

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra vodních zdrojů



Návrh revitalizačních opatření vodního toku Liduška

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Denisa Hořejšová

Obor studia: Rozvoj venkovského prostoru

Vedoucí práce: prof. Ing. Svatopluk Matula, CSc.

© 2020 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Návrh revitalizačních opatření vodního toku Liduška" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 24.7.2020

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala panu prof. Ing. Svatopluku Matulovi, CSc. za vstřícný přístup, ochotu, trpělivost a odborné vedení mé diplomové práce. Dále bych také chtěla poděkovat panu Lubošovi Pokornému za poskytnutí užitečných materiálů a informací. A v neposlední řadě děkuji také své rodině za podporu při mém studiu.

Návrh revitalizačních opatření vodního toku Liduška

Souhrn

Předkládaná diplomová práce přibližuje problematiku revitalizací vodních toků. Cílem bylo kriticky vyhodnotit již provedené úpravy na zvoleném vodním toku Liduška a navrhnout vlastní revitalizační opatření, jež by vedla ke zlepšení ekologického stavu povodí.

Práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. V teoretické části je čtenář seznámen v současné době s jedním z nejdiskutovanějších témat, kterým je retence vody v krajině. S retencí vody v krajině úzce souvisí historický vývoj vodohospodářských úprav vodních toků na území České republiky a prováděné vodohospodářské meliorace. V úvodu jsou tedy vyzdvíženy hlavní aspekty, jež vedly ke vzniku revitalizací vodních toků. V diplomové práci jsou dále uvedeny hlavní zásady, jež by měly být při návrhu revitalizací dodržovány, aby bylo dosaženo kladných ekologických, biologických i technických efektů. Zároveň jsou zde popsána konkrétní revitalizační opatření, která mohou být navržena v rámci projektu. V závěru teoretické části jsou popsány přínosy revitalizací, jelikož při správně navržené revitalizaci vodního toku, je možné dosáhnout hned několika pozitivních efektů.

V praktické části byl pro projekt zvolen úsek vodního toku Liduška na Nymbursku, kde doposud nebyly provedeny žádné vodohospodářské revitalizace. Vodní tok se zde však v minulosti setkal s vodohospodářskými úpravami, jež spočívaly v napřímení koryta toku a ve vybudování drenážního systému. Drenážní systém byl vybudován na okolních pozemcích, které jsou intenzivně zemědělsky obhospodařovány, a má značný vliv na retenci vody v krajině. Součástí praktické části je návrh revitalizačních opatření ve zvoleném úseku vodního toku a to ve dvou variantách. Přičemž první varianta je navržena s ohledem na ekonomické aspekty a druhá varianta se snaží zohlednit aspekty ekologické. Návrh revitalizačních opatření vychází z vyhodnocení podkladových údajů. Výchozími podklady byly dostupné kartografické, hydrogeologické, pedologické a vodohospodářské údaje, na jejichž základě bylo popsáno a zhodnoceno zájmové území. Dle podkladů z vodohospodářských archivů a podkladů o realizovaných úpravách toku byl zpracován popis celého toku a historie jednotlivých zásahů na toku. Dále byly na základě průzkumu terénu hodnoceny biologické poměry lokality. Vlastní projekt kromě návrhu revitalizačních úprav posuzuje majetkové vztahy k přilehlým pozemkům, vliv projektu na životní prostředí či případnou nákladnost projektu při jeho realizaci.

Klíčová slova: revitalizace, vodní tok, retence vody, tůň, meliorace, drenáž

A project of revitalization measures of the watercourse Liduška

Summary

The presented diploma thesis approaches the problematics of revitalization of watercourses. The aim was to critically evaluate the already performed modifications on the selected watercourse Liduška and to propose their own revitalization measures, which would lead to the improvement of the ecological status of the river basin.

The diploma thesis is divided into theoretical and practical part. In the theoretical part, the reader is acquainted with currently one of the most discussed topics, which is water retention in the landscape. The historical development of water management modifications of watercourses in the Czech Republic and the implemented water management land reclamation are closely related to water retention in the landscape. The introduction therefore highlights the main aspects that led to the revitalization of watercourses. In the introduction are also stated the main principles that should be observed in the design of revitalization in order to achieve positive ecological, biological and technical effects. At the same time, specific revitalization measures that can be proposed within the project are described here. At the end of the theoretical part, the benefits of revitalization are described, because with the correctly designed revitalization of the watercourse, it is possible to achieve several positive effects.

In the practical part, a section of the Liduška watercourse in the Nymburk region was chosen for the project, where no water management revitalizations have been carried out so far. However, the watercourse has encountered with water management modifications here in the past, which consisted in straightening the riverbed and building a drainage system. The drainage system was built on the surrounding land, which is intensively farmed, and has a significant impact on water retention in the landscape. Part of the practical part is the proposal of revitalization measures in the selected section of the watercourse in two variants. The first option is designed with regard to economic aspects and the second option tries to take into account environmental aspects. The proposal of revitalization measures is based on the evaluation of the underlying data. The default data were available cartographic, hydrogeological, pedological and water management data, on the basis of which the area of interest was described and evaluated. According to the data from the water management archives and the data on the implemented modifications of the water flow, a description of the entire water flow and the history of individual interventions on the water flow was prepared. Furthermore, the biological conditions of the locality were evaluated on the basis of a field survey. In addition to the proposal of revitalization modifications, the project itself assesses the property relations to the adjacent land, the impact of the project on the environment or the possible cost of the project during its implementation.

Keywords: revitalization, watercourse, retention waters, pool, land reclamation, drainage

Obsah

1	Úvod	1
2	Cíl práce.....	2
3	Literární rešerše	3
3.1	Retence vody v krajině.....	3
3.2	Historický vývoj vodohospodářských úprav v ČR	4
3.3	Vodohospodářské meliorace	4
3.3.1	Odvodňování	5
3.3.2	Závlahy.....	5
3.4	Revitalizace vodních toků.....	6
3.4.1	Definice pojmu revitalizace	6
3.4.2	Počátky revitalizací v ČR	6
3.4.3	Cíle revitalizace	7
3.5	Zásady pro revitalizaci	8
3.5.1	Vhodnost lokality a úseku vodního toku.....	8
3.5.2	Trasa koryta.....	8
3.5.3	Příčný a podélný profil koryta	9
3.5.4	Stabilita koryta	11
3.5.5	Kapacita koryta.....	11
3.5.6	Migrační průchodnost toku.....	11
3.5.7	Vegetační doprovod.....	12
3.6	Revitalizační opatření	13
3.6.1	Úpravy koryta.....	13
3.6.2	Výstavba či obnova tůní a mokřadů.....	14
3.6.3	Obnova říčních ramen	16
3.6.4	Výstavba malých vodních nádrží	17
3.6.5	Vegetační úpravy	21
3.6.6	Zapojení stávající drenáže do revitalizace	23
3.7	Přínosy revitalizace	24
4	Zhodnocení podkladových údajů	25
4.1	Vývoj zájmového území.....	25
4.2	Charakteristika lokality.....	25
4.2.1	Klimatologický průzkum	26
4.2.2	Hydrologický průzkum.....	27
4.2.3	Geologický průzkum	28
4.2.4	Hydrogeologický průzkum	29
4.2.5	Pedologický průzkum	29
4.2.6	Biologický průzkum	30
4.3	Popis původního drenážního potrubí	32

4.4	Zhodnocení realizovaných projektů revitalizace	34
4.4.1	Popis revitalizačních opatření	34
4.4.2	Celkové zhodnocení revitalizačních opatření	37
5	Vlastní projekt.....	38
5.1	Popis zvoleného úseku.....	38
5.2	Majetkové vztahy	40
5.3	Návrh revitalizačních opatření – varianta č. 1	41
5.3.1	Návrh nové trasy koryta	42
5.3.2	Návrh boční a bezodtoké tůně	42
5.3.3	Návrh vegetačního doprovodu.....	44
5.4	Návrh revitalizačních opatření – varianta č. 2	45
5.4.1	Návrh nové trasy koryta	46
5.4.2	Návrh tůní.....	47
5.4.3	Návrh mokřadu a vegetačního doprovodu	49
5.5	Hydrotechnické výpočty	50
5.5.1	M-denní průtoky ve vybraných profilech	50
5.5.2	Roční výpar z vodní hladiny	50
5.5.3	Ovlivnění M-denních průtoků pro vybraný profil.....	53
5.6	Zhodnocení předpokládaných vlivů projektu	54
5.6.1	Ovzduší	54
5.6.2	Vodní režim krajiny.....	54
5.6.3	Příroda a krajina	54
5.6.4	Obyvatelstvo.....	55
5.7	Ekonomické zhodnocení	56
5.7.1	Náklady a harmonogram	56
5.7.2	Možnosti financování	57
6	Diskuze.....	58
7	Závěr	61
8	Seznam literatury	63
9	Seznam obrázků a tabulek.....	68
9.1	Seznam obrázků	68
9.2	Seznam tabulek.....	69
10	Seznam použitých zkratk a symbolů	70
11	Samostatné přílohy.....	I
11.1	Příloha 1 – Mapová příloha.....	I
11.2	Příloha 2 – Fotodokumentace	III
11.3	Příloha 3 – Situace.....	VI

1 Úvod

Voda je nejdůležitějším přírodním zdrojem a tvoří základní složku životního prostředí (Kender 2000). V současné době je velice diskutovaným tématem měnící se klima a stále větší sucho, jež zužuje celou planetu. V návaznosti na tuto problematiku je potřeba konat takové postupy, které zlepší retenci vody v krajině a obnoví přirozený návrat vody do prostředí.

Vodní režim krajiny je lidmi uměle upravován již od starověku, kdy například ve starém Egyptě byly budovány zavlažovací kanály. Ve středověku docházelo k výstavbě rybníků a voda byla využívána především pro funkci mlýnů. Další úpravy pokračovaly v 19. století průmyslovou revolucí, na což ve 20. století navázal velký rozvoj melioračních úprav. Tyto zásahy do krajiny zapříčinily napřímení koryt vodních toků, které byly zároveň opevněny a zahloubeny. Tím postupně docházelo k masivnímu odvádění vody z krajiny, ke snížení hladiny podzemní vody i k úbytku biodiverzity. Zároveň s postupným rozvojem společnosti přicházelo vyčleňování pozemků pro zemědělskou činnost, což zapříčinilo postupný úbytek lesů, mokřadů, tůní a dalších přírodních stanovišť. Tyto zásahy do přirozeného chodu krajiny působily negativně celá staletí, přičemž docházelo k poklesu zásob vody v krajině. Nyní je potřeba obnovit retenční schopnost krajiny a navrátit vodním tokům jejich přirozený charakter a funkci (Just et al. 2005).

V návaznosti na tyto změny byly hledány nástroje, jež by zlepšily celkový stav nejen vodních toků, ale i celého povodí. V současné době je kladen důraz na efektivní návrh opatření realizovaných na vodních tocích. Tato opatření, jež se také nazývají revitalizačními opatřeními, při správném provedení prokazatelně zlepšují celkový stav zásoby vody v krajině, zvyšují úroveň hladiny podzemní vody a také zmírňují průběh povodní (Just et al. 2003). Revitalizačními opatřeními se rozumí úpravy koryta toku i okolních pozemků. Primárně dochází k rozvlnění koryta, změně vedení trasy toku a k úpravě příčného profilu (Palmer et al. 2014). Nutností je kromě rekonstrukce koryta vodoteče přispět také k obnově břehových porostů, případně pokud nám vlastnické vztahy k okolním pozemkům toku umožňují, navrhnout či obnovit malé vodní nádrže, tůně nebo mokřady. Podstatné je revitalizaci provádět komplexně v rámci celého povodí, nikoliv pouze v samotném korytě toku (Kender 2000).

Projektování a budování dobrých revitalizačních návrhů se stalo naléhavým úkolem dnešní doby ve volné krajině i ve venkovských a městských oblastech. Právě zhodnocení již provedených revitalizací a návrh nové revitalizace je úkolem této diplomové práce. Jako zájmové území byl zvolen drobný vodní tok Liduška na Nymbursku, který protéká zemědělsky intenzivně využívanou krajinou. Tento tok byl zvolen z toho důvodu, že v minulém století byla trasa vodního toku přeložena, napřímena a v rámci dalších zemědělských meliorací došlo i k odvodnění přilehlých pozemků. Tato opatření měla z hlediska přirozených funkcí v krajině negativní vliv na samotný vodní tok i na širší okolí. Zároveň v nedávné minulosti proběhly na této vodoteči revitalizace dvou úseků toku, které lze zhodnotit, a vhodně navrhnou revitalizaci dalšího úseku, jež může vycházet z ponaučení z předchozích revitalizací. Záměrem je revitalizace vodního toku a přilehlého území, která by měla po dokončení podpořit funkce vodního toku a jeho nejbližšího okolí jako přirozeného krajinnotvorného prvku a zároveň by měla přispět k obnově retenční schopnosti krajiny.

2 Cíl práce

Cílem práce je se blíže seznámit s problematikou revitalizace vodních toků v krajině a získané poznatky aplikovat na reálný návrh revitalizace části vodního toku. Práce bude vycházet ze studia dostupných vodohospodářských podkladů, a to jak archivní povahy, tak i z vlastní rekognoskace zájmového území a z posouzení dosud provedených úprav na vodním toku, které byly realizovány. Práce bude brát v potaz již provedené zásahy do vodního toku a kriticky posoudí a zhodnotí jejich vhodnost a význam pro revitalizaci toku.

Následně bude úkolem diplomanta navrhnout doplnění vhodných revitalizačních opatření ve zvoleném úseku vodního toku jako výsledek diplomové práce, a to pokud možno, tak v několika variantách.

3 Literární rešerše

3.1 Retence vody v krajině

Voda má v krajině své nezastupitelné místo, vyskytuje se zde v nejrůznějších podobách a plní zde mnoho funkcí (Kender 2000). Mezi nejdůležitější funkce se řadí funkce biologická, zdravotní, kulturní, estetická a hospodářská. Rovněž plní funkci klimatickou, dopravní nebo technologickou (Tlapák et al. 1992). Voda je také základem ekologické stability krajiny, která je dána schopností ekosystému vyrovnávat rušivé vlivy bez trvalého narušení základních funkčních mechanismů krajiny (Kender 2000).

Jednou ze základních schopností krajiny je zadržet v sobě určité množství vody, tato vlastnost se nazývá retenční schopností. Dalo by se též říci, že se jedná o zadržení vody na rostlinách, v půdě a v různých objektech, jež jsou součástí povodí (Petříček & Cudlín 2003). Vzhledem k tomu, že na našem území jsou hlavním zdrojem vody v krajině především srážky, spočívá význam retence vody zejména v tom, aby byla voda v krajině zadržena i mimo srážkové období (Štěrba et al. 2008). Vliv na to, zda voda bude zadržena v půdě daného území nebo povrchově odtéče, mají klimatické a morfologické faktory. Klimatickým faktorem jsou srážky, jež jsou ovlivněny ročním obdobím a nadmořskou výškou. Morfologický faktor je charakterizován tvarem terénu, množstvím vegetace či využitím území (Lancaster et al. 2006). Dále ovlivňují retenci vody také vodohospodářské úpravy, vlastnosti půdy nebo způsoby, jimiž je půda obhospodařována (Dumbrovský 2010).

Mimo to, že schopnost krajiny zadržet v sobě vodu napomáhá proti vzniku sucha, je důležitá také při povodňové ochraně a pro zlepšení lokálního mikroklimatu (Štěrba et al. 2008). Dále je také možné zvýšením retenční schopnosti půdy ovlivnit jakost vody v povodí, a to zejména tím, že dojde k prodloužení doby oběhu vody v půdě (Kvítek et al. 2006). Zároveň se v krajině, jež má lepší retenční schopnost, daří mnoha organismům, což má také pozitivní vliv na biodiverzitu (Štěrba et al. 2008). Z výše uvedeného vyplývá, že je přínosné obnovovat retenci vody v krajině v co možná největší míře. Jednou z možností, jak tuto schopnost obnovit je realizovat opatření revitalizačního charakteru, která vycházejí z poznatků o hospodaření s vodou v krajině z hlediska širších ekologických souvislostí, vazeb a režimů (Kender 2000).

Dle Kendera (2000) je základem pro obnovu zásoby vody vazné na prostředí správně udržovat všechny vodní zdroje. Tyto zdroje se vyskytují v přírodě jako voda:

- **Podzemní** – jedná o vodu v podobě lokálních zvodní a kolektorů.
- **Povrchová** – v podobě vodních toků a akumulované vody (např. nádrže).

Za přechodnou fází mezi vodou podzemní a povrchovou se dají označit mokřady a jiné podmáčené lokality, kde ve vazbě na roční období či geologické podmínky úroveň vody kolísá. Vzhledem ke skutečnosti, že se voda řadí mezi základní složky krajinného prostředí, je potřeba rozvíjet takové způsoby hospodaření v krajině, jež povedou k přirozené nebo řízené reprodukci nebo regeneraci těchto vodních zdrojů (Tlapák et al. 1992). Při vhodném udržování vodních zdrojů a při správném návrhu revitalizačních opatření, jež na nich budou prováděny, lze očekávat přirozený návrat vody do krajiny.

3.2 Historický vývoj vodohospodářských úprav v ČR

Vše začalo již ve středověku, kdy byly prováděny vodohospodářské úpravy především v souvislosti s budováním mlýnů a hamrů (Vrána et al. 2004). Úpravy vodního prostředí se ještě umocnily ke konci 19. století, kdy docházelo k ochraně staveb a zemědělských pozemků před povodněmi, čemuž také napomáhala čím dál výkonnější mechanizace. Na výstavbu protipovodňových staveb později navázaly úpravy vodních toků, jež se realizovaly v zemědělství za účelem výstavby plošných odvodňovacích soustav. Tato opatření zapříčinila postupné ubývání potoků a říček v krajině, které čím dál častěji nahrazovaly upravené vodní toky, uměle vytvořené kanály a svodnice (Štěrbá 1986). Další velký zásah do krajiny nastal v 50. a 60. letech 20. století a souvisel se zavedením kolektivní zemědělské výroby. V 70. a 80. letech, nazývaných též jako poslední období meliorací, následovalo vyvrcholení zásahů do krajiny, kdy se odvodňované zemědělské pozemky setkaly se zavedením chemických výrobků do zemědělství. To s sebou přineslo zhoršení kvality podzemní i povrchové vody (Just et al. 2003). V dnešní době bývá odvodnění pozemků označováno za chybný krok předchozích generací, ovšem nelze jednoznačně říci, že systémy odvodnění byly vždy chybné. Dříve bylo zvýšení průtočné kapacity koryta často jediným protipovodňovým opatřením, které mohlo být v intravilánu vybudováno (Vrána et al. 2004).

3.3 Vodohospodářské meliorace

V minulosti byly budovány především na velkých plochách zemědělských pozemků závlahové a odvodňovací stavby, které sloužily k optimalizaci vodního režimu půdy za dosažením její zvýšené úrodnosti. Tyto stavby měly za úkol odvodňovat těžké hluboké půdy, které byly zamokřeny srážkovou vodou nebo naopak půdu zavlažovat při závlahovém deficitu (Hejnák 2004). Hydromeliorační úpravy byly uskutečňovány také v zastavěném území, a to především, aby ochránily města před povodněmi. Docházelo k velkému ekologickému úpadku a k zahlubování koryt, a to díky úpravám, při kterých docházelo ke zkapacitnění vodních toků. Tyto meliorační úpravy byly prováděny nejen v intravilánu, ale také v pramenných oblastech. Meliorační úpravy celkem postihly asi 21 600 km vodních toků, což představuje 28,4 % délky vodních toků v České republice (Němec et al. 2006). Dle Šlezingra (2010) meliorace způsobily několik závažných problémů jako zrychlení odtoku velkých vod, zmenšení zásob podzemní vody v nivách, snížení biodiverzity ve vodním prostředí, ztížení migrace vodních živočichů či narušení krajinného rázu. Vodohospodářské meliorace se také setkaly s kritikou, a to zejména kvůli jejich vlivu na životní prostředí. Neboť v minulosti docházelo k chybám, jež způsobovaly rapidní změny přírodních poměrů a narušení důležitých stabilizačních prvků přírodního prostředí kulturní krajiny (Tlapák et al. 1992). Ovšem nelze tvrdit, že by všechny vybudované meliorace byly chybným krokem, v některých oblastech mají své opodstatněné využití. V dnešní době je důležité prověřit především funkčnost meliorací a namísto jejich likvidace je upravit tak, aby došlo k podpoře akumulace vody v krajině (Ministerstvo zemědělství 2020).

Fiala et al. (1980) ve své publikaci uvádí, že meliorační zásahy mohou být dle doby působnosti děleny na krátkodobé a dlouhodobé. Mezi krátkodobé zásahy se řadí agrotechnické zásahy a mezi dlouhodobé zásahy lze řadit technická opatření jako např. drény, úpravy toků nebo závlahové stavby.

3.3.1 Odvodňování

Účelem odvodňování je odvádění přebytečné vody z půd zamokřeného území. Krátkodobé zamokření půdy rostlinám příliš nevádí, ale při zamokřením dlouhodobém dochází k situaci, kdy je hladina podzemní vody příliš blízko povrchu a kulturním rostlinám se nedaří. Ovšem pokud dojde ke správnému vybudování odvodnění, dochází k lepším fyzikálním a biologickým vlastnostem půdy a ke zlepšení půdní úrodnosti. Toto odvodnění však musí být situováno na pozemcích, kde je jeho realizace nezbytně nutná (Fiala et al. 1980).

Metody, jimiž se zamokřené půdy mohou odvodňovat, se dělí podle příčiny a stupně zamokření, účelu odvodnění nebo podle místních aspektů (relief území, povaha půdy, aj.). Základně lze však rozdělit způsoby odvodnění na zemědělsko-lesnické a vodohospodářské. Zemědělsko-lesnická nebo také biologická metoda se využívá tam, kde je půda méně zamokřená či má sklony k zamokření. Pro tento způsob je typická trvalá úprava půdní struktury nebo využití výsadby s vysokou transpirací. Vodohospodářský způsob neboli hydromeliorační se využívá k odvodnění půdy pomocí technických úprav či staveb jako jsou drenáže, úpravy vodních toků nebo kanálové soustavy (Jůva 1957). Soubor zařízení, jež odvádějí vodu ze zamokřeného území do recipientu, se nazývá odvodňovací zařízení. To se skládá z hlavního a podrobného zařízení a tvoří odvodňovací soustavu. Lokálně zamokřené území se odvodňuje místně, a naopak souvisle zamokřené je odvodňováno plošně. Odvodnění se také dělí na povrchové a podpovrchové. Povrchové odvádí vodu ze zamokřené lokality pomocí otevřených kanálů a příkopů, naopak podpovrchové pomocí krytých drénů a drenážních objektů (Benetin et al. 1987).

3.3.2 Závlahy

Zavlažování je aplikace vody do půdy jako doplněk nedostatečných dešťových srážek pro zajištění dostatečné půdní vláhly pro růst rostlin (Linsley & Franzini 1979). Primárním efektem je tedy zásobení půdy vodou a sekundárním efektem pak může být pozitivní působení závlahy na mikroklima v dané lokalitě. Základním ukazatelem pro potřebu a velikost závlahové stavby je potřeba vody, ta se vyhodnocuje pomocí komplexního zhodnocení stanovištních podmínek a pomocí vláhové potřeby pěstovaných rostlin. Správně vybudovaná závlahová stavba stabilizuje a zvyšuje výnosy v rostlinné výrobě (Fiala et al. 1980).

3.4 Revitalizace vodních toků

Vodní toky jsou živé a dynamické systémy, proto je potřeba veškeré úpravy v korytě toku i v jeho okolí provádět s maximální uvážeností. Při projektování úprav vodotečí je důležité zachovat přirozený tvar koryta, který by měl ve většině případech vypadat jako meandrovitý systém. Primární je také nezapomínat, že tok vody a transport sedimentů, jako je štěrk a písek, v probíhajícím dynamickém procesu uvnitř toku mění prostředí pro mnoho organismů přirozeně se vyskytujících v něm i v jeho okolí (Madsen 2010). Tyto procesy určují životní podmínky v řekách, břehových zónách a nivách. Ekosystémy řek jsou závislé na klimatu, geologii, topografii a využití půdy v povodí. Proto je vždy potřeba myslet na přirozenost toku a ochranu všech živých organismů. Ideální vodní tok by měl být dynamický systém tekoucí v záplavové nížině nerušený lidskou činností. Neměl by být znečištěn, a naopak jeho ekologické funkce by měly být zlepšovány vlivem člověka (Binder et al. 2015).

3.4.1 Definice pojmu revitalizace

Definicí pro termín revitalizace je hned několik a každý může být vnímán jinak, avšak všechny teorie se shodují v tom, že je revitalizace nástrojem, jak zlepšit nepříznivý stav vodního toku a jeho okolí. Revitalizace představuje celou řadu úprav nejen vodních toků, ale celého záplavového území včetně břehů. Společným cílem těchto úprav je obnovení všech podstatných prvků v přírodním systému a také zlepšení hydrologických, geomorfologických a ekologických podmínek povodí (Wohl et al. 2005). Revitalizaci lze také definovat jako modifikace koryt toků, jež vedou k posílení přírodní a krajinné hodnoty a zároveň příznivě podporují vodohospodářské funkce krajiny (Just et al. 2005). I přesto, že hlavním cílem revitalizací bývá především zlepšení ekologického stavu vodního toku, často se revitalizace využívají také ke zlepšení rekreačního potenciálu a estetického vzhledu krajiny nebo k ochraně majetku (Bernhardt et al. 2007).

3.4.2 Počátky revitalizací v ČR

Celoplošné intenzivní změny vodního prostředí krajiny, jež zesílily především budováním meliorací, začaly postupně ovlivňovat retenci vody v krajině na tolik, že bylo potřeba najít nové řešení, které by napomohlo krajině opět získat svou přirozenou funkci (Ripl & Eiseltoová 2010). Od roku 1990 se na území České republiky začalo hovořit o revitalizacích. Počátek revitalizací odstartoval krajinotvorný program Ministerstva životního prostředí, jímž byl Program revitalizace říčních systémů (Just et al. 2003). Vrána et al. (2004) uvádí, že od roku 1992, kdy byly zahájeny první revitalizace až po dnešní dobu, lze rozdělit revitalizace od tří vývojových fází, jež podléhají následující charakteristice:

- 1. fáze – původní trasa, původní profil koryta, původní opevnění – vkládání spádových objektů, tůň a prohlubní,
- 2. fáze – nová trasa, nové mělčí koryto, odstranění opevnění,
- 3. fáze – komplexní řešení v rámci pásu údolní nivy, napojení revitalizace toku na okolní krajinu.

První fáze revitalizací spočívala v zachování původního koryta, jeho trasy a opevnění, případně i přibřežní vegetace (Vrána et al. 2004). Revitalizace bylo dosaženo snížením průtočné rychlosti ve zdržích nad vzdouvacími objekty nebo vložení kamenných a dřevěných prahů, jezů, přehrázek a tůní do původního profilu koryta (Kender 2000). Druhá fáze realizace revitalizací přinesla již značnější změny. Revitalizace vycházela z poznatků, že správně by koryto mělo mít dostatečnou hloubku, aby zabezpečilo život a migraci organismů při nízkých průtocích. Dále by mělo umožňovat kontakt vodního toku s okolním prostředím a zajistit různorodé rychlosti v příčném i podélném profilu. Splnění těchto podmínek spočívalo ve vybudování nové meandrující trasy toku, nového měličího koryta a v odstranění původního opevnění (Vrána et al. 2004). Důležité také bylo podchytit původní drenáž, pokud se v daném úseku revitalizace nacházela a vyústit ji do nového koryta (Cuřínová et al. 2016). Třetí fáze revitalizace vodních toků se uskutečňuje až do současné doby. Jedná se o komplexní pojetí revitalizace v rámci celého pásu údolní nivy. Revitalizace nepojednává pouze o vybudování nové trasy koryta, ale také o propojení s okolní krajinou v jeden celek. Vhodné je budování bočních tůní v rámci údolní nivy, které jsou napájeny nepřímo podzemní vodou nebo jsou propojeny s korytem toku. Důležitá je také výsadba doprovodné vegetace, jež by měla navazovat na stávající vegetaci v povodí (Vrána et al. 2004).

3.4.3 Cíle revitalizace

Cílem revitalizace je návrat vodního toku do stavu, jež bude přírodě nejbližší, což je velice náročné realizovat v praxi (Vrána et al. 2004). Především by mělo být prostřednictvím revitalizace dosaženo příznivého ekologického stavu degradovaných vodních toků, avšak ideálně by revitalizace měly vylepšit celkový ekologický stav v rámci celého povodí (Palmer et al. 2014). Dalo by se říci, že revitalizace je stav vyhovující organismům, jež se vyskytují v dané lokalitě. Je tedy důležité zlepšit přirozenou biodiverzitu prostředí a umožnit přírodě přirozenou regeneraci, avšak při zachování funkcí antropogenizované krajiny (Vrána et al. 2004).

Revitalizace toku by měla vycházet z řady sledovaných charakteristik a být komplexním řešením pro danou lokalitu (Just et al. 2005). Jedná se o celkové propojení vodohospodářských, biologických, krajinářských, užitkových a společenských opatření. Z hlediska vodohospodářského je potřeba sledovat především dobu průchodu vody upraveným korytem, celkový objem vody v korytě, kontaktní povrch koryta, chování koryta při povodních či zvýšení zásoby podzemní vody v údolní nivě. Z hlediska biologického a krajinářského je podstatné sledovat nárůst biodiverzity, migrační prostupnost či zvýšení zeleně v krajině dané lokality. Současně je také možné sledovat estetický vzhled či obnovení ryb v toku (Vrána et al. 2004).

