

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

Přírodovědecká fakulta

Katedra fyzické geografie a geoekologie



**HODNOCENÍ A NÁVRH REVITALIZAČNÍCH OPATŘENÍ
VODNÍCH TOKŮ V URBANIZOVANÉ A RURÁLNÍ KRAJINĚ**

**ASSESSMENT AND PROPOSAL OF THE RIVER RESTORATION
MEASURES IN URBAN AND RURAL LANDSCAPE**

Diplomová práce

Bc. Vojtěch Tichý

Vedoucí práce: RNDr. Milada Matoušková, PhD.

Praha 2017

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze dne 20.4 2017

.....

Vojtěch Tichý

Na tomto místě bych rád poděkoval RNDr. Miladě Matouškové, Ph.D. za cenné rady, ochotu a trpělivost, která byla potřeba pro vypracování této diplomové práce. Dále bych rád poděkoval panu Pšenčnému a panu Ing. Justovi za cenné rady a poskytnuté informace. Rád bych také poděkoval své rodině a přátelům, kteří mě plně podporovali během celého studia.

Zadání diplomové práce

Název práce:

Hodnocení a návrh revitalizačních opatření vodních toků v urbanizované a rurální krajině

Cíle práce:

Hlavním cílem práce je vypracování návrhu revitalizace drobného vodního toku na podkladě realizovaných revitalizačních opatření ve zvolených lokalitách. Hodnocení a návrh budou realizovány na základě analýzy dostupných datových zdrojů a terénního průzkumu. Hodnocen bude hydromorfologický stav zájmových úseků vodních toků, upravenost říční sítě na základě historických mapových podkladů a změny krajinného pokryvu.

Použité pracovní metody, zájmové území, datové zdroje:

- rešerše zahraniční a domácí odborné literatury na danou problematiku
- geografická charakteristika zájmového území – povodí Lišanského potoka
- analýza antropogenní modifikace říční sítě na základě archivních mapových podkladů
- vyhodnocení odtokových poměrů v území
- analýza jakosti povrchových vod
- vyhodnocení výsledků terénního mapování pomocí metodiky HEM
- zhodnocení realizovaných revitalizačních opatření v urbanizované a rurální krajině
- vypracování návrhu možného řešení revitalizace úseku drobného vodního toku

Datové zdroje: odborná literatura, mapové a distanční datové podklady, informace a data od správců vodních toků, ČHMÚ, VÚV T.G.M. Praha, terénní průzkum.

Datum zadání: 14. 12. 2014

Jméno studenta: Vojtěch Tichý

Podpis studenta:

Jméno vedoucího práce: RNDr. Milada Matoušková, Ph. D.

Podpis vedoucího práce:

Abstrakt

Předkládaná diplomová práce se zabývá návrhem a hodnocením revitalizačních akcí, jako účinného nástroje dosažení dobrého ekologického stavu ve smyslu požadavků Rámcové směrnice vodní politiky 2000/60/ES. Hlavním cílem práce je vypracování návrhu revitalizace na Lišanském potoce na podkladu vyhodnocení hydromorfologického stavu toku, analýzy změny krajinného pokryvu a antropogenní upravenosti povodí, hodnocení odtokových poměrů a kvality vody. Pozornost je také věnována hodnocení revitalizačních opatření ve zvolených lokalitách na Botiči a Litovickém potoce. Podkladem pro návrh a hodnocení revitalizací je terénní průzkum pomocí metody HEM (Langhammer, 2014). Analýza změn krajinného pokryvu a upravenosti toku je provedena na základě dostupných historických mapových podkladů. Na základě zjištěných výsledků je Lišanský potok hodnocen jako středně modifikovaný. Celé povodí je intenzivně zemědělsky využívanou krajinou, která byla v minulosti postižena nevhodnými antropogenními úpravami. Pro zlepšení současného nevyhovujícího stavu toku je žádoucí přistoupit ke komplexní revitalizaci povodí.

Klíčová slova: Vodní tok, revitalizace, habitat, diverzita, urbanizované území, rurální krajina

Abstract

This diploma thesis deals with a proposal and evaluation of stream restoration measures as an effective tool to achieve good ecological status within the requirements of the Water Framework Directive 2000/60/ES. The main aim of this diploma thesis is to propose stream restoration measures at the Lišanský Brook based on evaluation of hydromorphological status, analysis of land-use changes and anthropogenic modification of the river basin, runoff and water quality assessment. Attention is also paid to the evaluation of the restoration measures in the selected localities on Botič and Litovický Brook. The main method used for the design and assessment of stream restoration measures is a field survey using the HEM methodology (Langhammer, 2014). Land-use analysis and stream adjustment analysis are based on available historical maps. Based on the results, Lišanský Brook is evaluated as moderately modified. The entire river basin is an intensively farmed landscape that has been affected by inappropriate anthropogenic modifications. To improve the current unsuitable stream conditions, it would be convenient to apply complete restoration measures on Lišanský Brook.

Keywords: Stream, restoration, habitat, diversity, urban area, rural landscape

Obsah

1	ÚVOD A CÍLE PRÁCE	9
2	REVITALIZACE VODNÍCH TOKŮ.....	10
2.1	Definice pojmu revitalizace.....	10
2.2	Renaturace versus technická revitalizace	11
2.3	Historie a vývoj revitalizací v ČR.....	12
2.4	Cíle revitalizací.....	15
2.5	Revitalizace v intravilánu versus v rurální krajině	16
2.6	Revitalizační metody a opatření.....	17
2.6.1	Opatření v korytě	18
2.6.2	Opatření v prostoru nivy a celého povodí.....	20
2.6.3	Příklady projektů	22
2.7	Hodnocení revitalizačních opatření	24
3	APLIKOVANÉ METODY A ZDROJE DAT.....	27
3.1	Historická změna povodí Lišanského potoka	27
3.2	Metodika HEM	27
3.3	Terénní průzkum	30
3.4	Odtokový režim	30
3.5	Analýza jakosti vody	31
4	HODNOCENÍ REVITALIZAČNÍCH OPATŘENÍ	33
4.1	Popis zájmové lokality a uskutečněné akce	33
4.2	Hodnocení hydromorfologie	35
4.3	Hodnocení dodržení stavební dokumentace	38
4.4	Finanční nákladnost akcí	39
4.5	Využití dosažitelných revitalizačních efektů	40
4.6	Celkové hodnocení a návrh možného zlepšení stavu	42
5	CHARAKTERISTIKA POVODÍ LIŠANSKÉHO POTOKA	44
5.1	Dosavadní výzkum.....	44
5.2	Fyzicko-geografická charakteristika	46
5.2.1	Geologie	46
5.2.2	Geomorfologie území.....	48
5.2.3	Klima.....	50

5.2.4	Hydrografické poměry.....	50
5.2.5	Hydrografická charakteristika povodí	52
5.2.6	Půdní poměry	53
5.2.7	Biogeografické poměry	55
5.2.8	Chráněné území	55
5.2.9	Využití území	56
5.3	Socioekonomická charakteristika území.....	57
5.3.1	Obyvatelstvo	57
5.3.2	Užívání vod.....	58
5.3.3	Zdroje znečištění	58
6	HISTORICKÁ ZMĚNA POVODÍ LIŠANSKÉHO POTOKA	61
6.1	Úpravy Lišanského potoka a jeho přítoků.....	61
6.1.1	Úpravy přítoků Lišanského potoka.....	63
6.2	Změna délky toku a proměna říční nivy	65
6.2.1	Změna délky toku	65
6.2.2	Změna dolního toku	66
6.3	Změna krajinného pokryvu	68
7	VÝSLEDKY	72
7.1	Odtokové poměry	72
7.1.1	Variabilita denních průtoků.....	72
7.1.2	Variabilita měsíčních průtoků	75
7.1.3	Variabilita ročních průtoků	76
7.2	Hodnocení kvality vody	77
7.2.1	Vlastní odběry	79
7.3	HODNOCENÍ HYDROMORFOLOGICKÉHO STAVU	82
7.3.1	Zóna koryta	82
7.3.2	Břeh/příbřežní zóna	85
7.3.3	Zóna inundační území	89
7.3.4	Celkové hodnocení.....	92
8	NÁVRH REVITALIZAČNÍCH OPATŘENÍ NA LIŠANSKÉM POTOCE	96
8.1	Popis zvoleného úseku a důvody revitalizace	96
8.2	Stavební záměry v povodí Lišanského potoka	98
8.3	Návrh trasy koryta.....	99
8.4	Majetkoprávní vztahy	103

8.5	Návrh příčného profilu a kapacity koryta.....	104
8.6	Tvarování a stabilita koryta	108
8.7	Vegetační doprovod	110
8.8	Technické řešení stavby	111
8.9	Ostatní opatření	112
9	SHRNUTÍ VÝSLEDKŮ A DISKUZE.....	115
10	ZÁVĚR	120
11	SEZNAM LITERATURY	121
11.1	Internetové zdroje.....	128
11.2	Mapové podklady.....	130
12	SEZNAM GRAFICKÝCH PRVKŮ V TEXTU.....	131
13	PŘÍLOHY.....	135

1 ÚVOD A CÍLE PRÁCE

Vodní toky byly uměle upravovány již od středověku. Člověk z počátku využíval hlavně energii vodního toku např. pro pohánění mlýnů, a tak vznikaly první intenzivnější zásahy do vodního režimu, které souvisely s výstavbou mlýnských náhonů. Významnější úpravy začaly až s nástupem průmyslové revoluce v 19. století a vyvrcholily v druhé polovině 20. století. Vodní toky byly napřiměny, opevněny a uměle zahloubeny v zájmu rozšíření zemědělských ploch a ochrany před povodněmi. Pozornost nebyla soustředěna jen na samotná koryta vodních toků, ale úpravy zasáhly i prostor nivy. Rozsáhlá meliorační opatření odvodnila celé nivy a trvalé travní porosty v nivách byly nahrazeny ornou půdou. V důsledku těchto úprav se výrazně snížila biodiverzita vodních ekosystémů, byl narušen přirozený splaveninový a průtokový režim vodních toků (Konvička, 2002, Just, 2005).

Z důvodu negativních dopadů úprav toků se začaly hledat nástroje, jak zvrátit tento nepříznivý stav a navrátit vodním tokům alespoň částečně jejich přirozený vzhled a funkce. Jedním z prostředků zlepšení ekologického stavu jsou revitalizace. Právě návrh a hodnocení revitalizací jsou hlavním tématem této práce.

Jako zájmové území bylo zvoleno povodí Lišanského potoka na Rakovnicku, konkrétně Lišanský potok. Tento potok byl vybrán záměrně, neboť podnik Povodí Vltavy a AOPK zvolily Lišanský potok jako místo, kde má proběhnout jedna z nejvýznamnějších a největších revitalizačních akcí v České republice. Revitalizace na Lišanském potoce je jedním z opatření zanesených v plánu dílčího povodí Berounky (PVL, 2016). Prakticky celý Lišanský potok byl v minulosti nevhodně upraven za účelem rozšíření ploch zemědělské půdy. Tato půda je dnes z velké části nevyužitá, a tak se provedená úprava jeví jako zcela zbytečná.

Cílem práce je provedení komplexní charakteristiky zájmového povodí. Jedním z cílů je vyhodnocení hydromorfologického stavu Lišanského potoka (ř. km 0,0-8,97) pomocí metodiky HEM (Langhammer, 2014) jako podkladu pro návrh revitalizace. S pomocí historických map a poskytnutých dat (VÚMOP, 2016) je analyzována změna využití půdy v zájmovém povodí a změna délky toku. Na základě poskytnutých dat Podnikem povodí Vltavy a vlastních odběrů je hodnocena kvalita vody. Odtokový režim je vyhodnocen na podkladě poskytnutých dat od VÚV.

Na podkladě výsledků všech výše zmíněných zkoumaných charakteristik je navržena revitalizace potoka v úseku ř. km 2, 285-7,889. V rámci této kapitoly je navržena nová trasa toku, nový tvar a kapacita koryta, dále také vegetační doprovod společně s doporučeným technickým řešením stavby.

Součástí práce je také hodnocení provedených revitalizačních akcí. Revitalizace vodních toků se realizují stále častěji a jsou na ně vynakládány nemalé finanční prostředky, proto roste potřeba hodnocení provedených akcí. Je důležité zjistit, zda byla akce úspěšná a splnila očekávané efekty nebo nikoliv. V rámci této práce jsou hodnoceny dvě revitalizační akce. První na Botiči u Fidlovačky v prostředí intravilánu. Druhá akce proběhla na Litovickém potoce v Hostivici částečně v intravilánu a částečně v zemědělské krajině (extravilánu). Informace získané při hodnocení zvolených akcí, byly následně využity při vlastním návrhu.

2 REVITALIZACE VODNÍCH TOKŮ

2.1 Definice pojmu revitalizace

Již od středověku docházelo k systematickým úpravám vodních toků, většinou se jednalo o splavnování řek v zájmu plavení dřeva a říční plavby, kdy byly z koryt vodních toků odstraňovány nebezpečné kameny atd. Vodní toky byly upravovány v souvislosti s fungováním mlýnů a hamrů (budování náhonů) (Konvička, 2002). Nejintenzivnější úpravy probíhaly od konce 19. století a po celé 20. století. Významným impulzem pro započetí úprav se na našem území stala zemská povodeň v roce 1890. Nejvíce se úpravy dotkly malých a středních toků ve volné krajině. Došlo k napřimění meandrujících toků, odvodnění zamokřených ploch v zájmu rozšíření ploch zemědělské půdy a ochraně před povodněmi. Rozsáhlé úpravy z důvodu hydromeliorací byly prováděny i v pramenných oblastech. V zastavěném území byla hlavním cílem ochrana před povodněmi. Došlo ke zkapacitnění sítě vodních toků v intravilánech, což mělo za následek zahlubování koryt a velkou ekologickou degradaci. Uvádí se, že celkem bylo úpravami postiženo 28,4 % délky vodních toků v ČR, to představuje asi 21, 6 tis. km (Němec a kol. 2006).

Tyto dlouhotrvající úpravy přinesly řadu problémů, které velmi dobře shrnul Just (2005) a Šlezinger (2010):

- Zrychlení odtoku velkých vod
- Nepříznivé změny průtokového a splaveninového režimu
- Zmenšení zásob podzemní vody v nivách vlivem plošného odvodnění
- Znemožnění migrace vodních živočichů příčnými překážkami
- Snížení biodiverzity vodních ekosystémů
- Narušení krajinného rázu – zhoršení vzhledu koryta

Výše jsou vyjmenovány jen některé z hlavních negativních dopadů úprav toků. Nástrojem, jak dosáhnout zlepšení tohoto nepříznivého stavu, jsou **revitalizace**. Existují různé definice a druhy vnímání, co všechno revitalizace znamenají. Termín revitalizace se používá pro celou řadu úprav koryt vodních toků, příbřežních zón a záplavových území. Tyto úpravy mají společný cíl zlepšení hydrologických, geomorfologických a ekologických procesů v degradovaném povodí. Dále obnovu zničených nebo ztracených prvků přírodního systému (Wohl a kol., 2005). Určení toho, co představuje zlepšení podmínek toku, je však velmi subjektivní. Jednotlivé kroky mohou vést k ochraně majetku, vylepšení estetického vzhledu a rekreačního potenciálu, tyto akce ovšem nemusí nutně vylepšit ekologický stav toku (Bernhardt a kol., 2007). Více pragmatické je považovat revitalizace jako jeden z nástrojů ekologické správy vodních toků (Wohl a kol., 2015). Obecně jsou revitalizace chápány jako aktivity vedoucí k oživení funkce ekosystému v krajině a jejich stabilizaci. V širším slova smyslu jsou to zásahy posilující přírodní a krajinné hodnoty a s tím současně příznivé vodohospodářské funkce vodních ekosystémů (Just, 2005). U vodních toků se jedná o soubor hydrotechnických a biotechnických opatření vedoucích k nápravě degradovaných částí toku včetně jeho povodí. Just (2010) revitalizace definuje jako vodohospodářskou činnost směřující k obnově přirozených tvarů a funkcí vodních toků. Účelem revitalizačních opatření je

odstranění nebo zmírnění negativních důsledků úprav vodních toků na říční biotu, obnovení nebo zlepšení jejich ekologické funkce v krajině (Šlezinger, 2010).

Např. National research council USA (1992 In: Cockerill a Anderson, 2014) definuje revitalizace jako znovunavrácení podmínek vodních ekosystémů do období před ovlivněním člověka s danými ekologickými funkcemi a souvisejícími morfologickými, chemickými a biologickými charakteristikami. Tuto definici, ovšem nelze akceptovat, neboť především v městských podmínkách jsou tyto cíle nedosažitelné. Jak uvádí Rhoads a kol. (1999), ve většině lokalit je velmi obtížné i takřka nemožné určit, jak daný vodní tok vypadal, než ho upravil člověk. Navíc, i kdybychom dokázali zjistit, jak daný tok vypadal, nejsme ve většině lokalit schopni dosáhnout těchto podmínek.

V literatuře se rozlišují dva základní typy procesů, které vedou k obnově přirozeného rázu vodních ekosystémů (Just, 2003 a 2005) – **renaturace** a **revitalizace**.

2.2 Renaturace versus technická revitalizace

Při renaturacích dochází k samovolné obnově přirozených tvarů a funkcí vodních toků a jejich niv. Hlavními renaturačními procesy jsou: rozpad opevnění, zanášení koryta splaveninami, zarůstání vegetací, postupný rozpad umělého opevnění, rozpad migračních překážek a renaturace povodněmi. Tyto procesy prakticky zadarmo přinášejí cenné revitalizační efekty. Renaturační procesy jsou ovšem podporované jen v určitých územích. Nejvíce v zemědělské krajině a na horních tocích, naopak v intravilánech a v místech, kde byla provedena protipovodňová opatření, nejsou žádoucí.

Obr. 1: Rozpad opevnění (zdroj: Just, 2011)



Obr. 2: Rozpad migrační překážky (zdroj: Just, 2011)



Samovolné renaturace jsou procesem velmi pomalým a zdlouhavým, mohou trvat až několik desítek let. Samovolné renaturace jsou podle Justa (2005) velmi často limitovány dvěma faktory: umělým opevněním toku a nadměrným zahloubením upraveného koryta. Např. kamenná dlažba může odolávat i desítky let bez známek poškození a brání tak přirozenému vývoji koryta. Nadměrně zahloubené koryto má většinou v důsledku soustředěného proudění tendenci se samo zahlubovat. Falk a kol. (2006) uvádí, že pokud jsou degradační činitelé odstraněni (např. zahloubení toku nebo umělé opevnění), je vodní tok schopen se sám obnovit. Proto je v těchto situacích nutný technický zásah, kdy dochází např. k odstranění nevhodného opevnění nebo výstavbě nového přírodě blízkého koryta (Just, 2005). Postupnou revitalizaci lze podporovat i drobnějšími vodohospodářskými opatřeními, které vedou k rozvolnění proudnice a následně celého koryta, v tomto případě pak hovoříme o tzv. postupné renaturaci

korekční údržbou. V zahraničí se tato opatření řadí do oboru tzv. přírodě blízkých vodohospodářských staveb. Mezi tato opatření patří vkládání různých prvků (kameny, dřevo, kůly) do koryta, jež rozčleňují proudění a podporují boční erozi (Just, 2005).

