrajové podmínky pro vytvořený model jsou průtoky a sklon koryta ve spodní části zájmové lokality. Koryto je posuzováno na průtoky Q_{30d} , Q_1 a Q_5 . Hydrologické údaje jsou IV. třídy. Druhou podmínkou je sklon koryta i . Jelikož se jedná o bystřinné proudění, zadával se v programu HEC-RAS sklon toku přes *Normal Depth*, okrajová podmínka se zadávala ke spodnímu profilu. *Normal Depth* vyšel 1,6 %.

Při návrhu nového, přírodě blízkého koryta, byl kladen důraz na morfologii koryta. Při návrhu trasy byla snaha o vytvoření mělkého koryta s rozlivy do okolní nivy už u průtoků Q_{30d} ,

nejpozději u Q_1 . Příčné profily byly modelovány s přihlédnutím k terénním podmínkám daného místa, a proto některé profily se liší svojí šířkou a hloubkou.

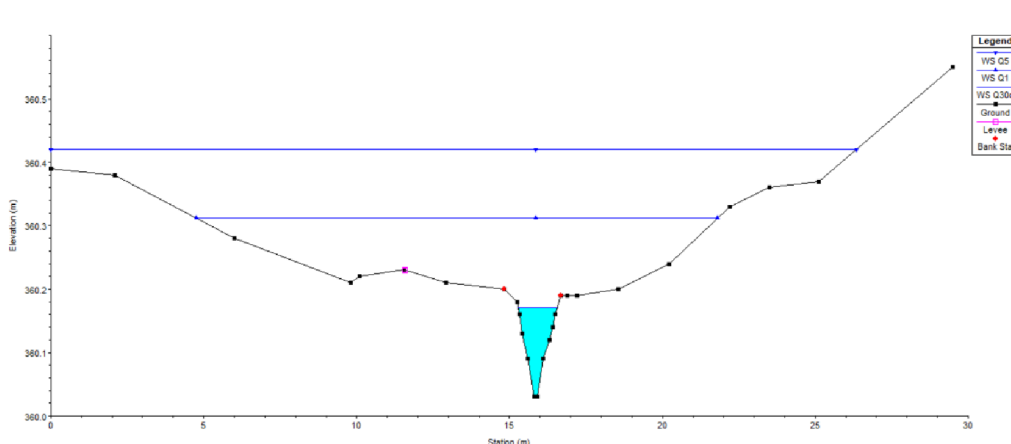
9.4.3 Výsledky

Nová navržená trasa toku se prodloužila o téměř 300 metrů. Průměrný podélný sklon se snížil na 1,17 %.

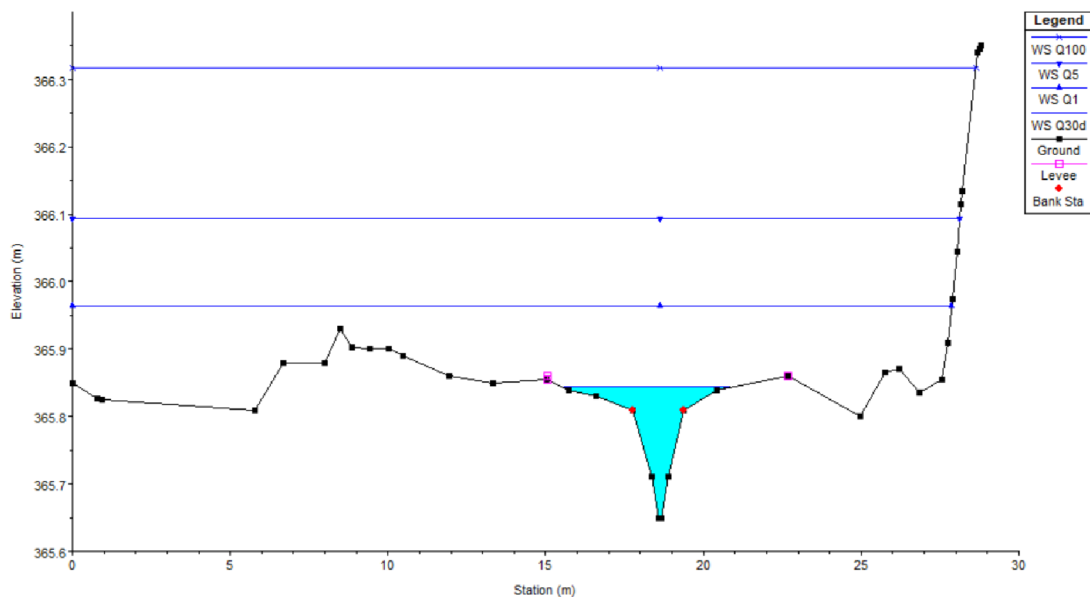


Obr. 31 Podélný profil navrženého koryta (HEC-RAS)