Dle Justa et al. (2003) jsou tři typy procesů, které přispívají k obnově přirozeného rázu vodního prostředí:

- samovolná renaturace,
- renaturace povodněmi,
- technická revitalizace.

Samovolná renaturace je pomalý proces, jež vyžaduje trpělivost a minimální lidské zásahy. Spočívá v omezení údržby koryta na pouze opodstatněné činnosti. Koryto se nechává

přirozeně zanášet splaveninami, zarůstat rostlinami a umožňuje se přirozený rozpad technických prvků v korytě (Just 2010).

Renaturace povodněmi může být způsobena v době povodní u částečně upraveného koryta bez souvislého tuhého opevnění. Povodeň je schopna vytvořit nános sedimentu a poškodit břeh, čímž do značné míry může obnovit přirozený průběh trasy a tím koryto revitalizovat. Tento způsob renaturace je možné podporovat pouze ve volné krajině, na místech mimo zástavbu obcí a na místech, kde nehrozí poničení majetku (Just et al. 2003).

Technická revitalizace by měla být vnímána v širším smyslu a měla by být komplexním řešením pro dané území. Snahou technické revitalizace je posílit nejen vodohospodářské funkce prostředí, ale také podpořit přírodní a krajinné hodnoty (Just et al. 2003). Jedná se především o stavební úpravy toku, které vycházejí ze směrnice TNV 75 2102 úpravy potoků a ČSN 75 2101 ekologizace úprav vodních toků (Slavík & Neruda 2007).

3.5 Zásady pro revitalizaci

3.5.1 Vhodnost lokality a úseku vodního toku

Ideální lokalita pro revitalizaci vodního toku je tam, kde tok prochází lučním porostem, jímá dostatek vody a majitelé souhlasí se změnou trasy koryta (Vrána et al. 2004). Hůře se revitalizace realizují v zastavěném území nebo v krajině, jež je intenzivně zemědělsky obhospodařována. Pokud se však revitalizace provádí na toku, který prochází intravilánem je potřeba koryto navrhovat na větší průtoky, aby nedocházelo k rozlivu vody do zástavby. Primární u takových návrhů bývá technická ochrana (Novák & Novák 2011). Nejvhodnějším úsekem pro revitalizaci jsou lokality, kde vznikne pomocí revitalizace dlouhá nepřerušená migrační cesta, která bude napojena zdola i shora na přirozené vodoteče. Naopak jako nevhodný se jeví úsek, jež je ohraničen nepropustnými překážkami nebo tvrdě opevněným korytem (Vrána et al. 2004).

Před začátkem realizace revitalizace toku je potřeba posoudit vhodnost povodí z morfologického hlediska, z hlediska ohrožení erozí a splaveninového režimu. Zároveň je vhodné revitalizaci projednat se zástupci krajinného plánování, biologie a vodního hospodářství (Kender 2000). Pro posouzení vhodnosti lokality k revitalizačním úpravám je dobré využít historické podklady nebo realizované průzkumné práce, např. hydrologické a hydropedologické průzkumy, z nichž je možné určit původní trasu koryta. Před samotným zahájením revitalizace je také žádoucí zhodnotit situaci z hlediska vlastnických vztahů k pozemkům. Aby nedocházelo ke konfliktům a problémům při realizaci úprav, je doporučeno vykoupit pozemky v celém území údolní nivy (Vrána et al. 2004).

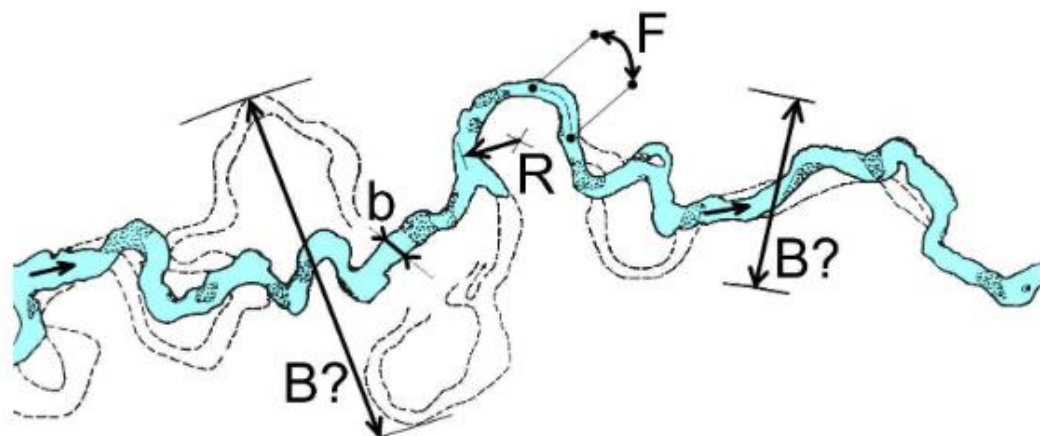
3.5.2 Trasa koryta

Trasa, kterou vedeme revitalizované koryto, bývá ovlivněna řadou lokálních činitelů, převážně geologicko-geomorfologickými činiteli, kterým se revitalizace musí podřizovat (Kender 2000).

U přírodních koryt dochází k tlumení energie vodního proudu pomocí střídání protisměrných oblouků. Vzhledem k tomu, že při navrhování revitalizací bývá snahou obnovit

přirozený tvar koryta a jeho členitost, využívá se tento způsob tlumení energie i při těchto úpravách (Vought & Lacoursiere 2010). Hlavním kritériem pro návrh nové trasy koryta, jež také vyplývá z Obrázku 1, je šířka koryta, šířka pásu meandrace, poloměry oblouků a délka rovných úseků mezi jednotlivými oblouky (Just 2012). Často však bývá mylně chápáno, že ideální přirozený tok musí být meandrující. Ovšem meandrování je přirozené pouze u vodních toků, jež jsou charakteristické rozměrem koryta, resp. jeho vodností, pedologickými podmínkami, podélným sklonem a příčným profilem potoční nivy. Meandrování je tedy přirozené především v lokalitách s menším sklonem a širokou nivou (Vrána et al. 2004). Ve většině případech přirozeným podmínkám nejvíce vyhovuje mírně zvlněná trasa s detailním rozčleněním břehů. Při nevhodném zvolení lokality pro meandrování toku často dochází k destrukci koryta a působí nepřirozeně (Julien 2002).

Důležité je při projektování trasy koryta vycházet z podkladů, z nichž je zřejmé, jak vypadala původní trasa koryta (Kender 2000). Také je vhodné najít vzorový úsek toku v krajině, z něhož bude možné napodobit přirozenou nebo přírodě blízkou trasu koryta. Vzorový úsek je volen na základě podobných vlastností (sklonitost, průtokový režim, geologické poměry, atd.) s revitalizovaným tokem (Just et al. 2003). Navrhovaný úsek nové trasy musí navíc vhodně navazovat na koryto, jež zůstává v nezměněném stavu (Slavík & Neruda 2014).



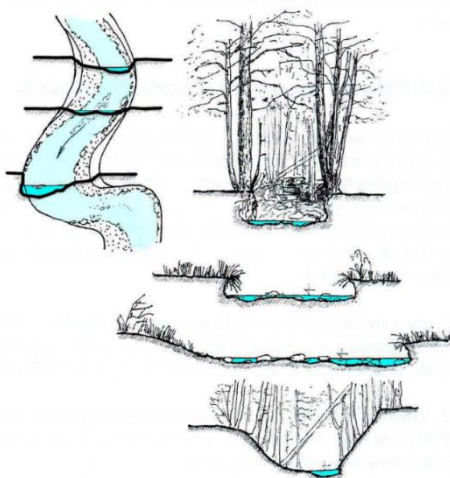
Obrázek 1 – Parametry popisující meandraci koryta: b – šířka koryta, B – šířka meandračního pásu, R – poloměr oblouků, F – vzdálenost mezi brodem a tůní. Zdroj: Just et al. 2005

3.5.3 Příčný a podélný profil koryta

Pro rychlost proudění toku je určující příčný a podélný profil koryta. Nežádoucí z hlediska přirozeně se vyvíjejícího tvaru koryta a morfologické členitosti břehů je opevnění dna toků. Vhodnější je v rámci revitalizací využití tzv. dlažby na sucho, která je dobře odolná vůči extrémním průtokům, dobře opravitelná a lacinější. Vzhledem k tomu, že tato dlažba není kladena do betonu, je propustná a nenarušuje koloběh vody. Rovněž je nevhodné z dlouhodobého hlediska opevnění břehů koryta nepropustnými betonovými prvky. Zpevnění břehů lze provést několika alternativami, jednou z nich je využití tzv. drátokošů, jež jsou plněny kameny. Existuje několik dalších metod, důležité je vždy používat přírodě blízké materiály. Avšak ideální je navrhnout profil koryta tak, aby nebylo potřeba žádné opevnění (Kender 2000).

Podélný profil toku udává rychlost proudění vody a upravuje se v závislosti k návrhovému průtoku, odolnosti koryta a pohybu splavenin v korytě (Just 2012). Měl by vycházet z přirozeného tvaru terénu a být členitý. Jednotlivé úseky toku mají rozdílné sklony, a to především kvůli různým sklonitostem terénu. Členitost jednotlivých pasáží spočívá ve střídání klidných a proudivých úseků. Podélný profil koryta je detailně samovolně členěn, avšak je zde také možnost členit podélný profil koryta příčnými vzdouvacími nebo spádovými objekty jako jsou prahy a stupně (Just et al. 2003). Tyto objekty by v rámci revitalizací měly být voleny s rozvahou, jelikož přinášejí značné nevýhody především v ochuzení koryta o důležité proudové úseky a také představují migrační překážky (Madsen 2010). V tomto případě je vhodnější využít balvanitý či kamenitý skluz nebo širší kamenitý práh (Just et al. 2003).

Příčný profil má nepravidelný tvar a jeho úlohou je zachovat proudění vody i při minimálních průtocích, aby bylo zabezpečeno přežití vodních organismů (Slavík & Neruda 2014). V nedávné minulosti byly využívány při technických úpravách příčné profily lichoběžníkového tvaru, které představují pro ploché nivy nížin a pahorkatin nepřirozený tvar. Při tomto tvaru koryta je cenná oblast příbřežní mělké vody redukována a postrádá členitost břehové čáry. Opevněnému lichoběžníkovému tvaru koryta často schází podkořnové a poddrnové úkryty. Pro přírodní koryta toků není lichoběžníkový tvar přirozený, nejčastěji tato koryta mívají tvar tzv. pekáče. U tohoto tvaru koryta je šířka několikanásobně větší než hloubka. U poměrně plochého dna se místy vyskytují proudová místa, naplaveninové mělčiny a tůně. Břehy u tohoto typu koryta jsou strmé, nízké a podemleté, avšak bývají zpevněny kořeny rostlin a poskytují úkryt pro živočichy. Při revitalizacích se však pekáčovitý tvar koryta nevyužívá příliš často, což je zapříčiněno nestabilitou strmých svahů v počátcích stavby (Just et al. 2003). Nejčastěji se pro revitalizace vodních toků využívá tvar mělké ploché mísy, což je kompromis mezi lichoběžníkovitým a pekáčovitým tvarem. Tento tvar je velice blízký přírodním korytům, má vhodný poměr mezi šířkou a hloubkou koryta, vytváří podmínky pro vznik členité břehové čáry a eroze převážně působí na boční strany toku, minimálně na dno koryta (Just et al. 2005). V přírodě je možné se také setkat se složenými koryty (viz Obrázek 2), a to především u toků s větším průtokem a proudem vody. Složený tvar koryta se také může uplatnit při revitalizacích v zastavěném území (Just 2012).



Obrázek 2 – Tvary příčného profilu.

Zdroj: Just et al. 2003

3.5.4 Stabilita koryta

Základním aspektem pro revitalizaci vodního toku je stabilita koryta. Za stabilní se pokládá to koryto, jež je odolné proti kapacitnímu průtoku (Just et al. 2005). Tento stav v reálné situaci nastává poté, co rychlost proudění toku na konkrétním průřezu nenabývá větších hodnot než rychlost nevymílací, jež je odvozena od tzv. efektivního zrna materiálu dna a břehů toku. Z čehož se dá vyvodit, že poroste rychlost proudění v průřezu, pokud má koryto daného toku větší hloubku, větší podélný sklon a menší drsnost. Tato skutečnost v minulosti zapříčinila, že byla zakládána pevná a nepropustná opevnění. V současné době se při revitalizování toků vychází z poznatku, jež zohledňuje přirozenou průtočnou kapacitu koryta daného toku (Kender 2000). Revitalizovaná koryta by měla být stabilní v lokálních zeminách, případně by měla být zpevněna kamennými pohozy, záhozy, figurami nebo často postačí rostlá zemina. Řešením jsou také kombinované formy, kdy se využijí zpevňující kamenné pohozy či figury a rostlá zemina. Tento způsob je také vyhovující z pohledu krajinářského a ekologického. Aby nemuselo být využíváno opevnění koryt, minimálně v zastavěném území, je vhodné snížit podélný sklon rozvlněním trasy koryta, zvolit malou kapacitu či větší drsnost koryta (Just et al. 2003). Ke stabilitě koryta přispívá velkou měrou také břehový vegetační porost, jež zpevňuje svými kořeny břehy koryta (Haslam 1997). Dobré je také využít tůní ve vrcholech nárazových oblouků, jež přispívají nejen ke stabilitě, ale také k tlumení energie proudění (Just et al. 2003).

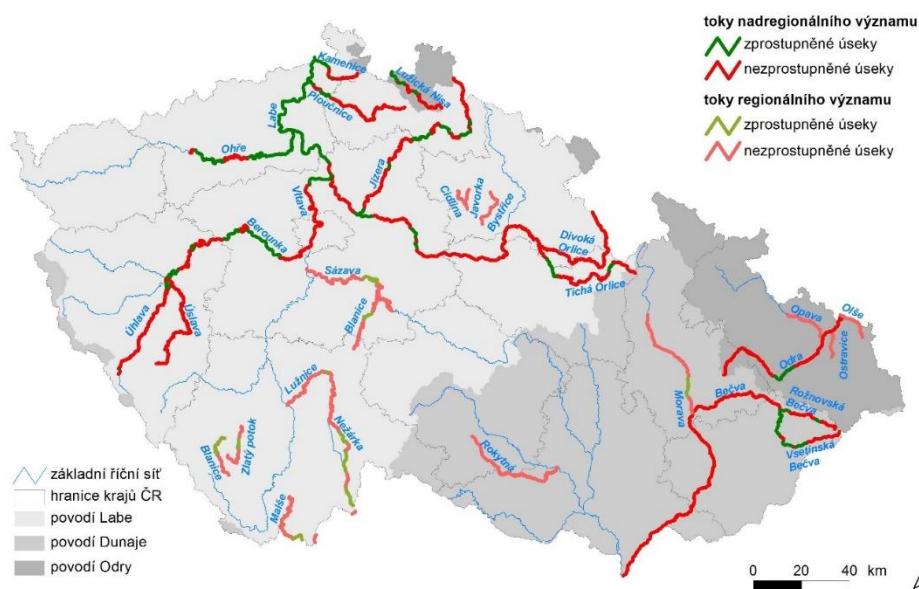
3.5.5 Kapacita koryta

Průtočná kapacita koryta je závislá na příčném profilu (velikost a tvar) a na podélném profilu (drsnost a sklonitost). Zatímco dříve bylo snahou kapacitu koryta převážně zvětšovat, dnes je v rámci revitalizací snahou kapacitu koryta spíše zmenšit, a to především mimo zastavěné území tak, aby docházelo k co největšímu zadržení vody v krajině (Just et al. 2003). Je patrné, že v intravilánu obcí bude potřeba zachovat větší protipovodňovou ochranu než ve volné přírodě. Pokud však vodní tok obklopují luční porosty nebo nivní háje je nepotřebné tato území chránit ohrazováním, ba naopak pro tato území jsou jarní rozlivy z hydrologického a ekologického hlediska velice vhodné. V případě, že pozemky v okolí toků jsou zemědělsky obhospodařované je potřeba volit bezpečností opatření individuálně dle místních podmínek (Kender 2000).

3.5.6 Migrační průchodnost toku

V rámci revitalizace vodního toku musí být také zohledněna migrační průchodnost toku v daném území (Beach 1984). Vodní tok je útočištěm pro mnoho vodních i suchozemských organismů, proto musí být průchodný v obou směrech všem živočichům, pro které je v dané lokalitě migrace přirozená, a musí umožňovat volný projev jejich životních cyklů (Lucas & Baras 2001). Zejména příčné stavby, vzdouvací objekty, trubní propustky a místa s nedostatečnou hloubkou vody představují překážky pro volný pohyb organismů. V případě revitalizací je potřeba zvolit vhodné migračně prostupné spádové objekty např. s rybími přechody (Vrána et al. 2004). Na Obrázku 3 je znázorněn stav migračních průchodnosti nejvýznamnějších toků na území České republiky, z něhož vyplývá, že na našem území

doposud nebylo realizováno mnoho opatření na zprůchodnění vodních toků. Může tomu tak být i z toho důvodu, že v České republice se problematika migračního zprůchodnění říční sítě začala ve větší míře řešit až v 90. letech, kdy byly Ministerstvem životního prostředí spuštěny dotační nástroje řešící tuto problematiku a byla tvořena politika zprůchodňování příčných překážek (Cuřínová et al. 2016). Důležité je tedy se touto problematikou i nadále zabývat a nemyslet jen na technickou úpravu toku, ale i na vodní organismy.



Obrázek 3 – Stav migrační průchodnosti na území ČR z roku 2009.

Zdroj: www.casopis.forumochranyprirody.cz

3.5.7 Vegetační doprovod

Vzhledem k zásahům do kulturní krajiny, jež byly v minulosti realizovány, a které zapříčinily úbytek břehové vegetace, je potřeba při projektování revitalizací klást důraz na návrh ozelenění (Vought & Lacoursiere 2010). Podle zákona č. 254/2001 Sb., o vodách lze vegetační doprovod vodních toků rozdělit na břehový porost a doprovodný porost. Břehový porost leží přímo v břehové hraně nebo v korytě toku a podléhá správě toku. Doprovodný porost se nachází za břehovou hranou ve volné krajině a nepodléhá správě toku. Podle zákona č. 114/92 Sb., o ochraně přírody a krajiny mají vodní toky ochranné pásmo o šířce 50 m, kde by měly být prováděny činnosti bez narušení vodního toku.

Nedostatek pobřežní vegetace způsobuje zvýšení dopadu slunečního záření na hladinu vody, což zvyšuje výskyt makrofytů vyskytujících se zejména v tocích proudících v zemědělské krajině, které jsou bohatší na živiny. Nedostatek vegetace v okolí toku také způsobuje větší zanášení toku sedimentem či zvýšené ohřívání vody slunečním zářením, což nemusí být ku prospěchu některým vodním organismům (Vought & Lacoursiere 2010). Pokud dojde ke správnému návrhu zeleně v okolí vodního toku, přinese tato zeleň hned několik pozitivních funkcí.

Mezi nejzákladnější se řadí dle Kendera (2000) následující funkce:

- zpevňovací – přirozené zpevnění břehů,
- protierozní – ochrana před smyvem půdních částic,
- migrační – podpora migračních cest,
- úkrytová – útočiště nejen pro vodní organismy,
- ekologicko-stabilizační – podpora krajinné rozmanitosti,
- krajinářsko-estetická – údržba krajiny,
- rekreační – zlepšování vzhledu prostředí.

Vegetační doprovod má také řadu funkcí z hlediska biologie a života ryb. Slouží totiž jako stínění vodní hladiny, zdroj potravy pro ryby, ovlivňuje stav vody, výparem snižuje průtok vody korytem, slouží jako zdroj organické hmoty a má čistící účinky (Lusk 1989). Filtrační účinek spočívá v tom, že vegetace podél vodních toků působí jako „síto“, které zachytává materiál nesený vodou. Jedná se především o těžké kovy, biogenní prvky, sediment a další kontaminanty, jež se nacházejí ve vodě (Walczak et al. 2016). Při revitalizaci vodního toku je tudíž potřeba volit vhodnou sadbu místního původu, geneticky čistotou a v dobrém zdravotním stavu (Just et al. 2005).

Snahou každé revitalizace by mělo být vhodné propojení původní zeleně s okolním prostředím (Just et al. 2003). Pro řádné zvolení zeleně je zapotřebí začít s průzkumem terénu a provést zmapování stávajících dřevin. Ponechání stávajících dřevin a jejich vhodné doplnění autochtonními dřevinami ve správném prostorovém uspořádání v budoucnu vytvoří silný základ porostů toku (Vrána et al. 2004).

3.6 Revitalizační opatření

V rámci revitalizačních úprav vodních toků jsou prováděna opatření přímo v korytě vodního toku a v jeho povodí. Důležité je provádět tyto úpravy komplexně v rámci širšího okolí a nesoustředit se pouze na úpravu samotného koryta vodního toku (Leuven & Nienhuis 2001).

3.6.1 Úpravy koryta

Jak uvádí Hynes (1984) vodní tok dodává život krajině. Současně je odrazem aktivit probíhajících v povodí, spojuje různé strukturální prvky a je důležitý pro pohyb všech suchozemských i vodních organismů. Tato fakta je důležité mít na paměti a ke všem úpravám prováděných v korytě toku i v celém povodí přistupovat s maximální obezřetností.

Při projektování revitalizace vodního prostředí je považována za základní právě úprava koryta toku. Primárně dochází k rozvlnění koryta, změně vedení trasy toku a k úpravě příčného profilu toku (Palmer et al. 2014).

Při návrhu meandrujícího koryta toku je důležité neopomíjet přirozenost vodního toku a podmínky dané lokality. Není na škodu trasu jen mírně rozvlnit nebo meandrující tok proložit přímými úseky (Just et al. 2003). Z ekonomického i ekologického hlediska je zásadní ponechat vhodné úseky vodního toku a navázat na ně s úseky revitalizovanými. Změnou trasy

koryta obvykle dochází k prodloužení délky toku a ke zpomalení doby, za kterou voda tokem proteče (Šlezinger 2010).

Tvar navrhovaného koryta by měl být mělký, členitý a s minimálními průtoky, aby nedocházelo k degradaci břehů při průtoku velké vody. Pokud je navrženo mělké koryto s drsným povrchem, dochází zároveň také k pomalejšímu proudění vody a podpoře rozlivu vody do nivy, což přispívá k obnově přirozené stability koryta (Madsen 1995). Podélný profil by měl být členitý a různorodý, čehož dosáhneme střídáním různých sklonů dna a břehů (Just et al. 2003). Při volbě materiálu by měl být preferován přírodní materiál místního původu. Nedoporučuje se využití velkého, drceného, lomového, ostrohranného kameniva stejné velikosti, které působí velice nepřirozeně (Vrána et al. 2004). Avšak vhodně zvolené kamenné pohozy a záhozy působí pozitivně na stabilitu koryta. Neměly by však být použity po celé délce toku, ale jen v kritických úsecích toku (Just et al. 2005). Zatímco v minulosti byla budována koryta především lichoběžníkového průřezu o sklonu svahů 1:1 až 1:2, dnes při snaze dosáhnout přirozeného tvaru koryta je vhodné využít příčný průřez se sklonem svahů 1:3, nejlépe ještě mírnější (Just et al. 2003).

Kapacita koryta, resp. navrhovaný průtok by měl vycházet z platných norem (Vrána et al. 2004). V zastavěném území, kde je zásadní ochrana před povodněmi, je vhodné navrhovat koryto, jež by mělo odolat tzv. padesátileté Q_{50} či stoleté Q_{100} vodě. Naopak pokud tok protéká volnou krajinou, je možné dimenzovat koryto pouze na $Q_{1/2}$ nebo Q_{30d} (Just et al. 2005). Většinou bývají koryta dimenzována na průtoky tzv. velkých vod. U revitalizací však nesmí být opomíjena funkce navrhované úpravy ani při minimálních průtocích (Vrána et al. 2004).

Navrhované koryto by se mělo obejít zcela bez spádových objektů, a to i vzhledem k úpravě délky trasy, která zajistí správný podélný sklon (Just et al. 2003). Avšak pokud je nutné vložení spádových objektů, měly by být zvoleny pružné objekty. Při návrhu příčných staveb a jiných objektů je podstatné zohledňovat také živé organismy a migrační průchodnost toku. Jako řešení jsou poté navrhovány rybí přechody. Vhodné je také zahrnout do revitalizace výstavbu tůní pro přežití organismů v době minimálních průtoků (Vrána et al. 2004).

3.6.2 Výstavba či obnova tůní a mokřadů

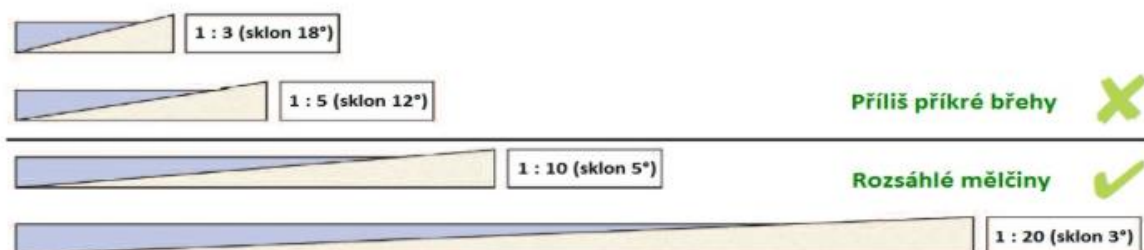
V rámci ucelené revitalizace vodního toku bývají často v nivě budovány či obnovovány tůně a mokřady.

a) Tůně

Just et al. (2003) označuje tůně jako prohlubně v terénu zaplněné vodou, lišící se od malých vodních nádrží především tím, že nejsou opatřeny výpustí a vytvořeny vzdouvacím účinkem hráze. Dle Oduma (1997) jsou tůně malé vodní útvary s menším profundálním a limnetickým pásmem nebo zcela bez něj, avšak s velkým pásmem litorálním. Obecně jsou tůně biotopy, jež mají velký význam pro podporu biodiverzity v okolí toku, slouží jako úkryt pro živočichy, podporují retenční kapacitu území a esteticky obohacují krajinu (De Meester et al. 2005). Pokud jsou tůně spojeny s vodním tokem, mají navíc schopnost zvětšit množství vody v korytě, zachytávat usazeniny nebo tlumit vymílací účinky proudu v korytě.

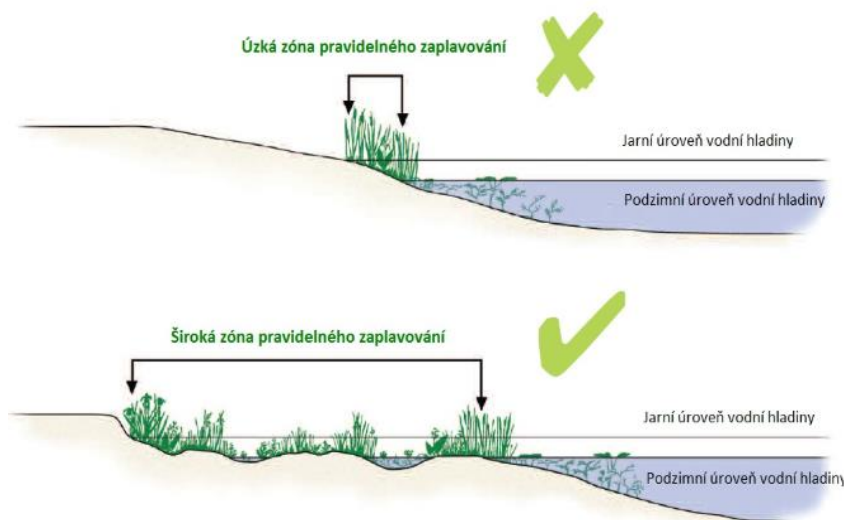
Tvorba tůň se provádí hloubením a je možné je umístit samostatně v nivě toku či mohou být součástí koryta vodního toku (Just et al. 2003). Pokud jsou tedy tůň součástí koryta, jejich plnění bývá závislé právě na hladině vody v toku. Pokud jsou tůň umístěny mimo koryto, mohou být napájeny srážkami, povodněmi nebo průsakem podzemní vody (Moss 2010). Při výstavbě tůň se navrhuje mírně sklonité stabilní břehy (viz Obrázek 4), které nepotřebují opevnění, tím je výstavba značně lacinější než například budování malých vodních nádrží. A právě nižší pořizovací náklady jsou při budování tůň žádoucí, vzhledem k jejich menší životnosti. Tůň, jež jsou součástí koryta, bývají rychle zaneseny sedimentem a boční tůň pak často zarůstají rostlinami. Z tohoto hlediska je pak vhodné budovat větší tůň s možností přelivu vody do okolního terénu (Just et al. 2003). I přesto jsou však tyto objekty důležitým krajinným prvkem.

Dle Justa et al. (2003) jsou při výstavbě tůň v rámci revitalizací vodních toků sledována kritéria jako plocha tůň, objem vody v tůň, sklon břehů, plocha tůň s hloubkou do 0,6 m, délka a členitost břehové čáry nebo rozloha zamokřeného terénu v okolí tůň.



Obrázek 4 – Ideální sklony břehů při budování tůň. Zdroj: www.mokrady.wbs.cz

Ideální je tedy budovat mělké tůň s mírným sklonem svahů a s více členitou břehovou čarou pro podpoření prostorové variability. Při dodržení těchto podmínek budou břehy tůň přirozeně stabilní a bude podpořena zóna s pravidelným zaplavováním, jež podporuje biologický potenciál tůň (viz Obrázek 5). Mírné svahy tůň poté nebude potřeba opevňovat.