Jedním z renaturačních procesů jsou povodňové renaturace, které jsou naopak velmi rychlým procesem. V případě opevněných koryt může během povodně dojít k narušení nebo úplné destrukci opevnění koryta. Často dochází k zanesení koryta, vzniku břehových nátrží, nebo vzniku úplně nového koryta. Pokud ve volné krajině nedochází k ohrožení inženýrských sítí a cizího majetku, tak je třeba podporovat obnovu přirozeného rázu toku. Rekonstrukce poškozeného opevnění a odstraňování povodňových nánosů by měla být prováděna jen v nezbytných případech (Just, 2016a). V intravilánech je situace jiná, zde je na prvním místě ochrana majetku, proto dochází k opětovné antropogenní úpravě koryta. Tato úprava může být ovšem řešena cestou technické revitalizace, která vytvoří přírodě bližší koryto. Dobrým příkladem renaturace povodní je řeka Litavka, kde v roce 2002 došlo během povodně ke zvýšení členitosti koryta. V hospodářsky nevyužívané nivě vznikly břehové nátrže a šterkové lavice (Just, 2005). Dalším příkladem je řeka Branná pramenící v Rychlebských horách. Povodeň v roce 1997 vyvolala náhlou změnu půdorysné trasy toku. Upravené koryto bylo zaneseno šterkovými naplaveninami, zatímco v nivě asi 2-10 m vedle se zformovalo nové koryto přirozeného charakteru (Matoušková, 2007).

Záměrné technické zásahy, které mění charakter vodního toku, označujeme jako technické revitalizace. V německé literatuře se setkáme s pojmem biotechnické revitalizace. Jedná se o záměrná stavební a technická opatření, která slouží k odstranění nepříznivých úprav toků. Nejčastějším příkladem je staré upravené koryto, jež je opuštěno a nahrazeno zcela novým. V novém korytě není použito žádné umělé opevnění nebo jen v minimální míře, koryto je mnohem členitější s menší hloubkou a průtočnou kapacitou. Důležitá je i obnova říčního pásu, který doprovází koryto a umožňuje rozliv větších průtoků (Just, 2003 a 2005, Šlezinger, 2010). Technickou revitalizací je také např. odstraňování příčných překážek. Technickým revitalizacím se detailněji věnuje část – Revitalizační metody a opatření.

2.3 Historie a vývoj revitalizací v ČR

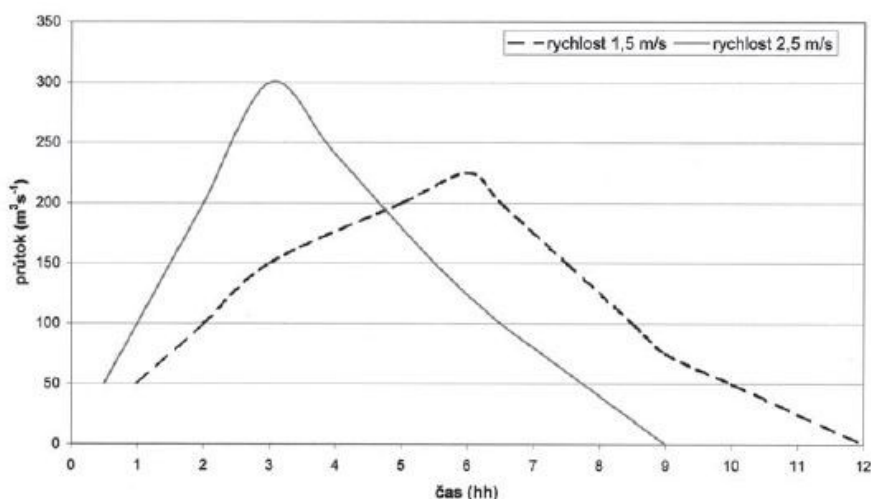
Vodohospodářské revitalizace vycházejí v České republice z platného zákona č. 254/2001 Sb., o vodách. V oddílu § 23a, který se věnuje plánování v oblasti vod, jsou uvedeny hlavní cíle ochrany vod: zamezení zhoršení stavu útvarů povrchových vod, zlepšení stavu a obnova všech útvarů těchto vod, u umělých a silně ovlivněných vodních útvarů dosažení dobrého ekologického potenciálu a snížení znečištění prioritními látkami (MŽP, 2016). Jedním z nástrojů dosažení těchto cílů jsou právě vodohospodářské revitalizace (Just, 2005).

Dne 20. 5. 1992 byl u nás, na základě usnesení vlády ČR, spuštěn Program revitalizace říčních systémů (PRŘS), finančně podporovaný ze státního rozpočtu a metodicky řízený Ministerstvem životního prostředí ČR. Cílem programu byla náprava důsledků devastace vodního režimu krajiny. Kromě revitalizace vodních toků bylo cílem programu odstraňování migračních překážek na vodních tocích a zvyšování retenční kapacity krajiny výstavbou a obnovou malých vodních nádrží (AOPK, 2016a). Rozvoj oboru revitalizací byl komplikován

nedostatečnou odbornou a organizační připraveností, neboť žádné zkušenosti s realizací revitalizačních akcí u nás v té době nebyly. Bohužel nebyly z počátku využívány poznatky a zkušenosti z pokročilých zemí Evropy, a proto byly primární akce řešeny spíše formou pokusu než ucelené koncepce. Finanční prostředky nebyly investovány do podélných revitalizací toků, ale byly využívány především na výstavbu a obnovu malých vodních nádrží. Často se však jednalo o technicky řešené nádrže a ne o obnovu přírodních biotopů. Důvodem byla jasnější koncepce výstavby malých vodních nádrží i menší množství vlastníků dotčených pozemků (Vrána, 2004, Vrána a Vejvalková, 2015). Dle Justa (2007) tato orientace vycházela ze zájmu investorů o státem dotovanou výstavbu rybníků.

První liniové revitalizace se u nás začaly objevovat až kolem roku 2000. Takovou první významnou akcí se stala revitalizace potoka Borová u obce Chvalšiny na Českokrumlovsku (Matoušek, 2002). Potok Borová protéká jihozápadní částí CHKO Blanský les, v letech 1982 až 1984 byl potok v délce 3 km upraven. Došlo k napřímení trasy toku, zahloubení a opevnění koryta betonovými tvárnicemi. Potok byl zcela degradován v důsledku provedených úprav, byl narušen vodní režim povodí a došlo ke snížení biodiverzity vodních společenstev. V rámci této revitalizace bylo původní koryto zasypáno a v délce 3 600 m bylo vybudováno zcela nové přírodě blízké. Nově vzniklé koryto je mělké s nižší kapacitou a s rozvlněnou kynetou. Celá akce byla rozdělena do dvou etap a skončila v roce 2000 s celkovými náklady bezmála 7 mil. Kč (Arnika, 2016, Matoušek, 2002). Hned v následujícím roce 2001 zasáhla potok Borová blesková povodeň odpovídající stoleté vodě, kterou revitalizovaný úsek přestál bez větších poškození. Díky rozlivu vody v nivě byl zmírněn průběh povodňové vlny. Matoušek (2002) uvádí, že v závěrovém profilu revitalizovaného úseku došlo ke snížení kulminačního průtoku o téměř 20 %, než jaký by odpovídal stavu před revitalizací. Toto zjištění se stalo důležitým bodem pro podporu revitalizací toků jako významného protipovodňového opatření (Just a kol., 2012 In: Jongepierová a kol., 2012).

Obr. 3: Vliv rychlosti odtoku na tvar povodňové vlny (Matoušek, 2002)



V rámci programu PRŘS bylo realizováno množství revitalizačních akcí. Např. v roce 2006 byla dokončena revitalizace Pekelského potoka u Zdislavic. Kromě samotného Pekelského potoka byly revitalizovány i dva jeho přítoky v celkové délce 1,78 km, což byla v té době

nejdelší liniová revitalizace ve Středních Čechách (AOPK, 2016b). Další akce proběhly např. na Slupském potoce u Neustopova, na potoce Výrovka v okrese Kutná Hora nebo potoce Liduška v okrese Nymburk (AOPK, 2016c).

V roce 2007 přešel PRŘS pod nový operační program Životní prostředí financovaný z fondů EU. Díky programu je možné realizovat celou řadu investičních i neinvestičních opatření v oblasti vodohospodářské infrastruktury, ovzduší, nakládání s odpady, přírody a krajiny a environmentálního vzdělávání. Jednotlivé projekty jsou z programu financovány až z 90 % celkových nákladů. První období programu běželo v období 2007-2013 a bylo na něj vyčleněno 4,92 mld. euro. Program dříve sestával z osmi prioritních os, které se lišily dle oblastí podpory. Přičemž z hlediska problematiky revitalizací byly nejdůležitější prioritní osy 1 a 6. Prioritní osa 1 se věnovala oblasti dotací pro vodohospodářskou infrastrukturu a snižování rizika povodní. Tato osa podporovala projekty v oblasti snižování znečištění vod, zlepšení jakosti pitné vody a omezování rizika povodní. Prioritní osa 6 se věnovala dotacím pro zlepšení stavu přírody a krajiny. V rámci této osy byly revitalizace zahrnuty v podporovaných oblastech 6.2 – Podpora biodiverzity a 6.4 – Optimalizace vodního režimu krajiny. Ve zmíněných oblastech byly podporovány projekty odstraňování migračních překážek na vodních tocích, výstavby rybích přechodů, podpory přirozených rozlivů v nivách, revitalizace vodních toků nebo výstavby suchých poldrů (Limrová, 2014, OPŽP, 2017).

V novém období 2014-2020 je prioritních os již pouze 6. Revitalizační projekty nyní spadají do prioritní osy 4 – Ochrana a péče o přírodu a krajinu. Projekty v prioritní ose 4 jsou realizovány v rámci 4 specifických cílů, přičemž revitalizace náleží do specifického cíle 4.3 – Posílení přirozené funkce krajiny. V tomto specifickém cíli jsou podpořeny opatření - Revitalizace a podpora samovolné renaturace vodních toků a niv, obnova ekologicko-stabilizačních funkcí vodních a na vodu vázaných ekosystémů. Hlavními cíly jsou (OPŽP,2017):

- vytváření a obnova přírodě blízkých koryt vodních toků
- zajištění dostatečně širokého pásu nivy pro přirozený vývoj koryta vodního toku
- vytváření a obnova prvků posilující druhovou biodiverzitu vodních a na vodu vázaných organismů
- terénní úpravy koryta a břehů umožňujících proces renaturace vodního toku

Od roku 2007, kdy začal platit OPŽP, vzrostl počet uskutečněných liniových revitalizací. Vstup ČR do EU znamenal pozitivní vývoj v oboru revitalizací v souvislosti s evropskou směrnicí na zlepšení ekologického stavu vodních toků. Od té doby dochází pomalu k většímu zapojení správců vodních toků a v plánech povodní jsou zapracovány plány revitalizačních akcí. Začaly se rovněž objevovat i plány prvních revitalizací na větších tocích. Poměrně velkým projektem byla revitalizace Stropnice Nové Hradky – Tomkův mlýn. Ta byla dokončena v roce 2014 v celkové délce 3,41 km (AOPK, 2017). Všechny projekty podpořené v rámci OPŽP v období 2007-2013 jsou uvedeny ve volně přístupné databázi podpořených projektů (OPŽP, 2016).

Od počátku fungování PRŘS v roce 1992 až do současnosti lze zaznamenat výrazný kvalitativní posun v přístupu a v řešení revitalizačních akcí, který velmi dobře popsal Vrána (2004), Vrána a Vejvalková (2015). Zpočátku spočívala revitalizační opatření v úplném zachování původního koryta z hlediska trasy, opevnění, průtočného profilu i příbřežní vegetace. Revitalizačního efektu bylo dosahováno vkládáním rozčleňujících prvků do koryta např. kamenů, dřevěných a kamenných prahů. Vložené prvky měly rozčlenit proudění, vést ke snížení průtočné rychlosti a ve vzduší nad vloženými prahy mělo docházet k ukládání sedimentu. Revitalizační efekt těchto akcí byl však zanedbatelný a očekávaný efekt se většinou nedostavil. Postupně se tak pozornost přesunula od řešení v prostoru koryta po řešení v rámci širšího okolí, v ideálním případě celého povodí toku. Samotná revitalizační akce dnes většinou spočívá ve vytvoření nové trasy koryta, které má menší hloubku a výrazně menší průtočný profil. Koryto je dimenzováno na provedení půl letého nebo třicetidenního průtoku, při vyšších průtocích dochází k vybřežení toku a rozlíví do nivy. Při těchto nízkých průtocích je dostatečně malá průtoková rychlost, aby nedošlo k poškození neopevněného koryta. Kolem toku je vytvořen tzv. potoční pás, v rámci něhož jsou budovány tůňe a vytvořena odpovídající břehová a doprovodná vegetace. Předpokladem pro vytvoření potočního pásu jsou však vyřešené majetkoprávní vztahy na dotčených pozemcích.

I přes pozitivní vývoj, který popisuje Vrána (2004), Vrána a Vejvalková (2015), stále v České republice převažují liniové revitalizace drobných toků, které jsou většinou zaměřené na obnovu přirozené morfologie a trasy toku. Tyto akce jsou zpravidla omezeny na kratší úseky v délce několika stovek metrů nebo maximálně několika kilometrů. Nejedná se tak o komplexní přeměnu celé délky toku, ale jen o lokálně omezenou úpravu toku. Revitalizace větších toků nebo komplexní obnova říční nivy jsou zatím jen ojedinělé (Langhammer a Vilímek 2004). Just a kol. (2012) vidí jako velký nedostatek nízkou koordinaci revitalizací a protipovodňové ochrany. Důležitým prvkem revitalizace vodních toků je obnova přirozených rozlívů. Ty byly ještě donedávna spíše tlumeny různými opatřeními, ačkoliv zmírňují průběh povodňové vlny (např. potok Borová) a zvyšují retenční kapacitu krajiny (Langhammer a Vilímek 2004).

Jako velkou chybu vidí Just a kol. (2012) také zpětné odstraňování renaturovaných prvků vytvořených během povodně (např. Litavka v roce 2002). Zájem správců toku by se neměl upínat pouze k investičním akcím, ale mělo by dojít ke komplexnímu chápání revitalizací a omezování negativních vlivů v celém povodí tzv. ekologicky orientovanou správou vodních toků a podporou renaturačních procesů (Just, 2016a).

2.4 Cíle revitalizací

Hlavním cílem revitalizací by mělo být celkové zlepšení ekologického stavu toku, které zahrnuje zlepšení hydromorfologických, biologických, chemických a fyzikálně chemických složek. Revitalizace jsou však prováděny i v rámci odlišných cílů jako je protipovodňová ochrana, zlepšení vzhledu koryta, obnovení migrační prostupnosti toku, zavlažování nebo rekreační zájmy. Bernhardt a kol. (2005) hodnotili ve své studii více než 38 000 revitalizačních projektů po celých Spojených státech amerických. Výsledkem výzkumu byla identifikace nejčastějších cílů revitalizačních projektů, kterými jsou:

1. Zlepšení kvality vody

2. Správa (obnova) břehové zóny
3. Zlepšení habitatu toku
4. Výstavba rybích přechodů
5. Stabilizace břehů

Častým cílem revitalizací je protipovodňová ochrana obyvatelstva a infrastruktury, cílem v rámci protipovodňové ochrany je zvýšení retenční schopnosti krajiny. Cílem může být zvýšení biodiverzity vodních ekosystémů a obnova mokřadů (Wohl a kol., 2015).

Cíle jednotlivých akcí závisejí na konkrétních podmínkách v povodí a záměrech investora akce. Samotná revitalizační opatření mohou probíhat v několika různých měřítkách a od toho se poté odvíjejí konkrétní cíle akce. Odborníci se shodují, že nejlepším řešením jsou komplexní revitalizace řešené v rámci celého povodí (Berhardt a Palmer, 2011, Just, 2005, Vrána, 2004, Wohl a kol. 2015). Řešeny jsou difúzní i bodové zdroje znečištění, problém smyvů z polí, využití a struktura půdy v povodí, příčné překážky na tocích apod. Další možností je řešení v rámci nivy a mokřadních společenstev podél toku, neboť tyto ekosystémy patří k nejohroženějším na světě. Mají pozitivní vliv např. na průběh povodní, zvyšují retenci vody v povodí atd. Poslední možností je řešení v rámci samotného koryta toku, kdy se řeší obnova morfologické členitosti koryta apod. (The River Restoration Centre, 2017).

2.5 Revitalizace v intravilánu versus v rurální krajině

V podmínkách městského prostředí a zemědělské krajiny panují často zcela odlišné podmínky, proto se liší i cíle, metody a očekávané efekty revitalizací v těchto dvou odlišných prostředích.

V intravilánech není zpravidla možné poskytnout vodnímu toku dostatečný prostor pro samovolný vývoj a tak hovoříme o tzv. částečné revitalizaci (Just, 2005). V městském prostředí je primárním cílem ochrana zástavby a infrastruktury před povodněmi. Vysoká hustota zalidnění, výskyt inženýrských sítí a infrastruktury značně limitují prostorový rozsah revitalizací. Snahou v intravilánu je zajistit obnovu základních funkcí ekosystému a poskytnout tak přijatelný kompromis mezi ekosystémem a místními obyvateli (Walsh a kol. 2005). Všechny úpravy zahrnující např. zvýšení členitosti koryta nebo vytváření přírodě bližších tvarů musí respektovat požadavek dostatečné průtočné kapacity koryta. Kromě zmíněné protipovodňové ochrany zahrnují intravilánové revitalizace také stabilizaci břehů, tvarovou změnu koryta nebo břehovou výsadbu. V městském prostředí je z důvodu omezeného prostoru žádoucí i jen částečné zlepšení ekologického stavu vodního toku. Nicméně dosáhnout zlepšení je někdy velmi obtížné, neboť je snahou zvrátit degradační procesy probíhající již desítky let (Bernhardt a Palmer, 2007; Just, 2010).

Cena pozemků v intravilánech je vyšší než na venkově a vlastnické poměry jsou ve městech mnohem komplikovanější, proto jsou intravilánové revitalizace mnohem dražší a prováděny na kratších úsecích než ve volné krajině. Bernhardt a kol. (2007) ve své studii zjistili, že revitalizované úseky vodních toků v městské a příměstské krajině v USA měly v průměru délku 0,6 km. Zatímco průměrná délka všech revitalizací (tj. urbánní a rurální krajina) byla 1 km. Proto je nutné dělat kompromisy mezi ideálním přírodě blízkým řešením a prostorem, který je k dispozici v rámci intravilánu. Často jsou prováděna i opatření vedoucí ke zlepšení

estetického dojmu a zvýšení rekreačního potenciálu vodního toku, které tak mohou ospravedlnit vysoké náklady na revitalizace v intravilánech (Kenney a kol., 2012). Úspěšné revitalizace v městském prostředí mohou zvýšit zájem veřejnosti o vodní toky a jejich obnovu. I když zde můžeme narazit na problém, co veřejnost vnímá jako úspěšně zvládnutou revitalizaci a jak hydrologové vnímají funkční říční ekosystém (Bernhardt a Palmer, 2007).