Při tvorbě příčných profilů, jak už bylo zmíněno v předešlé kapitole, byla snaha o vytvoření mělkého přírodě blízkého koryta. Z důvodu zachování průtočnosti i v méně vodných dnech byl u dna toku navržen malý úzký profil se sklonem svahů 1:3, který přechází do sklonu 1:5. Výška zahloubeného koryta se pohybuje podle terénních možností místa okolo 16 cm. Šířka v březích byla navržena 1,8 m. V závislosti na rozměrech příčného profilu dochází v některých částech toku k vybřežení už při $Q_{30d} = 0,04 \text{ m}^3/\text{s}$.



Obr. 32 PF 300, úsek, kde potok nevybřeží při Q_{30} (HEC-RAS)



Obr. 33 PF 826, úsek, kde potok vybřeží při Q_{30} (HEC-RAS)

Z programu HEC-RAS byla následně vygenerována tabulka s kótami dna, hladiny a rychlostmi proudění při jednotlivých návrhových průtocích.

Tab. 7 Návrhové hodnoty nového koryta (HEC-RAS)

PF	průtok	průtok	kóta dna	kóta hladiny	rychlost
(-)	(-)	(m ³ /s)	(m n. m.)	(m n. m.)	(m/s)
1400	Q30d	0.04	373.55	373.68	0.57
	Q1	0.88		373.86	0.63
	Q5	3.44		373.94	1.07
1300	Q30d	0.04	372.12	372.25	0.48
	Q1	0.88		372.37	0.8
	Q5	3.44		372.48	1.1
1200	Q30d	0.04	370.72	370.88	0.29
	Q1	0.88		371	0.8
	Q5	3.44		371.14	1.36
1100	Q30d	0.04	369.32	369.45	0.46
	Q1	0.88		369.56	0.78
	Q5	3.44		369.65	1.19
1000	Q30d	0.04	367.2	367.31	0.73
	Q1	0.88		367.49	1.17
	Q5	3.44		367.68	1.63
949	Q30d	0.04	366.47	366.65	0.18
	Q1	0.88		366.78	0.38
	Q5	3.44		366.96	0.78
900	Q30d	0.04	366.25	366.36	0.72
	Q1	0.88		366.48	0.85
	Q5	3.44		366.58	1.3
826	Q30d	0.04	365.65	365.84	0.21

	Q1	0.88		365.96	0.29
	Q5	3.44		366.09	0.54
796	Q30d	0.04	365.47	365.54	0.56
	Q1	0.88		365.73	1.09
	Q5	3.44		365.89	1.22
761	Q30d	0.04	364.34	364.45	0.73
	Q1	0.88		364.67	1.14
	Q5	3.44		364.88	1.34
700	Q30d	0.04	363.52	363.68	0.28
	Q1	0.88		363.89	0.46
	Q5	3.44		363.94	1.34
596	Q30d	0.04	362.86	362.98	0.64
	Q1	0.88		363.17	1.18
	Q5	3.44		363.27	0.54
500	Q30d	0.04	361.35	361.49	0.47
	Q1	0.88		361.66	0.8
	Q5	3.44		361.79	1.3
400	Q30d	0.04	360.55	360.69	0.37
	Q1	0.88		360.89	0.64
	Q5	3.44		361.05	0.93
300	Q30d	0.04	360.05	360.23	0.19
	Q1	0.88		360.38	0.58
	Q5	3.44		360.51	0.93
200	Q30d	0.04	358.95	359.07	0.62
	Q1	0.88		359.18	0.7
	Q5	3.44		359.26	1
100	Q30d	0.04	357.12	357.25	0.56
	Q1	0.88		357.46	1
	Q5	3.44		357.63	1.42

9.4.4 Návrh tůní

Při revitalizacích toků řešených navržením nové trasy, je nutné vyřešit staré koryto, které už nově nebude využíváno. Nejjednodušším způsobem je původní tok zasypat vytěženým materiálem, který se nahromadí při budování nového koryta. Ve většině případů, a i v tomto případě, objem vytěženého materiálu je menší než objem potřebný k zasypání starého koryta. Proto se v trase původního toku budují tůně, které mají velký přínos pro biodiverzitu přilehlého okolí toku a můžou pomoci s transformací povodňové vlny.