Obrázek 5 – Ideální šířka zóny s pravidelným zaplavováním pro litorálního pásma. Zdroj: www.mokrady.wbs.cz

b) Mokřady

Za mokřady bývají považovány plochy, kde hladina vody vystupuje k terénu i nad něj, a přesto nevytváří větší volnou vodní plochu s hloubkou vody nepřesahující 0,6 m. Jedná se o členité prostředí s nedefinovanou hranicí mezi vodou a souší s bohatou druhovou pestrostí (Just et al. 2003). Dle Hejnáka (2004) jsou mokřady trvale zamokřená území se třemi základními aspekty:

- 1) v mokřadech je voda přítomna až k povrchu půdy nebo minimálně do kořenové zóny,
- 2) půda vyskytující se v tomto prostředí má specifické vlastnosti jako např. vysoký obsah živin nebo nízký obsah kyslíku,
- 3) vyskytují se zde pouze rostliny přizpůsobené k trvalému zaplavení.

Mokřadům však v současné době není příliš věnována pozornost, často bývají zemědělsky obhospodařovány namísto toho, aby byly chráněny a jejich funkce byla plně podporována (Kininmonth et al. 2015). Tyto útvary mají v krajině mnoho přínosů, proto je důležitá jejich obnova, popř. jejich nová výstavba (Quin et al. 2015). Mezi nejzákladnější funkce patří pozitivní vliv na biodiverzitu prostředí, retence vody v krajině, stabilizace klimatu, usměrňování povodní rozléváním vody do mokřadu, ochrana proti erozi, podpora zásob podzemní vody, zadržování živin a sedimentů, zlepšování jakosti vody a také zlepšování estetických hodnot prostředí (Kender 2000).

Pro návrh mokřadů nejsou pevně stanovená pravidla, avšak je potřeba vycházet z podmínek dané lokality, věnovat pozornost místní fauně a flóře, případně využít dřeviny na hranici mokřadů jako bariéru před rušivými vlivy okolí (Just et al. 2003). Vrána et al. (1998) uvádí, že mokřad může být také vytvořen jako nízká homogenní hrázka se sklonem návodního svahu 1:3,5 a se sklonem vzdušního svahu 1:5, který může být zatravněn, aby voda při větších průtocích mohla volně přetékat do okolní krajiny.

3.6.3 Obnova říčních ramen

Ač by se mohlo zdát, že stará říční ramena nemají pro krajinu žádný význam, při revitalizacích vodních toků jsou cenným krajinným prvkem a je potřeba dbát na jejich přirozenou obnovu (Veselý 2005). I přesto však často dochází k jejich zániku, a to především důsledkem regulačních zásahů v krajině, při ztrátě aktivního průtoku či jejich zazemňování. Říční ramena však mají z ekologického hlediska přínos pro rostliny i živočichy a z hlediska vodohospodářského slouží jako zásoba vody v nivě a podpora protipovodňové ochrany (Langhammer 2007). V nivách, kde dochází k přirozenému chodu, jsou stará ramena nahrazována rameny novými, avšak v dnešní kulturní krajině je tato možnost obnovy vyloučena. Z toho důvodu je potřeba udržovat a obnovovat funkce ramen technickými metodami – odstraňování usazenin, obnova zprůtočnění. Stejně jako při všech jiných úpravách vodních toků, tak i při obnově říčních ramen je potřeba vycházet z biologického průzkumu dané lokality, tato ramena představují cennou lokalitu pro mnoho organismů (Just et al. 2005).

Obnova říčních ramen je prováděna na obdobném principu jako obnova tůní. Je využito mírných sklonů břehů a členité břehové čáry. Při obnově jsou sledovány parametry jako velikost

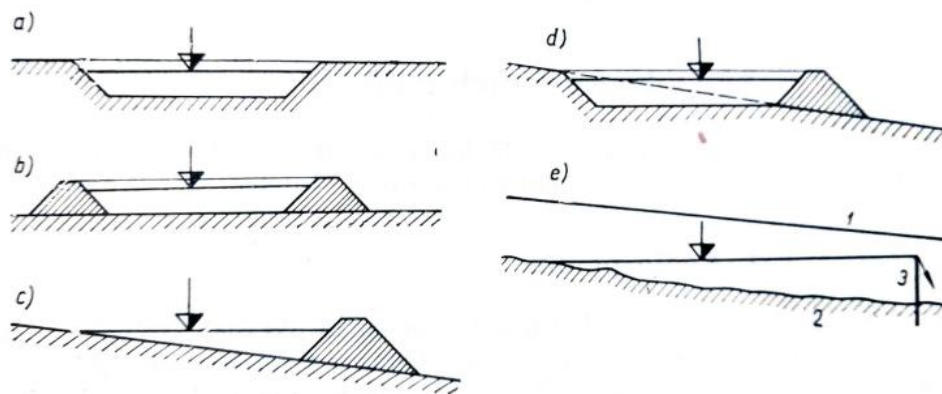
plochy hladiny, mělkovodního pásma či navazujícího příbřežního území. Dále je sledována délka a členitost břehové čáry, objem vody a povodňová průtočná kapacita prvku. Při revitalizaci prováděné v rámci celé nivy je vhodné tvořit ramena, jež mají tvar a funkci podobnou tůním a mokřadům (Just et al. 2003).

3.6.4 Výstavba malých vodních nádrží

Malé vodní nádrže jsou důležitou součástí návrhu revitalizace (Cuřínová et al. 2016). Nedílnou součástí těchto nádrží jsou hráze, spodní výpusti a bezpečnostní přelivy. Nejčastěji se jedná o rybníky, avšak ty slouží především pro chov ryb, proto v rámci revitalizací není tento pojem využíván (Just et al. 2003). Dle ČSN 75 2410 jsou malé vodní nádrže definovány jako nádrže s objemem po hladinu ovladatelného prostoru nepřesahujícím 2 000 000 m³ a s největší hloubkou, jež nepřesahuje 9 m.

Pavlica (1964) dělí malé vodní nádrže podle několika parametrů, a to podle polohy v krajině, výškového umístění v terénu, způsobu napájení vodou a podle funkce. Zohledníme-li umístění nádrží, lze je dělit na návesní, polní, luční, lesní a rašelinné. Podle způsobu napájení vodou existují nádrže nebeské (dešťové), pramenné, průtočné a boční (náhonové). Dále se dělí nádrže dle funkce např. na rybochovné, průmyslové, požární, asanační, meliorační, rekreační, vodárenské, protipovodňové nebo okrasné. V neposlední řadě je možné, jak je také zřejmé z Obrázku 6, nádrže rozdělit podle výškového umístění na:

- a) zahloubené,
- b) hrázové,
- c) údolní,
- d) kombinované,
- e) podzemní.



Obrázek 6 – Rozdělení nádrží podle výškového umístění v terénu. Zdroj: Pavlica 1964

Dle Cuřínové et al. (2016) plní malé vodní nádrže funkci akumulacní, ochrannou (retenční), protierozní, sedimentační, krajnotvornou, okrasnou, rekreační, stabilizační, kompenzační či infiltrační. Tyto objekty jsou vhodným řešením hospodaření se srážkovými vodami a při revitalizacích jsou využívány z mnoha pozitivních důvodů, jimiž jsou například:

- zásoba vody v krajině,
- shromažďování přebytku odtoku srážkových vod,
- řízené obohacování podzemních vod,
- zlepšení průtoku vody ve vodotečích v suchém období,
- napájení nádrží či mokřadů,
- příznivé ovlivňování průběhu velkých vod,
- vytváření zásoby vody pro zavlažování kulturních plodin,
- ochrana biotopů, součást biocenter a biokoridorů,
- poutání povrchových smyvů,
- zvyšování estetického účinku krajinného prostředí,
- příznivé ovlivňování jakosti srážkových vod.

Malé vodní nádrže kromě výše uvedených vodohospodářských důvodů plní také funkci biologickou, kdy se v rámci revitalizací stávají klíčovým biotopem pro vodní i mokřadní flóru a faunu (Vought & Lacoursiere 2010).

Před návrhem malé vodní nádrže je potřeba nejdříve důkladně zhodnotit danou lokalitu a určit, zda bude vhodnější vybudovat nádrž obtokovou či průtočnou. Přičemž nádrž průtočná je umístěna přímo na toku a nádrž obtoková mimo něj (Pavlica 1964). Nádrž obtokovou lze ještě rozdělit na boční a obtékanou. Boční nádrž bývá budována na jednom břehu vodního toku a od toku je často oddělena dlouhou a vysokou dělicí hrází. Oproti tomu obtékaná nádrž je vystavěna tak, aby zaujíkala většinu šířky údolí a obtoková strouha je spojena s obvodem nádrže bez výrazného zahloubení. V rámci revitalizací je u malých vodních nádrží stejně jako u koryt vodních toků příhodné volit mírné sklony břehů, rozvíjející pro organismy cenné litorální pásmo po obvodu nádrže. Vhodné je také volit sklony břehů okolo 1:5, avšak pro plnohodnotné litorální pásmo o hloubce do 60 cm je správné volit sklony 1:10 a mírnější. Vždy by však projektant měl vycházet z přirozených sklonů terénu.

Obecně lze říci, že za revitalizovaný objekt lze považovat takovou novou nádrž, která nahrazuje méně hodnotné území. Naopak za revitalizovanou nelze označit vodní nádrž, jež vznikla poškozením cenného přírodního prostředí, nebo pokud by nádrž zaplavovala přírodní nivy, přirozená koryta toků, mokřady, tůň či jiné části hodnotného přírodního prostředí (Just et al. 2003).

Výstavba revitalizačních nádrží je podmíněna ČSN 75 2410 o malých vodních nádržích, tudíž všechny technické a bezpečnostní požadavky plynou právě z této normy. Každou malou vodní nádrž je potřeba opatřit vhodnými objekty dle platných předpisů (ČSN 75 2410).

a) Hráz

Hráz je nejdůležitějším prvkem malých vodních nádrží, vzhledem k její bezpečnostní funkci. Podstatné je tedy pečlivě zvolit umístění osy, materiál, tvar, způsob založení, průsaky a ochranu svahů hráze (Vrána & Beran 2013). Zároveň je z pohledu revitalizace nutné sledovat především výšku hráze nad terénem, sklon a opevnění návodního líce, převýšení hráze nad normální hladinou vody, šířku koruny hráze, sklon vzdušního líce, provedení návodního líce hráze, využití podhrází (např. vytvoření tůní) a vegetaci na hrázi i v jejím okolí. Při návrhu velikosti a výšky hráze je nutné vycházet z ČSN, ovšem velikost hrázového tělesa by neměla být bezdůvodně naddimenzována, aby hráz v krajině nepůsobila nepřírodným dojmem (Just et al. 2003).

Hráze jsou děleny podle druhu použitého materiálu na homogenní a nehomogenní. Homogenní hráze jsou budovány pouze z jednoho materiálu, nejčastěji jím bývá zemina, která bývá využívána především z místních zdrojů (Fiala et al. 1980). Zeminy pro homogenní hráze musí splňovat požadavek dostatečné nepropustnosti a konstrukční stálosti. Nejvhodnější jsou písčité hlíny a hlinitojílovité písky (Vrána & Beran 2013). Naopak nehomogenní hráze jsou složeny z několika druhů zemín, přičemž typy zeminy jsou v průřezu hráze odstupňovány, kdy u návodního líce je zemina nejméně propustná (Fiala et al. 1980). Co se týče tvaru hráze, mívají zemní hráze malých vodních nádrží nejčastěji tvar lichoběžníku nebo složeného lichoběžníku (Slavík & Neruda 2014).

Sklon svahů hráze bývá volen s ohledem na typ použité zeminy, avšak je lepší vyhýbat se jílovitým půdám, kvůli jejich nedostačující soudržnosti. Podstatné je také zaměřit se na opevnění návodního svahu, které musí být stabilní vůči působení tlaku vody. Při sklonu návodního svahu mírnějším než 1:2 se navrhuje opevnění pohozelem. Vzdušní svah je potom nejčastěji chráněn vegetací (Fiala et al. 1980).

Šířka koruny hráze je dána tím, zda je zde vedena komunikace či nikoliv. Pokud je po koruně hráze vedena komunikace, návrh její šířky se řídí podle ČSN. Není-li po koruně hráze vedena trvalá komunikace, měla by být šířka minimálně 3,5 m pro občasný přejezd vozidel k provozu a údržbě nádrže. Pokud je pojezd jakýchkoliv vozidel zcela vyloučen, je šířka koruny dána technologií provádění (Vrána & Beran 2013). V rámci revitalizací by však mělo být pečlivě zváženo, zda je umístění komunikace na korunu hráze nutné či nikoliv (Just et al. 2003).

Důležitým aspektem při výstavbě hrází je také způsob a hloubka jejich založení do podloží vzhledem k tomu, že by mohlo docházet k průsakům vody pod hrází. Prosakující voda představuje větší nebezpečí právě u zemních hrází, proto je nezbytné připravit vhodným způsobem základovou spáru např. odstranit z území nevhodnou vegetaci nebo neúnosnou zeminu. Prosakující vodu je poté nutné odvést pomocí odvodňovacího systému, jež zajistí bezpečné odvedení vody (Vrána & Beran 2013).

b) Bezpečnostní přeliv

Bezpečnostní přeliv slouží u malých vodních nádrží k ochraně před povodňovými průtoky. Jeho návrh je nezbytný především u všech průtočných nádrží. Úkolem bezpečnostního přelivu je chránit hráz před poškozením a přelitím a údolí před škodami způsobenými přelitím nebo poškozením hráze (Vrána & Beran 2013). Při výstavbě malých vodních nádrží je podstatné navrhnout kapacitně vyhovující bezpečnostní přeliv (Just et al. 2003). Přičemž tyto případy u malých vodních nádrží nemusejí být hrazené a nevyžadují obsluhu při průchodu povodňové vlny. Bezpečnostní přelivy se navrhují na provedení navrhovaného kulminačního průtoku, který je dán nejčastěji nejvyšší hodnotou Q_{100} . Návrh typu, materiálu a umístění bezpečnostního přelivu vychází z výpočtu rozměrů přelivu, tj. délky přelivné hrany a výšky přepadového paprsku při průchodu navrhovaného kulminačního průtoku. Poté je možné přistoupit k technickému řešení, kdy lze využít několik typů bezpečnostních přelivů – korunový, přímý, boční, kašnový, šachtový, kombinovaný a speciální. Korunový přeliv je budován v koruně hráze. Přímý bezpečnostní přeliv je umístěn do čelní hráze. Skládá se z konstrukce vlastní přelivné hrany, zařízení pro odvedení vody pod hráz, zařízení pro tlumení energie přepadající vody a napojení odpadu od přelivu do koryta (Vrána & Beran 2013). Boční přeliv je situován do boku nádrže a přepadová hrana je umístěna mimo těleso hráze, přičemž vodu odvádí skluzem většinou pod hráz (Fiala et al. 1980). Kašnový bezpečnostní přeliv je navrhován tam, kde je délka přelivné hrany příliš dlouhá pro přímý přeliv (Vrána & Beran 2013). Tento přeliv má korunu rozvinutou do křivky a vodu odvádí potrubím nebo deskovým propustkem pod hrází (Fiala et al. 1980). Podmínkou pro tento přeliv jsou vhodné základové poměry ve dně nádrže. Šachtový přeliv je tvořen svislým válcovým tělesem se zaoblenou horní hranou, jež tvoří přelivnou hranu. Tento typ přepadů je u malých vodních nádrží málokdy využíván. Kombinované přelivy spojují v jednom objektu funkci výpustného zařízení, bezpečnostního přelivu i odběrného objektu. Posledním druhem bezpečnostního přelivu je speciální přeliv, který je využíván zejména jako nouzový (Vrána & Beran 2013). Tento druh přelivu má za úkol snížit zatížení hlavního přelivu při povodňových průtocích (Fiala et al. 1980).

V rámci revitalizací je přijatelnější volit korunové přelivy opevněné kamenným zdivem nebo rovnaninou, nežli přelivy s přepadovými hranami a odpadními koryty z litého betonu. Důležité je správné umístění bezpečnostního přelivu. Vhodné umístění je ke straně údolí nebo do rostlého terénu (Just et al. 2003).

c) Výpustné zařízení

Výpustné zařízení u malých vodních nádrží slouží k regulaci hladiny a zároveň k úplnému vypuštění nádrže. Musí být navrženo tak, aby umožnilo bezpečné vypuštění nádrže v požadovaném čase. Nejčastěji bývá umístěno u čelní hráze v nejnižším místě nádrže. Každé výpustné zařízení se skládá z uzavíracího prvku (Vrána & Beran 2013). Volba materiálu, z něhož je vybudováno výpustné zařízení, ovlivňuje začlenění vodní nádrže do krajiny. Příhodnější je tedy volit přírodní materiály v podobě kamenných obkladů nebo dřevěných požeráků. Avšak primární je funkčnost a účelnost výpustného zařízení (Just et al. 2003). Konstrukci výpustného zařízení lze zvolit otevřenou nebo uzavřenou. Otevřená výpust je stavebně upravený otvor na celou výšku hráze, jež je uzavřen pohyblivou jezovou konstrukcí.

Otevřený výpustný objekt se používá u hrází s výškou do 6 m a při hloubce vody u závěru do 4 m (Fiala et al. 1980). Uzavřená výpust neboli trubní je u malých vodních nádrží využívána mnohem častěji. V tomto případě je voda vedena potrubím skrz těleso hráze. Jako uzávěr se využívají šoupátka, stavítka, klapky, ale nejčastěji požeráky (Vrána & Beran 2013).

d) Objekty k zachycování splavenin

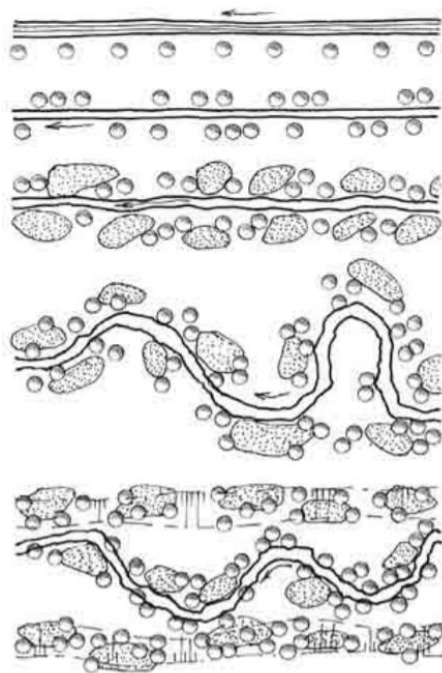
Dalším důležitým prvkem jsou objekty, jež chrání nádrž před zanášením splaveninami. U revitalizačních nádrží není vhodné využívat technické usazovací nádrže a žlaby. Mnohem přijatelnější je využít tůň v přítoku nádrže nebo usazovací prostor před nádrží či v jejím přítoku (Just et al. 2003).

e) Doplnky revitalizovaných nádrží

Vhodné je v rámci revitalizačních nádrží využívat různých doplňků, jež přispějí k přirozenějšímu začlenění nádrže do krajiny. Takovým pozitivním doplňkem mohou být ostrůvky, solitérní kameny či stromy (Just et al. 2003). Tyto prvky by měly vždy působit přirozeným dojmem. Umístěním solitérních kamenů do koryta toku je dosaženo snížení rychlosti proudění vody a navíc jsou také vhodným doplňkem pro mnoho živočichů (Slavík & Neruda 2014). Výstavba ostrůvku uprostřed nádrže slouží jako úkryt pro ptactvo, prodlužují břehovou čáru a rozšiřují mělkovodní pásmo. Ostrůvek by měl být vzdálen alespoň 50 m od břehu a oddělen průlivem, kde má voda hloubku alespoň 1 m. Důležité pro vodní ptactvo je, aby byl tento prvek nanejvýše 30 cm nad hladinou vody a měl pozvolné břehy (Just et al. 2003).

3.6.5 Vegetační úpravy

Při úpravách terénu je důležité zachovat co největší počet původních dřevin a kácení provádět jen v opodstatněných situacích. Důležité je obnovit a doplnit břehový, ale i doprovodný porost podél obou břehů vodního toku a jednotlivých objektů. Je možné zvolit jednotlivou výsadbu stromů, skupinovou nebo kombinovanou. Jednotlivá výsadba stromů není z krajinářského hlediska příliš vhodná (Just et al. 2003). Při návrhu zeleně by měla být zvolena kombinace stromů a keřů různých druhů, tato druhová rozmanitost poté obecně vede k vyšší diverzitě a hojnosti, nežli monokultury podél břehů toků. Navíc tato kombinace odpovídá přirozenému prostředí a keřové patro je podstatné pro existenci mnoha živočichů (Vought & Lannerstad 2001). Přírodě blízká je nepravidelná spíše skupinová výsadba vegetace, nežli liniová výsadba podél břehové hrany (viz Obrázek 7). Vhodné je také ponechat 30 – 40 % délky toku bez osázení. V rámci úspor by mělo být ponecháno šíření pionýrských dřevin náletem a cílové dřeviny by měly být voleny pomalu rostoucí a dlouhověké (Vrána et al. 2004). Do revitalizace vodního toku je možné také zahrnout lesnickou výsadbu, kde se uplatní především pestřejší skladba dřevin, zároveň však nesmí být opomenuta přirozenost skladby pro dané stanoviště. Pokud nechceme ozeleňovat vybrané území souvisle, je možné využít skupinovou výsadbu, kdy stromy a keře osážíme v menších skupinách (Just et al. 2003).



Obrázek 7 – Strukturovaná výsadba dřevin u vodních toků.
Nahoře pravidelná výsadba, dole nepravidelná výsadba.

Zdroj: Just et al. 2003

Při volbě konkrétních druhů dřevin vhodných pro revitalizaci je možné použít například vrby, které jsou rychle rostoucí, a v České republice jich roste přirozeně hned několik druhů. Vrby jsou odolné, dobře snášejí slunce, vyžadují vlhká prostředí a také dobře snášejí kolísání vody. Dále je vhodné vysadit například olši lepkavou, což je odolný světlomilný strom, který dobře snáší vlhké prostředí (Šlezinger 2005). Klasickou dřevinou, jež roste kolem vodních toků na našem území, jsou duby. Duby sice dobře nesnášejí záplavy, avšak svými mohutnými kořeny výborně zpevňují břehy toků (Folzer et al. 2006). Další možnou dřevinou je jasan ztepilý, což je velice kvalitní strom rostoucí v lužních lesích. Jedná se o vitální strom dobře snášející zastínění a nemající rád stagnující vodu. Strom, který naopak lépe snáší stagnující vodu je javor mléč nebo střemcha obecná. Nezastupitelné místo při revitalizacích má také lípa velkolistá a lípa malolistá. Obě tyto dřeviny jsou vitální a přizpůsobí se snad všem vlhkostním a světelným podmínkám (Just et al. 2003). Dalším velice odolným stromem jsou břízy, dobře se přizpůsobí vlhkým i suchým místům, avšak nesnášejí území s kolísající vodou (Ranney & Bir 1994). Poměrně cennou domácí dřevinou, rostoucí kolem našich největších českých řek a dobře snášející vlhkost, je topol černý. Kolem toků by však neměly být vysazovány kultivární topoly, jež jsou nevhodné biologicky i technicky. Tyto druhy by měly být naopak postupně nahrazeny přirozenými druhy. Při vysazování dřevin dál od vodního toku, je možné využít dřeviny jako je buk letní, habr obecný, trnka obecná nebo hloh jednosemenný (Just et al. 2003).

Revitalizační návrhy se obvykle neobejdou bez založení travino-bylinných porostů. Jedná se především o ozelenění obnažené půdy po různých úpravách terénu. Vhodnou směs pro osetí je třeba volit podle účelu porostu, který může být zakládán z důvodu stabilizace břehů nebo obecně pro založení lučního porostu. Rostlinné druhy, jež vyséváme v okolí vodních toků,

by měly odolávat měnícím se klimatickým vlivům a chorobám (Šlezinger 2005). Není však vhodné v rámci revitalizací využívat obchodních květnatých směsí, které mohou mít pochybný původ a složení. Pro krajinu je prospěšnější využít přirozené sukcese, kdy je půda ponechána ladem a vegetace se sama přirozeně ustálí. Tento způsob se využívá, pokud není technicky nutné plochu osévat. Pokud je potřeba svahy stabilizovat okamžitě, je možné použít travní směs se základními druhy (Just et al. 2003). Existuje nespočet druhů vodních a příbřežních rostlin, které dobře odolávají zatopení území, jedná se například o orobinec širokolistý, orobinec úzkolistý, rákos obecný, šmel okoličnatý, zevar jednoduchý, puškvorec obecný, kosatec žlutý, ostřice pobřežní a chrastice rákosovitá (Kender 2000). Primární je zvolit správnou druhovou skladbu rostlin, jež dokáže po roce snížit účinek eroze až o 90 % (Šlezinger 2005).

3.6.6 Zapojení stávající drenáže do revitalizace

Především v 19. a 20. století docházelo na našem území k výstavbě odvodňovacích staveb, jejichž hlavním účelem bylo odvádění přebytečné vody z pozemků. Mnohdy tyto stavby v krajině zůstaly dodnes a bývají opomíjeny a neudržovány. Příčinou mohou být nedostatečné praktické znalosti, složitost vlastnicko-uživatelských vztahů i nedostatečná znalost o přesném umístění těchto staveb (Cuřínová et al. 2016). Pokud však dojde k obnově odvodňovacích staveb, mohou plnohodnotně splňovat požadavky na oboustrannou úpravu vodního režimu půd a mohou významně ovlivnit bilanci vody v krajině (Peskova & Stibinger 2015).

Odvodňovací stavby se na zemědělských pozemcích České republiky nejčastěji budovaly v podobě podzemních drenážních systémů (Fiala et al. 1980). Drenážní systém je soubor potrubí vybudovaných pod půdním povrchem, jenž má za úkol odvést přebytečnou vodu z pozemků do recipientu (Peskova & Stibinger 2015). Recipientem může být vodní tok, otevřený příkop, nádrž či zatravněný průleh (Cuřínová et al. 2016). Drenážní systém se skládá ze souboru drénů, které jsou nejčastěji z plastických hmot, v minulosti také z kamene, dřeva a pálené hlíny. Drény mají po celé své délce spáry, kterými přijímají vodu a dále ji gravitačně odvádějí pryč z území. Z toho důvodu musí mít drény dostatečný sklon (Fiala et al. 1980). Drenážní systém odvádí vodu převážně z gravitačních půdních pórů a může být funkční pouze za předpokladu, že hladina podzemní vody je nad úrovní drenážního potrubí (Cuřínová et al. 2016). Fiala et al. (1980) uvádějí, že drény lze rozdělit na ojedinělé či na soustavu drénů. Ojedinělé drény jsou využívány především tam, kde je zamokření místního významu (např. malý vývěr). Soustava drénů bývá budována tehdy, je-li potřeba odvodnit velké plochy pozemků, poté se jedná o tzv. odvodnění plošné. Primárně rozdělujeme drény na sběrné a svodné. Sběrné drény odvádějí vodu ze zamokřeného pozemku do svodného drénu, poté do výusti a odtud jde voda přes odvodňovací kanál do recipientu.

I přesto, že návrh drenáže není v souladu s principy revitalizace, je potřeba neopomíjet možný výskyt drenáží vybudovaných na pozemcích již v minulosti. Proto je při projektování revitalizačních opatření důležité provést důkladné zmapování lokality a případné drenážní systémy vhodně zakomponovat do daného projektu. V České republice je v souvislosti se změnou klimatu a jejím vlivem na vodní zdroje důležité realizovat adaptační opatření (Cuřínová et al. 2016). Primárně je vhodné se soustředit na regulaci drenážního odtoku nebo inovaci drenážních systémů, a tím přispívat ke správnému hospodaření s vodou v zemědělsky intenzivně obhospodařovaném povodí (Peskova & Stibinger 2015).

3.7 Přínosy revitalizace

Zatímco v minulosti bylo snahou odvést vodu z území co možná nejrychleji. Dnes, kdy je stále větší sucho, je snahou vodu do krajiny opět navrátit a obnovit členitost krajiny. Úloha revitalizace spočívá ve vytvoření členitého koryta o menší kapacitě a menším zahloubení, aby průtok vody vodním prostředím byl pomalejší a voda měla možnost navrátit se zpět do krajiny (Just et al. 2003).

Při správně navržené revitalizaci vodního toku, je možné dosáhnout hned několika pozitivních efektů (Just et al. 2005). Jestliže je revitalizací vybudováno koryto o malé kapacitě s menší rychlostí proudění vody, bude koryto mnohonásobně stabilnější a méně náročné na opevnění. Zároveň pokud je navrženo koryto bez opevnění případně s opevněním kamenným pohozením, dojde ke zvětšení biologicky aktivního povrchu koryta a tím i k oživení dna koryta (Just et al. 2003). To přináší jednoznačně pozitivní vliv na intenzitu procesů infiltrace vody, kterou na dně koryta zajišťují bentický živočichové, kteří mají v takto upraveném korytě lepší životní podmínky (Hynes 1970). Intenzita samočištění je závislá na době a intenzitě kontaktu znečištěné vody s biologicky aktivním povrchem (Just et al. 2003). Při vybudování meandrujícího koryta, dojde jednak k prodloužení délky, ale také ke zmírnění podélného sklonu, což s sebou nese pozitivní účinek v podobě prodloužení doby průběhu vody určitým úsekem. Voda tudíž má možnost se lépe přirozeně infiltrovat při průtoku korytem (Lancaster 2006). Revitalizace také kladně přispívá ke zvětšení zásoby vody v nivě (Just et al. 2003). Pokud je vybudováno mělké koryto, dojde tím ke zvětšení hladiny podzemní vody a k podpoře rozlivu vody do nivy, což nemá pozitivní vliv pouze pro faunu a flóru, ale také pro zemědělství, jež je v širším okolí provozováno. Dále dochází k obnově povodňového rozlivu a ke zpomalení průběhu povodně (Deng et al. 2019). Jestliže jsou odstraněny příčné objekty v korytě, zlepši se obousměrná migrační prostupnost koryta (Beach 1984). Migrační prostupnost toku, řeší také zákon 254/2001 Sb., o vodách, který uvádí, že vodní díla nemohou vytvářet překážky pro pohyb vodních živočichů a zároveň musejí zohledňovat ochranu vodních a na vodu vázaných ekosystémů, což přináší pozitivní účinek pro všechny organismy. Pokud jsou revitalizační opatření prováděna na nehodnotných degradovaných pozemcích, přidávají těmto územím biologickou i krajinářskou hodnotu, což je velice přínosné z krajinářského i ekologického hlediska (Just et al. 2003). V neposlední řadě lze také říci, že revitalizace koryt a niv se podílí na zlepšení estetické hodnoty krajiny, zvyšuje malebnou povahu oblasti a tím zpřijemňuje rekreaci v přírodě (Maslanka & Kostuch 2015).