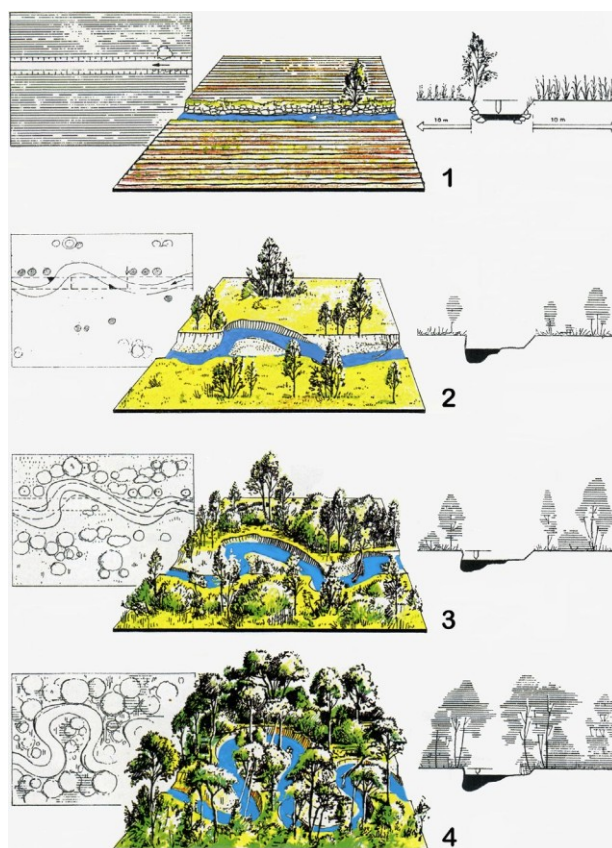
Revitalizace vodního toku ve volné krajině má většinou jako primární cíl obnovení přírodě blízkého stavu. Upravené koryto je zpravidla nahrazeno mělkým a členitějším korytem. Trasa koryta je, pokud to podmínky umožňují, většinou zvlněná a vytváří tak dojem přirozené meandrace toku. Významným cílem bývá tlumení průběhu povodní, kdy vytvořené malé a členité koryto podporuje dřívější a rozsáhlejší rozlévání povodňových průtoků do nivy (Just, 2010). Cílem ovšem není pouze snížení průtoku během povodní, ale celkové zvýšení retenční kapacity krajiny (Matoušková, 2007). Wohl a kol. (2015) zmiňují, že technická revitalizace může také zahrnovat ukončení opatření jako stabilizace břehů nebo čištění koryta od sedimentů, které zjednodušují tvar a udržují koryto v degradovaném stavu.

2.6 Revitalizační metody a opatření

Nejčastějším příkladem revitalizace je staré upravené koryto, jež je opuštěno a nahrazeno zcela novým. Nové koryto se přirozeně vlní, není použito žádné technické opevnění, koryto je mnohem členitější s menší hloubkou a průtočnou kapacitou. V podélném profilu se střídají úseky menšího a většího sklonu. Velmi důležitá je obnova říčního pásu, který umožňuje rozliv větších průtoků a poskytuje dostatečný porost pro dynamický vývoj koryta. Možné metody a cíle revitalizací vycházejí z různých záměrů a představ. Odlišné způsoby revitalizací by měly být použity na základě studia konkrétních podmínek v povodí – využití půdy, rozsahu záplavového území, charakteru půd apod. (Just, 2005, Šlezinger, 2010).

Na obrázku 4 na další straně jsou znázorněny jednotlivé fáze revitalizace vodního toku, přesněji se jedná o představu ideálního vývoje revitalizovaného toku. První fáze je před samotnou revitalizací, vodní tok je uměle napřiměný s opevněnými břehy. Stanoviště pro faunu a flóru jsou poničeny a prakticky se nevyskytují. Ve druhé fázi proběhl projekt, bylo odstraněno umělé opevnění a vytvořeno členitější koryto, čímž došlo k opětovnému nastartování fluvialně-morfologických procesů. Založeny byly i břehové porosty. V další fázi dochází k pohybu koryta v rámci nivy, způsobeném prouděním vody a transportem sedimentů. Vzniká tak velké množství stanovišť pro rostliny a živočichy. Poslední fáze je vlastně idealizovaný stav přírodního toku, který přirozeně meandruje v nivě. Niva je pokryta lužním lesem (Binder a kol., 2015).

Obr. 4: Představa ideálního vývoje revitalizovaného toku (zdroj: Bavarian State office for Environment In Binder a kol., 2015)



2.6.1 Opatření v korytě

Koryto je v praxi považováno za hlavní složku v přeměně upravených vodních toků na přírodě blízké. Většina revitalizačních projektů je dnes realizována s primárním cílem změny vzhledu koryta. Jedná se jak o změnu směrového vedení trasy toku (rozvlnění trasy), tak i o změnu příčného profilu koryta (Palmer a kol., 2014).

Všeobecně panuje shoda, že úspěšná revitalizace vyžaduje změnu koryta. Změna trasy a tvaru koryta je běžná v městských a zemědělských oblastech, kde je pro ni dostatečný prostor (Palmer a kol., 2014). Trasa toku nemusí být nutně meandrující, směrové vedení musí odpovídat podmínkám lokality. Často může být trasa volně vlnovitá, v bystrinných polohách i přímější (Vrána, 2004; Vrána a Vejvalková, 2015). Při návrhu nové trasy je žádoucí využít vhodných stávajících úseků toku (Šlezinger, 2010). Při změně trasy toku dochází zpravidla k prodloužení trasy a tím doby průběhu vody, zároveň dochází i ke zlepšení podmínek pro samočištění.

Rozměry koryta jsou navrhovány tak, aby nedocházelo k jeho degradaci. Většinou je navrhováno členitější a mělčí koryto s menší kapacitou. Nejčastěji je dimenzováno na tzv. půl letou $Q_{1/2}$ nebo Q_{30d} třicetidenní vodu. U menšího koryta dojde rychleji k vybřežení a koryto tak není devastováno velkou vodou. Návrh kapacity ovšem záleží na využití ploch v nivě (Just, 2003 a 2005, Vrána a Vejvalková, 2015). V intravilánech, kde je primárním cílem protipovodňová ochrana, je běžná navrhovaná kapacita na úrovni Q_{50} nebo Q_{100} . V intenzivně zemědělsky využívané krajině je kapacita většinou kolem Q_1 , zatímco v lesním porostu a na

loukách může být kapacita na úrovni Q_{30d} (Just, 2005). Zdrsněné a mělčí koryto zpomaluje proudění a podporuje rozliv do nivy. Dále dochází k zvětšení aktuální zásoby vody v korytě a obnově přirozené stability koryta.

V podélném profilu by neměl být průběh plynulý, ale rozčleněný a diverzifikovaný různými sklony dna a břehů. To znamená střídání klidnějších úseků s peřejnatými úseky. Variabilita podélného profilu a proudění může být zvýšena např. kamennými záhozy umístěnými ve dně jako např. v Hostivici na Litovickém potoce (Just, 2016b, SVIP, 2015).

Jedním z častých cílů revitalizací je obnovení migrační prostupnosti koryta v podélném profilu. Zajištění migrační prostupnosti je jedním ze základních bodů pro obnovu a udržení druhové diverzity (Just, 2003 a 2005; Šlezinger, 2010; Vrána, 2004). Ztráta protiproudové migrace negativně ovlivňuje oddělené rybí populace, u nichž dochází ke snižování početnosti a odolnosti (Peter 1998). Příčné stavby, vzdouvací objekty nebo nedostatečná hloubka vody v korytě představují migrační překážku pro ichtyofaunu. Možným řešením je odstranění těchto překážek nebo výstavba rybích přechodů (Just 2003, 2005). Rozlišujeme buď technické rybí přechody jako šterbinový nebo přírodě blízké, kterými jsou např. balvanitý skluz nebo obtokový kanál (bypass). V roce 2002 byl např. postaven obtokový kanál na jezu na říčním km 37,9 Blanice (Hartvich a Dvořák, 2012 In: Jongepierová a kol. 2012). Příkladem odstranění příčných překážek je projekt na řece Mareit v Itálii viz obr. 5. Zde došlo k rozšíření koryta a ke zvýšení dna toku. Původní překážky byly kompletně odstraněny a dno bylo zpevněno vloženými kameny (Comiti a Hecher, 2011).

Obr. 5: Srovnání úseku řeky Mareit před revitalizací a po revitalizaci (zdroj: Comiti a Hecher, 2011)



Důležitým aspektem při tvorbě koryta je i jeho stabilita. V ideálním případě se koryto obejde bez dodatečného opevnění. Pokud je stabilizace nutná, je snahou co nejvíce využít místní materiál – např. místní kameny z koryta. Pro stabilizaci koryta jsou vhodné kamenné pohozy a záhozy, které by měly být kladeny jen do ohrožených částí koryta a ne po celé délce toku, neboť to může celou akci značně prodražit. (Just, 2003 a 2005). Někteří odborníci kritizují vytváření stabilních koryt s opevněním, což vedlo ke vzniku tzv. konceptu dynamické rovnováhy, kdy je novému korytu poskytnuta možnost samovolného přirozeného vývoje (bez jakéhokoliv opevnění). Dynamický přístup ještě není zdaleka tak rozšířený, ale vyzývá k posunu v konstrukčním procesu od dané šablony a klasifikace toku ke kvantitativnímu přístupu založeném na hydromorfologických procesech (Kline a Cahoon 2010, Wohl a kol. 2005). Odborníci poukazují na to, že i když je obnova hydromorfologie kritickým faktorem při revitalizaci toků, většinou nestačí k úplné obnově koryta (Palmer a kol. 2014).

Velmi důležitým opatřením je obnova a vytvoření vhodného vegetačního doprovodu. Sudduth a Meyer (2006) zjistili, že v městských i revitalizovaných městských tocích druhová bohatost bezobratlých a množství biomasy silně korelují s rozsahem břehů, které jsou pokryty kořeny nebo stromy. Rozlišujeme břehový porost rostoucí v korytě nebo na břehové hraně a doprovodný porost, který roste za břehovou hranou (Šlezinger, 2010). Vegetační doprovod by neměl být vysazován jen jako linie. Vhodná je kombinace stromů a keřů, přičemž je důležitá optimální volba druhové skladby, stáří a struktury porostů. Jako optimální se jeví nepravidelná skupinová struktura (Vrána, 2004). Návrh druhové skladby by měl vycházet z konkrétních podmínek v dané lokalitě a z původního druhového složení. Kromě samotného zakládání nových porostů je důležité chránit stávající přirozenou vegetaci a využívat samovolného zarůstání nálety dřevin a zarůstání trávou (Just, 2005). Vegetační doprovod má protierozní funkci, stabilizuje břehy koryta, kořenový systém poskytuje množství úkrytů pro živočichy, vegetační doprovod tvoří přirozený biokoridor a celkově vylepšuje estetický vzhled toku (Just, 2005; Šlezinger, 2010).

2.6.2 Opatření v prostoru nivy a celého povodí

Častým problémem revitalizací je, že se soustředí pouze na určitý úsek toku a nejedná se o řešení v rámci širšího okolí a ve větším měřítku. Leuven a Nienhuis (2001) zmiňují potřebu vnímat vodní tok jako celek, neboť pokud zůstane tok nad revitalizací i pod ní degradovaný, může následně negativně působit na revitalizovaný úsek. Základním předpokladem úspěšné revitalizace je poskytnutí dostatečného prostoru vodnímu ekosystému, je podstatné provádět opatření v širším pásu podél vodního toku. V rámci revitalizací je proto žádoucí provádět úpravy nejen v prostoru koryta, ale také v prostoru nivy i celém povodí. Lüderitz a kol. (2004) uvádějí, že potenciální úspěch revitalizační akce se zvyšuje, pokud jsou navržena opatření prováděna i v prostoru nivy. Just (2005) uvádí, že pro úspěšnou a efektivní revitalizaci je nutná alespoň částečná obnova tzv. potočního pásu. Pro velmi drobné toky postačí vytvoření alespoň 10 m širokého potočního pásu. U potoků střední velikosti navrhuje šířku v rozmezí 10 až 50 m. Tato šířka umožňuje rozvolnit upravené koryto nebo vytvořit koryto zcela nové, zároveň tak jsou odstraněny problémy s přirozenými změnami koryta po dokončení revitalizační akce.

Vytváření tůní v nivě, případně v samotném korytě toku je jednou z často využívaných metod revitalizačních opatření (Cockerill a Anderson, 2014; SVIP, 2015). Jedním z řešení je tvorba tůní v původním upraveném korytě, které je částečně zaslepeno. Tůně poskytují stanoviště pro rostliny a živočichy, zvyšují retenční kapacitu krajiny a celkově vylepšují vzhled prostředí. Tůně v korytě tlumí vymílací účinek proudu a zvětšují aktuální zásobu vody v korytě. Velkou výhodou tůní oproti malým vodním nádržím jsou nižší pořizovací náklady (Just, 2005, Šlezinger, 2010).

Další možností je obnova starých říčních ramen, která představují mimořádně cenné prvky krajiny. Mají pozitivní vliv na vodní hospodářství krajiny a představují útočiště pro celou řadu druhů rostlin a živočichů. Kromě toho slepá ramena zvyšují retenci vody v nivě a mají tlumivý účinek na povodně. Nutností před případným napojením slepých ramen je biologický průzkum, neboť mohou být poškozena stávající mokřadní společenstva. Je tedy potřeba přistupovat citlivě k napojení a obnově starých říčních ramen (Šlezinger, 2010).

Velké povodně v minulosti vedly k podpoře přirozeného tlumivého rozlivu povodní v nivě, která tvoří základ komplexní ochrany před povodněmi. Janský a Kocum (2007) zmiňují potřebu nahlížet na nivy jako na přirozené zátopové území. V nivě mohou být dále vytvářena obtoková koryta, která převádějí určité množství vody při povodňových průtocích (Just, 2005). Řešením je také odsazování ochranných hrází dále od toku jako např. na Labi u města Lenzen (Just, 2015).

Důležitým opatřením je i nahrazení degradovaných povrchů v nivě biologicky hodnotnějšími povrchy. Odvodněním degradované povrchy v nivách mohou být nahrazeny loukou, mokřadem nebo hájem. Just (2005) uvádí, že zamokření je zpravidla velmi rychlým a efektivním způsobem obnovy dříve degradovaných ploch.

Pokud opustíme prostor nivy, tak lze provádět i komplexní revitalizace v rámci celého povodí. Palmer a kol. (2014) zdůrazňují důležitost řešení v rámci celého povodí, neboť degradující činitelé leží často mimo koryto i prostor nivy. Funkční ekologická revitalizace zahrnuje úsilí zaměřené na obnovu důležitých struktur ekosystému (např. lužních lesů) a kritických ekologických procesů jako dynamika živin (např. tok nebo příjem živin), vstupy organické hmoty a produktivita (Beechie a kol., 2010; Bernhardt a Palmer, 2011). Velkoplošná opatření jsou jedním z prvků pasivní protipovodňové ochrany, zpomalují proces povrchového odtoku a zvyšují retenci krajiny. Tato opatření zahrnují např. protierozní ochranu zemědělské půdy (snížení splachů), změnu struktury a využití půdy (nahrazení orné půdy trvalými travními porosty), zvyšování podílu lesů apod. (Janský, 2004). Např. zalesnění zemědělské oblasti v regionu Waikato na Novém Zélandu prokazatelně snížilo povrchový odtok z polí, snížilo erozi koryta a zlepšilo strukturu a hojnost společenstev bezobratlých (Quinn a kol., 2009). Obnova mokřadů a ekologicky orientovaná správa vodních toků vedly ke zvýšení biodiverzity vodních toků (Ramchunder a kol., 2012; Wang a kol., 2002). Dalšími opatřeními je např. omezování nevhodného odvodnění krajiny. V městských oblastech je velkým problémem kulminační vlna během intenzivních dešťových srážek, tento odtok je nekontrolovatelný a je jedním z hlavních zdrojů degradace toků ve městech. Řešením mohou být opatření v horních částech povodí zpomalující postup povodně a oslabující její účinek viz obr. 6 níže (Palmer a kol., 2014).

Obr. 6: Vlevo: upravené meliorované povodí, vpravo: představa revitalizačních opatření tlumících účinek povodně při vstupu do obce (zdroj: Just, 2005)



2.6.3 Příklady projektů

Příkladů realizovaných projektů je velké množství, zde je uvedeno několik zajímavých revitalizačních akcí, které proběhly u nás i v zahraničí v odlišných přírodních podmínkách.

Ojedinelou akcí a jednou z prvních svého druhu v ČR se stala komplexní revitalizace Černého potoka. Povodí Černého potoka leží ve východní části Krušných hor, severně od Teplic. Revitalizace proběhla na území PR Černá louka, kde se vyskytují vzácná mokřadní společenstva. Celé území bylo v 60. letech odvodněno za účelem zúrodnění lučních pozemků. Výsledkem bylo napřímení a zahloubení Černého potoka a jeho přítoků. Změna trasy toků a degradace vodního režimu krajiny byly hlavními důvody pro zahájení revitalizace. Bylo vytvořeno zcela nové koryto ve tvaru mělké pánve na úrovni Q_{30d} . Podélný profil respektuje přirozený sklon území, potok přirozeně meandruje a do koryta byly vloženy proudné úseky (skluzy, peřeje a prahy) mezi klidnější úseky tůní. Kromě samotného Černého potoka byly navrženy nové trasy i na jeho přítocích. Obnovena byla niva pro přirozený rozliv povodní Q_{100} , v rámci níž bylo vybudováno množství tůní a obnoveny původní mokřadní biotopy (Anonymus, 2009).

V kontrastu k revitalizaci Černého potoka v zachovalé přírodní krajině Krušných hor je velmi zajímavý projekt revitalizace říčky Cheonggyecheon ležící přímo v centru Soulu. Jedná se o naprosto unikátní projekt jak z hlediska technické náročnosti, vynaložených finančních prostředků, tak z hlediska dosažených efektů. Cheonggyecheon byla v 50. letech 20. století zcela zatrubněna a překryta víceproudou komunikací. V roce 2003 byl zahájen nákladný projekt revitalizace této pouze 8,4 km dlouhé říčky. Cheonggyecheon byla odkryta v délce přibližně 6 km, došlo ke zvýšení variability koryta v příčném i podélném profilu. V rámci revitalizace byly obnoveny břehové porosty, došlo k založení mokřadních společenstev v prostoru koryta a na bermách byly vystavěny chodníky s vyhlídkami, čímž vznikla odpočinková zóna podél toku. Koryto je dimenzováno až na Q_{200} . Následný monitoring zde prokázal zvýšení biologické rozmanitosti oproti stavu před revitalizací o více než 600 %, rovněž bylo prokázáno snížení účinku tepelného ostrova v okolí toku o $3,3^\circ$ až $5,9^\circ$ C (Landscape performance series, 2017). Tento projekt ukázal, že i v intravilánu, kde není k dispozici žádný prostor, lze realizovat

zásadní a úspěšnou revitalizaci toku. Bohužel finanční nákladnost je obrovská, a tak nelze očekávat podobné projekty v našich podmínkách.

Obr. 7: Revitalizace říčky Cheonggyecheon – stav před a po (zdroj: Landscape performance series, 2017)



I když se stále velká část projektů soustředí na malé vodní toky, nalezneme množství akcí, které proběhly i na velkých řekách. Příkladem je největší řeka v Dánsku Skjern, která byla v letech 1999-2004 revitalizována v délce 20 km. Došlo k obnově více než 2 000 ha mokřadů a vlhkých luk (Pedersen a kol, 2007). Z hlediska délky revitalizovaného úseku a zasažené plochy je jedním z největších projektů vůbec revitalizace řeky Kissimmee na Floridě. Ta byla v 60. letech napřímena a upravena, došlo ke zhoršení kvality vody a vyschnutí mokřadů na ploše několika desítek km². Revitalizační akce započala již v roce 1992 a dodnes ještě není kompletní, přičemž již byly revitalizovány úseky v délce přes 70 km a obnoveny původní mokřady o rozloze několika desítek km² (Wohl a kol, 2015). Množství oddělených projektů proběhlo i na Dunaji např. mezi Vídní a Bratislavou, kde bylo realizováno velké množství akcí o délce několika km, v rámci nichž byla napojena slepá ramena a odstraněno umělé opevnění (Donauauen, 2017).