Ve studii jsou navrhovány pouze neprůtočné tůně v místě starého koryta. Nejvhodnějším umístěním soustavy tůní je úsek mezi PF 826 a PF 949. Vzniká zde větší odklon nového koryta od původní trasy a tím i možnost vytvoření soustavy tůní. Na 67 metrech dlouhém úseku jsou navrženy 4 neprůtočné tůně s proměnlivými rozměry.

Uprostřed starého úseku je navržena jedna větší tůň *T2* nepravidelného oválovitého tvaru s půdorysnými rozměry 22,2 m na 10 m. Tůň se rozprostírá na celkové ploše 164,7 m² a její objem je 75 m³. Svahy jsou navrženy ve sklonu 1:10, s doporučením na jejich členitost. Členitost svahů i dna by měla být dodržena u všech tůní. Objekt je navržen, aby dosahoval nezámrazné hloubky, dno leží 1,1 m pod povrchem. Velký důraz byl kladen na litorální část, která je u tůní důležitá. Plocha této části zaujímá přibližně 60 % tůně, což je dvojnásobek minimální doporučené plochy.

Kromě tůně *T2* byla i tůň *T3* navržena s hlubší částí u které je větší pravděpodobnost, že celá nepromrzne. Nádrž je se svými 18 m² a objemem 11 m³ výrazně menší než *T2*. Dosahuje maximální hloubky 0,8 m. V důsledku menších rozměrů nádrže a větší hloubky, byly navrženy sklony svahu 1:3, tyto sklony jsou pro tůně hraniční a využívají se jen v ojedinělých případech.

Tůně *T1* a *T4* byly navrženy jako mělké objekty s litorálním pásmem po celé ploše. Tůň *T1* je se svojí plochou 27,1 m² a objemem 10 m³ druhou největší v soustavě. Nádrž dosahuje hloubky maximálně 0,5 m, sklony břehů jsou 1:8. Podobně, aspoň co se týče sklonů, je na tom i tůň *T4*, sklon svahů 1:7 je jen o něco málo příkřejší jak u *T1*. *T4* je se svou plochou 14,2 m², objemem 3 m³ a hloubkou 0,4 m v soustavě nejmenší navrženou tůní.

Dle IGP se v lokalitě tůní vyskytuje hladina podzemní vody 3,5 metru pod povrchem, tento zdroj napájení tůní je tedy nepravděpodobný [31]. Zdroj vody pro tůně nebyl předmětem bakalářské práce, a proto je řešen pouze teoreticky. Jednou z možností je proto využít nedaleký drenážní systém (vzdálen 100 metrů) a zaústit ho do soustavy tůní. Při zaústění jednotlivých drénů do jednoho svodného, lze svodným drénem napájet tůně. Další možností jsou větší průtoky, při kterých voda již vybřeží, srážková voda, nebo odběrem vody z koryta toku.

9.4.5 Návrh doprovodné vegetace

Současný tok je chudý na doprovodnou zeleň. Větší skupinka dřevin se nachází pouze v jedné části toku. Při revitalizačních pracích bude kladen důraz na zachování stávající zeleně.

Navrženo bude i nové ozelenění, které doplní stávající a vytvoří tak souvislý pás v nivě toku. Snaha bude o vysazování druhů vhodných dané lokalitě. V břehovém pásmu budou vysazovány mokřadní dřeviny jako jsou vrby, olše a topoly. Dále od toku budou vysazovány duby a jasany, popřípadě může být zeď doplněná i o ovocné stromy. V prvních letech po výsadbě by měly být dřeviny chráněny před okusem zvěře.

9.5 Porovnání stávajícího a navrhovaného stavu

Po dokončení návrhu nového koryta se ukázalo několik kladných skutečností, které navržená revitalizace může přinést. Délka toku se prodloužila o necelých 300 metrů (27 %), tím se i snížil

celková podélný sklon o 0,31 %. Revitalizační úpravy neměly výrazný dopad na návrhový průtok Q_{30d} , ovšem u průtoků Q_1 a Q_5 se průměrná rychlost v korytě ztelně snížila.