4 Zhodnocení podkladových údajů

Pro realizaci projektu bylo zvoleno zájmové území ležící ve Středočeském kraji, severozápadně od města Nymburk, mezi obcemi Dvory a Veleliby. V těchto místech se nachází místní vodoteč Liduška, jež protéká intenzivně zemědělsky obhospodařovanou krajinou. Před konkrétním návrhem, jak přispět k obnově retenční schopnosti půdy v okolí toku, byl proveden průzkum terénu a zhodnocení dané lokality. Projekt také vycházel z archivních projektových dokumentací z roku 1958 poskytnutých státním podnikem Povodí Labe a také z projektové dokumentace z roku 2017, jež byla vyhotovena v rámci revitalizace části vodního toku Liduška.

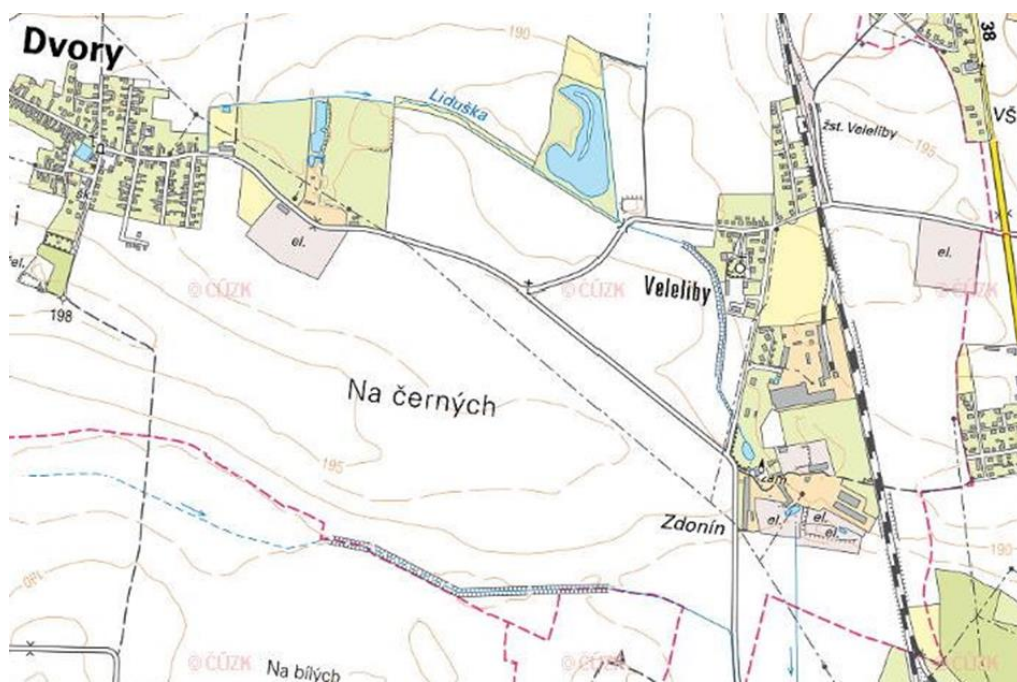
4.1 Vývoj zájmového území

O vodoteči Liduška není dochováno příliš historických údajů, avšak z historických map pořízených při prvním vojenském mapování v letech 1764-1768 je patrné, že tento vodní tok existoval již v 18. století. Je však pravděpodobné, že vodoteč byla vybudována ještě před těmito lety, jelikož první zmínky o obci Dvory, kde vodní tok pramení, jsou z 16. století. Z těchto map je také patrné, že tok od 18. století prošel řadou změn. Zatímco v období prvního vojenského mapování byl tok poměrně rovný bez jakéhokoliv meandrování. V 19. století byly převážně v prvních kilometrech vodního toku provedeny změny a tok byl mírně rozvlněn, ovšem mapy z 20. století poukazují na opětovné navrácení k přímému tvaru koryta toku. Zároveň je z historických vodohospodářských projektových dokumentací zřejmé, že v roce 1959 bylo navrženo drenážní potrubí v okolí toku, a to z levé i pravé strany vodoteče. Toto potrubí bylo vybudováno na mírně svažitéch pozemcích a poté vyústěno do vodního toku Liduška, který až do dnešní doby slouží jako recipient pro zmíněné drenážní potrubí. Z map lze také vyčíst, že okolní pozemky toku byly v minulosti rozděleny na menší hony a zároveň byly využívány pro zemědělství. V současné době je půda intenzivně obhospodařovaná soukromým zemědělcem, jenž hospodář v konvenčním zemědělství. Historické podklady také zaznamenaly značný vývoj dřevin v okolí vodního toku. Zatímco v minulosti bylo využito především liniové výsadby stromů, v současné době se v okolí toku vyskytuje převážně kombinovaná výsadba. Za zmínku také stojí, že v severní části obce Dvory, kde také pramení vodní tok Liduška, byl dříve les, který zanikl a nyní půda slouží v těchto místech k zemědělské činnosti. Parcely byly dříve více členité a velká část jich byla rozdělena stromořadím, které zůstalo dochováno jen na některých místech. V roce 1992 byly v rámci restitucí okolní pozemky vodního toku Liduška navráceny soukromému zemědělci, který se v současné době pokouší o revitalizaci vodního toku. V roce 2007 byla v rámci první části revitalizace vodního toku vybudována malá vodní nádrž a upraven první úsek vodního toku. V roce 2018 došlo k realizaci druhé etapy revitalizace, jež navázala na první etapu. V této etapě byly vybudovány tři tůňe, dvě u obce Dvory a třetí u obce Zdonín. Zároveň byla provedena úprava dalšího úseku vodního toku.

4.2 Charakteristika lokality

Pro realizaci revitalizace byl zvolen vodní tok Liduška a jeho přilehlé pozemky. Lokalita se nachází v katastrálním území Dvory u Nymburka (viz Obrázek 8). Vodní tok začíná vývěrem

mezi poli západně od obce Dvory. Dále se voda soustředí uprostřed obce Dvory ve vodní nádrži a odtud následně tok pokračuje a protéká mezi ornou půdou, obcí Veleliby a poté zastavěným územím obce Nymburk, kde následně ústí do řeky Labe. Z geomorfologického hlediska spadá území do provincie Česká vysočina, do subprovincie Česká tabule, do oblasti Středočeská tabule, do celku Středolabská tabule. Nadmořská výška lokality je cca 190 m n. m. a jedná se převážně o rovinnatý terén s místy se vyskytujícími mírnými svahy (ČÚZK 2008). Toto území není součástí zvláště chráněných území, ostatních území chráněných předpisy o ochraně přírody a krajiny, ani chráněných ložiskových území. Avšak vodní tok slouží jako významný biokoridor a je důležitý pro místní ekosystémy. Biokoridor začíná u Čileckého potoka, vede přes zemědělsky obhospodařovanou půdu až k vodnímu toku Liduška, přes který postupně přechází dále k Nymburku. Vodoteč je doprovázena řídkou za to kvalitní břehovou vegetací.



Obrázek 8 – Přehledová katastrální mapa 1:16 000. Zdroj: www.cuzk.cz

Povodí dané lokality tvoří z největší části zemědělská půda, konkrétně se jedná o ornou půdu. Dále se v povodí nachází zastavěné území, v podobě cest a obcí. Větší procento zaujímají také sady převážně ovocné. A na zbytku území náleží vodní plochy a lesy. Přibližně lze říci, že druhy pozemků jsou ve složení – 65 % orná půda, 17 % zastavěné území, 10 % sady, 5 % vodní plochy a 3 % lesy (ČÚZK 2008).

4.2.1 Klimatologický průzkum

Dle Tabulky 1 celé zájmové území spadá do teplé oblasti T2, která se vyznačuje dlouhým, teplým a suchým létem, velmi krátkým přechodným obdobím, teplým až mírně teplým jarem a podzimem, krátkou, mírně teplou a suchou až velmi suchou zimou a velmi krátkým trváním sněhové pokrývky (Quitt 1971). V nadmořské výšce dané lokality je průměrné množství atmosférických srážek asi 600 mm za rok. Maximální měsíční úhrny srážek (kolem 70 mm) odpovídají červnu až srpnu (ČHMÚ 2009).

Tabulka 1 – Charakteristika klimatické oblasti. Zdroj: Quitt 1971

Charakteristika	T2
Počet letních dní	50-60
Počet dní s prům. teplotou do 10°C a více	160-170
Počet dní s mrazem	100-110
Počet ledových dní	30-40
Prům. lednová teplota	-2 až -3
Prům. červencová teplota	18-19
Prům. dubnová teplota	8-9
Prům. říjnová teplota	7-9
Prům. počet dní se srážkami 1 mm a více	90-100
Srážkový úhrn ve vegetačním období	350-400

4.2.2 Hydrologický průzkum

Z hydrologického hlediska patří území do povodí 1-04-05 Mrlina a Labe od Mrliny po Výrovku (ČHMÚ 2009). Erozní bázi lokality je Liduška, která protéká směrem k jihu a vlévá se z pravé strany do Labe. Lokalita se nenachází v žádné chráněné oblasti přirozené akumulace vod ani v ochranném pásmu vodních zdrojů, pouze ve II. pásmu ochrany přírodních léčivých zdrojů podle zákona č.164/2001 Sb., o přírodních léčivých zdrojích, zdrojích přírodních minerálních vod, přírodních léčebných lázních a lázeňských místech a o změně některých souvisejících zákonů (ArcGIS 2015). Zájmové území se nachází v povodí drobného vodního toku. Z hlediska kategorizace vodních toků s malým povodím lze vodní tok zařadit do kategorie A – Potoky nížin. Tuto kategorii lze charakterizovat následovně – Q_{330d} menší než 120 l/s, nadmořská výška do 350 m n. m., střední sklon toku do 2 promile, rybí pásmo cejnové, od 200 m n. m. parrmové, vyrovnaný podélný profil, bahnitě sedimenty, hlinité břehy. Z Tabulky 2 je patrné, že plocha povodí je 15,34 km², což se řadí mezi malá povodí. Ovšem tok společně s povodím tvoří v této lokalitě důležitý biokoridor pro místní ekosystémy. Správcem vodního toku a povodí je Povodí Labe s. p.

V povodí vodního toku Liduška se nenachází žádná větší vodní nádrž, jež by značně mohla ovlivnit vodní režim povodí. Z map Výzkumného ústavu vodohospodářského je patrné, že v okolí se nacházejí pouze menší rybníky v intravilánu obcí. V těsné blízkosti vodního toku pak leží tři tůňe, jež byly vybudovány v rámci revitalizací v letech 2007 a 2018. Největší vodní tok, jenž se nachází v blízkosti vodního toku Liduška a do kterého také ústí, je řeka Labe. Liduška se do Labe vlévá v intravilánu města Nymburk. Řeka Labe je jednou z největších řek v Evropě a má velký význam pro celé území. V širším okolí vodního toku Liduška lze najít řeku Mrlinu a Výrovku. Z menších toků zde také leží potok Vlka, Hluboký příkop, Čilecký kanál, Klobuš, Klobuška či Stračí potok. Do vodního toku Liduška ústí šest bezejmenných toků, jež slouží převážně jako odvodnění zemědělské půdy (VÚV 2019).

Tabulka 2 – Hydrologické údaje vodního toku ke dni 11. 5. 2016. Zdroj: Povodí Labe s. p.

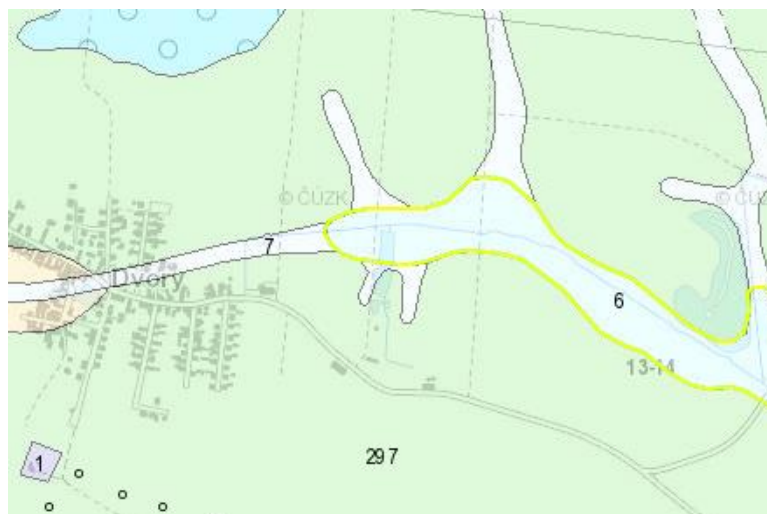
Vodí tok	Liduška		
Číslo hydrologického pořadí	1-04-05-0680-0-00		
Profil	Dvory u Nymburka, cca 5,5 ř. km		
Souřadnice v S-JTSK	x= -699550 m, y= -1034616 m		
Plocha povodí	15,34 km ²		
Dlouhodobá prům. roční výška srážek na povodí	544		mm
Dlouhodobý prům. průtok	2,7	l.s ⁻¹	IV. třída

M-denní průtoky Q_{Md} [l.s ⁻¹]													
30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	355	364	Třída
7,2	4,4	3,0	2,2	1,7	1,3	1,0	0,75	0,5	0,3	0,1	0	0	IV.

N-leté průtoky Q_N [m ³ .s ⁻¹]							
1	2	5	10	20	50	100	Třída
0,35	0,59	1,05	1,53	2,07	3,04	3,90	IV.

4.2.3 Geologický průzkum

Z hlediska regionálně-geologického členění Českého masívu spadá zájmové území do oblasti české křídové pánve, a to do prostoru s labským litofaciálním vývojem. Skalní podklad širšího okolí lokality tvoří horniny jizerského souvrství (svrchní, střední turon), které jsou zastoupeny převážně vápnatými slínovci marinní geneze. Svrchní část geologického sledu reprezentují nezpevněné kvartérní sedimenty, zejména jílovitý zvětralínový plášť podložních křídových hornin a v okolí vodního toku Liduška nivní a smíšené uloženiny (viz Obrázek 9). Rozhraní mezi kvartérními uloženinami a podložními eluviálně rozloženými slínovci bylo zastiženo v hloubkách okolo 1,3 m (ČGS 2013).



Obrázek 9 – Geologická mapa 1:50 000. Zdroj: www.geology.cz

4.2.4 Hydrogeologický průzkum

Lokalita se nachází v hydrogeologickém rajónu základní vrstvy číslo 4360 – Labská křída a v hydrogeologickém rajónu hlubinné vrstvy, který se značí 4710 – Bazální křídový kolektor na Jizeře (VÚV 2019). Hydrogeologické poměry jsou podmíněny řadou faktorů, z nichž rozhodující jsou geologická stavba území, propustnost jednotlivých geologických souvrství a morfologie terénu. Podstatným rysem zájmového prostoru je existence dvou ohraničených, z hlediska propustnosti výrazně odlišných prostředí. Nezpevněný kvartérní pokryv je relativně propustnější pro podzemní vodu – vyjma jílovitých, nepropustných poloh. Svrchní část spodního patra tvořeného křídovým horninovým masívem ve vývoji jemnozrnných sedimentů (slínovců) představuje naopak hydrogeologický izolátor s velmi omezenou puklinovou propustností. Eluviálně rozložené podložní slínovce (zde tuhé jíly v hloubce větší než 1,3 m) jsou prakticky nepropustné. Hladina podzemní vody v místě lokality se dle sond pohybuje v hloubce okolo 0,9 – 1,2 m, kdy se jedná především o drobné přítoky vody. V hloubce 1,2 m by se mělo jednat o ustálenou podzemní vodu (ČGS 2013).

4.2.5 Pedologický průzkum

Dle VÚMOP (2020) se lokalita vyznačuje výskytem černozemě s převážně rovnou expozicí, jedná se o půdy hluboké a bezskeletovité, které mají celkový výskyt skeletu do 10 %. Na daném území je nízké riziko větrné a vodní eroze.

Vzhledem k tomu, že v roce 2017 byly bagrem v lokalitě vyhloubeny průzkumné sondy S-1 a S-2 do konečných hloubek 3 m a 2 m, lze přesně určit pedologické poměry dané lokality. Výsledky sond jsou znázorněny v Tabulce 3 a v Tabulce 4. Z těchto výsledků vyplývá, že ve svrchních vrstvách půdy se nachází středně propustná tmavě hnědá hlína a hlína písčitá. Ve střední hloubce leží půda jílovitá až jílovitopísčitá, která má nízkou hydraulickou vodivost. A v největší hloubce mezi 1,7 – 3,0 m lze nalézt zvětralý slínovec, jenž se vyznačuje střední propustností.

Tabulka 3 – Výsledky sondy S-1. Popis půdy v jednotlivých hloubkách. Zdroj: Geologická služba s.r.o.

SONDA S-1	
hloubka [m]	popis
0,00 – 0,30	humózní hlína tmavě hnědá, s hojnými organickými zbytky
0,30 – 0,50	hlína písčité, tmavě hnědá, středně ulehlá, tuhá
0,50 – 0,90	jíl, velmi slabě písčité, světle krémově hnědý, konzistence měkká, velmi vlhký
0,90 – 1,30	jíl, silně písčité, rezavě hnědý, tuhý, ojediněle valouny křemene do 5 cm v hloubce 1,1 m drobné přítoky vody
1,30 – 2,30	jíl, středně plastický, šedý, velmi jemně písčité, ve svrchní poloze místy se zbytky nerozložené organické hmoty, vápnitý, konzistence pevná
2,30 – 3,00	Rozložený až zcela zvětralý slínovec, šedohnědý, velmi jemně písčité, v hojných tence laminované vrstevnatých úlomcích, snadno rozpojitelný, místy až charakter jílovitého štěrku, v hloubce 2,4 m drobné přítoky vody

Tabulka 4 – Výsledky sondy S-2. Popis půdy v jednotlivých hloubkách. Zdroj: Geologická služba s.r.o.

SONDA S-2	
hloubka [m]	popis
0,00 – 0,30	humózní hlína tmavě hnědá, s hojnými organickými zbytky
0,30 – 0,65	hlína písčité, tmavě hnědá, středně ulehlá, tuhá
0,65 – 1,55	jíl, písčité, světle šedohnědý, rezavě skvrnitý, tuhý, ojediněle valouny křemene do 5 cm, v hloubce 1,2 m – předpoklad ustálené podzemní vody
1,55 – 1,70	jíl, středně plastický, šedý, velmi jemně písčité, vápnitý, konzistence pevná, místy se zbytky organické hmoty
1,70 – 2,00	Zvětralý slínovec, šedohnědý, velmi jemně písčité, v hojných laminované vrstevnatých úlomcích, snadno rozpojitelný, v jádře šedé, na konci intervalu až deskovitě odlučné úlomky velikosti 20x30 cm

4.2.6 Biologický průzkum

Jelikož je vodní tok Liduška součástí lokálního biokoridoru, byl proveden terénní průzkum lokality v rámci, kterého bylo vyhodnoceno území z hlediska výskytu zvláště chráněných druhů živočichů a rostlin a posouzena biologická hodnota vodního toku.

Okolí vodního toku Liduška je tvořeno výrazným břehovým porostem tvořeným vzrostlými stromy. Dno toku je bahnité s většími nánosy organického materiálu, břehy jsou prorostlé kořeny dřevin. Úvodní část toku, která sousedí s ovocným sadem, je oplocena. Stromové patro je tvořeno především staršími exempláři jasanu ztepilého (*Fraxinus excelsior*), lípy srdčité (*Tilia cordata*), vrby křehké (*Salix euxina*), topolu černého (*Populus nigra*), třešně

ptačí (*Prunus avium*) a také olše lepkavé (*Alnus glutinosa*), která tvoří také společně se svídou krvavou (*Cornus sanguinea*) a vrbami (*Salix sp.*) husté keřové patro. Bylinné patro je poměrně chudé, v letním období s převažujícím svlačcem rolním (*Convolvulus arvensis*). Litorální porost je tvořen rákosem obecným (*Phragmites australis*), zblochanem vzplývavým (*Glyceria fluitans*), chrasticí rákosovitou (*Phalaris arundinacea*), orobincem širokolistým (*Typha latifolia*) a rozrazilem potočným (*Veronica beccabunga*). Ve větší vzdálenosti od vodního toku se nachází v porostu ostřic také kyprej vrbice (*Lythrum salicaria*), kakost luční (*Geranium pratense*), hrachor hlíznatý (*Lathyrus tuberosus*), šťovík tupolistý (*Rumex obtusifolius*), pcháč obecný (*Cirsium vulgare*), svízel povázka (*Galium mollugo*) a pcháč oset (*Cirsium arvense*).

Dále po vodním toku je stromové patro tvořeno exempláři hrušňi obecných (*Pyrus communis*), topolu černého (*Populus nigra*) a novou výsadbou buku lesního (*Fagus sylvatica*). Keřové patro je tvořeno keři bezu černého (*Sambucus nigra*) a hlohu obecného (*Crataegus laevigata*). Bylinné patro je tvořeno porostem vysokých ostřic eutrofních vod (*Magno-caricion gracilis*) s převažující ostřicí štíhlou (*Carex acuta*) a ostřicí ostrou (*Carex acutiformis*) přecházející do ruderální nitrofilní vegetace, jejíž druhové složení je ovlivněno i navazujícím zemědělsky obhospodařovanými pozemky. Tato vegetace je tvořena převážně kopřivou dvoudomou (*Urtica dioica*), svlačcem rolním (*Convolvulus arvensis*), pcháčem obecným (*Cirsium vulgare*), podbělem lékařským (*Tussilago farfara*), lopuchem větším (*Arctium lappa*) a kuklíkem městským (*Geum urbanum*).

V lokalitě byly identifikovány přizpůsobivé druhy s širší ekologickou valencí: perloočky řádu *Cladocera*, beruška vodní (*Asellus aquaticus*), blešivec potoční (*Gammarus fossarum*), stínka mokřadní (*Ligudium hypnorum*), nítěnka obecná (*Tubifex tubifex*), hltanovka bahenní (*Erbobdella octulata*), plovatka bahenní (*Lymnaea stagnalis*), jepice rodu *Caenis*, bruslařka obecná (*Gerris lacustris*), vážka obecná (*Sympetrum vulgatum*), vážka červená (*Crocothemis erythraea*) a šidélko brvonohé (*Platycnemis pennipes*).

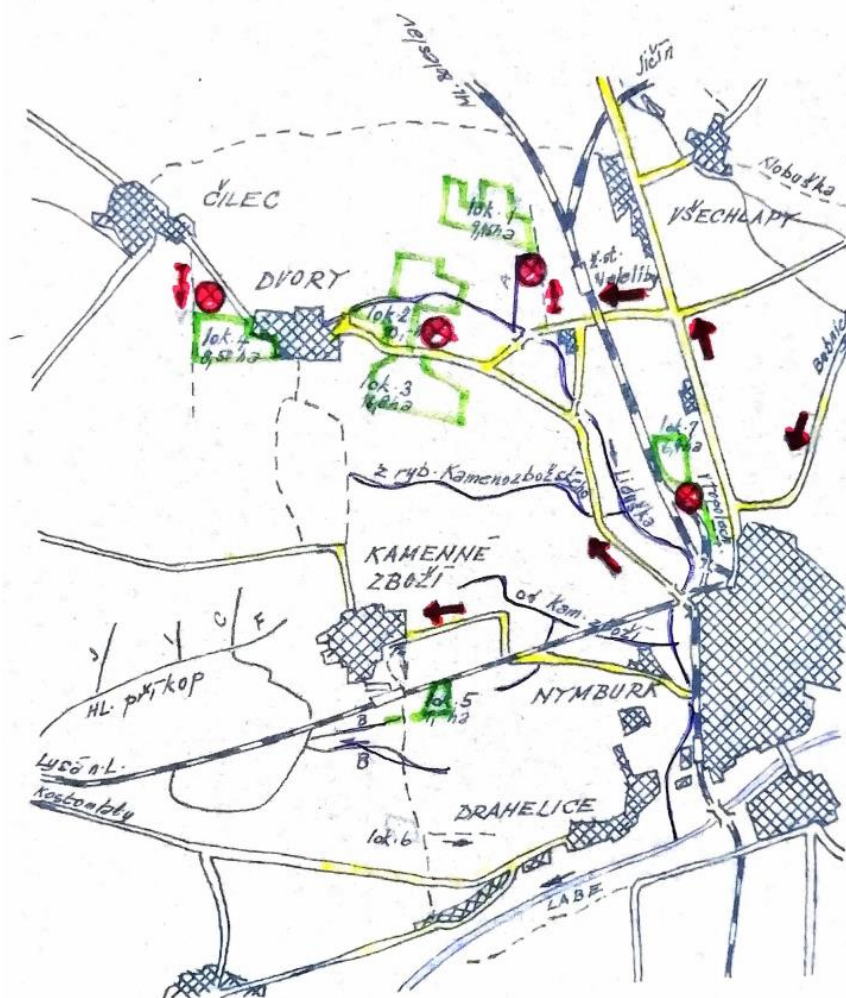
Na vodním toku bylo přítomno i vodní ptactvo – labuť velká (*Cygnus olor*) a slípka zelenonohá (*Gallinula chloropus*), které mohou hnízdit v porostu rákosu nebo na sousední vodní ploše tůň, kde je vytvořeno několik ostrůvků vhodných pro hnízdění vodního ptactva. Dále byl evidován výskyt několika druhů obojživelníků – skokana skřehotavého (*Rana ridibunda*) nebo ropuchy obecné (*Bufo bufo*).

Z identifikovaných nalezených živočišných a rostlinných druhů, které mají širší ekologickou valenci a především z výskytu shluků vláknitých zelených řas žabí vlas (*Cladophora glomerata*), lze usuzovat střední až vyšší eutrofizaci vodního prostředí. Tok je významně antropogenně ovlivněn vodohospodářskými úpravami z minulosti a také okolním zemědělským využíváním krajiny. Vzhledem k tomu, že část toku byla již před časem revitalizována, byly zde vytvořeny nové biotopy vhodné především pro vodní ptactvo a obojživelníky. V porovnání s nerevitalizovanými úseky vodního toku se zde možné pozorovat zvýšenou biodiverzitu, především zvýšení počtu druhů vodního ptactva a také zvýšení biotopů vhodných pro obojživelníky. Vegetace podél toku je významným prvkem přírodního prostředí vodního toku a je zde tvořena poměrně hodnotným litorálem, který se stabilizuje a příznivě

ovlivňuje vlastní vodní tok. Provedený orientační průzkum zajisté nezaznamenal všechny živočišné a rostlinné druhy, byl zaměřen na posouzení stávajícího stavu toku. Na revitalizovaném úseku toku byly však pozorovány zvláště chráněné druhy obojživelníků, proto je v rámci další revitalizace postupovat s maximální obezřetností.