Obr. 8: Revitalizace řeky Kissimmee – stav před a po (zdroj: Wohl a kol, 2015)



Velmi dobrým zdrojem informací o dokončených nebo probíhajících projektech z téměř celé Evropy je databáze Evropského centra pro revitalizaci řek s názvem RiverWiki (Restore rivers,

2017). Příklady intravilánových revitalizací v ČR lze nalézt na stránkách Unie pro řeku Moravu v rámci projektu REURIS (REURIS, 2009).

2.7 Hodnocení revitalizačních opatření

S rostoucím počtem provedených revitalizačních akcí roste i potřeba hodnocení jednotlivých projektů. Jak uvádí Wild Fish Habitat Initiative (2017) z revitalizací se v USA stal miliardový průmysl, v rámci kterého jsou řešeny stovky akcí množstvím rozdílných technik a s množstvím rozdílných cílů. Pander a Geist (2013) uvádí, že v Bavorsku bylo za posledních 20 let vynaloženo na revitalizace více než 300 milionů euro. Velké finanční prostředky jsou vydávány na revitalizace bez toho, aby existovaly nějaké metody hodnocení, které určují, zda byly splněny stanovené cíle či nikoliv. Je tedy nutné nějakým způsobem vyhodnotit, zda byl projekt úspěšný a byly splněny jeho cíle či nikoliv. Skácel (2000) a Vrána (2004) zmiňují potřebu vyvinutí objektivní metody pro hodnocení úspěšnosti a efektivity revitalizace, ve které by byla jasně zhodnocena efektivita a úspěšnost dané akce. Kentula (2000) navrhl hodnotit odděleně tři odlišné kategorie pojmu úspěch revitalizace:

- úspěch splnění - zda byla revitalizace zrealizovaná v souladu s projektem
- funkční úspěch - zhodnocení, zda byly obnoveny ekologické funkce, zda je systém biologicky funkční a udržitelný
- krajinný úspěch - jak revitalizace přispěla k ekologické integritě regionu nebo krajiny a jak dosáhla cílů, jako je např. zvýšení druhové diverzity

Palmer a kol. (2005) navrhuje 5 kritérií pro měření úspěšnosti revitalizací s důrazem na ekologickou perspektivu. Za prvé, návrh revitalizace by měl být založen na specifické představě toho, jak by přirozená řeka mohla v dané lokalitě vypadat. Za druhé, ekologické podmínky vodních toků musí být měřitelně zlepšeny. Za třetí, říční systém musí být soběstačný a odolný vůči vnějším vlivům, je potřeba minimalizovat následné údržbové práce. Za čtvrté, žádná ze složek ekosystému by neměla být během realizace projektu nevratně poškozena nebo zničena. Za páté, všechna data a měření před revitalizací i po revitalizaci musí být veřejně přístupná.

Pro potřeby hodnocení úspěšnosti revitalizací se využívají převážně metody expertního hodnocení. Ty se samozřejmě liší podle konkrétních cílů a charakteru revitalizačních opatření. Při hodnocení akce jsou porovnávány podmínky, které v lokalitě panovaly před revitalizací a jaké panují po revitalizaci. Ideálním příkladem tak je, pokud v lokalitě probíhá dlouhodobý monitoring před i po realizaci.

Cílem úspěšné revitalizace je zlepšení hydromorfologických podmínek, které při odpovídající kvalitě vody povedou ke zlepšení celkového ekologického stavu toku. Proto je zcela zásadním parametrem pro hodnocení úspěšnosti revitalizace hodnocení hydromorfologického stavu toku (Kujanová, Matoušková, 2016). Existuje velké množství metodik pro hodnocení hydromorfologie, v ČR je oficiální metodikou uznávanou MŽP metodika HEM (Langhammer, 2014). Na katedře fyzické geografie a geoekologie PřF UK vznikla metodika EcoRivHab (Matoušková, 2003, 2004), ve Velké Británii je hojně využívaná River Habitat Survey (Raven a kol, 1998), v Německu se používá metoda LAWA – Overview Survey (Kern a Fleischhacker, 2002).

Důležitým podkladem pro hodnocení revitalizací je hodnocení pomocí biologických ukazatelů, které velmi dobře reagují na měnící se podmínky v povrchových vodách (Pander a Geist, 2013). Jako nejvhodnější pro hodnocení úspěšnosti revitalizací na malých tocích vidí Lüderitz a kol. (2004) sledování společenstev bezobratlých, ryb a makrofyt. Stranko a kol. (2012) ve své studii zkoumali vztah mezi revitalizacemi a obnovou biodiverzity společenstev makrozoobentosu a ryb. Srovnávány byly revitalizované úseky ve městech, nerevitalizované městské úseky, úseky v rurální krajině a referenční úseky. Statistická analýza neprokázala žádné zjevné zvýšení biodiverzity. Biodiverzita v revitalizovaných úsecích byla stejná jako v nerevitalizovaných a nižší než v rurální krajině a referenčních úsecích. Výsledky studie ukázaly, že revitalizace omezených úseků nevedla ke zvýšení biodiverzity, proto autoři navrhují do budoucna přistoupit ke komplexní revitalizaci v rámci celého povodí. Mueller a kol. (2014) zase zkoumali, jak dnový substrát (s různou zrnitostí) ovlivňuje taxonomické skupiny ve vodním toku (ichtyofauna, bezobratlé, makrofyta a perifyton). Výzkum probíhal na 6 řekách v povodí Dunaje, Rýna a Labe. Ukázalo se, že zavedení šterku do dna má největší efekt na bezobratlé (zvýšení četnosti druhů), perifyton a makrofyta (snížení počtu druhů). Naproti tomu umístění kamenů do dna neprokázalo žádný dlouhodobý efekt na společenstva vodního ekosystému.

Hodnocení kvality vody je nedílnou součástí hodnocení provedených revitalizací. Kail a kol. (2012) uvádí, že jedním z limitujících faktorů úspěšné revitalizace je kvalita vody, to potvrzuje i Vrána (2004). Pomocí biologických ukazatelů a sledování koncentrací dusičnanů hodnotili Bain a kol. (2014) velký revitalizační projekt Nine Mile Run v Pittsburgu. Z hlediska koncentrace dusičnanů nedošlo k žádnému zlepšení a naopak k mírnému zhoršení stavu. Oproti studii Stranko a kol. (2012) došlo k nárůstu počtu druhů a četnosti bezobratlých (Bain a kol, 2014).

Procházka a kol. (1999) při hodnocení revitalizace Mlýnského potoka na Šumavě velmi detailně vyhodnocoval stav břehových porostů. V rámci své studie se zaměřil i na kvalitu vody a ichthyofaunu. Kupec, Schneider a Šlezinger (2009) zdůrazňují, že žádná metoda hodnocení nemůže platit univerzálně a je nutné vždy přihlédnout ke konkrétním podmínkám. Důležité je i načasování monitoringu a hodnocení. Vodní ekosystémy jsou dynamické a je tedy vhodné sledovat revitalizovaný úsek spíše v delším časovém odstupu, který je potřebný pro obnovu původních fluvialně-morfologických a morfometrických charakteristik koryta (Just, 2005).

Velké množství akcí je realizováno na základě zmíněného konceptu dynamické rovnováhy, kdy je revitalizovanému toku poskytnuta možnost samovolného přirozeného vývoje. Objevují se proto studie sledující hydromorfologický vývoj revitalizovaných koryt, které slouží jako podklad pro hodnocení revitalizačních akcí. Na katedře fyzické geografie a geoekologie PřF UK v Praze byl tímto způsobem sledován vývoj Sviňovického potoka. Vedle geodetického zaměřování a ekohydrologického monitoringu byly použity i fotogrammetrické metody. Revitalizované koryto vykazovalo po provedené revitalizaci velkou dynamiku. Došlo k mírnému zahloubení koryta doprovázené rozšiřováním v místě zákrutů. Během výrazné srážko-odtokové události bylo koryto přemodelováno a stabilizováno v podélném profilu (Kliment a kol., 2008). Dynamický vývoj koryta byl sledován i ve zmíněné studii Bain a kol. (2014).

Jako velmi inovativní vidí autor metodu hodnocení pomocí sociálního průzkumu mezi místními obyvateli. Purcell a kol. (2002) hodnotili revitalizaci potoka Baxter Creek v Kalifornii. Kromě hodnocení habitatu a společenstev bezobratlých byl proveden průzkum mezi obyvateli žijícími v zájmovém území. Průzkum mezi obyvateli v okolí prokázal spokojenost s provedenou revitalizací a celkově pozitivní přístup k ní. Velmi podobným způsobem hodnotili Macedo a Magalhães Jr. (2010) revitalizaci Baleares Creek v Belo Horizonte, jedná se o typický městský tok. K hodnocení revitalizační akce byly použity dvě metody: 1. monitoring kvality vody (fyzikální a chemické ukazatele), 2. průzkum formou dotazníkového šetření mezi místními obyvateli. Monitoring kvality vody probíhal v období před revitalizací a po revitalizaci. Výsledky kvality vody prokázaly výrazné zlepšení mezi obdobími před revitalizací a po revitalizaci. Zvýšilo se množství rozpuštěného kyslíku ve vodě, došlo k poklesu celkového dusíku, fosforu a elektrické konduktivity. Na základě dotazníkového šetření byl zjištěn pozitivní pohled obyvatel na provedenou akci podobně jako v případě Baxter Creek v Kalifornii (Purcell a kol., 2002). Největší odezvu mezi obyvateli mělo vytvoření parku podél potoka. Autoři vidí velmi pozitivně fakt, že většina dotázaných byla o této akci dobře informována předem i v jejím průběhu. Jakmile jsou občané informováni, je možné jejich zapojení do procesu přípravy projektu, což otevírá prostor pro diskuzi o připravované akci. Palmer a kol. (2007) ve své studii zmiňují jako jeden z důležitých cílů zapojení místních obyvatel, kdy je ideální vytvořit mezi místními obyvateli a vodním tokem jakýsi pocit identity (propojení). Studie Schauman a Salisbury (1998) dokázala, že revitalizace, která není v souladu s požadavky místní komunity, je dlouhodobě neudržitelná.

Kromě hodnocení a sledování změn před a po revitalizaci navrhuje Just (2005) systém expertního hodnocení návrhů a projektů, kdy jsou záměry a projekty posuzovány odborníky z řad vodohospodářů, přírodovědců i jiných oborů. Hodnocení by bylo založeno na souboru kontrolních otázek, který by posuzovaly např. na kolik je využit revitalizační potenciál v dané lokalitě. Míra využití dosažitelných efektů by byla zkoumána pomocí několika kritérií např.: vytvoření dostatečně širokého potočního pásu, prodloužení trasy toku, obnovení migrační prostupnosti, zlepšení vzhledu koryta a nivy atd.

Provedené akce můžeme hodnotit i z hlediska souladu s projektem a dle vynaložených prostředků. Just (2005) uvádí, že posouzení nákladů akce je důležitým nástrojem, který pomáhá vyhýbat se nevhodným záměrům. V praxi se ukázalo, že drahá řešení nebývají ta nejlepší. Velké náklady často znamenají řešení vzdálená přírodě. Jednou z metod je ekonometrické hodnocení revitalizací. Kenney a kol. (2012) se ve své studii snažili vyčíslit náklady na jednotlivá opatření v rámci revitalizačních akcí a zjišťovali celkovou prospěšnost akcí. Studie se zaměřila na Baltimore v Marylandu, průměrná cena za 1 stopu městské revitalizace se pohybovala mezi 500-1 200 \$. Náklady na akce se liší podle konstrukce projektu a celé řady místních podmínek jako jsou: cena pozemků, přístup k lokalitě, stav toku atd. V rámci studie bylo potvrzeno obecné pravidlo, že revitalizace v městském prostředí jsou nákladnější než v rurální krajině. Zároveň autoři poukazují na fakt, že estetické vylepšení a zvýšení rekreačního potenciálu mohou kompenzovat vyšší náklady na akce v městském prostředí (Kenney a kol., 2012). V městském prostředí je častým cílem posílení rekreačního potenciálu lokality.

3 APLIKOVANÉ METODY A ZDROJE DAT

Mapové výstupy byly vyhotoveny na podkladě dat z geoportálu ČÚZK, z geoportálu CENIA, z databáze DIBAVOD, z databáze ZABAGED a z geografické databáze ArcČR500 verze 3.2. Všechny fotografie v předložené práci, u kterých není uvedený zdroj, byly pořízeny autorem v terénu.

3.1 Historická změna povodí Lišanského potoka

Na základě srovnání historických a současných mapových podkladů byla zjišťována proměna údolní nivy a změna trasy Lišanského potoka. Pro analýzu změny délky a tvaru toku byly využity mapy II. a III. vojenského mapování z geoportálu CENIA a Základní mapa ČR v měřítku 1:10 000 z geoportálu ČÚZK. Mapové podklady v digitální rastrové podobě byly nejdříve prostřednictvím WMS služby z geoportálu CENIA nahrány do programu ArcMap, následně byly vektorizovány linie vodních toků a polygony vodní ploch. Pomocí funkce *Calculate Geometry* byla vypočtena historická délka Lišanského potoka a mlýnských náhonů ve sledovaném území, tato hodnota byla poté porovnána se současnou délkou toku, jež představovala vektorová vrstva vodních toků z databáze DIBAVOD.

Proměna dolního toku Lišanského potoka byla analyzována na základě srovnání mapy Stabilního katastru a mapy ZM10. ČÚZK poskytl mapové listy Stabilního katastru pro úsek od ústí do Rakovnického potoka až nad obec Lišany. Mapové listy byly ve formátu JPEG nahrány do programu ArcMap, kde byly na podkladě současné katastrální mapy georeferencovány pomocí vlíčovacích bodů. Poté byly vektorizovány polygony rybníků, linie Lišanského potoka a mlýnských náhonů.

Pro hodnocení změn krajinného pokryvu byla použita vektorová data, která poskytl VÚMOP (VÚMOP, 2016). Jednalo se o vektorová data krajinného pokryvu z období: II. vojenského mapování (1849), III. vojenského mapování (1879), Vojenské mapování Československa (1953) a Základní mapa ČR (2006). Data byla poskytnuta ve vektorovém formátu, z něhož byly následně v programu ArcMap vytvořeny mapy krajinného pokryvu pro jednotlivé roky. Pomocí funkce *Calculate geometry* byly získány hodnoty plochy jednotlivých tříd pokryvu. Ze získaných hodnot byly poté vytvořeny grafy a tabulky v programu Excel.

Údolní niva byla vymezena na základě vymezeného záplavového území pro Q_{100} , které pro Lišanský potok vypočetl Hydrosoft Velešlavín (2015). Mapy vymezeného záplavového území Q_{100} byly nahrány ve formátu JPEG do programu ArcMap, kde byly nejprve georeferencovány pomocí vlíčovacích bodů a následně byla vektorizována vrstva záplavového území Q_{100} .

3.2 Metodika HEM

Za účelem vyhodnocení hydromorfologického stavu vodních toků byla použita aktuální verze metodiky HEM (Langhammer, 2014), která vychází z předcházející verze metodiky hydroekologického monitoringu HEM (Langhammer, 2007). Metodika navazuje na stávající metodické přístupy aplikované v ČR a EU, je vytvořena v souladu s požadavky Rámcové

směrnice ES o vodní politice 2000/60/ES a Zákona o vodách č. 254/2001, v souladu s evropskou i českou normou EN 14614 – Návod pro hodnocení hydromorfologických charakteristik toků a s evropskou i českou normou EN 15843 – Návod pro určení stupně modifikace hydromorfologie řek (Langhammer, 2014).

Monitoring hydromorfologického stavu toků probíhá ve formě terénního mapování vybraných hydrologických charakteristik toku a údolní nivy. Část charakteristik je možné stanovit pomocí distančních podkladů. Monitorovaný vodní tok je rozdělen na úseky s proměnlivou délkou, pro které jsou následně do mapovacího formuláře zaznamenávány jednotlivé parametry. Úseky jsou vymezeny na základě několika klíčových ukazatelů:

- Typologie vodních toků
- Půdorysný průběh trasy toku
- Charakter využití příbřežní zóny a údolní nivy
- Charakter upravenosti koryta toku

Mapování probíhá směrem od ústí k prameni, tzn. směrem proti proudu. V každém úseku je sledováno celkem 17 parametrů, které jsou monitorovány ve třech zónách: koryto, říční břehy/příbřežní zóna a inundační území (viz tabulka 1). Příbřežní zóna je vymezena 50 m širokým pásem údolního dna po obou březích toku. Hodnocení inundačního území probíhá v rámci celé říční nivy. Příbřežní zóna a inundační území jsou hodnoceny odděleně pro pravý a levý břeh.

Nezbytným podkladem pro mapování je mapovací formulář (viz příloha 12) do něhož jsou zanášeny hodnoty jednotlivých parametrů. Vhodným mapovým podkladem pro terénní průzkum je Základní mapa ČR v měřítku 1:10 000, do které jsou před samotným terénním mapováním vyznačeny hranice jednotlivých úseků. Při určování historické změny trasy toku je vhodné využít mapy II. a III. vojenského mapování dostupné pomocí WMS služby ze serveru CENIA. Pro hodnocení na základě distančních dat je základním podkladem digitální oftofoto dostupné prostřednictvím WMS služby z geoportálu ČÚZK nebo CENIA (Langhammer, 2014).

Co se týká přístrojového vybavení, je dobré využít ruční GPS pro stanovení polohy hranic úseků. Dále laserový dálkoměr pro změření šířky hladiny a koryta. Doporučenou součástí výbavy je také fotoaparát pro dokumentaci např. břehové vegetace nebo struktur dna (Langhammer, 2014).

Tabulka 1: Rozdělení parametrů do jednotlivých zón (zdroj: Langhammer, 2014)

Monitorovaná zóna	Sledovaný parametr
Koryto	Upravenost trasy toku (TRA) Variabilita šířky koryta (VSK) Variabilita zahloubení v podélném profilu (VHL) Variabilita hloubek v příčném profilu (VHP) Dnový susbtrát (DNS) Upravenost dna (UDN) Mrtvé dřevo v korytě (MDK) Struktury dna (STD) Charakter proudění (PRO) Ovlivnění hydrologického režimu (OHR) Podélná průchodnost koryta (PPK)
Říční břehy/příbřežní zóna	Upravenost břehu (UBR) Břehová vegetace (BVG) Využití příbřežní zóny (VPZ)
Inundační zóna	Využití údolní nivy (VNI) Průchodnost inundačního území (PIN) Stabilita břehu a boční migrace koryta (BMK)

Po terénním mapování následuje hodnocení, které je založeno na skórování jednotlivých ukazatelů. Hodnocení je provedeno v následujících krocích (Langhammer, Hartvich, 2014):

1. Skórování hydromorfologické kvality hodnocených parametrů
2. Výpočet hydromorfologické kvality pro jednotlivé zóny
3. Klasifikace hydromorfologického stavu úseku
4. Výpočet hydromorfologické kvality vodního útvaru
5. Klasifikace hydromorfologické kvality vodního útvaru

Hodnotící ukazatele jsou bodově hodnoceny ve škále 1-5, přičemž 1 představuje nejlepší a 5 nejhorší hodnotu. Parametry monitorované odděleně pro pravý a levý břeh jsou hodnoceny odděleně, pro výsledné skóre je použita nejméně příznivá hodnota. Hydromorfologická kvalita daného úseku se vypočte jako vážený průměr hodnot vypočtených pro jednotlivé ukazatele. Váhy slouží k postižení typově specifické odlišnosti významu jednotlivých parametrů pro hydromorfologickou kvalitu v různých prostředích (Langhammer, Hartvich, 2014). Pro účely typově specifického hodnocení stavu toků byly vodní toky dle metodiky Vymezení typů vodních útvarů povrchových vod rozděleny do osmi skupin (Langhammer a kol., 2009). Vodní toky byly rozděleny na základě fyzicko-geografických ukazatelů, jež ovlivňují hydromorfologii toku. Jedná se např. o charakter podloží, vodnost toku, klimatické podmínky apod.