Nové koryto je oproti původnímu navržené s menšími sklony svahů (1:3 a 1:5), které mají zlepšit přirozené funkce toku. Staré koryto bylo příliš kapacitní, vybřežovalo ve větší části toku až při průtocích Q_5 , nové koryto je navržené na průtoky Q_{30} , v některých úsecích voda výpřeží již při návrhovém průtoku. Na základě průměrné rychlosti při průtoku Q_5 je navržené opevnění dna koryta kamenným záhozem o velikosti zrna 25 až 40 mm. [4] opevnění bude jen v místě brodu.

Tab. 8 Porovnání navrženého stavu s původním

	průměrná rychlost pro:			délka [m]	podélný sklon [%]	Průměrná hloubka [m]	Průměrná šířka v březích [m]
	Q_{30d}	Q_1	Q_5				
	[m/s]	[m/s]	[m/s]				
původní koryto	0.48	1.03	1.41	1100	1.48	0.75	5.25
Nové koryto	0.47	0.77	1.11	1396	1.17	0.16	1.8

10 Závěr

Práce byla v první části zaměřena na teoretické poznání problematiky revitalizace toků a jejich niv. Poznatky z této rešerše byly následně využity pro vypracování studie konkrétní revitalizace vodního toku.

V druhé části se práce zaměřila na navržení konkrétní revitalizaci malého vodního toku. Pro studii byl vybrán úsek Biskupického potoka. Tento potok se nachází v Pardubickém kraji, v okrese Svitavy a patří do Povodní Moravy. Je to menší vodní tok s délkou 6,58 km a plochou povodí 8 km². Vybraný úsek dlouhý 1100 metrů byl zvolen pro studii pro jeho upravenou trasu i koryto.

Nejdříve bylo v programu HEC-RAS, na základě dat z ČHMÚ a mapy DMR 5G, vytvořen model a posouzeno stávající koryto na průtoky Q_{30d} , Q_1 a Q_5 . Po vyhodnocení výsledků vyšlo najevo, že koryto je příliš kapacitní, v některých částech i pro větší průtoky než pro pětiletý. Po vizuální prohlídce bylo vyhodnoceno, že kolem koryta toku chybí pás doprovodná vegetace.

V další části se přistoupilo k návrhu nové trasy toku a rozměrů koryta. Celkově bylo koryto navrženo v duchu přírodě blízkých opatření. Tok byl meandrován, vymizel jednotný podélný sklon. Nové koryto bylo navrženo a posouzeno na průtoky Q_{30d} . Při vyšších průtocích již voda vybřežuje do přilehlé nivy, v některých částech toku se tomu děje již při Q_{30d} .

V trase původního toku byla navržena soustava neprůtočných tůní, cílem je obohatit nivu o další vodní biotop a tím zlepšit celkovou ekologickou funkci toku i nivy. V neposlední řadě byl navržen vegetační pás kolem toku, v kterém bude vysázena doprovodná vegetace, tak aby se revitalizační úsilí bylo komplexní a zahrnovalo všechny prvky revitalizace.

Práce je pouze studií a k její realizaci pravděpodobně nikdy nedojde, jelikož je na daném území uvažována retenční nádrž na ochranu obce. Lokalita byla vybrána z důvodu dostupných podkladů a stavu toku. I přesto považuji práci jako přínosnou. Ukázala mi, že i revitalizace malého toku je důležitá, náročná a komplexní práce. Při realizaci se může vyskytnout mnoho problémů, které projektant musí řešit. Některé z těchto problémů nejsou obsahem bakalářské práce.

Pomáhat přírodě zadržovat vodu a vrátet jí původní tvář má smysl. I malé krůčky mají smysl, když se dělají správně. Stačí je jen vnímat v širších souvislostech.