4.3 Popis původního drenážního potrubí

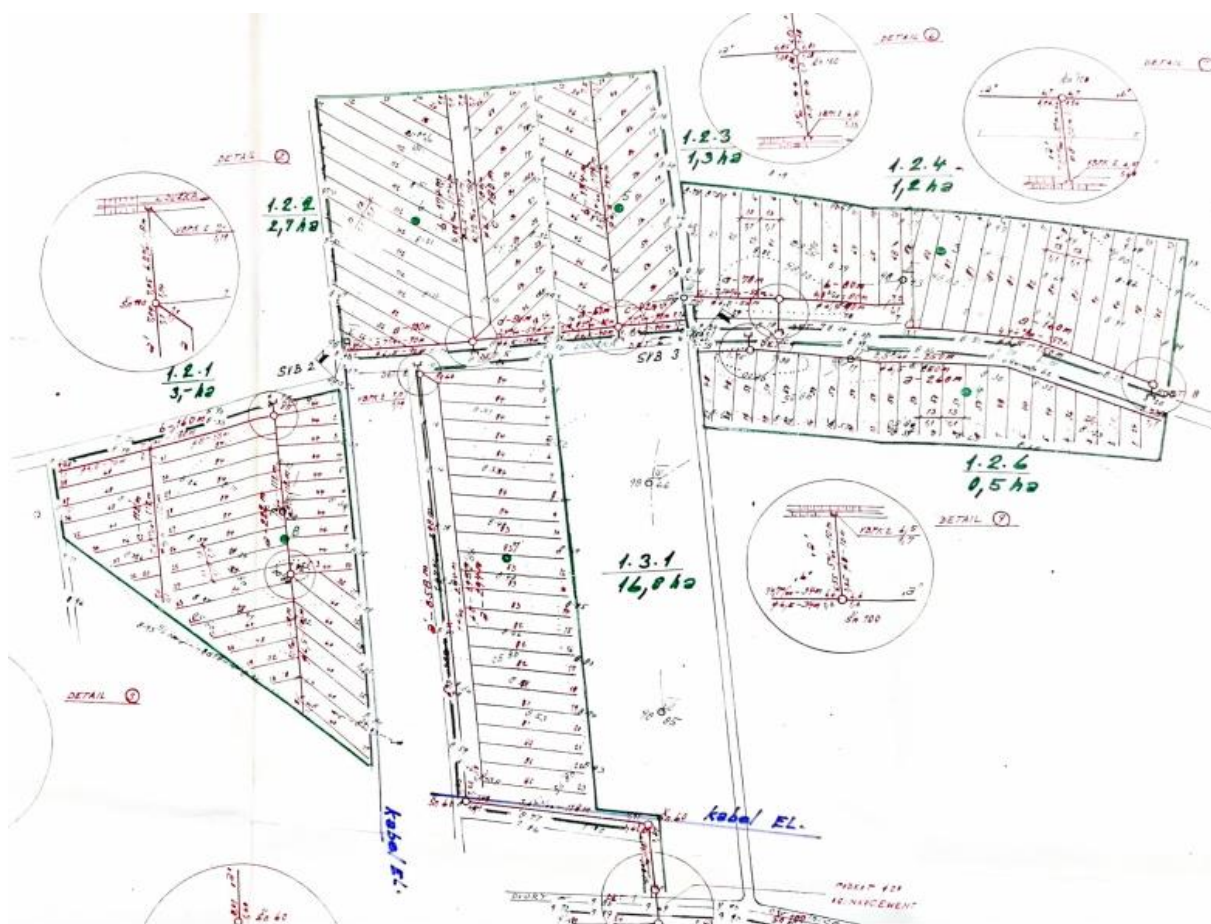
Dle projektových dokumentací drenážního potrubí poskytnutých státním podnikem Povodí Labe, lze zhodnotit danou lokalitu z hlediska realizované drenáže. Drenážní potrubí bylo vybudováno v zájmovém území v roce 1959 místním vodním družstvem. Jedná se o vodohospodářský způsob odvodnění neboli hydromeliorační, který využívá k odvodnění pozemku technických úprav, resp. drenáže. Na zájmových plochách bylo navrženo odvodnění systematickou trubicí drenáží, jako opatření pro zúrodnění půdy a intenzifikaci rostlinné výroby. Pro drenážní potrubí bylo vymezeno šest melioračních okrsků o celkové výměře 52,15 ha (viz Obrázek 10).



Obrázek 10 – Projektová dokumentace drenážního potrubí. Přehledná situace 1:50 000 znázorňující meliorační okrsky. Zdroj: Povodí Labe s.p.

Obrázek 11 znázorňuje lokalitu č. 2, ležící na pozemcích plánované revitalizace a zároveň na pozemcích protilehlých k vodnímu toku. Drenážní potrubí zaujímá celkovou rozlohu 10 ha a je uloženo v hloubce 1,1 m. Drenáž je tvořena potrubím z pálené hlíny o průměru 50 mm a osinkocementovým potrubím o průměru 20 cm. Jedná se o podpovrchovou odvodňovací soustavu tvořenou svodnými i sběrnými drény, jejímž recipientem je vodní tok Liduška. V minulosti byla tato drenážní soustava vybudována za účelem odvodnění zamokřených pozemků, které jsou v těchto místech mírně svažité, a půda tak zůstávala v dolní části pozemků podmáčena. Tím mělo být docíleno zvýšení zisků při současném rozšíření zemědělské činnosti. Ovšem klima planety se od 60. let 20. století poměrně změnilo, což je zřejmé i z dat ČHMÚ, kdy v roce 1961 byl ve Středočeském kraji roční úhrn srážek 569 mm a v roce 2019 dosahoval pouze hodnot 519 mm. V posledních letech stále více převládající sucho, tudíž vyžaduje obnovu přirozené schopnosti krajiny zadržet vodu namísto jejího odvádění.

Při průzkumu terénu bylo zjištěno, že pozemky v zájmovém území jsou stále mírně podmáčeny, což může být také způsobeno poškozeným drenážním potrubím. Dle majitele pozemku není známo, že by drenážní potrubí bylo v průběhu let udržováno. V rámci revitalizace je možné drenážní potrubí odstranit nebo ho začlenit do revitalizace.

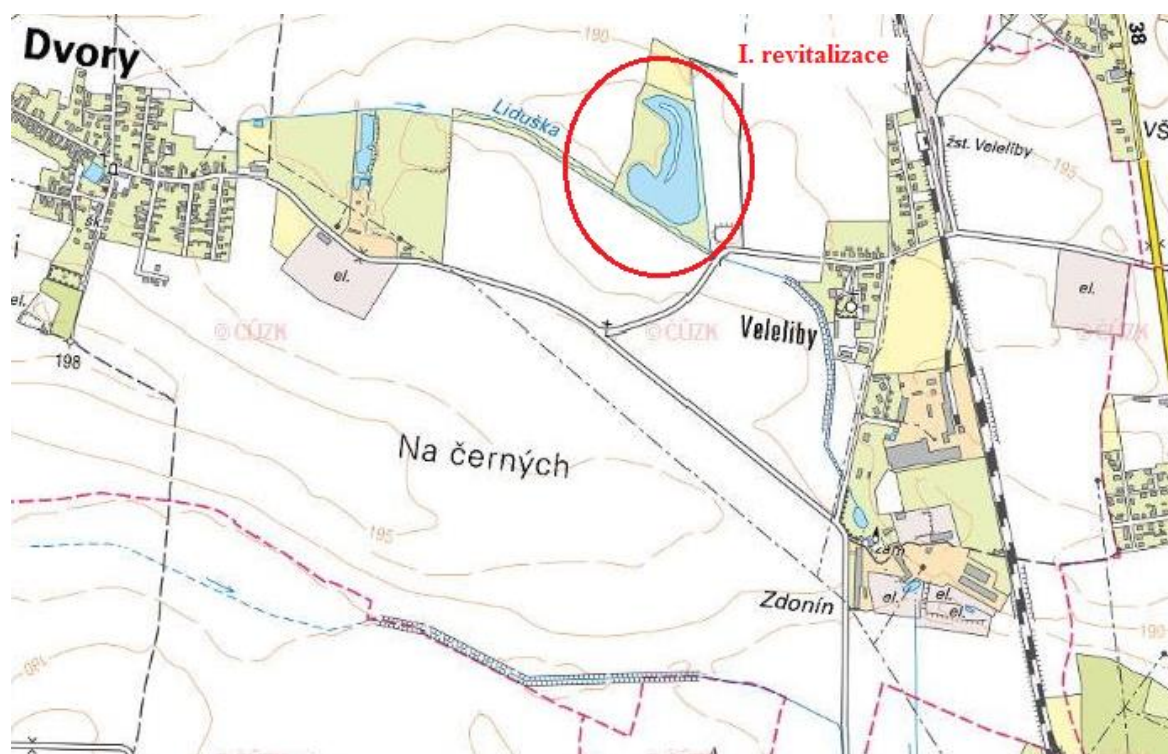


Obrázek 11 – Přehled odvodňovaných ploch lokalita č. 2. Situace 1:2 000. Zdroj: Povodí Labe s.p.

4.4 Zhodnocení realizovaných projektů revitalizace

4.4.1 Popis revitalizačních opatření

Na vodním toku Liduška byly již realizovány dvě revitalizace, celkem na třech úsecích toku. V roce 2007 byla realizována první etapa revitalizace, která se uskutečnila severozápadně od obce Veleliby v ř. km 4,700 – 5,100 (viz Obrázek 12). V rámci revitalizace byly provedeny úpravy koryta toku a byla vybudována nová tůň na cca 5 ha orné půdy. Pozemky, jež podléhaly revitalizaci, se nachází na levém břehu vodoteče Liduška. Revitalizace spočívala v rozvlnění a prodloužení délky koryta z 1207 bm na 1527 bm a zároveň v úpravě podélného a příčného profilu pro dosažení menší hloubky koryta. Koryto bylo zbaveno betonového opevnění a byl navržen přírodě blízký tvar. Zároveň došlo k vytvoření velké boční tůně o ploše 1,6 ha a hloubce 1,5 – 2,5 m, dotované vodou z potoka i průsakem. Tůň byla doplněna několika ostrůvky. Jedná se o hloubenou tůň nepravidelného tvaru bez hrazení a technických objektů, jež je napájena vodou z vodního toku Liduška pomocí přírodního kanálu. Odtok tůně je řešen samovolně prostřednictvím stejného přírodního kanálu. Snahou bylo také podpořit vodní a mokřadní biotopy, čemuž přispívá skutečnost, že tůň navazuje na mokřad a louku. V neposlední řadě byla provedena výsadba doplňující revitalizovanou plochu, jednalo se převážně o nepravidelnou kombinovanou výsadbu tvořenou autochtonními druhy. Zemina vzniklá při hloubení tůně, případně nevyužitá zemina z úprav koryta byla odvezena na sousední pozemek, kde slouží jako zemník.



Obrázek 12 – Přehledová katastrální mapa s vyznačením I. revitalizace v roce 2007. Zdroj: www.cuzk.cz

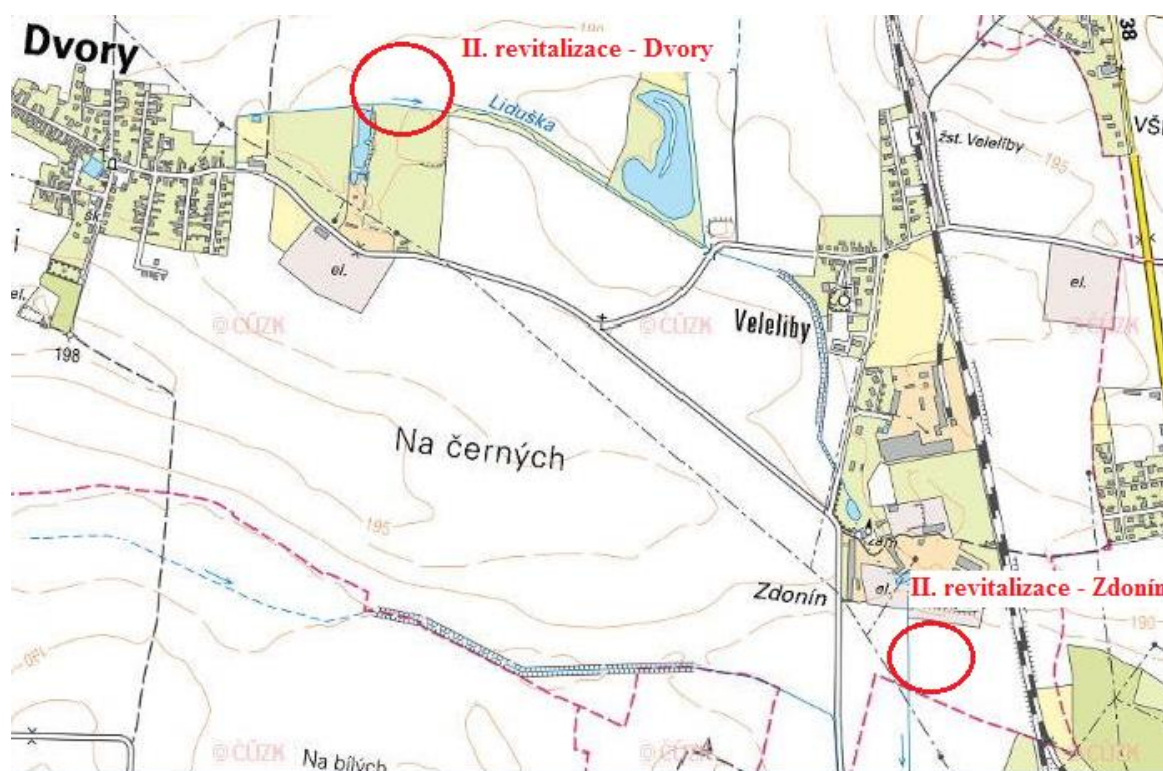
Druhá etapa revitalizace, která byla provedena v roce 2018, navázala na již provedenou revitalizaci (viz Obrázek 13). Záměr byl rozdělen na dvě lokality, každá pak na několik stavebních objektů. První lokalita, jež byla určena pro revitalizaci, se nachází cca 600 m

severovýchodně od centrální části obce Dvory. Pozemky jsou situovány na levém břehu vodního toku Liduška a před revitalizací byly využívány jako intenzivně zemědělsky obhospodařovaná orná půda. V rámci této revitalizace byly provedeny úpravy koryta toku v ř. km 5,480– 5,700. Celková délka nově upraveného koryta činí 229 m. V rámci revitalizačních úprav bylo navrženo nepravidelné rozvlnění trasy oblouky. Podélný profil trasy zůstal bez výraznější změny. Příčný profil koryta byl upraven do přírodě bližšího tvaru, zároveň byl tvar koryta zvolen s ohledem na možnost zadržení většího množství vody. Bylo navrženo složené koryto s miskovitou stěhovavou kynetou a s plochým dnem. Hloubka koryta včetně kynety se pohybuje okolo 1,5 m. Koryto je provedeno bez opevnění. V km 0,080 – 0,144 byla rozšířením koryta vytvořena průtočná tůň. Maximální kóta výšky hrazení je 189,20 m n. m., což odpovídá i maximální výšce hladiny v revitalizovaném korytě a tůni. Ve vzdálenosti 2,0 m před a za prahem je koryto opevněno kamennou rovnáninou z místního sbíraného kamene. Současně byla na těchto pozemcích vybudována nová boční tůň, která je napájena vodou z vodního toku Liduška prostřednictvím přírodního koryta. Odtok z tůně je řešen samovolně a je zaústěn zpět do vodního toku Liduška. Tůň byla vybudována jako hloubená bez hráze a dalších technických zařízení. Z hlediska průtoku vody je tůň navržena jako průtočná s maximální hladinou danou kótou přelivné hrany vzdouvacího objektu na začátku revitalizovaného úseku Lidušky tj. 189,20 m n. m. Hladina vody v tůni bude částečně regulovatelná tímto vzdouvacím objektem. Celková plocha navržené tůně je 1,8 ha, z toho vodní plocha při maximální hladině 1,56 ha. Tvar tůně byl navržen nepravidelný – ledvinovitý, který přibližně kopíruje stávající terénní deprese v lokalitě. V podélné ose má tůň délku 220 m a nejširším místě šířku 90 m. Aby byl navržený vodní prvek svým provedením co nejvíce přirozený, byl kladen důraz na co největší diverzifikaci břehové linie i dna. Tůň má dvě hloubkové úrovně 1,0 m a 1,5 m. Hlubší část tůně je na jižní straně, čemuž odpovídá i reliéf terénu. Sklon břehů se pohybuje od 1:15 až k 1:4 v nejhlubším místě. Břehy jsou provedeny bez opevnění. V tůni jsou pro zvýšení členitosti břehů i dna vytvořeny 3 ostrůvky s plochou 47 – 325 m². Zaústění do vodního toku Liduška je řešeno trubním propustkem vyústěným přímo do revitalizovaného koryta v ř. km 0,029 upraveného koryta. Boční tůň je doplněna dvěma menšími hloubenými tůněmi hl. 1,0 m. Tůně jsou navrženy jako bezodtoké. Tůně jsou navrženy v prostoru mezi revitalizovaným korytem Lidušky a velkou boční tůní mající plochy 520 m² a 385 m². Při hloubení zbyla zemina, jež byla využita k modelacím okolního terénu. V rámci dokončovacích prací byla revitalizace doplněna o výsadby doprovodné zeleně.

Druhá lokalita, která byla vybrána pro umístění druhé části záměru, se nachází cca 900 m jižním směrem od obce Veleliby a z jihu těsně přiléhá k areálu zámku Zdonín. Pozemky dotčené touto revitalizací se nacházejí na levém břehu vodního toku, od kterého jsou odděleny pásem zeleně a polní cestou lemující koryto vodního toku. Pozemky byly taktéž využívány před uskutečněním projektu jako orná půda. Revitalizace tohoto úseku byla navržena formou nového revitalizačního koryta v ř. km 3,40 – 3,50. Tato forma byla zvolena zejména s ohledem na zachování vrostlých stromů na obou březích stávajícího koryta. Celková délka nového koryta je 110 m. Trasa nového koryta se nachází ve vzdálenosti cca 10 m východně od stávajícího a byla rozvlněna protisměrnými oblouky. Byl navržen přírodě blízký tvar koryta také s ohledem na možnost zadržení většího množství vody – složené koryto s miskovitou stěhovavou kynetou. Hloubka koryta včetně kynety se pohybuje okolo 1,1 m.

Maximální kóta výšky hrazení je 186,30 m n. m. Hlavním prvkem pro zadržení vody v této lokalitě je boční bezodtoká tůň, která je napájena vodou z vodního toku Liduška prostřednictvím přívodního potrubí. Tůň je vybudována jako hloubená bez hráze a dalších technických zařízení s maximální hloubkou 1,5 m. Hladina vody v tůni je částečně regulovatelná vzdouvacím objektem. Regulace přítoku a částečně také odtoku vody je řešena prostřednictvím odběrného objektu. Celková plocha navržené tůně je 0,62 ha. Tvar tůně byl navržen nepravidelný. Tůň má tři hloubkové úrovně 0,5 m, 1,0 m a 1,5 m. Sklony břehů se pohybují od 1:20 až k 1:4 v nejhlubší části tůně. Nátok do tůně je řešen přívodním potrubím, které je napojeno na odběrný objekt umístěný v novém revitalizovaném korytě. Odběrný objekt je řešen jako železobetonová konstrukce umístěná v levém břehu koryta. Vtok a nátok je ručně ovládán regulačním ocelovým stavítkem, před kterým jsou do ocelových profilů vloženy česle. Přívodní potrubí má délku 26,0 m. V místě lomu potrubí bude umístěna betonová revizní šachta. Zemina vzniklá při hloubení tůně a nevyužitá zemina z úprav koryta je na sousedním pozemku jako lichoběžníkový zemník s šířkou v základně 15 m, výškou 3 m a délkou cca 75 m. Celá revitalizace byla rovněž doplněna o výsadbu dřevin nepravidelné struktury.

Navrženou revitalizací vzniklo cca 1,89 ha nové vodní plochy, mělo by být zadrženo cca 15 500 m³ vody v lokalitě Dvory a cca 0,62 ha vodní plochy a zadržovaný objem 4 500 m³ v lokalitě Zdonín.



Obrázek 13 – Přehledová katastrální mapa s vyznačením II. revitalizace v roce 2018.

Zdroj: www.cuzk.cz

4.4.2 Celkové zhodnocení revitalizačních opatření

S odstupem času lze zhodnotit první i druhou etapu revitalizace, jež byly provedeny na vodním toku Liduška. Snahou provedeného terénního šetření bylo zjistit, zda bylo dosaženo revitalizačních efektů. Vzhledem k tomu, že revitalizované úseky se nacházejí v extravilánu, byl k dispozici dostatečný prostor pro navržení opatření, jež by se co nejvíce přiblížila k přirozenému charakteru. Hlavním cílem obou revitalizací bylo upravit sklony břehů, délku koryta a odstranit betonové opevnění. Zároveň bylo snahou navrhnout na podmáčených pozemcích tůň, jež by zlepšily hydrologické poměry v krajině a kladně přispěly k druhové rozmanitosti na intenzivně obhospodařované půdě.

První etapa revitalizace přečkala delší časové období bez větších známek degradace. Byla zde vytvořena rozvlněná proudnice a rozčleněné dno, které stále funguje a zvyšuje diverzitu proudění. Také byla vybudována velká boční tůň, která po 13 letech od jejího vybudování, je již vhodně začleněna v krajině. Navržené ostrůvky uprostřed tůně slouží jako útočiště pro vodní ptactvo i ostatní vodní organismy. A také vzrostlá okolní zeleň umocňuje pocit přirozeného začlenění revitalizace do krajiny.

Druhá etapa revitalizace byla sice dokončena teprve před dvěma roky, avšak lze říci, že zejména nahrazení původního napřímeného a monotónního koryta členitějším, působí přirozenějším dojmem vodního toku. Na pozemcích nebyly zaznamenány zásahy, které by mohly negativně ovlivnit ekologický a krajinářko-estetický efekt, jako např. výsadba geograficky nepůvodních druhů, okrasných kultivarů dřevin či rostlin. Avšak je potřeba tomuto úseku ponechat delší časové rozpětí na jeho začlenění do krajiny, zejména okolní vegetace zatím nebyla schopna zlepšit estetický vzhled koryta.

Po konzultaci s majitelem lze konstatovat, že navržené revitalizace vhodně slouží svému účelu a namísto podmáčených neúrodných pozemků, zde byly vybudovány vodní plochy, jež kladně hydrologicky, ekologicky i esteticky obohatily zdejší intenzivně obhospodařovanou krajinu. Navržená břehová i doprovodná vegetace dle majitele pozemků zabraňuje při silných dešťových přeháňkách smyvům půdy z okolních pozemků, čímž do značné míry došlo ke zlepšení kvality vody ve vodním toku i přilehlých tůních. Zároveň vegetace také kladně přispěla k rozmanitosti živočišných druhů v okolí toku.

Provedené revitalizace lze hodnotit jako úspěšné. Očekávané efekty byly splněny a došlo k celkovému obohacení a zvýšení atraktivity lokality, z čehož lze soudit, že revitalizace dalšího úseku vodního toku Liduška by zvýšila hodnotu krajiny. Jako návrh možného zlepšení současného stavu by bylo možné navrhnout větší množství zeleně či větší množství menších tůní namísto jedné velké tůně.

Celkové zhodnocení, již realizovaných úprav vodního toku Liduška, sloužilo jako podklad pro návrh dalších revitalizačních opatření. Získané informace z terénního průzkumu i od majitele přilehlých pozemků byly využity pro vlastní projekt revitalizace dalšího úseku vodního toku, který je vyhotoven v kapitole 5 ve dvou variantách.

5 Vlastní projekt

Retence vody v krajině je v současné době nejdiskutovanějším tématem po celém světě. S tímto problémem se potýká i oblast Nymbursko, kde je půda intenzivně zemědělsky obhospodařovaná. V rámci projektu byl zvolen vodní tok Liduška, který leží uprostřed zemědělské krajiny. Historické napřímení vodního toku Liduška, odvodnění přilehlých pozemků, stejně jako stávající způsob hospodaření, má negativní vliv na vodní režim v lokalitě – rozkolísaná hladina podzemní vody, zvýraznění extrémů povrchového či podpovrchového odtoku, zhoršená distribuce srážkových vod do půdy, zhoršení splaveninového režimu v toku. Pro zlepšení vodního režimu v dané lokalitě je potřeba navrhnout revitalizační opatření, která by napomohla k přirozenému návratu vody do kulturní krajiny dané lokality. Proto v rámci projektu bylo navrženo hned několik opatření ve dvou variantách, jež by zlepšila přirozený chod prostředí.

Opatření v obou variantách budou probíhat přímo v korytě vodního toku i mimo něj. Oba návrhy přetvářejí napřímené koryto na meandrující koryto přirozeného tvaru. Výstavba přírodě blízkých vodních prvků v území bude mít pozitivní vliv na odtokové poměry území. Všechny objekty jsou svým tvarem a členěním navrženy tak, aby v území působily maximálně přirozeně, a aby po zapojení všech prvků měla lokalita přírodě blízký charakter. Tvar tůň reprezentuje přirozené sníženiny terénu. Důraz byl kladen na různorodost a členitost břehů i dna. Pokud by byla při stavbě zastižena odvodňovací zařízení, měla by být jejich část zasahující do stavby odstraněna. Vyústění těchto zařízení by mělo být provedeno do nového koryta toku případně do tůň.

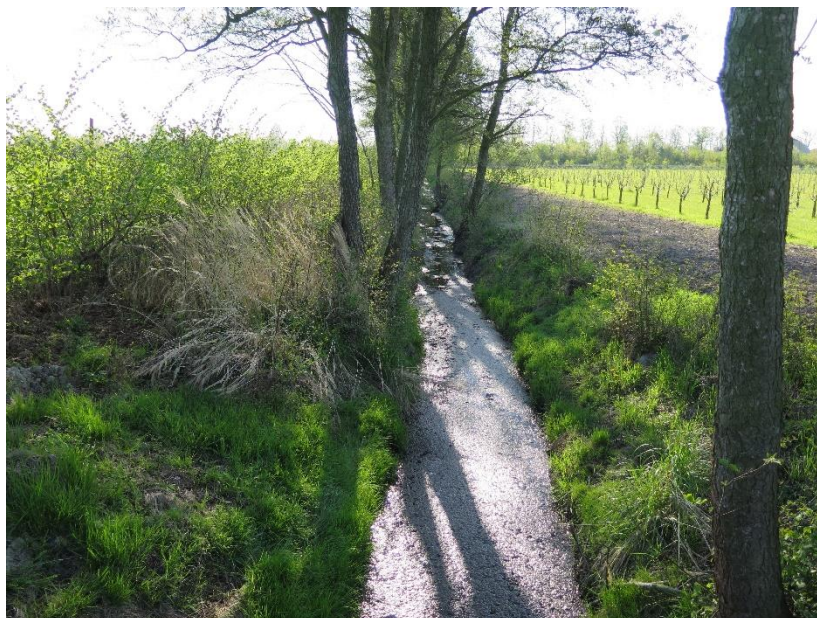
V průběhu výstavby lze očekávat přechodně negativní vliv stavby na dotčené a okolní pozemky, jedná se o běžné negativní důsledky stavební činnosti, jako je zvýšená hlučnost a prašnost. Další důsledky stavební činnosti však nejsou díky stávajícímu využití pozemků očekávány. Aby nedošlo ke znehodnocení půdního fondu, je vhodné před započítáním výstavby provést skrývku ornice. Po dokončení a zapojení nových vodních prvků a doprovodné vegetace se očekává pozitivní vliv stavby na okolní pozemky. Ten spočívá zejména ve zlepšení hydrických podmínek v lokalitě (zvýšení hladiny podzemní vody, větší zásoba podzemní vody). V okolí se nenacházejí žádné stavby, které by mohly být stavbou ovlivněny. Stavbou budou částečně ovlivněny odtokové poměry v území. Jedná se zejména o zadržení většího množství vody a zpomalení odtoku vody z území.

Obě varianty projektu jsou navrženy tak, aby byly v maximální možné míře zachovány stávající vzrostlé stromy. V rámci druhé etapy revitalizace byly kompletně odstraněny porosty rychlerostoucího japonského topolu, jež se nacházely na ploše cca 3 300 m² na levém břehu koryta, tudíž nebude potřeba pro realizaci projektu kácet žádné kultivární topoly.

5.1 Popis zvoleného úseku

Pro návrh revitalizačních opatření byl zvolen úsek vodního toku a jeho přilehlé pozemky, jež doposud nebyly dotčeny v rámci žádné již proběhlé revitalizace. Obě varianty projektu svými opatřeními vhodně navazují na již realizované revitalizace. Zvolen byl úsek vodního toku nacházející se cca 400 m severovýchodním směrem od obce Dvory a pozemky

ležící v těsné blízkosti tohoto úseku. Přilehlé parcely doposud slouží jako orná půda ležící v katastrálním území Dvory u Nymburka a jsou intenzivně zemědělsky obhospodařovány. Zvolený úsek vodního toku, kde bude v rámci revitalizace provedena úprava koryta, je reprezentován v minulosti napřímeným korytem vodního toku délky 204 m a doprovodným porostem vzrostlých stromů (viz Obrázek 14). Koryto má přibližně lichoběžníkový tvar s průměrnou hloubkou 1,4 m. Koryto vodního toku má zde minimální sklon, který se pohybuje okolo hodnoty 0,05 %. Ze současného stavu bude vycházet nový návrh trasy koryta, kdy bude v úseku ř. km 5,710 - 5,930 navrženo meandrující koryto s pozvolnými břehy. Pozemky, jež se nacházejí na levém břehu vodního toku Liduška, jsou odděleny pásem zeleně šířky cca 2 – 3 m. V této lokalitě mají pozemky mírnou jižní expozici, tedy směrem ke korytu vodní toku. Průměrný sklon terénu se pohybuje okolo 0,75 %. Mírný sklon způsobuje, že pozemky jsou často podmáčeny a mají nižší úrodnost (viz Obrázek 15). Parcely, jež leží na pravé straně břehu, jsou v současné době využívány jako sad. Jednotlivé parcely zemědělské půdy jsou rozděleny jednopruhovou polní cestou, která prochází řešeným územím přibližně z jihu na sever a zemědělskou půdu rozděluje na dva velké celky. Polní cesta má charakter vyjetých kolejí a byla provedena bez zpevnění. Pravděpodobně se jedná pouze o doplňkovou polní cestu. Pro umístění záměru byla vybrána lokalita po levé straně popsané polní cesty (viz Obrázek 16). Další polní cesta vede podél stávajícího koryta Lidušky. I tato cesta má charakter vyjetých kolejí a je provedena bez zpevnění. Stávající koryto vodního toku Liduška se nachází na úzkém pozemku procházející lokalitou přibližně od západu na východ. Na pozemku se nachází i doprovodná vegetace a pás vzrostlých stromů. Celková výměra plochy dotčené záměrem bude cca 3,5 ha, což se rovná přibližně 30 % plochy zemědělského pozemku. Stávající koryto vodního toku bude dotčeno v délce 204 m.



Obrázek 14 – Část vodního toku podléhající projektu revitalizace.