Výsledná klasifikace hydromorfologického stavu je provedena přiřazením vypočtené hodnoty do jednoho z pěti stupňů hydromorfologické kvality (viz tabulka 2).

Tabulka 2: Klasifikace hydromorfologického stavu (zdroj: Langhammer, Hartvich, 2014)

Hydromorfologický stav	Skóre	
	≥	<
1 Přírodě blízký	1,0	1,5
2 Slabě modifikovaný	1,5	2,5
3 Středně modifikovaný	2,5	3,5
4 Značně modifikovaný	3,5	4,5
5 Silně modifikovaný	4,5	5,0

3.3 Terénní průzkum

V dubnu 2016 probíhalo terénní mapování pomocí zmíněné metodiky HEM (Langhammer, 2014), které bylo použito jako základní zdroj dat pro hodnocení hydromorfologického stavu toku. Cílem terénního průzkumu bylo zhodnotit celkový stav a míru degradace toku a údolní nivy. Kromě samotného hodnocení aktuálního stavu, bylo cílem identifikování hlavních činitelů, kteří degradují celkový stav Lišanského potoka. Terénní mapování a následné vyhodnocení metodiky HEM posloužilo jako hlavní podklad pro návrh revitalizačních opatření na Lišanském potoce. Mapován byl dolní úsek Lišanského potoka od ústí ř. km 0,00 po mlýn Podhůrka nad obcí Lišany ř. km 8,97. Celkem bylo hodnoceno 29 délkově heterogenních úseků o celkové délce 8,973 km. Průměrná délka úseku byla 309 m, nejdelší mapovaný úsek měřil 436 m a nejkratší úsek měřil 55 m. V příloze 1 a 2 nalezneme mapy s vymezenými úseky a v příloze 3 tabulku vymezených úseků s jejich souřadnicemi.

Vyhodnocení hydromorfologie toku metodikou HEM (Langhammer, 2014) bylo rovněž použito jako hlavní parametr hodnocení provedených revitalizačních opatření na Litovickém potoce v Hostivici a na Botiči u Fidlovačky. Mapování proběhlo v březnu 2017 a mapovány byly jenom úseky, kde proběhla revitalizační akce. V Hostivici bylo mapováno celkem 6 úseků o celkové délce 1,987 km v úseku ř. km 16,877-18,819. Na Botiči byl mapován pouze 1 úsek u Fidlovačky dlouhý 183 m (ř. km 1,616-1,799).

Jako mapový podklad byla v terénu použita Základní mapa ČR 1:10 000. Dalšími mapovými podklady byly letecké snímky a mapy II. vojenského mapování z mapového portálu CENIA. Pro účely mapování byla použita ruční GPS k určení polohy hranic úseků a laserový dálkoměr pro měření parametrů koryta.

Výsledky hydromorfologického průzkumu byly následně zpracovány v programu MS Excel a z nich byly v programu ArcMap vytvořeny mapové podklady. Hlavním výstupem jsou mapy hydromorfologického stavu jednotlivých zón toku.

3.4 Odtokový režim

Monitoring vodních stavů probíhá v povodí Lišanského potoka na jednom profilu. V lokalitě Na Cikánce se nachází od roku 2009 limnigrafická stanice spravovaná VÚV. Pro zhodnocení míry variability průtoků byla využita data z této stanice, která poskytl VÚV. Poskytnutá data jsou pro období 1. 11. 2009-11. 4. 2016. Data M-denních a N-letých průtoků za období 1981-

2010 pro profil u obce Lišany byly převzaty ze studie Geo Vison (ČHMÚ In Geo Vision, 2016).

3.5 Analýza jakosti vody

Nedílnou součástí návrhu revitalizačních opatření je hodnocení kvality vody. V povodí Lišanského potoka je prováděn monitoring jakosti vody pouze v jednom profilu. Pro analýzu jakosti vod poskytl podnik Povodí Vltavy data z tohoto profilu č. 3616 Lišanský p. – Rakovník (ř. km 0,1) za období 2004 až březen 2016 (PVL, 2016). Pro hodnocení kvality bylo použito období let 2007-2015, neboť v tomto období byla k dispozici kompletní datová řada pro všechny zkoumané parametry. Poskytnutá data byla pro ukazatele: teplota, pH, konduktivita, rozpuštěný kyslík, BSK₅, CHSK_{Cr}, organický uhlík celkový, dusitanový dusík, dusičnanový dusík, amoniakální dusík, celkový fosfor, rozpuštěné látky a nerozpuštěné látky.

Dále byly autorem 2. června 2016, 24. srpna 2016 a 22. března 2017 provedeny odběry vzorků vody. Odběry probíhaly ve třech předem vytipovaných profilech.

První odběrový profil se nachází na ř. km 8,960 u mlýnu Podhůrka nad Lišany. Tento profil leží nad začátkem plánované revitalizace. Koryto je v tomto úseku výrazně zahloubené, provedené opevnění je z velké části překryto nebo ve stádiu rozpadu. Potok je lemován po obou březích ornou půdou, chemismus vody je tak ovlivněn splachy z polí.

Druhý odběrový profil se nachází ve střední části plánované revitalizace. Profil je situován několik desítek metrů pod ústím Olešné do Lišanského potoka u Červeného mlýna (ř. km 5,3). V tomto profilu je stále ještě z velké části zachovaná souvislá úprava profilu kamennou dlažbou.

Poslední profil se nachází na samotném konci plánované revitalizace (ř. km 2,285) nad ústím Čistého potoka. Opevnění břehů laťovými plůtky zcela chybí, pouze zde přetrvává úprava dna trávobetonovou dlažbou.

Pomocí multimetrické sondy bylo měřeno pH, teplota vody, elektrická vodivost a míra nasycení kyslíkem. Průtoky nebyly v jednotlivých profilech měřeny, hodnoty průměrných denních průtoků pro dny odběrů vzorků poskytl VÚV. Vzorky vody byly nabírány v proudnici do 1,5 l plastových lahví, které byly nejprve vypláchnuty odebíranou vodou. Následně byly vzorky doručeny do Laboratoře ochrany vod v Ústavu pro životní prostředí na analýzu. V rámci laboratorních rozborů byly zjišťovány tyto parametry: konduktivita, celková tvrdost, CHSK_{Mn}, chloridy, dusičnanový dusík, amoniakální dusík, orthofosforečnany, veškeré železo a nerozpuštěné látky

Obr. 9: Odběrové profily – vlevo profil č. 1, uprostřed profil č. 2 a vpravo profil č. 3



Kvalita vody na Lišanském potoce byla vyhodnocena na základě ČSN 75 7221. Povrchové vody se podle této normy zařazují do 5 tříd (ČSN 75 221, 1989):

- I. třída – velmi čistá voda - obvykle vhodná pro všechna užití
- II. třída – čistá voda – obvykle vhodná pro většinu užití
- III. třída – znečištěná voda – obvykle vhodná jen pro zásobování průmyslu vodou
- IV. třída – silně znečištěná voda – obvykle vhodná jen pro omezené účely
- V. třída – velmi silně znečištěná voda – obvykle se nehodí pro žádný účel

Klasifikace jakosti vody je založena na hodnocení vybraných ukazatelů jakosti vody, které jsou pro potřeby normy ČSN 75 7221 rozděleny do 6 skupin (ČSN 75 221, 1989):

- A – ukazatele kyslíkového režimu
- B – základní chemické a fyzikální ukazatele
- C – doplňující chemické ukazatele
- D – těžké kovy
- E – biologické a mikrobiologické ukazatele
- F – ukazatele radioaktivity

Jakost vody se klasifikuje zvlášť pro každý ukazatel příslušné skupiny. Zařazení jakosti vody každého ukazatele se uskutečňuje na základě srovnání vypočtené charakteristické hodnoty ukazatele s jemu odpovídající mezní hodnotou. Pro potřeby této práce bylo zařazení ukazatele do jakostní třídy provedené na základě srovnání průměrné hodnoty s mezní hodnotou, neboť pro výpočet charakteristické hodnoty je potřeba alespoň 11 vzorků za rok (ČSN 75 221, 1989). Tato data nebyla k dispozici, protože Povodí Vltavy poskytlo data minima, průměru a maxima jednotlivých ukazatelů za každý rok. Hodnocení jakosti vody na třech vybraných profilech bylo provedeno podle nejnepříznivější hodnoty, neboť byly uskutečněny pouze tři odběry.

Pro zařazení do třídy jakosti vody podle ČSN 75 221 byly amonné ionty přepočteny na amoniakální dusík dle vztahu: $1 \text{ mg NH}_4^+ = 0,7765 \text{ mg N-NH}_4^+$ (Pitter, 1999).

Pro zařazení do třídy jakosti vody byly dusičnany přepočteny na amoniakální dusík dle vztahu: $1 \text{ mg NO}_3^- = 0,2259 \text{ mg N-NO}_3^-$ (Pitter, 1999).

4 HODNOCENÍ REVITALIZAČNÍCH OPATŘENÍ

Hodnoceny byly dvě vybrané revitalizační akce, na Botiči u Fidlovačky a na Litovickém potoce v Hostivici. Tyto lokality byly vybrány záměrně, neboť představují revitalizační akce ve třech různých prostředích. Lokalita na Botiči představuje revitalizaci v intravilánu, kde kromě vlastního koryta není prostor pro úpravy. Revitalizační akci v Hostivici můžeme rozdělit na dvě části: ta první probíhala v extravilánu (téměř v zemědělské krajině), zatímco druhá a větší část proběhla v intravilánu, v místě, kde byl k dispozici dostatečný prostor pro zásadnější a přírodě bližší úpravy. Hodnocení je provedeno na základě několika parametrů:

- Hodnocení hydromorfologie revitalizované části toku na základě metody HEM
- Hodnocení finančních nákladů
- Hodnocení dodržení projektové dokumentace
- Hodnocení využití dosažitelných revitalizačních efektů
- Celkové zhodnocení a návrh opatření na zlepšení stavu - Botič

4.1 Popis zájmové lokality a uskutečněné akce

Revitalizace Botiče u Fidlovačky

Zájmová lokalita se nachází v Praze v Nuslích. Botič je pravostranným přítokem Vltavy, do které se vlévá na Výtoni. Plocha povodí činí 135,76 km² a délka jeho toku 34,5 km (REURIS, 2009). Botič byl v minulosti napřímen a zahlouben. Koryto je většinou opevněno kamennou dlažbou do betonu. V několika úsecích je koryto zcela zatrubněno, což je vnímáno jako nejvyšší stupeň degradace vodního toku. Povodí Botiče se autor detailně věnoval v práci Tichý (2014). Dolní tok byl v této práci hodnocen jako silně antropogenně ovlivněný.

Z důvodu neuspokojivého stavu proběhlo v minulosti na Botiči několik menších revitalizačních akcí. Na dolním toku Botiče v Nuslích byla v roce 2007 realizována revitalizační akce u Fidlovačky (ř. km 1,616-1,799), která byla zvolena pro hodnocení. Koryto bylo v tomto úseku v havarijním stavu. Umělé opevnění bylo v pokročilém stádiu degradace, betonové prefabrikáty a kamenné opevnění byly v některých částech zcela rozpadlé. Navíc se v korytě vyskytovaly nepůvodní invazní druhy: pajasan žláznatý a křídlatka japonská a tak bylo přistoupeno k revitalizaci koryta (REURIS, 2009).

Revitalizovaný úsek začíná u mostu v ulici Závašova před Fidlovačkou a končí u mostu v ulici Na Folimance. Celková délka revitalizovaného úseku je 183 m. Původní umělé opevnění bylo odstraněno a nahrazeno kamennou dlažbou, která byla uložena do šterkopísku a vyklínována. Nově bylo vytvořeno koryto smírně rozvlněnou kynetou. Celkem bylo vytvořeno 5 oblouků. V korytě bylo také využito vegetačního opevnění v podobě mokřadních rostlin vysázených na kokosové rohože, které byly následně vloženy do připravených kazet. Ty měly stabilizovat koryto bez nároků na zvláštní údržbu (REURIS, 2009).

Obr. 10: Porovnání stavu před a po revitalizaci (Pražská příroda, 2017)



Revitalizace Litovického potoka v Hostivici

Litovický potok je levostranným přítokem Vltavy, do které se vlévá v Podbabě (ř. km 42,8). Celková délka toku je i s Šáreckým potokem 23,5 km. Často se uvádí složený název Litovicko-Šárecký potok, horní část toku po vodní nádrži Džbán se nazývá Litovický potok a spodní část pod nádrží Šárecký potok. Zájmová lokalita se nachází na území města Hostivice ležícím při západním okraji Prahy. Trasa potoka byla v 60. a 70. letech 20. století přeložena a napříměna. Koryto bylo zahlobeno a v celém profilu souvisle opevněno kamennou dlažbou a betonovými deskami. Litovický potok tak byl degradován na stoku postrádající členitost, jejímž hlavním účelem bylo rychlé odvedení vody. Navíc minimální hloubka vody v opevněném korytě neposkytovala vhodné podmínky pro živočichy (SVIP, 2015).

Celková délka provedené revitalizace činila 1942 m a byla provedena v úseku ř. km 16,877-18,819. Hlavním cílem akce bylo se přiblížit k původnímu stavu Litovického potoka i jeho nivy. Akce probíhala ve třech úsecích, přičemž dva se nacházejí v intravilánu města Hostivice a jeden v extravilánu. V rámci akce byl rozšířen potoční pás, což bylo spojeno s odtěžením velkého množství zeminy a vzniklo tak široké povodňové koryto. V rozvolněném prostoru bylo vybudováno přírodě blízké koryto s velkou tvarovou a hydraulickou členitostí. Koryto bylo vytvořeno jako zvlněné a místy se větvcí. V extravilánu byl prostor pro vytvoření nového přírodě blízkého koryta s kapacitou Q_{30d} až Q_1 . Koryto je zde meandrující, mimo koryto bylo v potočním pásu vyhloubeno i několik biotopních tůní. Podélný profil je rozčleněn četnými dnovými pasy tvořenými kamenným záhozem. Tyto pasy stabilizují dno a vytvářejí peřejnaté pasáže s rychlejším prouděním. Potoční pás byl osázen dřevinami odpovídajícími městskému parku (Just, 2016b; SVIP, 2015).

Obr. 11: Koryto před revitalizací a po revitalizaci – dolní úsek (zdroj: Just, 2016b; SVIP, 2015)

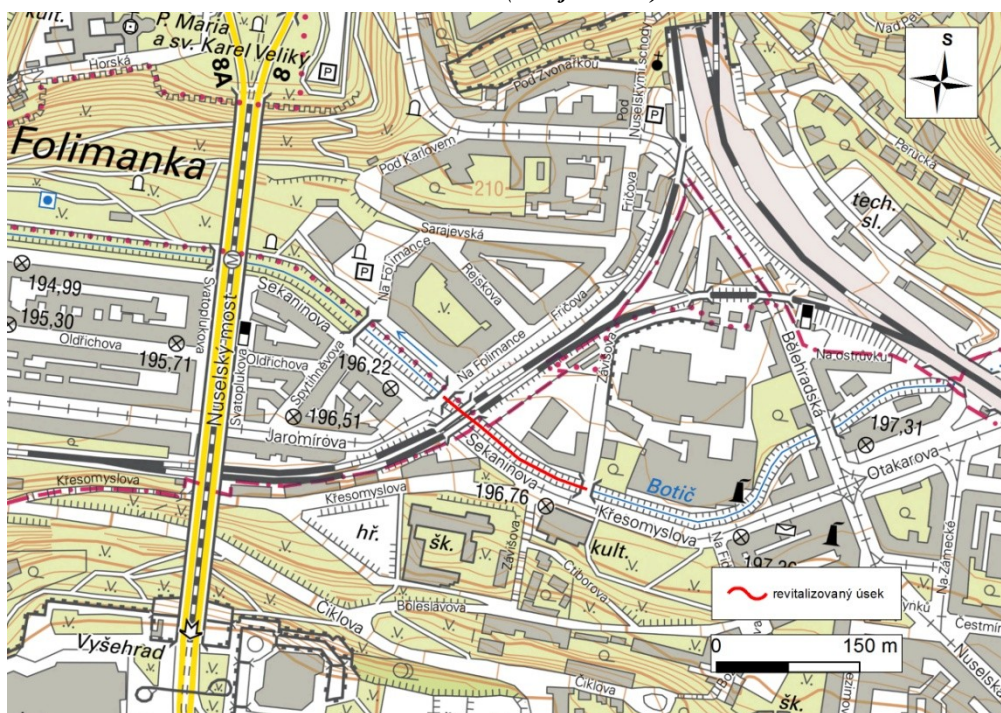


4.2 Hodnocení hydromorfologie

Hydromorfologický stav revitalizovaných úseků byl hodnocen na základě terénního mapování pomocí metodiky HEM. Terénní průzkum probíhal ve dnech 12. a 13. 3. 2017. Všechny úseky jsou hodnoceny přímo celkově a nikoliv po jednotlivých zónách. Vymezení hranic hodnocených revitalizovaných úseků je v příloze 4. V příloze 6 je následně kompletní hodnocení jednotlivých parametrů metodou HEM.

Na Botiči byl hodnocen pouze jeden úsek, pomocí metodiky HEM již autor tento úsek hodnotil v práci Tichý (2014), kdy byl úsek hodnocen jako značně modifikovaný. Autor provedl opětovné hodnocení úseku pomocí aktualizované metodiky, přičemž daný úsek je znovu hodnocen jako značně modifikovaný. Následující obrázky ilustrují současný vzhled revitalizovaného úseku toku.