11 Seznam použité literatury

- [1] *Revitalizace, renaturace*. Online. Časopis Ochrana přírody. 2009. Dostupné z: <https://www.casopis.ochranaprirody.cz/pece-o-prirodu-a-krajinu/revitalizace-renaturace/>. [cit. 2024-05-07].
- [2] *Renaturace a revitalizace vodních toků*. Online. JUST, Tomáš. Arcnet. Dostupné z: <https://www.arcnet.cz/vzdelavani/ovz-2009/breznice/revitalizace-drobnych-toku.pdf>. [cit. 2024-05-07].
- [3] *Revitalizace vodních toků*. Online. In: Lesy ČR. Dostupné z: https://lesy.cz/wp-content/uploads/2021/07/Revitalizace-Debrn%C3%A9ho-potoka-%C5%BDlezn%C3%A9-hory_celkov%C3%BD-pohled.jpg. [cit. 2024-05-07].
- [4] JUST, Tomáš a kol. *Vodohospodářské revitalizace a jejich uplatnění v ochraně před povodněmi*. Český svaz ochránců přírody, 2005. ISBN 80-239-6351-1.
- [5] VRÁNA, Karel. *Revitalizace malých vodních toků – součást péče o krajinu*. Consult Praha, 2004. ISBN 80-902132-9-4.
- [6] *VÝVOJ OBORU REVITALIZACE DROBNÝCH VODNÍCH TOKŮ*. Online. Časopis Fórum ochrany přírody. 2015. Dostupné z: <https://www.casopis.forumochranyprirody.cz/magazin/analyzy-komentare/vyvoj-oboru-revitalizace-drobnych-vodnich-toku>. [cit. 2024-05-07].
- [7] *Revitalizace toku řeky Trkmanky u Velkých Pavlovic*. Online. Adapterra Awards. 2021. Dostupné z: <https://www.adapterraawards.cz/Databaze/2022/Trkmanka-u-Velkych-Pavlovic>. [cit. 2024-05-07].
- [8] *Revitalizace řeky Isar v Mnichově*. Online. In: GRÜNE LIGA Berlin e.V. Netzwerk Ökologischer Bewegungen. Dostupné z: https://www.wrrl-info.de/cz/docs/wrrl_steckbrief_isare_cz.pdf. [cit. 2024-05-07].
- [9] *Protipovodňová opatření v Herálci kombinují revitalizaci vodního toku s technickými prvky*. Online. POVODÍ MORAVY. 2024. Dostupné z: <https://www.pmo.cz/cz/media/tiskove-zpravy/protipovodnova-opatreni-v-heralci-kombinuji-revitalizaci-vodniho-toku-s-technickymi-prvky/https://www.pmo.cz/cz/media/tiskove-zpravy/protipovodnova-opatreni-v-heralci-kombinuji-revitalizaci-vodniho-toku-s-technickymi-prvky/>. [cit. 2024-05-18].
- [10] *Tůň - budování a management*. Online. MOKŘADY. Dostupné z: <https://mokrady.wbs.cz/Tune---budovani-a-management.html>. [cit. 2024-05-07].
- [11] *Zásady revitalizace drobných vodotečí*. Online. In: Portál ČVUT. Dostupné z: <https://portal.cvut.cz/wp-content/uploads/2017/04/HP2008-05-Dostal.pdf>. [cit. 2024-05-07].

- [12] *Říční ramena a tůň.* Online. Mordyje. Dostupné z: <https://www.mordyje.cz/luzni-krajina/stanoviste/ricni-ramena-a-tune/>. [cit. 2024-05-09].
- [13] *Obnovené řevnické tůň jsou pastvou pro oči.* Online. In: IDOBNET. 2022. Dostupné z: https://idobnet.cz/wp-content/uploads/2022/08/tune_3_600.jpg. [cit. 2024-05-09].
- [14] *20 tipů na návštěvu mokřadů a bažin.* Online. In: Kudyznudy. 2023. Dostupné z: <https://www.kudyznudy.cz/aktuality/20-tipu-na-navstevu-mokradu-a-bazin>. [cit. 2024-05-09].
- [15] *Strategické cíle vodního hospodářství do roku 2030.* Online. Eagri. Dostupné z: <https://eagri.cz/public/portal/mze/voda/strategicke-cile>. [cit. 2024-05-09].
- [16] *Gewässerportrait Isar.* Online. In: Wasserwirtschaftsamt München. 2018. Dostupné z: https://www.wwa-m.bayern.de/fluesse_seen/gewaesserportraits/isar/index.htm. [cit. 2024-05-09].
- [17] *Nový prostor pro řeku Dyji.* Online. Adapterra Awards. Dostupné z: <https://www.adapterraawards.cz/Databaze/2020/Novy-prostor-pro-reku-Dyji>. [cit. 2024-05-18].
- [18] *ÚZEMNÍ STUDIE KRAJINY SO ORP Moravská Třebová.* Online. MORAVSKÁ TŘEBOVÁ. 2018. Dostupné z: <https://www.moravskatrebova.cz/filemanager/files/410276.pdf>. [cit. 2024-05-18].
- [19] *Obec Biskupice.* Online. OBEC BISKUPICE. Dostupné z: <https://biskupice.eu/>. [cit. 2024-05-18].
- [20] *Správcovství vodních toků.* Online. ISVS - VODA. Dostupné z: https://voda.gov.cz/?data_id=dataSource_14-18bcda99378-layer-16-7%3A58213&page=spravcovstvi-vodnich-toku-mapa. [cit. 2024-05-18].
- [21] *Mapy.cz.* Online. Mapy.cz. 2024. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?q=biskupick%C3%BD%20potok&source=osm&id=1017301049&ds=2&x=16.7480195&y=49.6551435&z=11>. [cit. 2024-05-18].
- [22] *Český hydrometeorologický ústav. Hydrologické údaje povrchových vod v rámci KoPÚ Biskupice u Jevíčka. 30. 6. 2020.*
- [23] *Povodňový plán města Jevíčko.* Online. PORTAL OBCE. Dostupné z: https://www.portalobce.cz/povodnovy-plan/jev_charakteristika-zajmoveho-uzemi. [cit. 2024-05-18].
- [24] *Půda v mapách.* Online. Výzkumný úřad meliorací a ochrany půdy, v.v.i. Dostupné z: <https://mapy.vumop.cz/>. [cit. 2024-05-18].
- [25] *POČASÍ.* Online. Český hydrometeorologický ústav. Dostupné z: <https://intranet.chmi.cz/historicka-data/pocasi/zakladni-informace>. [cit. 2024-05-19].