Zdroj: autorka práce



Obrázek 15 – Podmáčené pozemky ležící v těsné blízkosti vodního toku.
Zdroj: autorka práce



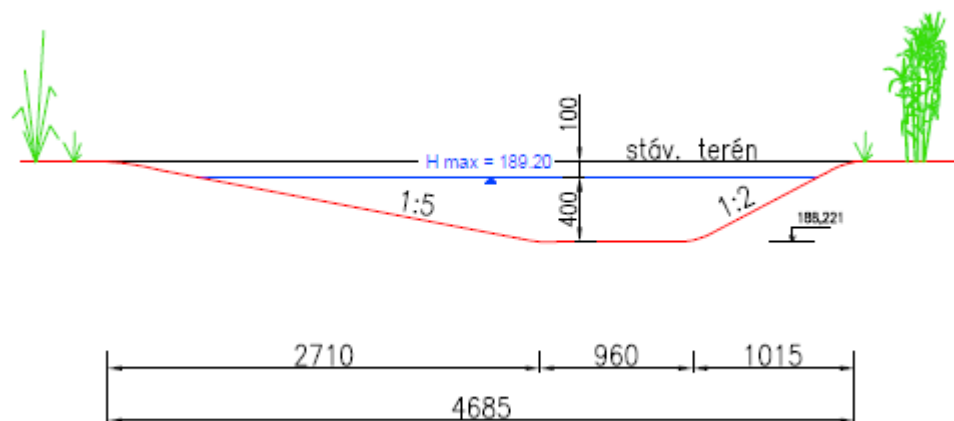
Obrázek 16 – Polní cesta mezi pozemky plánované revitalizace (vlevo) a pozemky již uskutečněné revitalizace (vpravo).
Zdroj: autorka práce

5.2 Majetkové vztahy

Plánovaná revitalizace vodního toku Liduška by měla být z pohledu majetkových vztahů bezproblémová. Na základě nahlížení do katastru nemovitostí bylo dohledáno, že jsou pozemky podléhající realizaci projektu v soukromém vlastnictví. Pozemky byly současnému majiteli v roce 1992 navraceny v rámci restitucí a nyní na nich hospodaří v konvenčním zemědělství. Zároveň státní podnik Povodí Labe předal část vodoteče, jež podléhá realizaci projektu, do vlastnictví místnímu soukromému zemědělici, který taktéž vlastní přilehlé pozemky. Vzhledem k tomu, že tentýž majitel spravuje, resp. vlastní požadovaný úsek vodního toku

5.3.1 Návrh nové trasy koryta

Součástí revitalizace vodního toku je návrh nové trasy koryta. V úseku ř. km 5,710 – 5,930 bude navrženo meandrující koryto s pozvolnými břehy. Nové koryto je tvořeno střídáním protisměrných oblouků, které představují přirozený tvar koryta a zároveň zajišťují tlumení energie vodního proudu. Návrh vhodně navazuje na nerevitalizovanou část koryta, jež se nachází před i za revitalizovaným úsekem. Části nově navrženého koryta budou vycházet z původního koryta, aby bylo provedeno minimum výkopových prací a tím zamezeno narušení ekosystémů. Zároveň bude koryto zbaveno původního opevnění. Části původního koryta, jež nebudou vhodné pro revitalizaci, budou zasypány výkopem z nové trasy. Nové koryto je mírně rozšířeno a prodlouženo, aby došlo ke zpomalení průtoku vody kulturní krajinou. Délka toku bude prodloužena ze stávajících 204 m na 217 m, rozdíl tedy činí 13 m. Zároveň jsou navrženy různé sklony svahů v rozmezí 1:2 až 1:7. Tvar navrhovaného koryta je mělký a členitý, aby nedocházelo k degradaci břehů a podpořila se tak jeho přirozená stabilita. Hloubka koryta se pohybuje okolo 0,5 m (viz Obrázek 18). Příčný a podélný profil koryta je navržen tak, aby nemuselo být koryto dále opevněno. Navržené koryto je tedy přirozeně stabilní. Podélný profil vychází z přirozeného tvaru terénu a zůstává bez výraznější změny. Jeho členitost je zajištěna střídáním klidných a proudivých úseků. V podélném profilu nejsou navrženy žádné příčné objekty, jež by mohly narušovat přirozený ráz revitalizace. Příčný profil má přírodě blízký miskovitý tvar, který má vhodný poměr mezi šířkou a hloubkou koryta a vytváří podmínky pro vznik členité břehové čáry. Navrhovaný vodní tok zohledňuje migrační průchodnost v obou směrech všem živočichům. Nejsou zde navrženy žádné technické stavby, jež by zamezovaly přirozené migraci organismů. Ve vodním toku Liduška se nenacházejí žádné ryby, tudíž zde není potřeba uvažovat nad opatřeními, jež by vylepšila jejich životní podmínky.



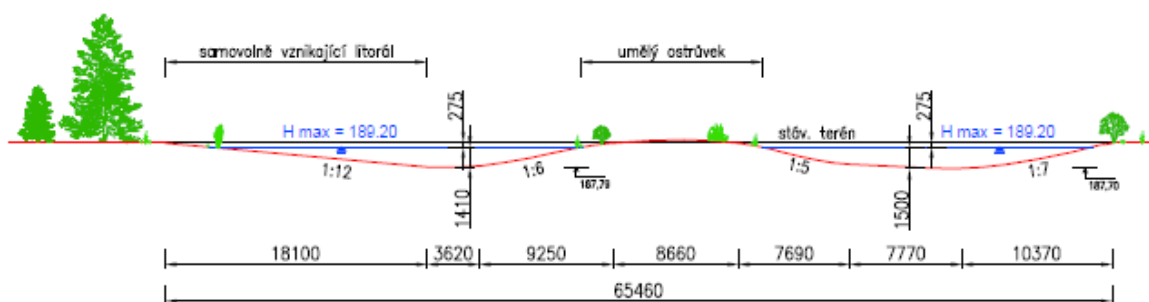
Obrázek 18 – Příčný řez C-C' navrženého koryta v měřítku 1:50 – varianta č. 1. Zdroj: autorka práce

5.3.2 Návrh boční a bezodtoké tůň

V rámci projektu je navržena jedna velká tůň a jedna menší doprovodná tůň. Tůňe budou vytvořeny na levém břehu stávající vodoteče, kde se v současnosti nachází orná půda.

Dle konzultace s majitelem pozemku, dochází v těchto místech k častému zamokření a orná půda je špatně obdělávatelná.

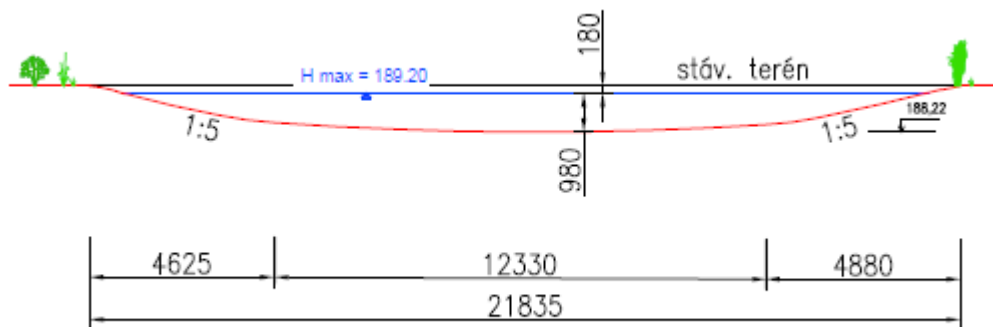
Na pozemku orné půdy byla navržena průtočná boční tůň o ploše 1,32 ha při maximální výšce hladiny. Byl zvolen přírodě blízký tvar tůně, který by měl zároveň kopírovat přirozené sníženiny terénu. V tůni je také navržen jeden ostrůvek, který k většímu rozčlenění tůně a zároveň může být útočištěm pro vodní ptactvo. Tůň je napájena novým přívodním korytem, které odbočuje z koryta Lidušky cca v ř. km 5,885. Hloubka tůně dosahuje maximálně 2 m, což zajistí nezamrzání vody i v nejhlubší části tůně (viz Obrázek 19). Objem tůně se bude pohybovat kolem 23 430 m³. Profil dna bude vybudován jako postupně se svažující ve sklonu minimálně 1:3, což nabídne gradient postupně se měnících podmínek (teplota, oslunění, množství kyslíku atd.). Pro vnesení různorodosti do charakteru dna budou na jeho části (minimálně třetina plochy dna) umístěny větší kameny z okolí, větve nebo pařezy dle možnosti. Je vhodné do tůně zasadit běžný trs rostlin z okolních vodních ploch. Hloubení tůně bude probíhat tak, aby po jejím obvodu vznikaly různé hloubkové stupně, vytvářející četné mělčiny i při poklesu hladiny. Tyto stupně budou mít sklon k nejhlubšímu místu, aby zde při poklesu hladiny neuvázla larvální stadia živočichů. Předpokládá se, že hladina vody v tůni bude úzce komunikovat s hladinou vody v toku, která kolísá podle klimatických podmínek. Nepředpokládá se tedy stálá vodní hladina, ale její změny v průběhu roku. Fixace nejvyšší hladiny vody v tůni bude zajištěna přirozeně břehovou hranou. Částečně bude umožněna regulace hladiny hradidlovými uzávěry (na vtokovém, propojovacím a výtokovém korytě). Břehy budou mít velmi pozvolné sklony. Přibližně na čtvrtině plochy tůně se bude sklon pohybovat v rozsahu 1:10 až 1:15. S ohledem na různorodost budou v některých místech sklony svahů strmější, nikdy ne však více než 1:3. Opevnění břehů není navrženo. Bude provedeno pouze lokální opevnění více namáhaných míst, jako jsou vtok do tůně, okolí hradidlových uzávěrů atd. Opevnění bude provedeno lokálním sbíraným kamenivem a bude mít charakter kamenných záhozů nebo rovnanin.



Obrázek 19 – Příčný řez A-A' navržené boční tůně v měřítku 1:500 – varianta č. 1.

Zdroj: autorka práce

Druhou navrženou tůňí je tůň bezodtoká, která se nachází mezi průtočnou boční tůňí a korytem vodního toku. Celkovou rozloha tůně je 0,056 ha a bude hluboká maximálně 1,2 m (viz Obrázek 20). Sklony svahů se budou pohybovat v rozmezí 1:5 až 1:10 dle terénu. Celkový objem tůně bude přibližně 649,6 m³. Tato malá, mělká neprůtočná tůň se strženým drnem v okolí má biologické opodstatnění pro mnoho živočišných druhů např. pro ropuchu krátkonohou, ropuchu zelenou, čolka karpatského, čolka horského a kuňku žlutobřichou. Důležité také je udržovat tůň v mladém sukcesním stádiu.



Obrázek 20 – Příčný řez B-B' navržené bezodtoké tůně v měřítku 1:200 – varianta č. 1.

Zdroj: autorka práce

5.3.3 Návrh vegetačního doprovodu

Před návrhem ozelenění byl proveden průzkum terénu a zmapování autochtonních druhů. Snahou revitalizace vodního toku bylo vhodně propojit stávající dřeviny s dřevinami navrhovanými. Kácení dřevin by mělo být provedeno jen ve velmi omezené míře, a to především v důsledku budování nové trasy koryta. Jednalo by se o kácení pouze náletových dřevin, kácení vzrostlých stromů by touto stavbou nemělo být dotčeno.

Vzhledem k intenzivní zemědělské činnosti, jež se uskutečňuje na sousedních pozemcích vodního toku, je potřeba vhodně navrhnout vegetační doprovod, který ochrání vodní tok před negativními vlivy. Ozelenění vodního toku není podstatné pouze z hlediska ekologického, ale také z hlediska biologického a technického. Kořeny břehové vegetace zpevní vodní břehy vodního toku i přilehlých tůní a zároveň poslouží jako úkryt pro živočichy, nejen v období sklizně zemědělských plodin. V rámci revitalizace byl tedy navržen břehový porost, který leží v břehové hraně, ale také doprovodný porost. Snahou bylo ponechat původní břehový porost v co možná největší míře, a současně doplnit jeho stav o autochtonní dřeviny. Doprovodný porost se nachází v okolí tůní, kde byl také navržen v podobě menší lesnické výsadby. Vzhledem k tomu, že vodní tok Liduška je důležitým biokoridorem v této lokalitě, zlepši životní podmínky živočichů. Z technického hlediska je zezeň podstatná jako protierozní prvek a sníží zanášení vodního toku sedimenty. V neposlední řadě bude sloužit jako krajinářsko-estetický prvek v kulturní krajině.

Před započítáním stavby by měla být na pozemcích provedena skrývka v tl. 300 mm. Po dobu stavby je doporučeno ornici uložit v hromadách přímo na stavebním pozemku a vhodně ji ošetřovat, aby po dokončení stavby mohla být znovu použita. Po dokončení zemních prací tzn. v konečné fázi výstavby nových vodních prvků a úprav okolního terénu, by mělo být přistoupeno k upravení terénu dotčeného stavební činností (vyrovnání vyjetých kolejí atd.). Na plochy určené k rekultivaci (plochy dotčené stavební činností, úpravami terénu atd.) je vhodné zpětně rozprostřít ornici. Stavbou obnažené nebo uměle vytvořené povrchy, které nebude třeba co nejdříve stabilizovat travnatým krytem, je možné částečně ponechat pro semenný nálet místních druhů. V tomto případě nebude ani prováděno zpětné rozprostření ornice, povrch bude ponechán samovolné sukcesí. Po rozprostření ornice následuje biologická část rekultivace, která spočívá v provedení výsadeb dřevin a osetí luční travní směsí.

Struktura výsadeb bude provedena nepravidelně, aby co nejlépe vystihovala plánovaný přírodě blízký charakter lokality. Návrh ozelenění obsahuje kombinaci stromů a keřů různých druhů. Kombinovaná výsadba působí přirozeně v dané lokalitě a měla by vést k větší diverzitě kulturní krajiny. Pro návrh byla zvolena skupinová výsadba vegetace doplněná o jednotlivce. Současně bylo ponecháno 30 % pozemku bez osázení. Při nových výsadbách budou využity autochtonní druhy stromů v tomto složení:

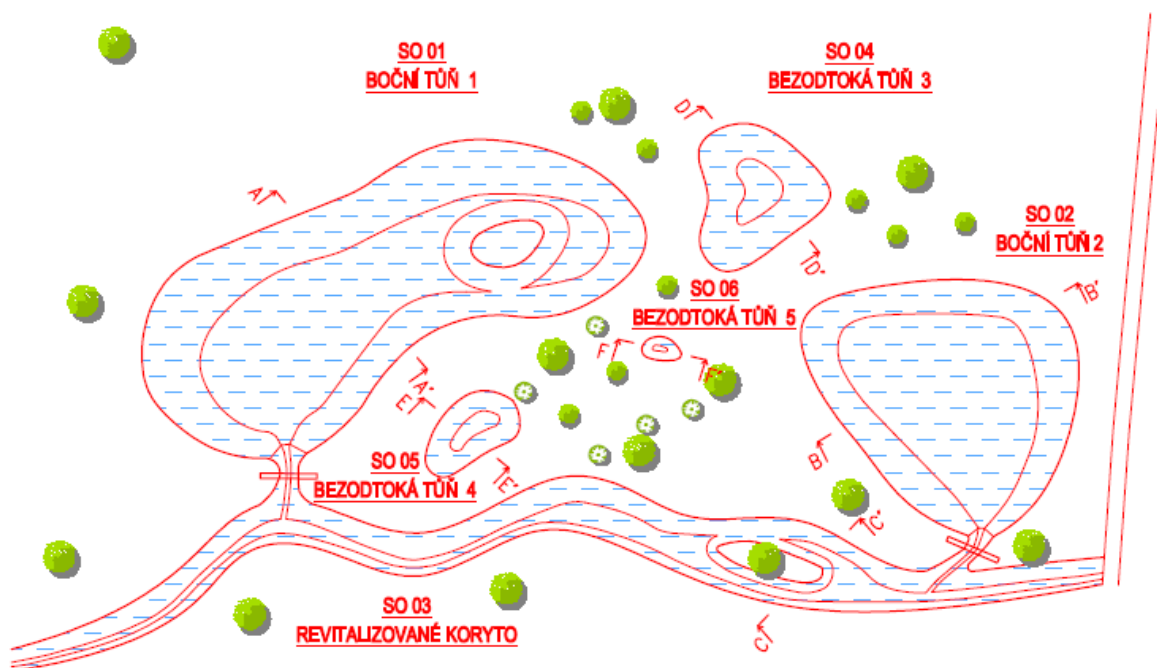
- olše lepkavá (*Alnus glutinosa*),
- dub letní (*Quercus robur*),
- topol černý (*Populus nigra*),
- lípa srdčitá (*Tilia cordata*),
- líska obecná (*Corylus avellana*),
- vrba křehká - keř (*Salix euxina*),
- brslen evropský - keř (*Euonymus europaeus*),
- kalina obecná - keř (*Viburnum opulus*),
- svída krvavá - keř (*Cornus sanguinea*).

V horní části tůně je navržena lesnická výsadba, která se nachází na ploše cca 0,557 ha. Jedná se o smíšený lesní porost, který bude tvořen původními druhy listnatých stromů tak, aby se svou skladbou vhodně začlenil do krajiny. Vzhledem k tomu, že jde o les menší rozlohy lze použít rovnoměrnou jednoduchou druhou skladbu tvořenou následujícími druhy autochtonních stromů:

- dub letní (*Quercus robur*),
- buk lesní (*Fagus sylvatica*),
- lípa srdčitá (*Tilia cordata*).

5.4 Návrh revitalizačních opatření – varianta č. 2

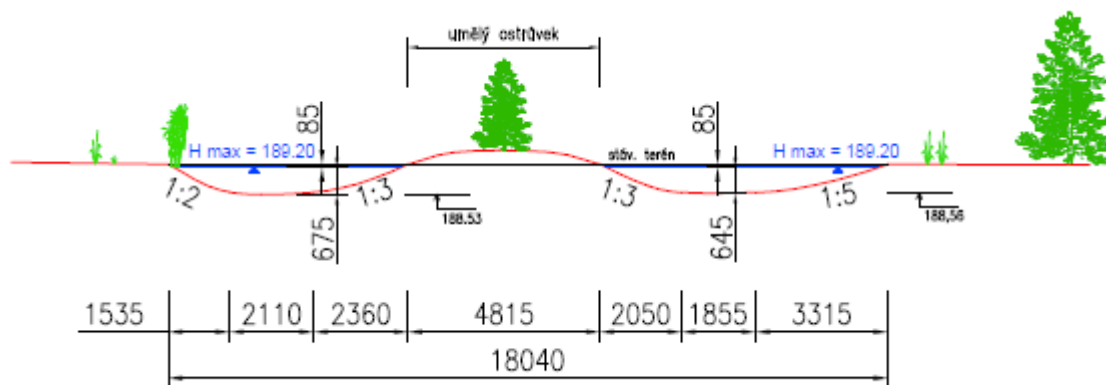
Druhá varianta projektu revitalizace obsahuje návrh nového koryta toku, dvě boční tůně, tři tůně bezodtoké různých velikostí a návrh mokřadu a vegetačního doprovodu (viz Obrázek 21). Stejně jako ve variantě č. 1 bylo i snahou v rámci této varianty vycházet z přirozených podmínek prostředí a z reliéfu dané lokality. V rámci této varianty bylo vytvořeno nové koryto, které z větší části prochází mimo původní trasu koryta toku. Tím bylo dosaženo prodloužení koryta toku a rozšíření příčného profilu pro dosažení pozvolných sklonů břehů. Zároveň vytvořením zcela nového koryta na orné půdě dojde k minimálnímu kácení původní vegetace. Dalším navrženým revitalizačním opatřením jsou tůně, jsou zde navrženy čtyři – dvě boční tůně a tři bezodtoké tůně. Nacházejí se zde větší tůně s rozlohou větší než 100 m² i menší tůně s rozlohou méně jak 100 m². Z biologického hlediska je vhodná soustava tůní různých velikostí a hloubek nežli jedna velká tůň. Vzhledem k tomu, že tůně se nacházejí na podmáčených pozemcích a břehy tůní jsou pozvolné, aby voda při větších průtocích mohla volně přetékat do okolní krajiny, naskytla se zde možnost pro přirozené vytvoření mokřadu. Celý návrh je doplněn o vhodný vegetační doprovod.



Obrázek 21 – Půdorys revitalizace vodního toku Liduška v měřítku 1:1250 – varianta č. 2.
Zdroj: autorka práce

5.4.1 Návrh nové trasy koryta

Návrh nové trasy koryta byl stejně jako u varianty č. 1 v úseku ř. km 5,710 - 5,930. Bylo navrženo meandrující koryto s pozvolnými břehy. Nové koryto je tvořeno protisměrnými oblouky tak, aby působilo přirozeným dojmem a zajišťovalo tlumení energie vodního proudu. Návrh vhodně navazuje na nerevitalizovanou část koryta, jež se nachází před i za revitalizovaným úsekem. Oproti variantě č. 1 bylo vytvořeno zcela nové koryto, které z větší části prochází mimo původní trasu koryta toku. Tímto postupem bylo dosaženo snazšího prodloužení koryta toku a k minimálnímu kácení původní vegetace. Část koryta, jež nebude vhodně navazovat na nový návrh revitalizace, bude zasypana výkopem z nové trasy. Nové koryto je značně rozšířeno a prodlouženo, aby došlo ke zpomalení průtoku vody kulturní krajinou. Délka toku bude prodloužena ze stávajících 204 m na 229,3 m, rozdíl tedy činí 25,3 m. Sklony břehů se budou pohybovat v rozmezí 1:2 až 1:5 dle terénu. Tvar navrhovaného koryta je mělký a členitý, aby nedocházelo k degradaci břehů a podpořila se tak jeho přirozená stabilita. Hloubka koryta včetně kynety se pohybuje okolo 1 m (viz Obrázek 22). Příčný a podélný profil koryta je navržen tak, aby nemuselo být koryto dále opevněno. Podélný profil zůstává bez výraznější změny a vychází z přirozeného tvaru terénu. V podélném profilu nejsou navrženy žádné příčné objekty, jež by mohly narušovat přirozený ráz revitalizace. Příčný profil má přírodě blízký miskovitý tvar, který má vhodný poměr mezi šířkou a hloubkou koryta a vytváří podmínky pro vznik členité břehové čáry. Navrhovaný vodní tok zohledňuje migrační průchodnost v obou směrech všem živočichům. V ř. km 5,750 je navržen uprostřed koryta ostrůvek, který je možné osázet stromy.



Obrázek 22 – Příčný řez C-C' navrženého koryta v měřítku 1:200 – varianta č. 2. Zdroj: autorka práce

5.4.2 Návrh tůní

Součástí varianty č. 2 je návrh pěti tůní (viz Tabulka 5). Jedná se o dvě tůně boční a tři tůně bezodtoké. Tůně jsou navrženy na levém břehu nové trasy koryta, kde se v současné době nachází podmáčená orná půda. Tůně byly navrženy tak, aby měly přírodě blízký tvar a působily přirozeným dojmem. Snahou bylo zachovat různorodost, členitost břehů a dna a diverzifikovanou břehovou linii. Byly navrženy dvě větší boční tůně o rozloze 0,344 ha a 0,207 ha. Na největší tůni se nachází ostrůvek s vegetací, který zajistí chráněné hnízdění ptactva. Tůň o rozloze 0,344 ha bude napájena novým přírodním korytem, které odbočuje z koryta Lidušky cca v ř. km 5,874 a tůň o rozloze 0,193 ha bude napájena přírodním korytem, jež se napojuje v ř. km 5,741. Dále se v návrhu nacházejí tři menší bezodtoké tůně o rozlohách 0,053 ha, 0,021 ha a 0,003 ha. Tyto tůně budou závislé pouze na srážkách a infiltraci. Hladina v těchto tůních koresponduje s hladinou podzemní vody v jejich okolí, takže dochází ke kolísání hladiny vody v těchto tůních, což je podstatné pro některé druhy organismů.

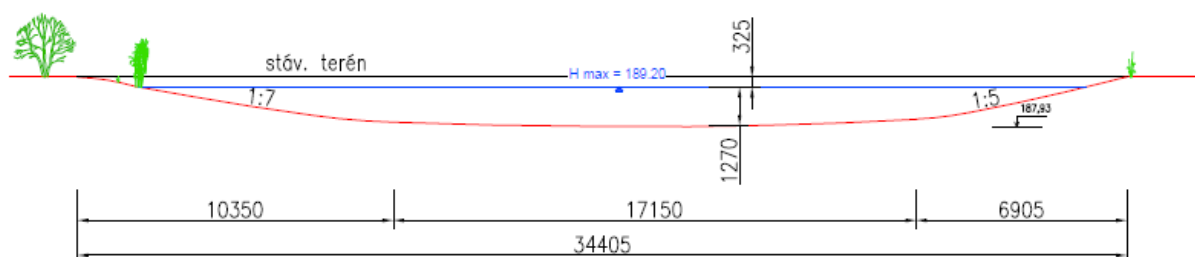
Na pozemku orné půdy bude vytvořena průtočná boční tůň o ploše 0,34 ha při maximální výšce hladiny, která bude největší tůň z pěti navržených tůní. Tato tůň je označena jako tůň č. 1 a bude dosahovat max. 1,6 m, což zajistí nezamrzání vody i v nejhlubší části tůně (viz Obrázek 23). Dno bude svoji morfologií co možná nejvíce členité, aby byly vytvořeny jak hluboké, tak mělké partie s hloubkou vody do 50 cm. Jejich podíl na ploše tůně bude cca 30 %. Profil dna bude vybudován jako postupně se svažující ve sklonu minimálně 1:3. Břehy budou mít sklony v rozmezí 1:5 až 1:10. Další navrženou tůňí je průtočná boční tůň č. 2 o rozloze 0,21 ha o maximální hloubce 1,2 m (viz Obrázek 24). Sklony břehů se pohybují od 1:5 do 1:10 dle terénu. Dalšími navrženými tůněmi jsou tři menší bezodtoké tůně s pozvolnými sklony břehů a minimálními hloubkami, které jsou velice podstatné z biologického hlediska. Tůň č. 3 bude mít rozlohu 0,05 ha a maximální hloubka tůně se bude pohybovat okolo 0,8 m. Sklony břehů jsou zde navrženy v rozmezí 1:10 až 1:15 (viz Obrázek 25).

Navržená tůň č. 4 má plochu 0,02 ha a hloubkou 0,7 m, i zde jsou navrženy mírné sklony břehů 1:6 až 1:7 (viz Obrázek 26). Poslední nejmenší tůň č. 5 má rozlohu 0,003 ha, maximální hloubkou 0,6 m a sklony břehů 1:4 až 1:6 (viz Obrázek 27).

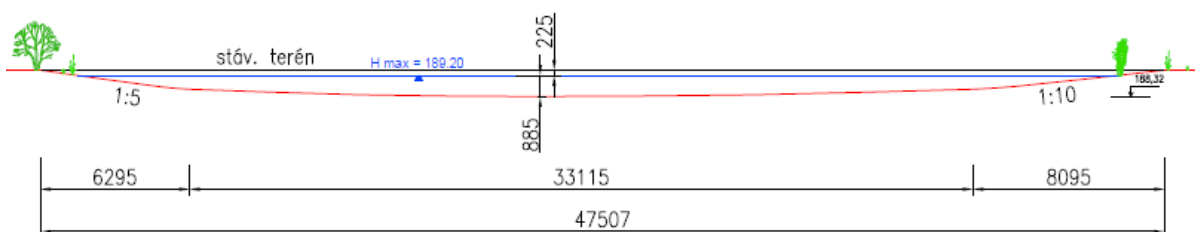
Hloubení tůň bude probíhat tak, aby po jejich obvodu vznikaly různé hloubkové stupně, vytvářející četné mělčiny i při poklesu hladiny. Tyto stupně budou mít sklon k nejhlubšímu místu, aby zde při poklesu hladiny neuvázla larvální stadia živočichů. Předpokládá se, že hladina vody v tůňích bude úzce komunikovat s hladinou vody v toku, která kolísá podle klimatických podmínek. Nepředpokládá se tedy stálá vodní hladina, ale její změny v průběhu roku. Fixace nejvyšší hladiny vody v tůňích bude zajištěna přirozeně břehovou hranou. U bočních průtočných tůňích bude částečně umožněna regulace hladiny hradidlovými uzávěry. Břehy budou mít velmi pozvolné sklony. Opevnění břehů není navrženo. Bude provedeno pouze lokální opevnění více namáhaných míst, jako jsou vtok do tůňe, okolí hradidlových uzávěrů atd. Opevnění bude provedeno lokálním sbíraným kamenivem a bude mít charakter kamenných záhozů nebo rovanin.