Obr. 12: Lokalizace hodnoceného úseku Botiče (zdroj: ZM10)



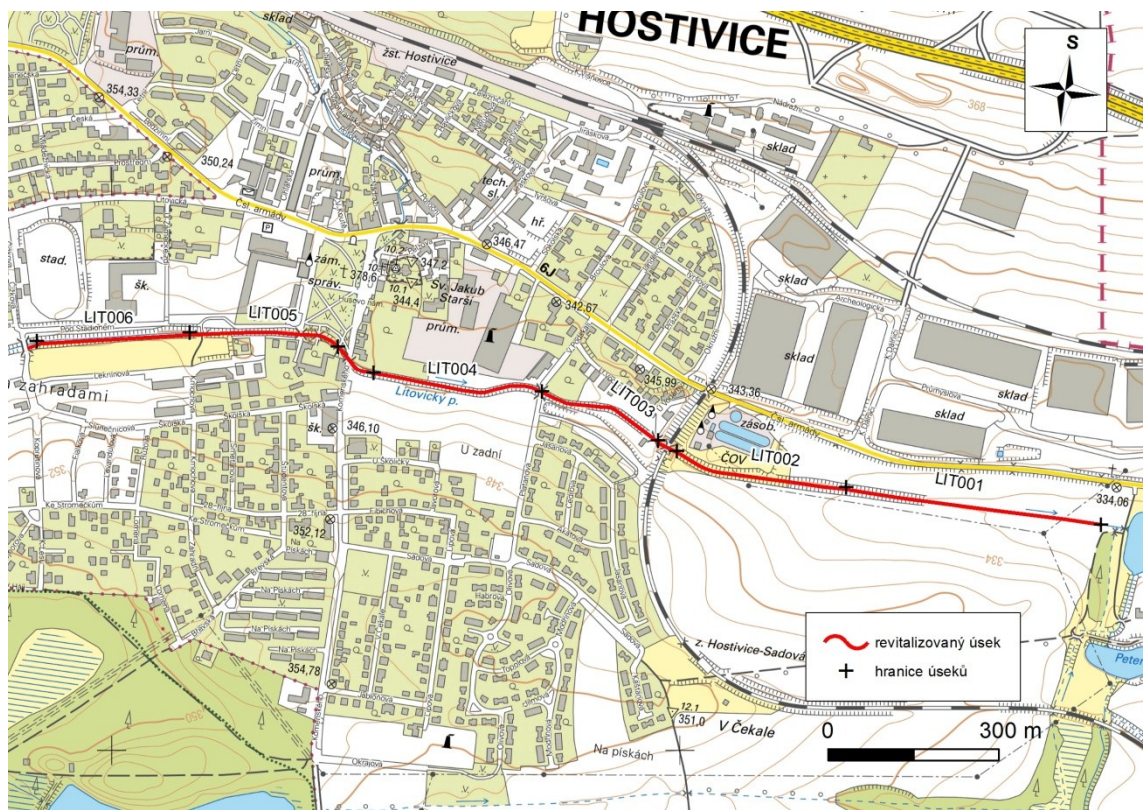
Obr. 13: Současný vzhled revitalizace u Fidlovačky



Hlavní faktory, které degradují celý dolní tok Botiče, jsou souvislá úprava profilu kamennou dlažbou do betonu a přílišné zahloubení. Z důvodu souvislé úpravy profilu je zde velmi nízká variabilita hloubek v příčném profilu, nenalezneme zde ani žádné struktury dna. Dnový substrát je tvořen především kamennou dlažbou, která je místy překryta sedimenty. Břehová vegetace většinou není přítomna nebo se jedná o jednotlivé stromy a keře. Niva i příbřežní zóna je kryta zástavbou. Na základě výše zmíněného lze označit Botič jako typický městský tok trpící tzv. syndromem urbanizovaného toku. Mezi charakteristické příznaky syndromu patří zvýšená koncentrace živin a znečišťujících látek, změna stability a morfologie koryta, snížená rozmanitost bioty a zvýšená dominance tolerantních druhů (Paul a Meyer, 2001, Meyer a kol. 2005). Velkým problémem kromě již zmíněných je i změna odtokového režimu vlivem zvyšující se plochy nepropustných povrchů, čímž dochází k zrychlenému odtoku vod při intenzivních dešťových srážkách. Koryto se následně rychle zaplní a objekty v korytě jsou vystaveny velkým rychlostem proudění a jeho vysoké vymílací schopnosti.

Na Litovickém potoce byla realizační akce znatelně delší, proto bylo hodnoceno celkem 6 úseků označených LIT001-LIT006. Celkově byly dva úseky vyhodnoceny jako slabě modifikované (úseky LIT001 a LIT004) a 4 úseky byly hodnoceny jako středně modifikované (LIT002, LIT003, LIT005 a LIT006). První dva úseky se nachází v extravilánu a můžeme zde prakticky hovořit o zemědělské krajině. Další čtyři již leží v intravilánu. Na rozdíl od Botiče, ale mají k dispozici určitý prostor, v rámci něhož byly provedeny úpravy trasy toku a rozvolněny břehy.

Obr. 14: Lokalizace hodnoceného úseku v Hostivici (zdroj: ZM10)



V úseku LIT001 trasa potoka meandruje a koryto má velkou variabilitu šířky koryta. Variabilita hloubek je střední, dno není souvisle opevněno, ale pouze místy opevněno kamenným pohozem, který zároveň diverzifikuje proudění, čímž dochází ke střídání klidných úseků s peřejnatými. Četné jsou tůně, které jsou od samotného koryta odděleny kamennými záhozy, aby zamezily migraci ryb do tůní. V břehové vegetaci zatím převládají trávobylinná společenstva, neboť vysazené dřeviny potřebují více času na rozrůstání). Následující úsek LIT002 je více zahloubený a variabilita je celkově mnohem nižší než v předchozím úseku. Část úseku je souvisle upravena kamennou dlažbou, dno je opevněno opět jen pasy z kamenných záhozů. Břehová vegetace i charakter nivy jsou stejné jako u předchozího úseku. Hydrologický režim je zde částečně ovlivněn výpustí z místní ČOV.

Obr 15: Úsek LIT001



Obr. 16: Úsek LIT002



Úsek LIT003 byl hodnocen vůbec nejhůře. Potok zde má podobu přímé strouhy z části souvisle opevněné kamennou dlažbou. Upravenost dna je vyšší než u ostatních úseků a nebyly zde pozorovány žádné struktury dna. Podélná průchodnost toku je narušena přibližně 1 m vysokým stupněm a niva je z velké části pokryta zástavbou. V tomto úseku byl v rámci revitalizace obnoven bývalý mlýnský náhon, který však byl v době terénního průzkumu bez vody. V dalším úseku (LIT004) je koryto mnohem proměnlivější. Trasa toku byla rozvolněna a koryto vytváří zákruty. Variabilita hloubek a šířky koryta je vyšší. Dno nenese známky úpravy, pouze je opevněno kamenným záhozem. Dnový substrát je tvořen především prachem, pískem a kameny. Břehy jsou kryty převážně trávobylinnou vegetací s jednotlivými stromy.

Obr. 17: Úsek LIT004



Obr. 18: Úsek LIT006



V úseku LIT005 je koryto umělé zahloubené s minimální variabilitou šířky i hloubky. Variabilita se postupně zvětšuje až na konci úseku, kde byl prostor k rozvolnění koryta. Pozorovatelné struktury dna nalezneme jen ojediněle. Z důvodu ochrany obytných domů je pravý břeh z velké části opevněn kamennou dlažbou, a proto se zde nenachází ani žádná břehová vegetace. Niva je vyplněna zástavbou a ke konci úseku přechází v park. V posledním úseku (LIT006) je trasa rozvolněna a vytváří zákruty. Variabilita hloubek je poměrně nízká. Dnový substrát tvoří prach, písek a kameny. Dno je opevněno pasy z kamenného záhozu. Břehy jsou zatravněny se skupinami vysazených stromů. Niva je na levém břehu kryta roztroušenou zástavbou a na pravém jsou plochy ponechané přirozenému vývoji.

4.3 Hodnocení dodržení stavební dokumentace

Na základě dostupné projektové dokumentace bylo zkoumáno, zda byl dodržen původní projekt či nikoliv. V Hostivici bylo zkoumáno dodržení projektu na základě terénního průzkumu a distančních mapových podkladů – ortofota a katastrální mapy. Projekt byl ve formátu JPEG nahrán do programu ArcMap, kde byly jednotlivé úseky z projektu georeferencovány pomocí vřícovacích bodů na podkladě katastrální mapy. Následně bylo provedeno srovnání dokumentace s ortofotem. V případě revitalizace u Fidlovačky bylo dodržení dokumentace zkoumáno na základě terénního průzkumu, neboť se jedná o velmi krátký úsek a vzrostlá liniová vegetace podél koryta znemožňuje identifikaci na základě ortofota.

V obou případech odpovídá projektová dokumentace realitě zjištěné na základě terénního průzkumu a ortofota. Pouze v Hostivici byl původní projekt mírně pozměněn v úseku extravilánu z důvodu křížení inženýrských sítí, tato změna ovšem byla zanesena do aktualizované dokumentace.

Obr. 19: Srovnání projektu v Hostivici s reálným stavem (zdroj: CENIA, ČÚZK)



Obr. 20: Schematické zobrazení provedené revitalizace (zdroj: REURIS, 2009)



4.4 Finanční nákladnost akcí

Pro posouzení finanční nákladnosti akce byla vypočítána cena na běžný metr (bm) revitalizace koryta. Cena je vztažena k běžnému metru délky napřímeného koryta před revitalizací. V případě Botiče byl revitalizován 183 m dlouhý úsek a celkové náklady dle REURIS (2009) činily 7 mil. Kč. Běžný metr (bm) revitalizace poté vychází na 38 251 Kč. V Hostivici byl revitalizován úsek dlouhý 1942 m a náklady dle Justa (2016b) činily zhruba 12 mil. Kč. Běžný metr (bm) revitalizace tedy vyšel na 6 179 Kč. Je velmi dobře patrný citelný nepoměr ve vynaložených nákladech na tyto akce. Náklady akcí mohou strmě stoupat z důvodu výkupu pozemků, což byl problém např. v Hostivici, kde bylo zasaženo několik desítek pozemků. I přesto vycházejí náklady na revitalizaci v Hostivici velmi příznivě, zatímco na Botiči u Fidlovačky jsou neúměrně vysoké. Just (2005) uvádí, že neúměrně vysoké náklady mohou být způsobeny výstavbou umělého opevnění toku. V případě Botiče byla nejprve odstraněna nefunkční degradovaná úprava a poté bylo koryto znovu opevněno kamennou dlažbou, což značně zvýšilo celkové náklady.

4.5 Využití dosažitelných revitalizačních efektů

Součástí hodnocení těchto dvou akcí je hodnocení dosažených revitalizačních efektů. Snahou bylo zjistit, zda byl v rámci dané akce využit revitalizační potenciál.

Zvolený úsek Botiče pro revitalizaci představuje jedny z nejobtížnějších podmínek pro realizaci revitalizační akce. Jak již bylo zmíněno, Botič je typickým tokem trpícím syndromem urbanizovaného toku. Koryto je extrémně zahloubené a souvisle opevněné kamennou dlažbou a betonovými deskami. Z důvodu ochrany infrastruktury neexistuje žádná možnost rozvolnění koryta nebo břehové linie. V takovém případě je možné očekávané přínosy a efekty revitalizace soustředit především na estetické zlepšení vzhledu koryta, zkvalitnění břehových porostů nebo zpřístupnění koryta veřejnosti a využití vodního toku jako místa pro rekreaci. Walsh a kol. (2005) uvádí, že vodní toky mají důležitou sociální a kulturní hodnotu pro obyvatele žijící v okolí vodního toku.

Zlepšení vzhledu koryta a břehových porostů bylo jedním z cílů akce u Fidlovačky a je autorem považováno za zcela správné. Alespoň částečné rozvolnění jinak přímé kynety a umístění vegetačních kazet přineslo zlepšení (viz obr. 13). Aby bylo možné hodnotit akci, jako úspěšnou je třeba, aby přečkala delší časové období bez výraznějších známek degradace. Rozvolnění proudnice a rozčlenění dna, které zde bylo vytvořeno, stále funguje a částečně tak zvyšuje diverzitu proudění v jinak velmi stereotypním korytě. Bohužel všechny vegetační kazety s mokřadními rostlinami jsou již dnes vyplaveny. Jediné co zbylo, jsou sítě, které měly mokřadní rostliny stabilizovat v úložných kazetách. Vyplavené kazety dnes částečně fungují jako postranní vnitro korytové tůň, kde se usazují sedimenty anebo se v nich hromadí nečistoty (odpadky). Tím pádem mají spíše opačný efekt, neboť výrazně zhoršují celkový vzhled koryta, které působí velmi nevzhledně a spíše jako skládka odpadu. Vegetační opevnění v podobě mokřadních rostlin tak nesplnilo svůj účel, neboť mělo být funkční bez nároků na zvláštní údržbu. Navíc byly vegetační kazety již jednou opraveny po povodni v roce 2013. Další opravy vidí autor jako bezpředmětné, neboť kazety jsou v korytě při vyšších vodních stavech vystaveny velkým rychlostem proudění, kterým nejsou schopné odolat.

Během povodně v červnu 2013 bylo porušeno opevnění koryta, vytvořené vegetační kazety byly vyplaveny. Porušené opevnění muselo být následně opraveno.

Obr. 21: Revitalizovaný úsek během povodně a po povodni (zdroj: rajce.net, 2013; Magistrát hl. m. Prahy, 2013)



Celkový negativní vzhled ještě umocňuje vandalismus a bezohledné chování lidí v okolí vodního toku, jak ukazují obr. 22 a 23.

Obr. 22: Poničená informační tabule



Obr. 23: Vyplavená vegetační kazeta s vánočním stromkem



Na Litovickém potoce byla situace odlišná. Větší část revitalizovaného úseku leží v intravilánu, kde byl k dispozici dostatečný prostor pro dílčí rozvolnění břehů a koryta. Menší část revitalizovaného úseku leží v extravilánu. Zde se koryto nejvíce přiblížilo přírodnímu charakteru. Očekávané efekty a přínosy revitalizace, na které se autor zaměřil, jsou: vytvoření dostatečně širokého potočního pásu, obnova členitosti v podélném a příčném profilu, zlepšení vzhledu koryta a nivy, zpřístupnění vodního toku veřejnosti a ochrana před povodněmi.

Jako zásadní pozitivum vidí autor nahrazení původní napřímené a monotónní strouhy členitějším korytem. V úseku LIT001 bylo vytvořeno přírodě blízké koryto s malou kapacitou (Q_1 - Q_{30d}). V úsecích LIT004 a LIT006 bylo zřízeno složené kapacitní koryto, které navrátilo přírodní charakter potoka a zároveň zvýšilo protipovodňovou ochranu obce. V ostatních úsecích nebylo možné změnit stávající průtočný profil a tak bylo koryto alespoň rozčleněno balvany a kamennými záhozy. Díky úpravám koryta bylo dosaženo zvětšení tvarové a hydraulické členitosti koryta. Vhodně umístěné kamenné pasy zvyšují diverzitu hloubek v korytě a charakter proudění.

Obr. 24: Změna vzhledu a tvaru koryta v úseku LIT006 (zdroj: SVIP, 2015 a vlastní foto)



Délka trasy Litovického potoka se zvýšila z původních 1942 m na 2361 m, což je nárůst o 21,5 %. Došlo k významnému zlepšení vzhledu nivy, kdy plocha obnovené nivy činí asi 6,8 ha. Obnovena byla také migrační prostupnost toku, v úseku LIT003 se nachází zhruba 1 m vysoký migračně neprostupný stupeň, který mohou migrující ryby překonat díky obnově 200 m dlouhého náhonu. Náhon byl ovšem v době terénního průzkumu bez vody.

Revitalizace rovněž zvýšila rekreační potenciál lokality a významně ji obohatila. V úsecích LIT005 a LI006 byly vybudovány přístupy ke korytu, do dna byly umístěny velké kameny pro přechod koryta. Na pravém břehu vede chodník a je zde umístěno několik míst na sezení s výhledem na revitalizovaný tok. V úseku LIT004 bylo pomocí klád vytvořeno místo pro sezení u potoka. Ve všech třech úsecích byly vytvořeny tůně, které společně přispívají k oživení celé lokality podél potoka.

Významným efektem je i zvýšení protipovodňové ochrany města Hostivice. Díky rozvolnění břehů a odtěžení značného množství zeminy byla výrazně navýšena průtočná kapacita koryta. Navíc obnovená niva a vytvořený potoční pás v úsecích LIT001, LIT002 a LIT004 podporují rozliv vody a částečně tak tlumí účinky povodně.

Původně rostoucí ruderalní společenstva na březích byla nahrazena hodnotnější výsadbou, kterou tvoří: olše lepkavá, dub zimní, lípa malolistá nebo jasan ztepilý. Z keřů se nejvíce uplatnily keřové vrby, střemcha obecná, brslen evropský a líska obecná.

4.6 Celkové hodnocení a návrh možného zlepšení stavu

Ve světle informací, které byly zmíněny výše, lze zcela jednoznačně hodnotit revitalizaci Botiče u Fidlovačky jako neúspěšnou. Po 10 letech od revitalizace lze říci, že očekávaný efekt zlepšení vzhledu koryta nebyl splněn. Částečné rozvolnění kynety funguje, ale nijak zvláště nepřipívá ke zlepšení vzhledu a podmínek v korytě. Značné vysoké finanční prostředky byly investovány neefektivně a spíše posloužily k výměně opevnění koryta, než ke skutečnému vylepšení stavu úseku.

Na dolním toku Botiče je velmi omezený prostor a značně velký problém nějakým způsobem zlepšit hydromorfologický stav toku. Pokud by správce toku trval na revitalizaci v tomto konkrétním úseku, navrhuje autor několik možných řešení. Rozčlenění dna se ukázalo jako funkční a bylo by vhodné jej realizovat i v dalších úsecích na dolním toku. Vhodným opatřením by bylo nahradit kamennou dlažbu ve dně kameny zapuštěnými do dna a stabilizované buď v betonovém loži, nebo šterkovým zásypem. Na dolním toku se nachází několik migračních překážek, které je třeba odstranit, případně je lze nahradit např. kamenitými skluzy. Zpravidla je v intravilánech žádoucí vybudovat přístup do koryta a tím zvýšit kontakt obyvatel s vodou, jako vhodný prvek se jeví kamenné schodiště a vytvoření plošiny pro sezení u vody. Ovšem v případě Botiče tento přístup naráží na problém kvality vody. Thomposonová (2012) hodnotila kvalitu vody jako velmi znečištěnou. V takovém případě by se jednalo o mrhání finančními prostředky. Pro přiblížení se více přírodnímu vzhledu by bylo možné využít i např. kotvené dřevo v korytě, ovšem zkušenost s vegetačními kazetami této možnosti příliš nenahrává. Jedinou možností zásadního vylepšení hydromorfologického stavu na dolním toku Botiče je revitalizace za použití neúměrných finančních prostředků jako např. revitalizace říčky Cheonggyecheon v Soulu (Landscape performance series, 2017).