- [26] *Přírodní Poměry*. Online. Biskupice u Jevíčka. Dostupné z: <http://www.biskupice.cz/o-obci/kostel-sv-petra-a-pavla>. [cit. 2024-05-19].
- [27] *Moje mapa*. Online. ArcGIS. Dostupné z: <https://www.arcgis.com/home/webmap/viewer.html?url=http%3A%2F%2Fags.cuzk.cz%2Farctis%2Frest%2Fservices%2FGeomorfologickeJednotky%2FMapServer&source=sd>. [cit. 2024-05-19].
- [28] *Klasifikační systém*. Online. Taxonomický klasifikační systém půd ČR. Dostupné z: <https://klasifikace.pedologie.cz/index.php?action=showKlasifikacniSystem>. [cit. 2024-05-19].
- [29] *HEC-RAS*. Online. Dostupné z: <https://www.hec.usace.army.mil/software/hecras/>. [cit. 2024-05-19].
- [30] *Mrtvá ramena řeky Moravy*. Online. In: GEOCACHING. 2017. Dostupné z: <https://imgproxy.geocaching.com/166b9c00aae2f63b43862b7ad4e7e04c7b102445?url=http%3A%2F%2Fwww.tic-veseli.cz%2Fimages%2Fgallery%2Fresized%2F1101-1200%2F2-1160-800-600-90.jpg>. [cit. 2024-05-19].
- [31] Předběžný IGP od RNDr. František Medřík, Pardubice z 24. 7. 2020
- [32] Geodetické zaměření skutečného stavu - KOPU Biskupice
- [33] *Geologická mapa*. Online. ČESKÁ GEOLOGICKÁ SLUŽBA. Dostupné z: <https://mapy.geology.cz/geo/#>. [cit. 2024-05-21].
- [34] *Informační systém melioračních staveb*. Online. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i. Dostupné z: <https://meliorace.vumop.cz/?core=app&zoom=6&er=-581545.1626278063,-1112694.5168142875>. [cit. 2024-05-21].