Tabulka 5 – Parametry navržených tůň. Zdroj: autorka práce

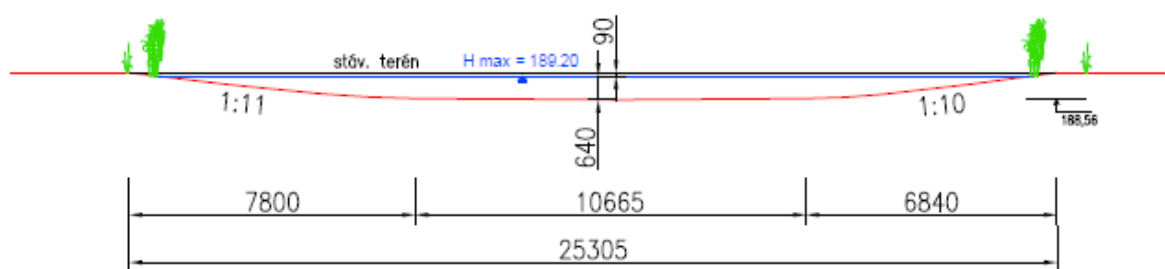
Tůň číslo	Typ	Staničení (ř. km)	Rozloha (m ²)	Objem (m ³)
1	Boční	5,874	3 443,7	5 486,8
2	Boční	5,741	2 071,1	3 912,3
3	Bezodtoká	5,784	532,6	388,4
4	Bezodtoká	5,841	205,4	136,6
5	Bezodtoká	5,797	29,6	15,7



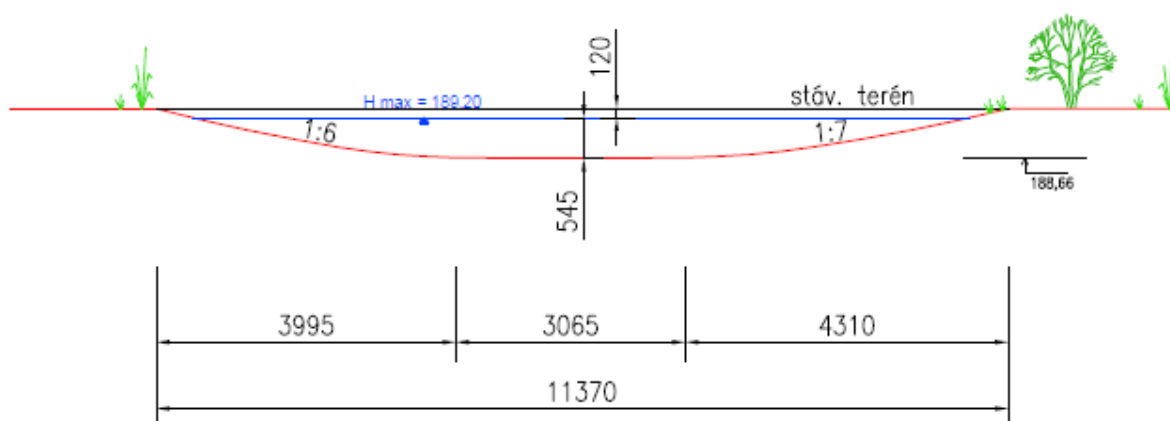
Obrázek 23 – Příčný řez A-A' navržené boční tůňe č. 1 v měřítku 1:200. Zdroj: autorka práce



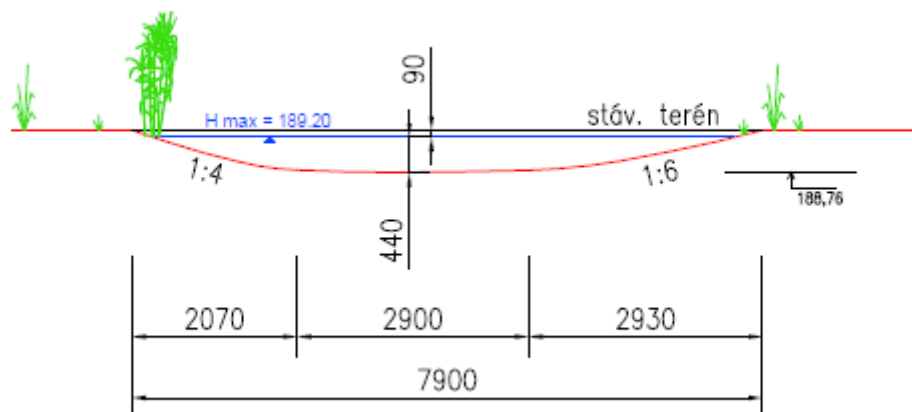
Obrázek 24 – Příčný řez B-B' navržené boční tůňe č. 2 v měřítku 1:250. Zdroj: autorka práce



Obrázek 25 – Příčný řez D-D' navržené bezodtoké tůně č. 3 v měřítku 1:200. Zdroj: autorka práce



Obrázek 26 – Příčný řez E-E' navržené bezodtoké tůně č. 4 v měřítku 1:100. Zdroj: autorka práce



Obrázek 27 – Příčný řez F-F' navržené bezodtoké tůně č. 5 v měřítku 1:100. Zdroj: autorka práce

5.4.3 Návrh mokřadu a vegetačního doprovodu

Pro návrh mokřadů nejsou pevně stanovená pravidla, avšak díky vlhkostním podmínkám lokality lze přispět k jejich přirozené tvorbě. Zájmové území se nachází na podmáčených pozemcích a vytvořením soustavy tůní s pozvolnou sklonitostí břehů, lze přispět k jejich přirozené tvorbě. Součástí návrhu jsou tři menší bezodtoké tůně, které se postupem času budou přirozeně zanášet sedimenty a na jejich místě, tak mohou vznikat v rámci přirozené sukcese nové biotopy – mokřady.

Součástí návrhu varianty č. 2 je také návrh doprovodné vegetace. Vzhledem ke skutečnosti, že v rámci projektu je počítáno s minimálním kácením původní zeleně, není potřeba provádět osázení větším množstvím vegetace. Avšak po provedení stavebních prací bude prostor doplněn výsadbou autochtonních druhů, a to převážně v okolí nově vzniklých tůň pro zamezení rizika erozní činnosti. Okolí vodního toku bude z části doplněno hluboko kořenícími dřevinami, které chrání okolí toku před vysycháním a příznivě působí na stabilitu břehů. Nová výsadba zároveň vymezi prostor nově revitalizovaného území od okolní zemědělské půdy. Druhová skladba výsadby by se měla odvíjet od původní vegetace, jež se vyskytuje v místě zamýšlené revitalizace. Podél vodního toku se nejčastěji vyskytuje jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior*), lípa srdčitá (*Tilia cordata*), vrba křehká (*Salix euxina*) a topol černý (*Populus nigra*). Ojedinele se zde vyskytuje také třešeň ptačí (*Prunus avium*), olše lepkavá (*Alnus glutinosa*), svída krvavá (*Cornus sanguinea*) či buk lesní (*Fagus sylvatica*). Z této druhové skladby je tedy nezbytné vycházet při nové výsadbě zeleně.

Zvolena byla přírodě blízká nepravidelná skupinová výsadba s keři osázenými na okraji skupin výsadeb. U výsadby stromů by měl být zvolen spon min. 2 x 2 m a u keřů 1 x 1 m. Počítáno je se samovolným rozšířením mokřadních druhů rostlin, případným osetím bezprostředního okolí koryta a tůň travní směsí.

5.5 Hydrotechnické výpočty

5.5.1 M-denní průtoky ve vybraných profilech

Dle dat ČHMÚ je dlouhodobý průměrný průtok vodním tokem Liduška 2,7 l/s. Z Tabulky 6 jsou patrné M-denní průtoky ve zvoleném profilu vodního toku Liduška v období 1981-2010. Pro vodohospodářskou bilanci navržených vodních ploch jsou využity právě tyto průtoky v profilu Lidušky v ř. km 5,5 o rozloze povodí 1,58 km². Výpočet vychází z aktuálních dat ČHMÚ pro profil Lidušky.

Tabulka 6 – M-denní průtoky v profilu za období 1981-2010. Zdroj: ČHMÚ

M-denní průtoky Q_{Ma} [l/s]				Liduška										ř. km	5,5	A =	1,58	km ²
30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	355	364	třída					
7,2	4,4	3	2,2	1,7	1,3	1	0,75	0,5	0,3	0,1	0	0	IV					

5.5.2 Roční výpar z vodní hladiny

Na celkovou hydrologickou bilanci povodí má značný vliv výpar z vodní hladiny, a to zejména při nízkých srážkových úhrnech. Na povodích s významným zastoupením vodních ploch se vlivem oteplování zvyšuje význam výparu z vodních ploch, proto je nezbytné při návrhu revitalizací počítat také se ztrátou vody výparem.

Výpočet byl proveden dle hodnot převzatých z ČSN 75 2401, přílohy B:

$$V_o = Q_v \cdot S_z \cdot 10$$

V_o – celková roční ztráta vody při uvažované vodní hladině [m^3]

Q_v – roční ztráta výparem z vodní hladiny [mm]

S_z – plocha nádrže při normální hladině [ha]

Výpočet pro variantu č. 1

Pro návrh bylo uvažováno:

$Q_v = 860$ mm dle ČSN 75 2410, příloha B, nadmořská výška 200 m n. m.

$S_z = 1,376$ ha

Výsledek výpočtu:

- celková roční ztráta vody výparem $V_o = 11\,834\,m^3$

Ztráta vody s transpirací rostlin:

Dle Vrány et al. (1998) byl proveden výpočet ztráty vody výparem společně s transpirací rostlin.

Uvažovaný podíl zarostlé plochy nádrže činí 30 % - opravný součinitel 1,14.

- roční objemová ztráta s vlivem transpirace $V_{ot} = 13\,490\,m^3$

V Tabulce 7 jsou rozděleny ztráty výparem z vodní hladiny na jednotlivé měsíce. Jedná se o ztrátu z navržených tůní v rámci varianty č. 1. Největší ztráty výparem budou probíhat v letních měsících konkrétně v červenci, kdy lze očekávat ztrátu 154,8 mm, resp. 2 428,3 m^3 .

Tabulka 7 – Přibližné rozdělení výparu na jednotlivé měsíce v roce dle ČSN 75 2410 – varianta č. 1.
Zdroj: autorka práce

Měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Procento ročního výparu [%]	2	2	4	8	11	14,5	18	17	11,5	7	4	3
Ztráta [mm]	17,2	17,2	34,4	68,8	94,6	124,7	154,8	146,2	98,9	60,2	34,4	25,8
Hodnota [m^3]	270	270	540	1079	1483,9	1956,1	2428,3	2293,4	1551,4	944,3	540	405

Vyhodnocení:

Pro návrh nádrže byly hodnoty výparu srovnány s průměrným a minimálním průtokem vody v korytě dle dat ČHMÚ (viz Tabulka 8).

Pro návrh bylo uvažováno:

$Q_a = 2,7$ l/s $\approx 6\,998\,m^3$ /měsíc

$Q_{330} = 0,1$ l/s $\approx 259\,m^3$ /měsíc

Tabulka 8 – Vodohospodářská bilance – varianta č. 1. Zdroj: autorka práce

Měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Bilance pro Q_a [m³]	6729	6729	6459	5919	5514	5042	4570	4705	5447	6054	6459	6594
Bilance pro Q_{min} [m³]	-11	-11	-280	-820	-1225	-1697	-2169	-2034	-1292	-685	-280	-146

Výpočet pro variantu č. 2

Pro návrh bylo uvažováno:

$$Q_v = 860 \text{ mm dle ČSN 75 2410, příloha B, nadmořská výška 200 m n. m.}$$

$$S_z = 0,628 \text{ ha}$$

Výsledek výpočtu:

- roční objemová ztráta vody výparem $V_o = 5\,401 \text{ m}^3$

Ztráta vody s transpirací rostlin:

Dle Vrány et al. (1998) byl proveden výpočet ztráty vody výparem společně s transpirací rostlin.

Uvažovaný podíl zarostlé plochy nádrže činí 30 % - opravný součinitel 1,14.

- roční objemová ztráta s vlivem transpirace $V_{ot} = 6\,157 \text{ m}^3$

V Tabulce 9 jsou rozděleny ztráty výparem z vodní hladiny na jednotlivé měsíce. Jedná se o ztrátu z navržených tůň v rámci varianty č. 1. Největší ztráty výparem budou probíhat v letních měsících konkrétně v červenci, kdy lze očekávat ztrátu 154,8 mm, resp. 1 108,2 m³.

Tabulka 9 – Přibližné rozdělení výparu pro jednotlivé měsíce v roce dle ČSN 75 2410 – varianta č. 2. Zdroj: autorka práce

Měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Procento ročního výparu [%]	2	2	4	8	11	14,5	18	17	11,5	7	4	3
Ztráta [mm]	17,2	17,2	34,4	68,8	94,6	124,7	154,8	146,2	98,9	60,2	34,4	25,8
Hodnota [m³]	123	123	246	492,6	677,3	892,8	1108,2	1046,7	708,1	431	246	185

Vyhodnocení:

Pro návrh nádrže byly hodnoty výparu srovnány s průměrným a minimálním průtokem vody v korytě dle dat ČHMÚ (viz Tabulka 10).

Pro návrh bylo uvažováno:

$$Q_a = 2,7 \text{ l/s} \approx 6\,998 \text{ m}^3/\text{měsíc}$$

$$Q_{330} = 0,1 \text{ l/s} \approx 259 \text{ m}^3/\text{měsíc}$$

Tabulka 10 – Vodohospodářská bilance – varianta č. 2. Zdroj: autorka práce

Měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Bilance pro $Q_a[m^3]$	6875	6875	6752	6506	6321	6106	5890	5952	6290	6567	6752	6814
Bilance pro $Q_{min}[m^3]$	136	136	13	-233	-418	-634	-849	-787	-449	-172	13	74

5.5.3 Ovlivnění M-denních průtoků pro vybraný profil

Z Tabulky 11 a Tabulky 12 je patrné, jak budou ovlivněny M-denní průtoky výparem z hladiny vodních ploch ve vybraném profilu vodního toku Liduška v ř. km 5,5. Vzhledem k tomu, že záporné hodnoty se vyskytují pouze pro variantu č. 1 u Q_{300} , Q_{330} , Q_{355} a Q_{364} a pro variantu č. 2 u Q_{330} , Q_{355} a Q_{364} lze říci, že ztráty výparem jsou pro obě navrhované revitalizace přijatelné a návrh tůní značně neovlivní celkovou hydrologickou bilanci povodí.

Ztráta vody vsakem do horninového prostředí není uvažována, jelikož výška hladiny podzemní vody v lokalitě je 0,9 m p. t.

Varianta č. 1

Tabulka 11 – Ovlivnění M-denních průtoků výparem – varianta č. 1. Zdroj: autorka práce

M-denní průtoky $Q_{Ma}[l/s]$													Liduška		ř. km 5,5	A = 1,58 km ²
30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	355	364	třída			
7,2	4,4	3	2,2	1,7	1,3	1	0,75	0,5	0,3	0,1	0	0	IV			
6,8	4,0	2,6	1,8	1,3	0,9	0,6	0,3	0,1	-0,1	-0,3	-0,4	-0,4	--			

Profil ovlivněný výparem z celkové rozlohy vodní plochy 1,38 ha a transpirací.

$$V_{ot} = 13\,490 \text{ m}^3/\text{rok} = 0,43 \text{ l/s}$$

Varianta č. 2

Tabulka 12 – Ovlivnění M-denních průtoků výparem – varianta č. 2. Zdroj: autorka práce

M-denní průtoky $Q_{Ma}[l/s]$													Liduška		ř. km 5,5	A = 1,58 km ²
30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	355	364	třída			
7,2	4,4	3	2,2	1,7	1,3	1	0,75	0,5	0,3	0,1	0	0	IV			
7,0	4,2	2,8	2,0	1,5	1,1	0,8	0,6	0,3	0,1	-0,1	-0,2	-0,2	--			

Profil ovlivněný výparem z celkové rozlohy vodní plochy 0,63 ha a transpirací.

$$V_{ot} = 6\,157 \text{ m}^3/\text{rok} = 0,2 \text{ l/s}$$

5.6 Zhodnocení předpokládaných vlivů projektu

Vodní režim lokality je ovlivňován jak základními charakteristikami povodí, tak způsobem využívání a úrovní hospodaření na orné půdě. V dotčených lokalitách se půda intenzivně zemědělsky obhospodařuje.

Neporušená krajina má schopnost akumulovat a zpomalit odtok velkého množství vody. Tato schopnost krajiny se výrazně snižuje velkovýrobním způsobem hospodaření. Negativní vlivy přináší vysoké zornění půdy, velké půdní bloky s nízkým obsahem organického podílu v půdě, či nevhodná skladba doprovodné zeleně. Tyto negativní projevy přináší nižší stabilitu krajiny a v konečném důsledku i zvyšující se riziko povodní.

5.6.1 Ovzduší

Projekt by neměl mít žádný negativní vliv na ovzduší v lokalitě. Lze naopak očekávat zlepšení oproti současnému stavu. Stávající pozemky jsou v dnešní době intenzivně zemědělsky využívány. Při kombinaci větrného počasí a sucha může docházet ke zvýšené větrné erozi a prašnosti. Nové vodní prvkylepší hydrický režim půdního prostředí a tímlepší současný stav. Při výstavbě lze očekávat dočasné lokální zhoršení stavu ovzduší v lokalitě, které je spojeno s každou stavební činností, zejména se jedná o zvýšenou prašnost. Povinností je učinit taková opatření, aby negativní vlivy na ovzduší byly minimalizovány (kropení ploch, dobrý technický stav stavební techniky, atd.), případně přizpůsobit termín výstavby klimatickým podmínkám.

5.6.2 Vodní režim krajiny

Historické napřímení vodního toku Liduška, odvodnění přilehlých pozemků, stejně jako stávající způsob hospodaření, má negativní vliv na vodní režim v lokalitě (rozkolísaná hladina podzemní vody, zvýraznění extrémů povrchového či podpovrchového odtoku, zhoršená distribuce srážkových vod do půdy, zhoršení splaveninového režimu v toku). Navržená revitalizační opatření zásadně vylepší vodní režim dotčených pozemků a přilehlého okolí prostřednictvím zadržení většího množství vody. Tím dojde k navýšení zásoby mělké podzemní vody, vyrovnání odtokových poměrů a případně i k lehkému tlumení velkých vod. Očekávaným přínosem revitalizace bude také zlepšení kvality vody ve vodním toku. V nádržích dojde k částečnému usazení neseného sedimentu a nerozpuštěných látek. Díky uvedení koryta a přilehlých objektů do přírodě bližšího charakteru, lze rovněž očekávat zlepšení samočisticích procesů ve vodním prostředí. To může být výhodné zejména z toho důvodu, že vodní tok Liduška je recipientem dešťových kanalizací z okolních obcí, které mohou být zdrojem znečištění. Revitalizovaná oblast může spolupůsobit jako přírodní dočištění těchto vod.

5.6.3 Příroda a krajina

Ekologická hodnota krajiny v řešené oblasti není příliš velká, což je následek hospodaření na okolních pozemcích. Lze konstatovat, že v dnešní době je ekologická a estetická hodnota lokality zlepšována zejména v minulosti provedenými revitalizačními opatřeními, což bylo potvrzeno i provedeným biologickým zhodnocením lokality. Navržená opatření mají

za úkol navázat na dříve provedené revitalizace Lidušky. Přínos v oblasti přírody a krajiny bude v rozšíření a zkvalitnění stávající vodních a mokřadních biotopů. Stávající koryto Lidušky je součástí územního systému ekologické stability, který bude záměrem značně rozšířen a doplněn o důležité interakční prvky. Vodní prvky budou také doplněny o revitalizaci dotčených ploch formou náhradních osevů a výsadeb, čímž dojde k vytvoření dalších ekologicky cenných biotopů – louka, háj, mokřad atd. Projekt je navržen tak, aby bylo minimalizováno kácení rostlých stromů a porostů lemujících koryto toku. U stromů, které se budou vyskytovat v bezprostředním okolí staveniště a budou ohroženy stavební technikou, bude provedena ochrana stromů dle ČSN 83 9061 Technologie vegetačních úprav v krajině – Ochrana stromů, porostů a vegetačních ploch při stavebních pracích. Vzhledem k tomu, že se revitalizace přímo dotýká vodního prostředí s předpokládaným výskytem obojživelníků, měl by projekt probíhat mimo jarní období rozmnožování. Stavba bude mít svým provedením a charakterem jednoznačně pozitivní vliv na okolní krajinu. Pomůže ke zkvalitnění ekologických funkcí a vazeb v krajině.

Při výstavbě bude částečně ovlivněno půdní a horninové prostředí v lokalitě, což je spojeno s hloubením nových vodních prvků. Stavba je navržen tak aby ovlivnění cenných horních vrstev bylo co nejmenší. Před započítím výstavby bude provedena skrývka ornice v tl. 300 mm na všech plochách dotčených výstavbou. Celkové množství skryté ornice bude cca 4000 m³. Ornice bude zpětně využita při dokončovacích pracích, její přebytek může být rozprostřen na okolní orné půdě.

5.6.4 Obyvatelstvo

Negativní vliv na obyvatelstvo přilehlého okolí není očekáván, stavba bude umístěna v extravilánu. Přínosem projektu pro obyvatelstvo bude zvýšení estetické hodnoty místa a vytvoření klidové zóny s možností rekreace.

5.7 Ekonomické zhodnocení

5.7.1 Náklady a harmonogram

Celkový rozpočet revitalizace vodního toku je závislý na mnoha faktorech. Určující je prostředí, ve kterém revitalizace vodního toku probíhá, délka revitalizovaného koryta, druh objektů budovaných v okolí vodního toku nebo rozsah vegetačních úprav.

Realizace revitalizace by měla započít v únoru až březnu s ohledem na nutnost dotčené pozemky zbavit náletových křovin a stromů, jež budou bránit výstavbě. Po odstranění nežádoucí vegetace a její následné likvidaci je potřeba odstranit zbylé betonové opevnění koryta. Odstranění těchto konstrukcí by mělo proběhnout v dubnu, kdy je dle dat Českého hydrometeorologického ústavu nejmenší úhrn srážek v průběhu roku v dané oblasti, tudíž lze očekávat nejmenší objem průtoku v korytě. Odstraněné betonové konstrukce je nutné odvézt na skládku dle zákonných podmínek. Poté je možné začít se zemními pracemi, díky kterým bude vyhloubena nová trasa koryta a vytvořen podélný a příčný profil koryta. Zároveň dojde k vyhloubení tůň dle projektové dokumentace. Dokončující práce spočívají ve výsadbě doprovodné zeleně a zatravnění dotčených ploch. Tato činnost se odvíjí od fenologického kalendáře, dle kterého je nejvhodnější započít s těmito pracemi v září až říjnu.

Pro názornost je možné využít rozpočty první i druhé etapy revitalizace vodního toku Liduška. První etapa revitalizace proběhla v roce 2007, spočívala v úpravě napřímeného koryta v délce 1207 bm a vybudování tůň o rozloze 1,6 ha. Náklady na tuto etapu činily 9 969 tis. Kč (bez DPH). Druhá etapa uskutečněná v roce 2018 proběhla ve dvou lokalitách. Celkově bylo upraveno napřímené koryto v délce 330 m a byly vybudovány tůň o celkové rozloze 2,51 ha. Náklady na druhou etapu revitalizace činily 8 179 tis. Kč (bez DPH). Obě již realizované revitalizace získaly dotaci ve výši 100 % z Operačního programu životního prostředí. Lze říci, že projekt navržený v rámci této diplomové práce, je sice obdobného charakteru, avšak v menším rozsahu, tudíž by navržené revitalizace měly značně nižší náklady. Vzhledem k tomu, že investor akce by byl zároveň i majitel dotčených pozemků, nemusí být v rámci projektu řešen výkup pozemků a stále rostoucí ceny půdy, čímž značně klesají celkové náklady.

Just et al. (2003) ve své publikaci uvádějí, že srovnávací měrnou hodnotou mohou být náklady na běžný metr (bm) koryta, u tůň pak na krychlový metr zadržené vody či čtverečný metr zatopené plochy. Varianta č. 1 počítá s prodloužením koryta toku na 217 m, což by činilo 434 000,- Kč. Zároveň jsou zde nově navrženy tůň s celkovým objemem 24 079,6 m³, jejich náklady by tedy činily 2 407 960,- Kč. Celkově by tedy náklady na vybudování nového koryta a tůň v rámci varianty č. 1 vyšly na 2 841 960,- Kč. V rámci varianty č. 2 bylo prodlouženo koryto na 229,3 m a náklady by tudíž činily 458 600,- Kč. Nově navržené tůň mají celkový objem 9 939,75 m³, jejich vybudování by tedy po přepočtu vyšlo na 993 975,- Kč. Celkově by tedy opatření varianty č. 2 vyšla na 1 452 575,- Kč. Dle výpočtů je tedy patrné, že varianta č. 2 je variantou méně nákladnou. Vzhledem k tomu, že přepočtové náklady na bm jsou velice obecné, nelze náklady uvažovat jako výsledné, pouze jako orientační.

5.7.2 Možnosti financování

Finančním zdrojem pro revitalizace mohou být finanční prostředky poskytnuté Evropskou unií prostřednictvím dotací. Přidělování finančních prostředků má v kompetenci Ministerstvo životního prostředí a jednotlivé akce musejí být projednávány s AOPK ČR. V současné době je možné čerpat na revitalizace vodních toků finanční podpory z následujících programů:

1) Operační program životního prostředí

V rámci Operační program životního prostředí, prioritní osy 4 – Ochrana a péče o přírodu a krajinu, specifického cíle 4.3 – Posílit přirozené funkce krajiny a podporované aktivity 4.3.3. – Revitalizace a podpora samovolné renaturace vodních toků a niv, obnova ekostabilizačních funkcí vodních a na vodu vázaných ekosystémů lze čerpat dotaci až do výše 100 % způsobilých výdajů. Žadatelem mohou být fyzické osoby, právnické osoby, obce, města, kraje a další. Tento program podporuje následující opatření:

- vytváření a obnova přírodě blízkých koryt vodních toků zahrnující případné odstranění dřívějších nevhodných úprav, včetně zakládání nových břehových porostů nebo rekonstrukce břehových porostů spočívající v nahrazení geograficky nepůvodních druhů geograficky původními podél toku i v přilehlé nivě, při respektování přístupů ochrany území před povodněmi,
- obnova říčních ramen v nivě vodního toku, jejichž cílem je posílení ekologicko-stabilizačních funkcí,
- posílení ekologicko-stabilizačních funkcí rašelinišť a pramenišť,
- podpurná opatření na vodním toku a v nivě umožňující přirozené korytotvorné procesy v delším časovém horizontu bez nutnosti plošně rozsáhlých investičních úprav (OPŽP 2020).

2) Podpora obnovy přirozených funkcí krajiny (POPFK)

Národní dotační program Podpora obnovy přirozených funkcí krajiny, Podprogram 115 174 nabízí možnost financování revitalizací vodních toků až do výše 100 % způsobilých výdajů. Dotaci lze čerpat na celém území České republiky a žadatelem mohou být fyzické osoby, právnické osoby, obecně prospěšné organizace, územní samosprávné celky (obce), spolky, svazky obcí, příspěvkové organizace, organizační složky státu, státní organizace a státní podniky. Podporovanými činnostmi jsou:

- opatření přispívající ke zlepšování přirozených funkcí vodních toků, včetně obnovy jejich migrační propustnosti,
- obnova nebo tvorba mokřadů, tůní či vodních nádrží přírodě blízkého charakteru s cílem zlepšení retenční schopnosti krajiny a podpory biodiverzity,
- zakládání a revitalizace prvků systému ekologické stability vázaných na vodní režim (AOPK ČR 2020).

6 Diskuze

Pro návrh revitalizačních opatření byl vybrán vodní tok Liduška ležící v zemědělsky obhospodařované krajině v okrese Nymburk ve Středočeském kraji. Zvolen byl doposud nerevitalizovaný úsek v ř. km 5,710 - 5,930, který byl podroben klimatologickému, hydrologickému, geologickému, hydrogeologickému, pedologickému a biologickému průzkumu na základě dostupných podkladů a terénního průzkumu. Po vyhodnocení dat lze konstatovat, že vodní tok Liduška protéká zastavěným územím i volnou krajinou, nejedná se o příliš dlouhý ani průtočný tok, avšak jeho význam pro zdejší krajinu není zanedbatelný. Vodní tok Liduška protéká převážně rovinným terénem a slouží jako významný biokoridor. Tok se nachází v teplé oblasti s nepříliš velkým ročním úhrnem srážek. Vodní tok neleží v žádné chráněné oblasti, jež by znemožňovala realizaci revitalizace. Jedná se o drobný tok s malým povodím. Z hydrogeologického průzkumu je patrné, že podzemní voda v zájmovém území se nachází poměrně blízko terénu, což je optimální pro infiltraci vody směrem k terénu, jež bude přispívat k zásobě vody v korytě toku a také v navržených tůních. Z identifikovaných nalezených živočišných a rostlinných druhů, které mají širší ekologickou valenci, lze usuzovat střední až vyšší eutrofizaci vodního prostředí. Tok je významně antropogenně ovlivněn vodohospodářskými úpravami z minulosti a také okolním zemědělským využíváním krajiny. Část toku byla v roce 2007 a 2018 revitalizována, byly zde vytvořeny nové biotopy vhodné především pro vodní ptactvo a obojživelníky. V porovnání s nerevitalizovanými úseky vodního toku se zde zvýšila biodiverzita, především zvýšením počtu druhů vodního ptactva a také zvýšením biotopů vhodných pro obojživelníky, což mělo příznivý vliv i na zbývající úseky toku. Vegetace podél toku je významným prvkem přírodního prostředí vodního toku a je zde tvořena poměrně hodnotným litorálem, který se stabilizuje a příznivě ovlivňuje vlastní vodní tok. Na revitalizovaném úseku toku byly pozorovány zvláště chráněné druhy obojživelníků, výskyt dalších druhů nelze vyloučit.

Kromě vyhodnocení současných podmínek bylo také zapotřebí určit hlavní činitele, kteří degradují současný stav vodního toku. Hlavním problémem je v minulosti napřímené a zahlobené koryto opatřené betonovým opevněním. Tyto úpravy společně s intenzivním způsobem hospodaření na okolních pozemcích způsobují urychlení odtoku vody z povodí a neumožňují dostatečnou retenci vody v krajině. Na základě vyhodnocení lokality lze konstatovat, že se jedná o nevhodně modifikovaný úsek, který má sníženou ekologickou hodnotu. Niva je na levém břehu tvořena ornou půdou s mírným sklonem terénu a pozemky jsou zde často podmáčeny a mají sníženou úrodnost. Niva na pravém břehu je tvořena pozemky, na kterých se nacházejí sady. Řešením by mohla být technická renaturace, jež by zlepšila ekologický stav toku a přilehlé nivy.