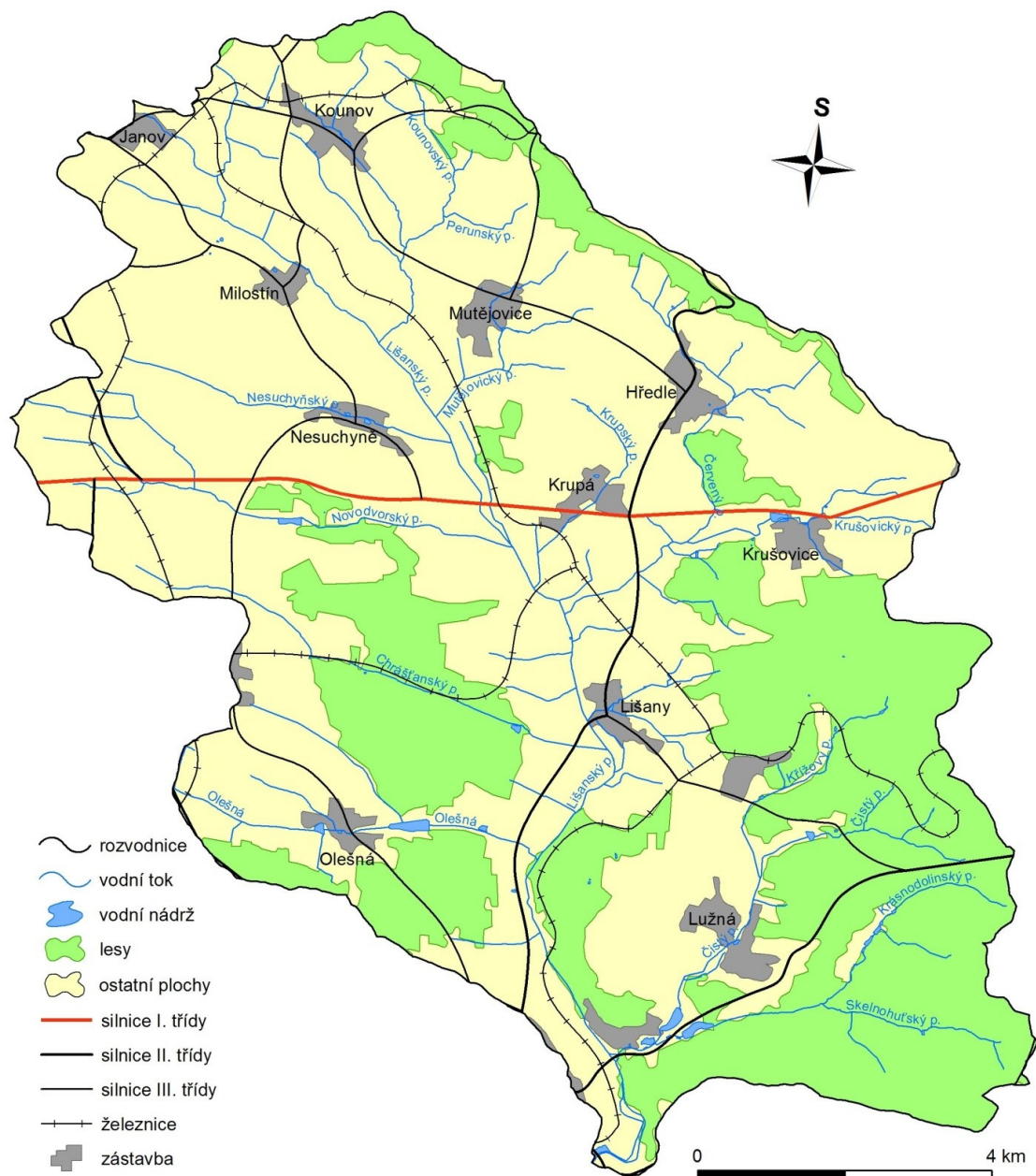
Spíše než snahu revitalizovat dolní úsek, by bylo vhodnější se zaměřit na úsek v Záběhlicích a pod VD Hostivař, kde se mimo jiné nachází PP Meandry Botiče. Tok si zde nejen uchovává zčásti přírodě blízký vzhled, ale je zde i dostatečný prostor v nivě pro rozvolnění koryta, zvýšení retence a zpomalení postupu povodňových vod a tím částečné odlehčení úsekům ležícím níže. Tento úsek byl hodnocen jako slabě modifikovaný v rámci bakalářské práce (Tichý, 2014) metodikou HEM. Existuje zde tak značný potenciál pro realizaci úspěšné akce v budoucnu.

Provedenou revitalizační akcí v Hostivici lze na základě výše zmíněných poznatků hodnotit jako úspěšnou. Došlo k výraznému zlepšení hydromorfologického stavu Litovického potoka. Očekávané efekty byly splněny a došlo k celkovému obohacení a zvýšení atraktivity lokality. Tato akce může být právem považována za jakýsi vzor, jak by měla být úspěšná revitalizační akce realizována.

Hodnocení zvolených akcí sloužilo jako jeden z podkladů návrhu revitalizačních opatření. Získané informace při terénním mapování a informace od správce toku byly následně využity při vlastním návrhu revitalizačních opatření na Lišanském potoce, který je zpracován v kapitole 8.

5 CHARAKTERISTIKA POVODÍ LIŠANSKÉHO POTOKA

Obr. 25: Mapa povodí Lišanského potoka (zdroj: ArcČR 500, DIBAVOD, ZABAGED)



5.1 Dosavadní výzkum

Matoušková (2003) se ve své práci věnovala povodí Rakovnického potoka. Cílem práce byla aplikace vyvinuté metody EcoRivHab pro hodnocení ekomorfolického stavu. V rámci práce byla věnována pozornost i povodí Lišanského potoka. Zkoumána byla antropogenní upravenost vodních toků v povodí a jakost vody. Ta dosahovala na dolním toku Lišanského potoka IV. a V. třídy jakosti především v důsledku fungování závodu RAKO I.

Povodí Lišanského potoka se ve své práci věnovala Kučerová (2008), která hodnotila pomocí metody EcoRivHab ekomorfolický stav Lišanského potoka a jeho tří přítoků: Čistého

potoka, Chrástánského potoka a Červeného potoka. Hodnocené úseky byly většinou hodnoceny jako středně modifikované a více jak čtvrtina úseků byla hodnocena jako silně modifikované. Naopak antropogenně neovlivněné úseky zde autorka téměř nenalezla. Důvodem jsou intenzivní úpravy toků v minulosti, které se bohužel nevyhnuly ani lesním úsekům. Na základě hodnocení toků jako středně antropogenně upravených navrhla Kučerová přistoupit k revitalizaci na středním toku Lišanského potoka, kde je možné využít retenčního potenciálu údolní nivy.

Povodí Lišanského potoka bylo zahrnuto v komplexní studii Horáček, Kašpárek a kol. (2011) zabývající se možnostmi zmírnění důsledků klimatické změny v povodí Rakovnického potoka. Povodí Rakovnického potoka bylo vybráno z důvodu nepříznivé hydrologické bilance, která je z hlediska zabezpečení bilančního stavu hodnocena jako pasivní. Pomocí pozorovacích vrtů ČHMÚ byl potvrzen trend klesajícího odtoku podpovrchové vody a hladiny podzemní vody. V povodí Lišanského potoka se na poklesu celkového odtoku podílí bývalá důlní zařízení u Kounova, Mutějovic a Hředle. V době fungování dolů byla důlní voda čerpána a převáděna do Červeného potoka. V současnosti zde již důlní činnost neprobíhá. V důsledku výskytu dolů a hydrogeologických podmínek je část vody z povodí Červeného a Kounovského potoka převáděna do povodí Ohře. Studie se také detailně věnuje trendu meteorologických veličin. V období 1931-2008 byl zaznamenán jen nepatrný pokles srážek v povodí Rakovnického potoka, ovšem na stanici Kounov, nacházející se v severní části povodí Lišanského potoka, byl tento klesající trend velmi významný. Z hlediska teploty studie prokázala v období 1960-2008 významný vzestupný trend (zvýšení průměrné roční teploty o 1,4 °C), který se nejvíce projevil až po roce 1980. V rámci studie byla posuzována i možnost revitalizace Lišanského potoka. Jako vhodný úsek pro revitalizaci Lišanského potoka byly zvoleny dva úseky: od ústí do Rakovnického potoka (ř. km 0,0-2,285) po soutok s Čistým potokem a od ústí Čistého potoka po silnici E48 (ř. km 2,285-11,431). Horáček, Kašpárek a kol. (2011) provedli i rámcový odhad nákladů na revitalizační opatření v těchto úsecích, na základě odhadu byly stanoveny náklady ve výši 58,85 mil. Kč.

Plzeňský Lesoprojekt v roce 2014 zpracoval návrh managementu břehového porostu pro Lišanský potok. Návrh spočíval v mapování a posouzení současného stavu a návrhu cílové dřevinné skladby podél celého Lišanského potoka (Lesoprojekt, 2014).

Hydrosoft Veleislavín (2015) vytvořil pomocí programu HYDROCHECK návrh záplavových území na Lišanském potoce. Pro výpočet byly použity geodetické a hydrologické údaje. Na základě výpočtů byly vytvořeny mapy záplavových území pro Q_5 , Q_{20} a Q_{100} , zároveň byla vymezena i aktivní záplavová zóna pro Q_{100} .

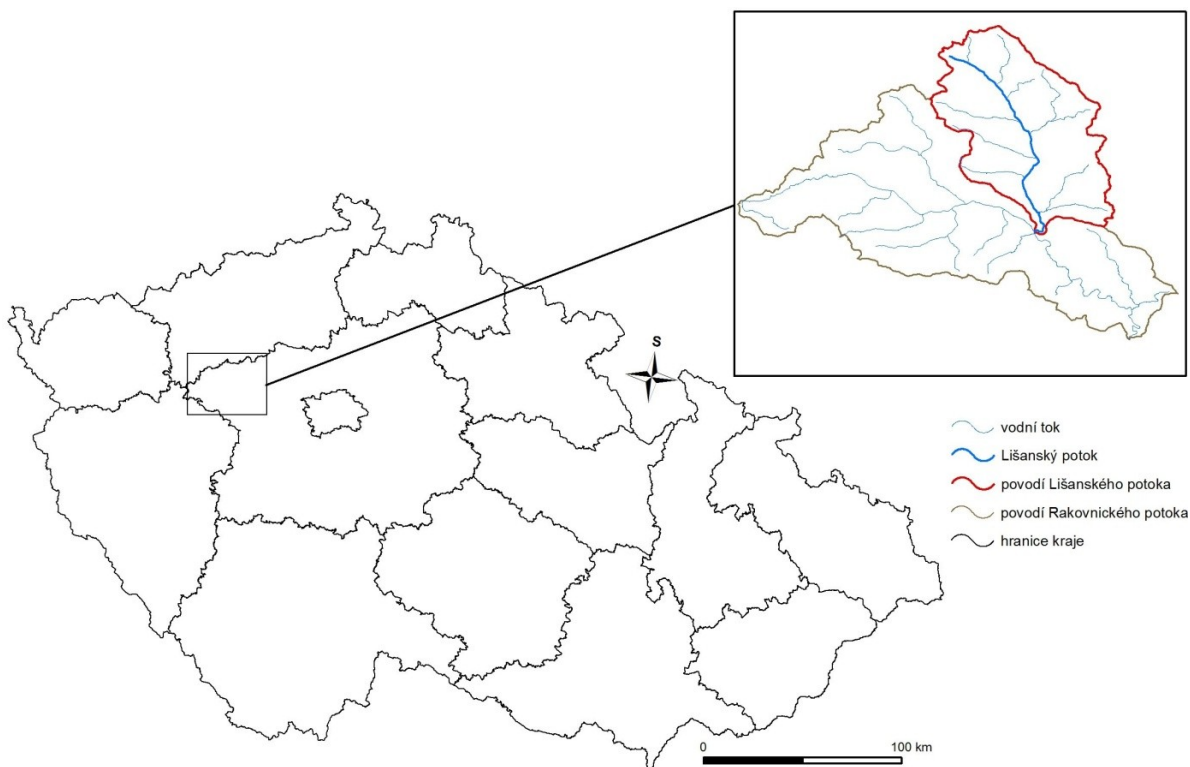
Hydrologickou studii Lišanského potoka provedl Kincl (2014), který na základě modelu HEC-RAS také vymezil záplavové území a posuzoval stav koryta.

V roce 2016 zpracovala společnost Geo Vision s.r.o. v čele s Dr. Hájkem studii revitalizace Lišanského potoka v úseku ř. km 4,32-7,87 km. Jedná se o úsek mezi silničním mostem do Lišan a obcí Hlavačov. Tento úsek je součástí návrhu revitalizačních opatření, který je zpracován v rámci samostatné kapitoly 8.

5.2 Fyzicko-geografická charakteristika

Povodí Lišanského potoka leží ve Středočeském kraji v ORP Rakovník, severní část povodí částečně zasahuje také na území Ústeckého kraje do ORP Louny. Celková plocha povodí je 129,38 km². Hydrologické pořadí toku je 1-11-03-016. Lišanský potok je levostranným přítokem Rakovnického potoka, do kterého ústí na jihovýchodním okraji Rakovníka. Lokalizace povodí v rámci Středočeského kraje a povodí Rakovnického potoka je na obr. 26 níže.

Obr. 26: Poloha povodí Lišanského potoka v rámci ČR a povodí Rakovnického potoka (zdroj: ArcČR 500 a DIBAVOD)



5.2.1 Geologie

V povodí Lišanského potoka se střetávají dva geologické celky – rakovnická permokarbonská pánev a břidličnatá proterozoická oblast. Hranice mezi oběma oblastmi jde od Tyršova koupaliště, dále sleduje levý břeh Lišanského potoka směrem k Šamotce a z Šamotky probíhá Krásnou dolinou směrem k Rudě (Horáček, Kašpárek a kol., 2011).

Oblast rakovnického permokarbonu, která pokrývá značnou část území, je tvořena sedimentárními horninami, které se zde dělí na čtyři pásma. Nejspodnější tři pásma vznikla v karbonu, nejsvrchnější pásmo je z období permu. Směrem odspodu můžeme rozlišit: spodní pásmo šedé, spodní pásmo červené, svrchní pásmo šedé a svrchní pásmo červené. Převládajícími horninami jsou pískovce, slepence a jílovce. V šedých pásmech se typicky vyskytují uhelné sloje, např. v oblasti Šamotky probíhala v 19. století intenzivní těžba černého uhlí (Škoudlínová, 1999).

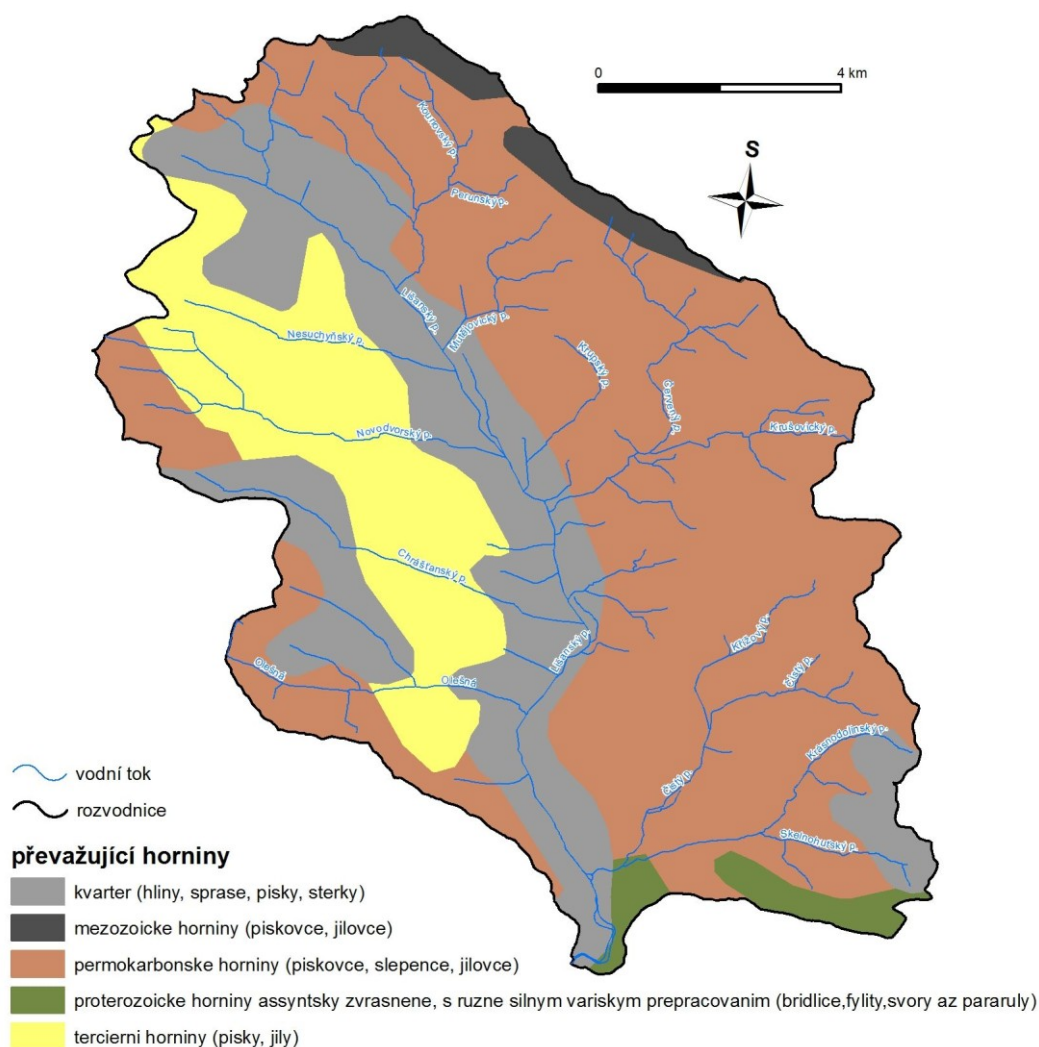
Horniny proterozoické oblasti tvoří především břidlice, fylity, prachovce a droby.

Na severu a severovýchodě území se vyskytují horniny svrchnokřídového stáří, typicky např. vrchy Džbán a Louštín. Jedná se o sedimenty, mezi kterými převažují pískovce a jílovce perucko-korycanského souvrství, jež jsou svrchu kryté prachovito-písčitymi slínovci a jílovci bělohorského souvrství (Horáček, Kašpárek a kol., 2011).

Na západě povodí je rakovnická permokarbonská pánev překryta pásmem terciérních písků a štěrků, jež se táhnou od severu k jihu. Tento pás tvořený štěrky a písky s vysokým obsahem železa, na spodu se silnou jílovou vrstvou, má mocnost 30 až 40 m (Škoudlínová, 1999).

Kvartérní sedimenty vyplňují údolí vodních toků, kde se nacházejí převážně písčité až jílovotopísčité hlíny. V přírodní rezervaci Červená louka se vyskytují organické uloženiny slatinného charakteru. V minulosti zde probíhala jejich těžba. Severně od obce Olešná se také vyskytují spraše (Škoudlínová, 1999).

Obr. 27: Převažující horniny v povodí Lišanského potoka (zdroj: CENIA a DIBAVOD)



5.2.2 Geomorfologie území

Z geomorfologického hlediska leží povodí Lišanského potoka v subprovincii Poberounská soustava, která leží v provincii Česká vysočina. Poberounská soustava se dále dělí na Plzeňskou pahorkatinu ležící na západě a na Brdskou oblast ležící na východě soustavy. Hranice mezi těmito oblastmi protíná povodí Lišanského potoka ve směru od severu k jihu přibližně na východ od obcí Kounov, Hředle a Lužná (Balatka, Kalvoda, 2006).

Plzeňská pahorkatina, která zabírá většinu území povodí, je tvořena převážně z algonkických břidlic, fylitů, permokarbonských a třetihorních sedimentů. Tato oblast se dále dělí na několik celků, podcelků a okrsků. Většina území se nachází v okrsku Rakovnická kotlina, který je součástí podcelku Kneževské pahorkatiny a celku Rakovnické pahorkatiny. Rakovnická kotlina tvoří tektonickou a strukturní sníženinu na permokarbonských horninách. Kotlina je charakteristická mírně zvlněným denudačním povrchem sklánějícím se od severozápadu k jihovýchodu (Demek a kol., 2006).

Menší část povodí se nachází v Brdské oblasti. V této oblasti přechází terén z rovinatější centrální části Rakovnické kotliny do zvlněné členitější pahorkatiny. Zde se nachází nejvyšší bod v povodí vrch Džbán. Brdská oblast se v povodí dělí na Křivoklátskou vrchovinu na jihozápadě území a Džbán na východě území. Džbán se dělí na podcelky Ročovská vrchovina a Řevničovská pahorkatina, Křivoklátská vrchovina poté na Lánskou pahorkatinu. Kompletní geomorfologické zařazení oblastí je uvedeno přehledně v tabulce 3 níže (Balatka, Kalvoda, 2006).