12 Seznam obrázků

OBR. 1 PŘÍKLAD REVITALIZOVANÉHO KORYTA [3]	14
OBR. 2 PŘÍKLAD UPRAVENÉHO OPEVNĚNÉ POTOKA [3]	15
OBR. 3 REVITALIZOVANÝ ÚSEK ŘEKY TRKMANKY [7]	20
OBR. 4 REVITALIZOVANÝ ÚSEK ŘEKY SVRATKY [9]	21
OBR. 5 REVITALIZOVANÁ ŘEKA ISAR V NĚMECKU [16]	22
OBR. 6 PŘÍNOSY REVITALIZACE VODNÍCH TOKŮ A NIV [4]	25
OBR. 7 PŘÍKLAD SOUSTAVY TŮNÍ U OBCE ŘEVNICE [13]	27
OBR. 8 LITORÁLNÍ ZÓNA [10]	28
OBR. 9 POROVNÁNÍ VHODNOSTI SKLONU SVAHŮ [10]	29
OBR. 10 POROVNÁNÍ ČLENITOSTI DNA A SVAHŮ TŮNĚ [10]	29
OBR. 11 VITOVSKÁ MRTVÁ RAMENA NA ŘECE MORAVĚ [30]	30
OBR. 12 MOŽNOSTI OBNOVENÍ PRŮTOKU RAMEN [4]	31
OBR. 13 NAPOJENÍ MRTVÉHO RAMENE NA ŘECE DYJE [17]	32
OBR. 14 PŘÍKLAD MOKŘADU [14]	33
OBR. 15 TVORBA MĚLKÝCH TŮNÍ V MOKŘADU [10]	34
OBR. 16 ZASTOUPENÍ DŘEVIN V NIVĚ TOKU [4]	35
OBR. 17 KATASTRÁLNÍ MAPA PO DOKONČENÍ KOPŮ BISKUPICE U JEVÍČKA [21]	36
OBR. 18 POLOHA BISKUBICKÉHO POTOKA [21]	37
OBR. 19 ZVÝRAZNĚNÝ ŘEŠENÝ ÚSEK [21]	38
OBR. 20 MAPA KLIMATICKÝCH REGIONŮ [24]	39
OBR. 21 MAPA GEOMORFOLOGICKÝCH POMĚRŮ [27]	42
OBR. 22 MAPA GEOLOGICKÝCH POMĚRŮ [33]	43
OBR. 23 MAPA PEDOLOGICKÝCH POMĚRŮ [24]	44
OBR. 24 MAPA MELIORAČNÍCH STAVEB [34]	45
OBR. 25 ŘEŠENÝ ÚSEK TOKU S VYZNAČENÝMI PŘÍČNÝMI PROFILY (HEC-RAS)	47
OBR. 26 PŘÍKLAD KAPACITNÍHO ÚSEKU, PF 1199 (HEC-RAS)	48
OBR. 27 PŘÍKLAD MĚNĚ KAPACITNÍHO ÚSEKU, PF 600 (HEC-RAS)	49
OBR. 28 KORYTO BISKUPICKÉHO POTOKA (AUTOR: PASEKA STANISLAV, ING., PH.D.)	49
OBR. 29 NIVA BISKUPICKÉHO POTOKA (AUTOR: PASEKA STANISLAV, ING., PH.D.)	50
OBR. 30 NAVRŽENÁ TRASA S VYZNAČENÝMI PŘÍČNÝMI PROFILY (HEC-RAS)	51
OBR. 31 PODÉLNÝ PROFIL NAVRŽENÉHO KORYTA (HEC-RAS)	52
OBR. 32 PF 300, ÚSEK, KDE POTOK NEVYBŘEŽÍ PŘI Q_{30} (HEC-RAS)	52
OBR. 33 PF 826, ÚSEK, KDE POTOK VYBŘEŽÍ PŘI Q_{30} (HEC-RAS)	53

13 Seznam tabulek

TAB. 1 HYDROLOGICKÉ CHARAKTERISTIKY BISKUPICKÉHO POTOKA [20]	37
TAB. 2 M-DENNÍ PRŮTOKY ZÍSKANÉ Z ČHMÚ [22]	38
TAB. 3 N-LETÉ PRŮTOKY ZÍSKANÉ Z ČHMÚ [22]	39
TAB. 4 CHARAKTERISTIKA KLIMATICKÉ OBLASTI MT9 [23]	40
TAB. 5 PRŮMĚRNÉ SRÁŽKOVÉ ÚHRNY K ROKU 2023 [25]	40
TAB. 6 PRŮMĚRNÉ MĚSÍČNÍ TEPLoty K ROKU 2023 [25]	41
TAB. 7 NÁVRHOVÉ HODNOTY NOVÉHO KORYTA (HEC-RAS)	53
TAB. 8 POROVNÁNÍ NAVRŽENÉHO STAVU S PŮVODNÍM	56

14 Seznam příloh

A1 SITUACE – NÁVRH TRASY

B1 PŘÍČNÉ PROFILY NAVRŽENÉHO KORYTA Z HEC-RAS

B2 PODÉLNÝ PROFIL NAVRŽENÉHO KORYTA Z HEC-RAS

B3 VZOROVÉ PŘÍČNÉ PROFILY

C1 PŮDORYS A ŘEZ SOUSTAVY TŮNÍ