Hlavním cílem diplomové práce bylo přiblížit problematiku revitalizace vodního toku, čehož bylo dosaženo v teoretické části práce, jež podrobně čtenáře seznamuje s daným tématem. Dalším cílem bylo získané poznatky aplikovat na reálný návrh revitalizace části vodního toku, pokud možno v několika variantách. Na základě analýzy dostupných podkladů a již provedených revitalizací byly navrženy dvě varianty revitalizace zvoleného úseku toku. Součástí obou variant je návrh zcela nového meandrujícího koryta vodního toku přirozeného tvaru. Dále byla navržena opatření i mimo koryto vodního toku, jedná se o návrh tůní

a rekultivaci. V rámci první varianty bylo navrženo nové koryto vodního toku, kdy snahou bylo vycházet co možná nejvíce z původního koryta. Bylo navrženo koryto o hloubce 0,5 m se sklony břehů 1:2 až 1:7. Délka toku byla prodloužena ze stávajících 204 m na 217 m. Dalším opatřením byl návrh boční průtočné tůně o rozloze 1,32 ha a bezodtoké tůně o rozloze 0,056 ha. Kromě vodních ploch byla také navržena břehová vegetace a doprovodná vegetace v podobě lesního porostu. Varianta č. 2 obsahuje návrh nového koryta o délce 229,3 m z původních 204 m. Sklony břehů se pohybují v rozmezí 1:2 až 1:5 a hloubka koryta je okolo 1 m. Součástí varianty č. 2 je návrh pěti rozdílně velkých a hlubokých tůní. Byly navrženy dvě větší boční tůně o rozloze 0,344 ha a 0,207 ha a také tři menší bezodtoké tůně o rozlohách 0,053 ha, 0,021 ha a 0,003 ha. Druhá varianta návrhu obsahuje také návrh mokřadu a vegetačního doprovodu. U obou variant bylo snahou vycházet z přirozených podmínek lokality a respektovat obecná pravidla pro návrh revitalizací. Dalo by se říci, že varianta č. 1 je variantou zohledňující více ekonomickou stránku projektu. Především tím, že trasa koryta je vedena co možná nejvíce původním korytem, čímž se omezí náklady na výkopové práce. Podstatná je také rozloha tůní, jež dosahuje větších rozměrů než ve variantě č. 2, čímž se zamezí zanášení tůní sedimentem a prodlouží jejich životnost. Zatímco varianta č. 2 zohledňuje více biologickou podstatu projektu, a to především rozmanitostí tůní a jejich okolí, jež počítá s širším spektrem živočišných druhů.

Ideálním koncovým stavem by mělo být zásadní zlepšení ekologického stavu v rozsahu celého povodí. Přestože oba návrhy revitalizace byly zpracovány svědomitě a dle platných pravidel pro návrh revitalizací, je zřejmé, že revitalizaci je potřeba řešit v rámci celého povodí. Limitujícím faktorem může být kvalita vody ve vodním toku i v přilehlých tůních zapříčiněna smyvem znečišťujících látek z okolních pozemků. I přesto, že oba návrhy počítají s podporou procesů samočištění, kvalita vody zůstane beze změny, pokud nebudou provedena komplexní opatření v celém povodí. Vhodné by tedy bylo využít protierozní ochrany zemědělské půdy, např. vytváření zatravněných pásů, obnova mezí či omezení pěstování širokořádkových plodin. Zásadní by také mohla být změna využití půdy v povodí, nejlépe zvýšením podílu travních porostů nebo podílu lesů.

U obou návrhů bylo dle M-denních průtoků ve vybraném profilu vodního toku a dle roční ztráty vody výparem z vodní hladiny posouzeno ovlivnění průtoků v korytě. Výsledkem výpočtů bylo, že ztráty výparem z navržených tůní jsou pro obě navrhované revitalizace přijatelné a návrh tůní negativně neovlivní celkovou hydrologickou bilanci povodí ani průtoky v korytě toku. I přesto, že dle výpočtů dojde ke snížení průtoků, což je zapříčiněno vybudováním tůní, nedojde dle výpočtů k úplnému vyschnutí vody v korytě toku.

V neposlední řadě byla také vyhodnocena finanční nákladnost projektu a možnosti jeho financování. Pro názornost a odhadnutí přibližné ceny byly využity rozpočty již provedených revitalizací na jiných úsecích vodního toku Liduška, ale také srovnávací měrné hodnoty, kterými byly náklady na běžný metr koryta a u tůní pak na krychlový metr zadržené vody. Dle výpočtů je nákladnější varianta č. 1, a to především díky objemu budovaných vodních nádrží, avšak dle dlouhodobého časového horizontu je delší životnost právě těchto hlubších tůní.

Vzhledem k tomu, že majitel pozemků je zároveň také investorem, nevzniknou zde náklady na pořízení pozemků. Investor také může využít dotaci ve výši až 100 % ze dvou v současné době běžících dotačních programů, a to z Operačního programu životního prostředí či národního dotačního programu Podpora obnovy přirozených funkcí krajiny.

7 Závěr

V minulosti byly prováděny úpravy vodních toků technického charakteru zabezpečující převážně ochrannou funkci s cílem odvádět vodu z krajiny. Tyto úpravy do značné míry ovlivňují přirozený ráz dotčené oblasti a vodní bilanci. V dnešní době bývají tyto úpravy při stále převládajícím suchu označovány za nepřilíš vhodné.

V současnosti je snahou navrátit krajině její přirozený ráz a schopnost zadržet v sobě optimální množství vody. V dřívější době napřímené vodní toky bývají dnes revitalizovány, a dochází tedy k obnově přirozeného charakteru koryt. Nejčastěji bývají navrhována meandrující koryta se střídajícími se proudnými úseky, pozvolnými břehy a možnostmi rozlivu vody do krajiny. Opevnění se v rámci revitalizací neprovádí, pokud je to však nezbytné, používají se kamenné záhozy doplněné o vegetaci. Příhodné je také vkládat rozčleňující prvky místního charakteru do průtočného profilu. Tím se vytvoří úkryty pro živočichy vázané na vodní ekosystém. Podstatný význam mají také prováděná opatření v nivě vodního toku, například návrh tůní a mokřadů má pozitivní vliv na biodiverzitu a zvyšují akumulaci a retenční schopnost v kulturní krajině. Nezbytné je také využívat vodu zachycenou drenážními systémy, neodvádět ji přímo do říční sítě, ale zadržet ji v krajině. Toho se docílí například pomocí průlehů, poldrů nebo mokřadů. Zásadní je také způsob hospodaření na pozemcích využívaných pro zemědělství, jež může snížit vodní erozi. Pro dosažení kladných výsledků je zapotřebí na revitalizaci pohlížet jako na komplexní projekt, který zohledňuje všechna tato opatření.

Vodní tok Liduška ležící v zemědělsky využívané krajině se v minulosti setkal se zmiňovanými vodohospodářskými úpravami. Narovnané koryto vodního toku s příkrými břehy a s místy provedeným betonovým opevněním, není z technického ani ekologického hlediska příliš vhodné. Negativně může také působit vybudované drenážní potrubí, které se nachází na přilehlých pozemcích, a které je vyústěno do koryta vodního toku. Takové zásahy způsobují nadbytečný odtok vody z povodí, což úzce souvisí s poklesem zásoby vody v krajině. To se pak může negativně projevit především při nízkém výskytu srážek. Vodní tok Liduška také disponuje nízkým stupněm oživení a druhovou skladbou vegetace, z čehož vyplývá, že stav toku není ideální, a proto by zde byla vhodná jeho revitalizace.

Navržená opatření, která jsou součástí vlastního projektu, vycházela z veřejně dostupných podkladů, z vlastní rekognoskace zájmového území i z archivních projektových dokumentací již provedených úprav na vodním toku. Po vyhodnocení těchto podkladů byly vytvořeny vlastní návrhy revitalizace vyhotovené ve dvou variantách. Na základě terénního průzkumu byly vyhodnoceny již proběhlé revitalizace ve třech úsecích vodního toku, z čehož je patrné, že revitalizace měly kladný vliv na hydrologické i biologické poměry v lokalitě. Další úpravy toku by jednoznačně přispěly k jejímu dalšímu obohacení. Na základě terénního průzkumu bylo zjištěno, že je v okolí tůní nedostatečně zastoupena zeleň a při dalším navrhování revitalizací je potřeba klást důraz na obnovu současných porostů i na výsadbu porostů nových.

Navržená revitalizace navazuje na již revitalizovaný úsek vodního toku a vhodně jej doplňuje. Úpravy byly provedeny v úseku ř. km 5,710 - 5,930, jednalo se především o vytvoření nového přírodě blízkého koryta, prodloužení trasy toku, a tím také o prodloužení doby průtoku

vody krajinou, obnovu členitosti dna a podélného profilu, zmenšení kapacity koryta a snížení sklonu břehů. Mimo koryto toku pak byly navrženy různé varianty přírodě blízkých vodních prvků, což bude mít pozitivní vliv na odtokové poměry území. Všechny navržené tůně jsou svým tvarem a členěním navrženy tak, aby v území působily maximálně přirozeně. Důraz byl kladen na různorodost a členitost břehů i dna. Okolí nově navržených tůní bylo vhodně doplněno břehovou a doprovodnou vegetací, kdy návrh vycházel z vlastního terénního průzkumu. Navržená zeleň zpevní břehy, ochrání vodní tok před smyvem půdních částic, a také bude sloužit jako útočiště nejen pro vodní organismy. Doporučeno je také okolí toku dotčené stavebními pracemi osít vhodnou travní směsí či ponechat pozemky přirozeně zarůst.

Všechna navržená opatření by měla navrátit toku jeho přirozený charakter, přispět ke zvýšení retence vody v krajině i ke zlepšení biologické rozmanitosti v povodí. Realizací projektu vznikne nový ekologicky významný krajinný prvek a dojde ke zlepšení rekreačních možností v dané lokalitě.

8 Seznam literatury

Bibliografické zdroje

- Beach MH. 1984. Fish pass design - criteria for the design and approval of fish passes and other structures to facilitate the passage of migratory fish in rivers. Ministry of agriculture, fisheries and food directorate of fisheries research **78**:1-46.
- Benetin J, Dvořák J, Fidler J, Kabina P. 1987. Odvodňovanie. Příroda. Bratislava.
- Bernhardt ES, Sudduth EB, Palmer MA, Allan JD, Meyer JL, Alexander G, Follstad-Shah J, Hassett B, Jenkinson R, Lave R, Rumps J, Pagano L. 2007. Restoring rivers one reach at a time: Results from a survey of U.S. river restoration practitioners. *Restoration Ecology* **15**:482-493.
- Binder W, Göttle A, Shuhuai D. 2015. Ecological restoration of small water courses, experiences from Germany and from projects in Beijing. *International Soil and Water Conservation Research* **3**:141-153.
- Cuřínová P, et al. 2016. Vodohospodářské stavby. Informační centrum ČKAIT, s r. o., Praha.
- De Meester L, Declerck S, Stoks R, Louette G, Van De Meutter F, De Bie T, Michels E, Brendonck L. 2005. Ponds and pools as model systems in conservation biology, ecology and evolutionary biology. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* **15**:715-725.
- Deng DX, Liu KG, Zhou X. 2019. Rich water flow, live water revitalizes the countryside – Rural water resources utilization design under the rural revitalization strategy. *Web of conferences* **81**:1-6.
- Dumbrovský M. 2010. Příspěvek k řešení vodního hospodářství krajiny v pozemkových úpravách. Vutium, Brno.
- Fiala J. 1979. Stavby vodní a meliorační. Státní nakladatelství technické literatury, Praha.
- Fiala J, Kaura J, Sádlo J. 1980. Stavby vodní a meliorační. Nakladatelství technické literatury, n. p., Praha.
- Folzer H, Dat JF, Capelli N, Rieffel D, Badot PM. 2006. Response of sessile oak seedlings (*Quercus petraea*) to flooding: an integrated study. *Tree Physiology* **56**:759-766.
- Haslam SM. 1997. The river scene: Ecology and cultural heritage. Cambridge university press, United Kingdom.
- Hejnák J. 2004. Geologické podklady pro krajinnotvorné programy. Ministerstvo životního prostředí, Praha.
- Hynes HBN. 1970. The ecology of running waters. Liverpool university press, United Kingdom.

- Hynes HBN. 1984. Running waters and mankind. Pages 8-12 in Lillehammer A, Saltweit SJ, editors. Regulated rivers. Proceedings of the second international symposium on regulated streams held, Oslo.
- Julien PY. 2002. River mechanics. Cambridge University Press, New York.
- Just T, Šámal V, Dušek M, Fischer D, Karlík P, Pykal J. 2003. Revitalizace vodního prostředí. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha.
- Just T, Matoušek V, Dušek M, Fischer D, Karlík P. 2005. Vodohospodářské revitalizace a jejich uplatnění v ochraně před povodněmi. Český svaz ochránců přírody, Praha.
- Just T. 2010. Přírodě blízké úpravy vodních toků v intravilánech a jejich význam v ochraně před povodněmi. Revitalizace sídelního prostředí vodními prvky. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha.
- Just T. 2012. Ekologicky orientovaná správa vodních toků v oblasti péče o jejich morfologický stav. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha.
- Jůva K. 1957. Odvodňování půdy. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.
- Kender J. 2000. Teoretické a praktické aspekty ekologie krajiny. Ministerstvo životního prostředí, Praha.
- Kininmonth S, Bergsten A, Bodin O. 2015. Closing the collaborative gap: Aligning social and ecological connectivity for better management of interconnected wetlands. *AMBIO* **44**:138-148.
- Kvítek T, Gergel J, Ondr P, Zámešková K. 2006. Zemědělské meliorace. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, České Budějovice.
- Lancaster B. 2006. Rainwater harvesting for drylands and beyond. Rainsource pre, Tuscon.
- Langhammer J. 2007. Povodně a změny v krajině. Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze, Praha.
- Leuven RSEW, Nienhuis PH. 2001. River restoration and flood protection: controversy or synergism? *Hydrobiologia* **444**:85-99.
- Linsley RK, Franzini JB. 1979. Water-resources engineering. McGraw-Hill Book Company, New York.
- Lucas MC, Baras E. 2001. Migration of Freshwater Fishes. Blackwell Science, Oxford.
- Lusk S. 1989. Rybářství a úpravy vodních toků. Ústav systematické a ekologické biologie, Brno.
- Madsen BL. 1995. Danish watercourses: ten years with the new watercourse act: collected examples of maintenance and restoration. Ministry of Environment and Energy, Copenhagen.

- Madsen BL. 2010. The Stream and Beyond: Reinstating Natural Functions in Streams and Their Floodplains. Pages 145-184 in Eiseltořá M, editor. Restoration of lakes, streams, floodplains, and bogs in Europe. Springer, New York.
- Maslanka K, Kostuch R. 2015. Swinna Poreba – long awaited water reservoir. Acta Scientiarum Polonorum – Formatio Circumiectus **14**:161-168.
- Moss B. 2010. Ecology of Freshwaters: A View for the Twenty-First Century. Wiley, United States.
- Němec J, Hladný J, Blařek V. 2006. Voda v České republice. Consult, Praha.
- Novák L, Novák L. 2011. Protipovodňová opatření v České republice. Český svaz vědeckotechnických společností, Praha.
- Odum EP. 1997. Základy ekologie. Academia, Praha.
- Palmer MA, Hondula KL, Koch BJ. 2014. Ecological Restoration of Streams and Rivers: Shifting Strategies and Shifting Goals. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics **45**:247-269.
- Pavlica J. 1964. Malé vodní nádrže a rybníky. Státní nakladatelství technické literatury, Praha.
- Peskova J, Stibinger J. 2015. Computation Method of the Drainage Retention Capacity of Soil Layers with a Subsurface Pipe Drainage System. Soil and water research **10**:24-31.
- Petřiček V, Cudlín P. 2003. Máme bojovat proti povodním? Životné prostredie **37**:177- 179.
- Quin A, Jaramillo F, Destouni G. 2015. Dissecting the ecosystem service of large-scale pollutant retention: The role of wetlands and other landscape features. AMBIO **44**:127-137.
- Quitt E. 1971. Klimatické oblasti Československa. Academia, Praha.
- Ranney TG, Bir RE. 1994. Comparative flood tolerance od birch rootstocks. Journal of the American society for horticultural science **119**:43-48.
- Ripl W, Eiseltořá M. 2010. Criteria for Sustainable Restoration of the Landscape. Pages 1-24 in Eiseltořá M, editor. Restoration of lakes, streams, floodplains, and bogs in Europe. Springer, New York.
- Slavík L, Neruda M. 2007. Voda v krajině. Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem, Fakulta životního prostředí, Praha.
- Slavík L, Neruda M. 2014. Hospodaření s vodou v krajině. Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem, Fakulta životního prostředí, Praha.
- Šlezinger M. 2005. Stabilizace říčních ekosystémů. Akademické nakladatelství CERM, Brno.
- Šlezinger M. 2010. Revitalizace toků: příspěvek k problematice úprav vodních toků. Akademické nakladatelství VUTIUM, Praha.
- Štěřba O. 1986. Pramen života. Panorama, Praha.

- Štěrba O, Měkotová J, Bednář V, Šarapatka B, Rychnovská M, Kubíček F, Řehořek V. 2008. Říční krajina a její ekosystémy. Univerzita Palackého, Olomouc.
- Tlapák V, Šálek J, Legát V. 1992. Voda v zemědělské krajině. Zemědělské nakladatelství Brázda, Praha.
- Veselý D. 2005. Revitalizace odstavených ramen v urbanizované i neurbanizované krajině. Univerzita Palackého, Olomouc.
- Vought LBM, Lannerstad M. 2001. The structure of the riparian ecotone and its implication for stream macroinvertebrate community. *Verh Int Verein Limnol* **27**:1357-1360.
- Vought LBM, Lacoursiere JO. 2010. Restoration of Streams in the Agricultural landscape. Pages 225-242 in Eiseltová M, editor. Restoration of lakes, streams, floodplains, and bogs in Europe. Springer, New York.
- Vrána K, Dostál T, Zuna J, Kender J. 1998. Krajinné inženýrství. Český svaz stavebních inženýrů, Praha.
- Vrána K, Dostál T, Gergel J, Kender J, Zuna J. 2004. Revitalizace malých vodních toků – součást péče o krajinu. Consult, Praha.
- Vrána K, Beran J. 2013. Rybníky a účelové nádrže. České vysoké učení technické v Praze, Praha.
- Walczak N, Walczak Z, Hammerling M. The effect of the geometric structure of flood plain vegetation on the probability of passing for plant debris. *Journal of ecological engineering* **17**:304-310.
- Wohl E, Angermeier PL, Bledsoe B, Kondolf MG, MacDonnell L, Merritt DM, Palmer MA, Leroy Poff N, Tarboton D. 2005. River restoration. *Water resources research* **41**:12.

Legislativně-právní zdroje

- ČSN 75 2410. 1997. Malé vodní nádrže. Český normalizační institut, Praha.
- Česká republika. 1992. Zákon č. 114/92 Sb., o ochraně přírody a krajiny.
- Česká republika. 2001. Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon).

Internetové zdroje

- ArcGIS. 2015. Mapa Ochranných pásem přírodních léčivých zdrojů. ArcGIS. Available from www.arcgis.com (accessed March 2020).
- AOPK ČR. 2020. 115 174 – Podpora adaptace vodních ekosystémů. AOPK ČR, Praha. Available from www.dotace.nature.cz (accessed July 2020).

- ČHMÚ. 2009. Hydrologické povodí. ČHMÚ, Praha. Available from www.hydro.chmi.cz (accessed March 2020).
- ČSG. 2013. Geologie. ČS, Praha. Available from www.geology.cz (accessed January 2020).
- ČÚZK. 2008. Katastrální mapa ČR. ČÚZK, Praha. Available from <https://geoportal.cuzk.cz> (accessed March 2020).
- Ministerstvo zemědělství. 2020. Ministr zemědělství: Máme plán na využití meliorací, většinu přebudujeme tak, aby zadržely vodu pro období sucha. Ministerstvo zemědělství, Praha. Available from [www.http://eagri.cz/public/web/mze/tiskovy-servis/tiskove-zpravy](http://www.eagri.cz/public/web/mze/tiskovy-servis/tiskove-zpravy) (accessed July 2020).
- OPŽP. 2020. Pravidla pro žadatele a příjemce podpory z OPŽP 2014-2020. OPŽP, Praha. Available from www.opzp.cz (accessed July 2020).
- VÚMOP. 2020. Půda v Mapách. VÚMOP, Praha. Available from www.mapy.vumop.cz (accessed March 2020).
- VÚV. 2019. Hydroekologický informační systém VÚV TGM. VÚV, Praha. Available from www.heis.vuv.cz (accessed March 2020).

9 Seznam obrázků a tabulek

9.1 Seznam obrázků

- Obrázek 1** – Parametry popisující meandraci koryta: b – šířka koryta, B – šířka meandračního pásu, R – poloměr oblouků, F – vzdálenost mezi brodem a tůň
- Obrázek 2** – Tvary příčného profilu
- Obrázek 3** – Stav migrační průchodnosti na území ČR z roku 2009
- Obrázek 4** – Ideální sklony břehů při budování tůň
- Obrázek 5** – Ideální šířka zóny s pravidelným zaplavováním pro litorálního pásma
- Obrázek 6** – Rozdělení nádrží podle výškového umístění v terénu
- Obrázek 7** – Strukturovaná výsadba dřevin u vodních toků. Nahoře pravidelná výsadba, dole nepravidelná výsadba
- Obrázek 8** – Přehledová katastrální mapa 1:16 000
- Obrázek 9** – Geologická mapa 1:50 000
- Obrázek 10** – Projektová dokumentace drenážního potrubí. Přehledná situace 1:50 000 znázorňující meliorační okrsky
- Obrázek 11** – Přehled odvodňovaných ploch lokalita č. 2. Situace 1 : 2 000
- Obrázek 12** – Přehledová katastrální mapa s vyznačením I. revitalizace v roce 2007
- Obrázek 13** – Přehledová katastrální mapa s vyznačením II. revitalizace v roce 2018
- Obrázek 14** – Část vodního toku podléhající projektu revitalizace
- Obrázek 15** – Podmáčené pozemky ležící v těsné blízkosti vodního toku
- Obrázek 16** – Polní cesta mezi pozemky plánované revitalizace (vlevo) a pozemky již uskutečněné revitalizace (vpravo)
- Obrázek 17** – Půdorys revitalizace vodního toku Liduška v měřítku 1:1250 – varianta č. 1.
- Obrázek 18** – Příčný řez navrženého koryta v měřítku 1:50 – varianta č. 1
- Obrázek 19** – Příčný řez navržené boční tůně v měřítku 1:500 – varianta č. 1
- Obrázek 20** – Příčný řez navržené bezodtoké tůně v měřítku 1:200 – varianta č. 1
- Obrázek 21** – Půdorys revitalizace vodního toku Liduška v měřítku 1:1250 – varianta č. 2
- Obrázek 22** – Příčný řez navrženého koryta v měřítku 1:200 – varianta č. 2
- Obrázek 23** – Příčný řez navržené boční tůně č. 1 v měřítku 1:200
- Obrázek 24** – Příčný řez navržené boční tůně č. 2 v měřítku 1:250
- Obrázek 25** – Příčný řez navržené bezodtoké tůně č. 3 v měřítku 1:200
- Obrázek 26** – Příčný řez navržené bezodtoké tůně č. 4 v měřítku 1:100
- Obrázek 27** – Příčný řez navržené bezodtoké tůně č. 5 v měřítku 1:100

9.2 Seznam tabulek

Tabulka 1 – Charakteristika klimatické oblasti

Tabulka 2 – Hydrologické údaje vodního toku ke dni 11. 5. 2016

Tabulka 3 – Výsledky sondy S-1. Popis půdy v jednotlivých hloubkách

Tabulka 4 – Výsledky sondy S-2. Popis půdy v jednotlivých hloubkách

Tabulka 5 – Parametry navržených tůní

Tabulka 6 – M-denní průtoky v profilu za období 1981-2010

Tabulka 7 – Přibližné rozdělení výparu na jednotlivé měsíce v roce – varianta č. 1

Tabulka 8 – Vodohospodářská bilance – varianta č. 1

Tabulka 9 – Přibližné rozdělení výparu pro jednotlivé měsíce v roce – varianta č. 2

Tabulka 10 – Vodohospodářská bilance – varianta č. 2

Tabulka 11 – Ovlivnění M-denních průtoků výparem – varianta č. 1

Tabulka 12 – Ovlivnění M-denních průtoků výparem – varianta č. 2

10 Seznam použitých zkratek a symbolů

AOPK ČR	Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky
ČGS	Česká geologická služba
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČR	Česká republika
ČSN	Česká technická norma
ČÚZK	Český úřad zeměměřický a katastrální
DPH	Daň z přidané hodnoty
OPŽP	Operační program životního prostředí
TNV	Technická norma vodního hospodářství
VÚMOP	Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy
VÚV	Výzkumný ústav vodohospodářský

11 Samostatné přílohy

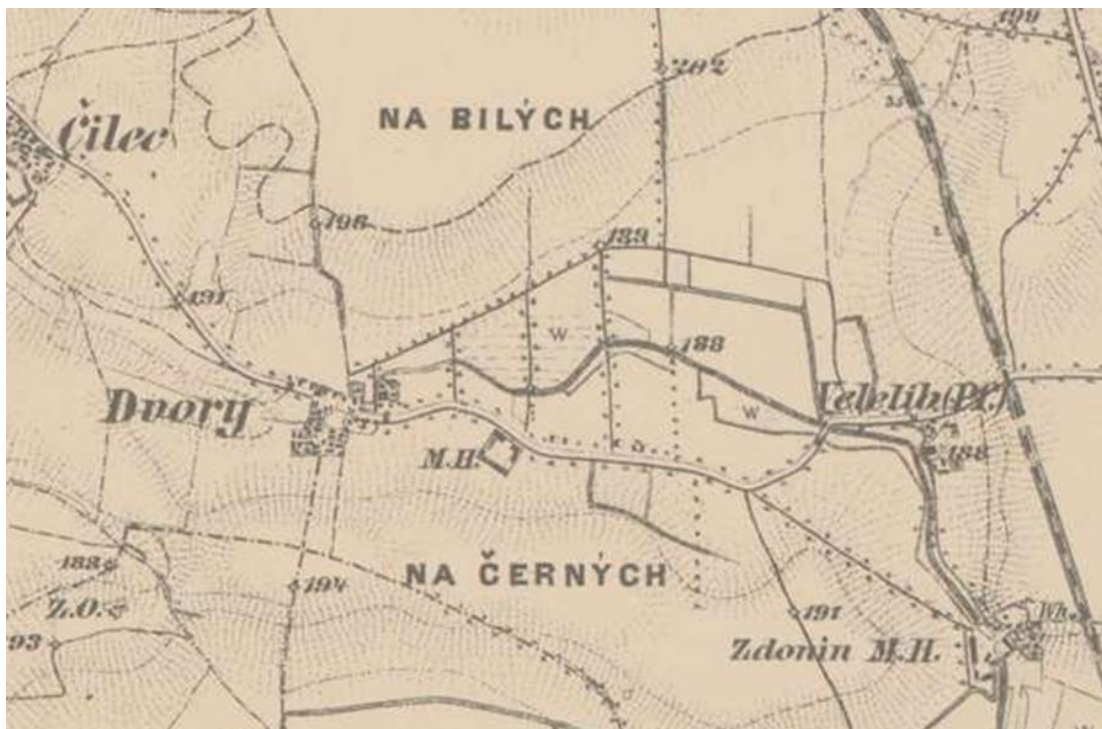
11.1 Příloha 1 – Mapová příloha



Obrázek 1 – První vojenské mapování 18. století. Zdroj: www.mapire.eu



Obrázek 2 – Druhé vojenské mapování 19. století. Zdroj: www.mapire.eu



Obrázek 3 – Třetí vojenské mapování 19. století. Zdroj: www.mapire.eu



Obrázek 4 – Satelitní mapa. Zdroj: www.google.cm/maps

11.2 Příloha 2 – Fotodokumentace

I. revitalizace



Obrázek 5 – Koryto vodní toku před I. revitalizací.
Zdroj: Ing. Libor Kouřík



Obrázek 6 – Koryto vodního toku po I. revitalizaci.
Zdroj: Ing. Libor Kouřík



Obrázek 7 – Současné foto revitalizovaného koryta –
I. revitalizace. Zdroj: autorka práce



Obrázek 8 – Tůň vybudovaná v rámci I. revitalizace.
Zdroj: autorka práce

II. revitalizace

Lokalita Dvory



Obrázek 9 – Koryto vodního toku před II. revitalizací.
Zdroj: Ing. Libor Kouřík



Obrázek 10 – Koryto vodního toku po II. revitalizaci.
Zdroj: autorka práce



Obrázek 11 – Pozemky před vybudováním tůň v rámci II. revitalizace.
Zdroj: Ing. Libor Kouřík



Obrázek 12 – Tůň vybudované v rámci II. revitalizace.
Zdroj: autorka práce



Obrázek 13 – Boční tůň s ostrůvky.
Zdroj: autorka práce

Lokalita Zdonín



Obrázek 14 – Pozemky před realizací II. revitalizace v lokalitě Zdonín.

Zdroj: Ing. Libor Kouřík



Obrázek 15 – Nové koryto vodního toku v lokalitě Zdonín.

Zdroj: Ing. Libor Kouřík



Obrázek 16 – Boční tůň v lokalitě Zdonín.

Zdroj: Ing. Libor Kouřík

11.3 Příloha 3 – Situace



Obrázek 17 – Situace v měřítku 1:1250 – varianta č. 1. Zdroj: autorka práce



Obrázek 18 – Situace v měřítku 1:1250 – varianta č. 2. Zdroj: autorka práce