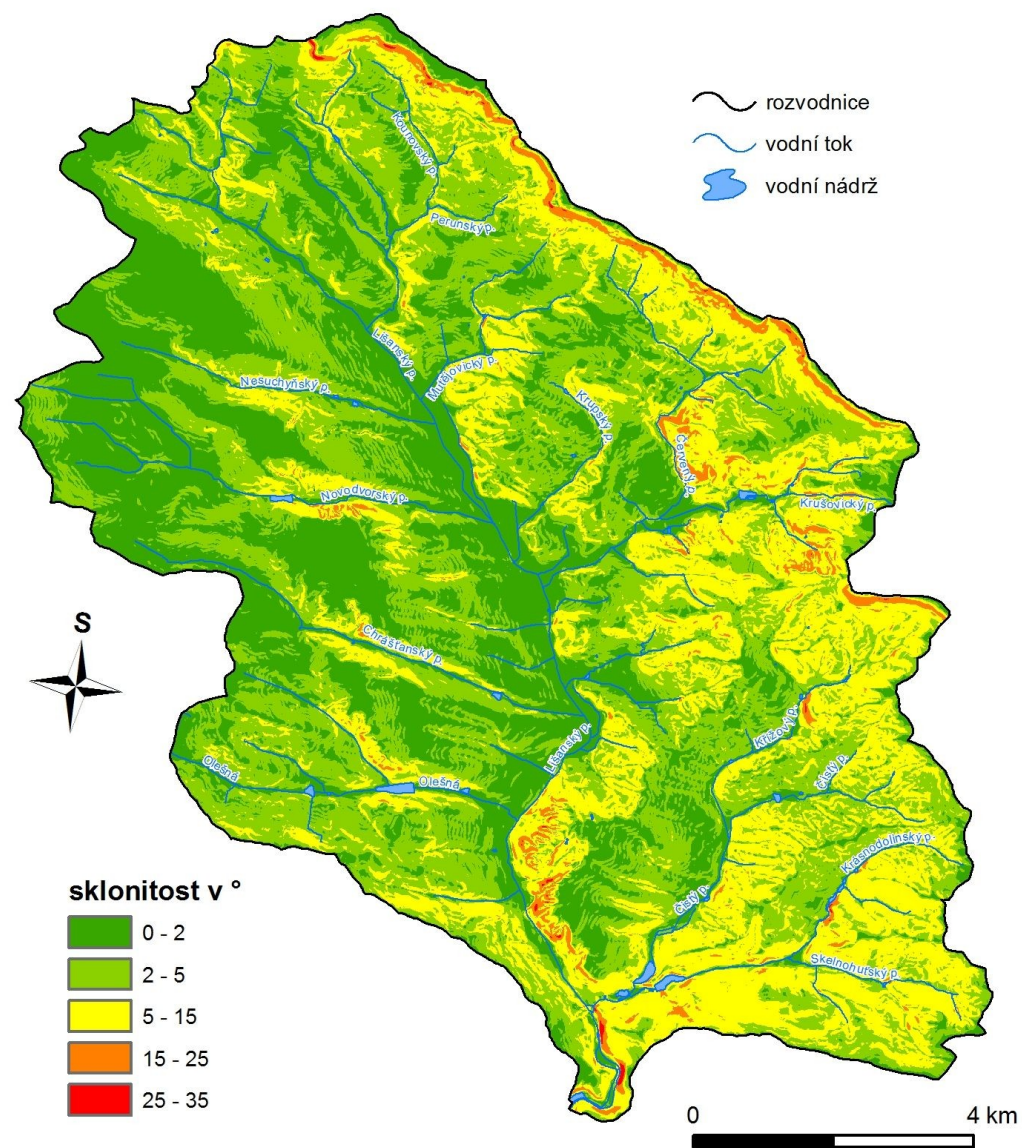
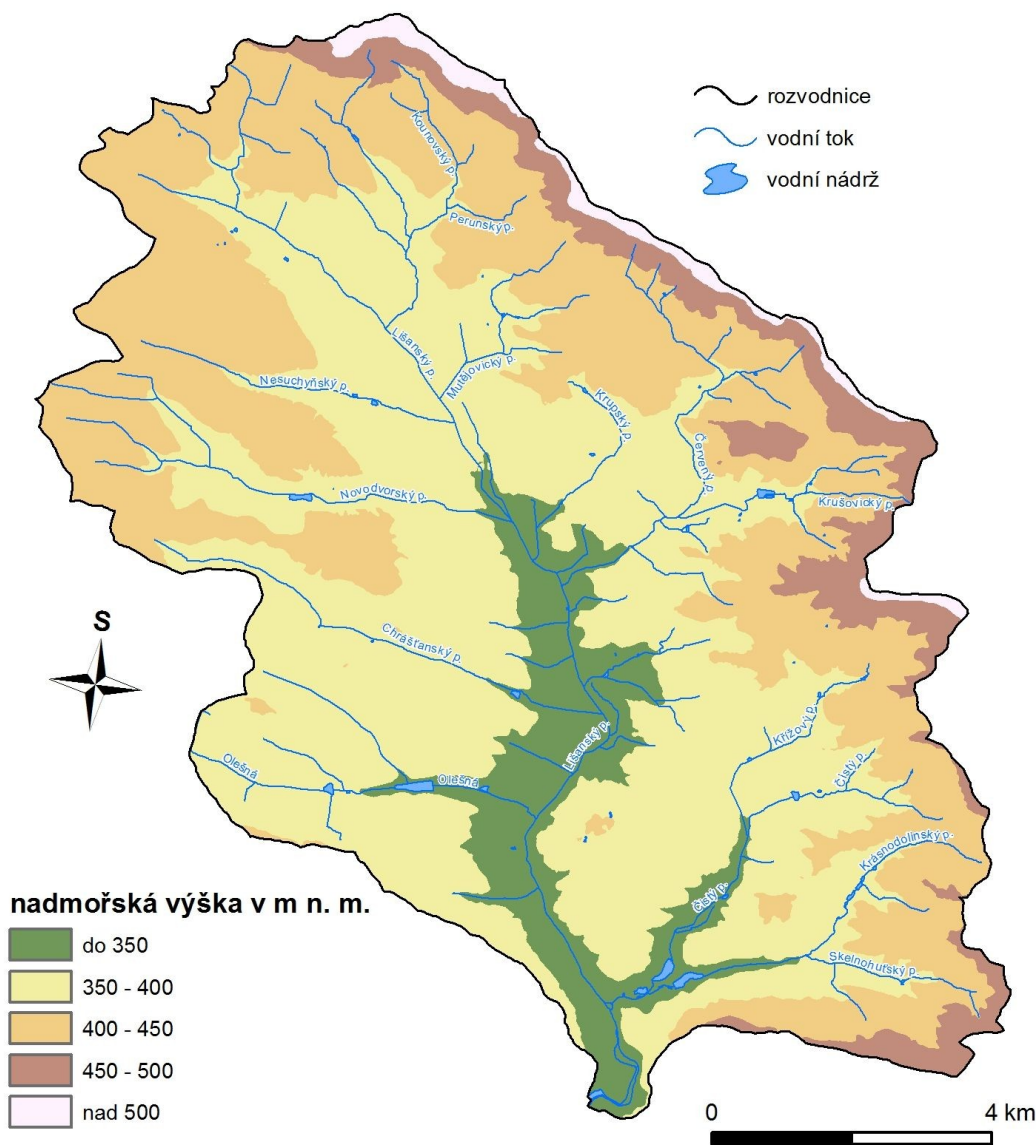
Tabulka 3: Geomorfologické zařazení oblastí (zdroj: Balatka a Kalvoda, 2006)

system	Hercynský systém
subsystem	Hercynské pohoří
provincie	Česká vysočina
subprovincie	Poberounská soustava
oblast	Plzeňská pahorkatina a Brdská oblast
celek	Rakovnická pahorkatina, Křivoklátská vrchovina a Džbán
podcelek	Kněževská pahorkatina, Lánská pahorkatina, Ročovská vrchovina a Řevničovská pahorkatina
okrsek	Rakovnická kotlina a Klíčavská pahorkatina

Obecně lze povrch povodí označit jako pahorkatinu, která má v centrální části rovinatý charakter a směrem k západu přechází do zvlněné členitější pahorkatiny. Na západě a severozápadě povodí se nalézají vyšší strmé svahy s vrchy přesahujícími nadmořskou výšku 500 m n. m. Nadmořská výška území se v průměru pohybuje mezi 350-420 m n. m. Nejvyšším bodem v povodí je vrch Džbán měřící 536 m n. m., který se nachází severně od obce Hředle. Nejnižší bod leží u ústí do Rakovnického potoka ve výšce 310 m n. m. Na obr. 28 je mapa nadmořských výšek a sklonitost svahů v povodí.

V místech těžby nerostných surovin jsou patrné tvary vzniklé lidskou činností. Jedná se o různé druhy navážek, haldy hlušiny apod. Typické jsou navážky v okolí Šamotky nebo lomu v Hlavačově.

Obr. 28: Nadmořská výška a sklonitost v povodí Lišanského potoka (zdroj: DIBAVOD a ZABAGED)



5.2.3 Klima

Dle Köppenovy klasifikace náleží povodí Lišanského potoka do oblasti Cfb, což je typ podnebí listnatých lesů mírného pásma, který je zároveň nejrozšířenějším typem v České republice. Podle Quittovy klasifikace se povodí Lišanského potoka řadí do mírně teplé oblasti MW7. Charakteristika oblasti MW7 je uvedena v tabulce 4 níže (Tolasz a kol., 2007).

Tabulka 4: Charakteristika oblasti MW7 dle Quitta. (Tolasz a kol., 2007)

	MW7
počet letních dní	30-40
počet dní s prům. teplotou 10°C a více	140-160
počet dní s mrazem	110-130
počet ledových dní	40-50
prům. lednová teplota	-2 až -3°C
prům. červencová teplota	16-17°C
prům. počet dní se srážkami 1 mm a více	100-120
počet dní se sněhovou pokrývkou	60-80
počet zatažených dní	120-150
počet jasných dní	40-50

Průměrná roční teplota se pohybuje kolem 8°C, přičemž dochází k postupnému zvyšování průměrné teploty. Horáček, Kašpárek a kol. (2011) zaznamenali v období 1960-2008 významný vzestup průměrné roční teploty o 1,7 °C. Povodí Lišanského potoka leží ve srážkovém stínu západočeských hor, průměrný roční úhrn srážek se tak pohybuje jen mezi 500 až 550 mm za rok, což je výrazně méně, než je průměr České republiky (Tolasz a kol., 2007). V tabulce 5 níže jsou uvedeny dlouhodobé průměrné úhrny srážek ze třech stanic, které se nacházejí v povodí Lišanského potoka. Ve stanici Krušovice je vidět mírně rostoucí trend srážek, naopak stanice Kounov ukazuje dle studie Horáček, Kašpárek a kol. (2011) významný klesající trend, který byl v této stanici největší v celém povodí Rakovnického potoka.

Tabulka 5: Dlouhodobé průměrné úhrny srážek v povodí Lišanského potoka (Horáček, Kašpárek a kol. 2011)

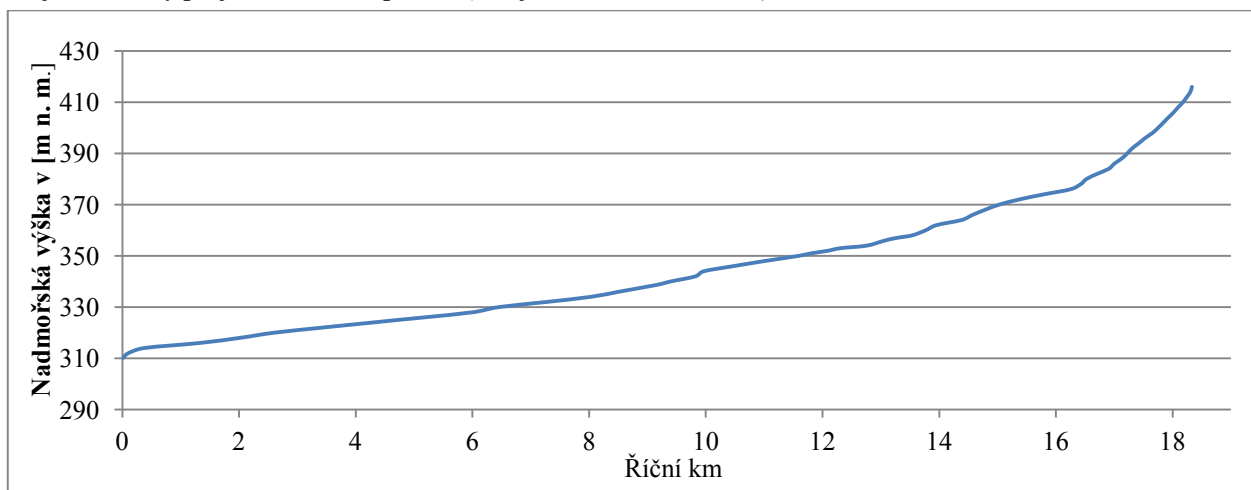
Stanice	Nadmořská výška [m n. m.]	Průměrný roční úhrn srážek		
		1876-1925	1901-1950	1961-2008
Kounov	412	-	561	514
Krušovice	390	513	524	534
Lužná	369	527	525	-

5.2.4 Hydrografické poměry

Lišanský potok je levostranným přítokem Rakovnického potoka. Délka toku činí 18,3 km a celková plocha povodí je 129,38 km². Podle absolutní řádovosti je Lišanský potok tokem V. řádu, číslo hydrologického pořadí je 1-11-03-016. Lišanský potok pramení jižně od obce Janov

ve výšce 416 m n. m, do Rakovnického potoka se vlévá u Nového Mlýna ve výšce 310 m n. m. V grafu 1 je znázorněn podélný profil Lišanského potoka od pramene k ústí. Graf byl zpracován v programu MS Excel.

Graf 1: Podélný profil Lišanského potoka (zdroj: ČÚZK a DIBAVOD)



Lišanský potok má několik přítoků, tím nejdelším je Červený potok, který má délku 7,38 km a pramení severozápadně od obce Hředle ve výšce 476 m n. m. Druhým nejdelším přítokem je Chrástánský potok s délkou 7,19 km, který pramení přibližně ve výšce 401 m n. m. severně od Chrástána. Mezi další významné přítoky patří např. Novodvorský potok, Olešná nebo Čistý potok. Charakteristiky nejvýznamnějších přítoků jsou uvedeny v tabulce 6 níže.

V zájmovém území se nachází několik rybníků. Největší je Olešenský rybník na potoce Olešná, pod ním se nachází přírodní rezervace Červená louka. U Šamotky jsou tři větší rybníky: Bartoň, Oprám a Žákův rybník. Nedaleko ústí Lišanského potoka do Rakovnického potoka se nachází Nový rybník, který funguje jako koupaliště (Tyršovo koupaliště). Nad Tyršovým koupalištěm se nachází ještě dva bezejmenné rybníky, které byly vybudovány v letech 2005 a 2006 v rámci revitalizace Lišanského potoka.

Tabulka 6: Charakteristika nejvýznamnějších přítoků Lišanského potoka (zdroj: DIBAVOD)

název toku	délka [m]	h max [m n. m.]	h min [m n. m.]	Δ h [m]
Lišanský potok	18 329,27	416	310	106
Červený p.	7 379,77	476	340	136
Čistý p.	5 724,40	395	320	75
Chrástánský p.	7 190,80	401	333	68
Kounovský p.	4 943,35	456	363	93
Krupský p.	3 530,65	399	344	55
Mutějovický p.	3 119,91	416	354	62
Nesuchyňský p.	4 739,84	406	353	53
Novodvorský p.	6 679,39	417	347	70
Olešná	5 941,50	379	327	52

5.2.5 Hydrografická charakteristika povodí

Tvar povodí

Graveliův koeficient:

$$K_G = \frac{L_R}{2 \cdot \sqrt{P \cdot \pi}}$$

Délka rozvodnice $L_R = 59,034$ km

Plocha povodí $P = 129,38 \text{ km}^2$

$$K_G = \frac{59,034}{2 \cdot \sqrt{129,38 \cdot \pi}}$$

$$K_G = 1,46$$

Graveliův koeficient Lišanského potoka je 1,46.

Koeficient protáhlosti povodí

$$R_E = \frac{\sqrt[2]{\frac{P}{\pi}}}{L}$$

Plocha povodí $P = 129,38 \text{ km}^2$

Délka povodí $L = 16,031$ km

$$R_E = \frac{\sqrt[2]{\frac{129,38}{\pi}}}{16,031}$$

$$R_E = 0,4$$

Koeficient protáhlosti povodí Lišanského potoka je 0,4.

Charakteristika povodí

$$\alpha = \frac{P}{L^2} \quad \alpha = \frac{135,76}{22,752^2} \quad \alpha = 0,503$$

$P \geq 50 \text{ km}^2 \quad \alpha > 0,20$

Povodí Lišanského potoka je vějířovitého tvaru.

Převýšení

$$\Delta h = h_{\max} - h_{\min}$$

$$h_{\max} = 536 \text{ m}$$

$$h_{\min} = 310 \text{ m}$$

$$\Delta h = 226 \text{ m}$$

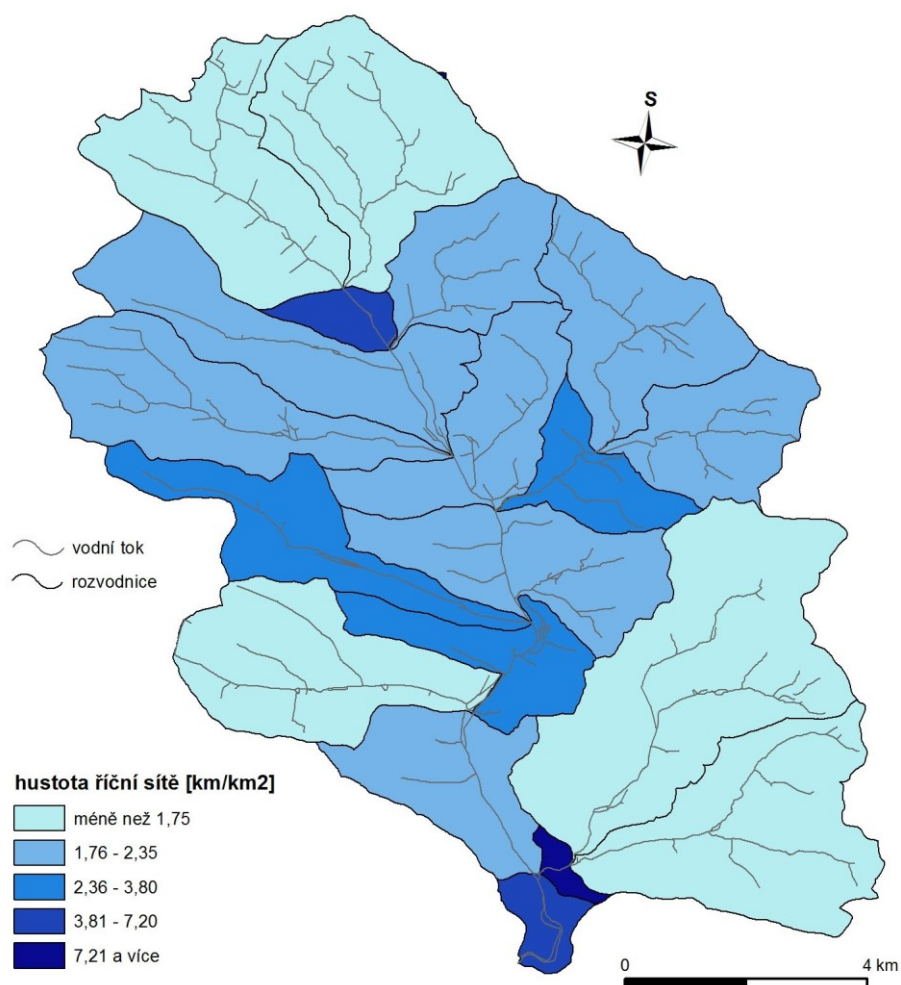
Sklon celého povodí:

$$I = \frac{\Delta h}{\sqrt{P}}$$

$$I = \frac{226}{\sqrt{129380000}} = 19,87 \text{ ‰}$$

Sklon povodí Lišanského potoka je 19,87 ‰.

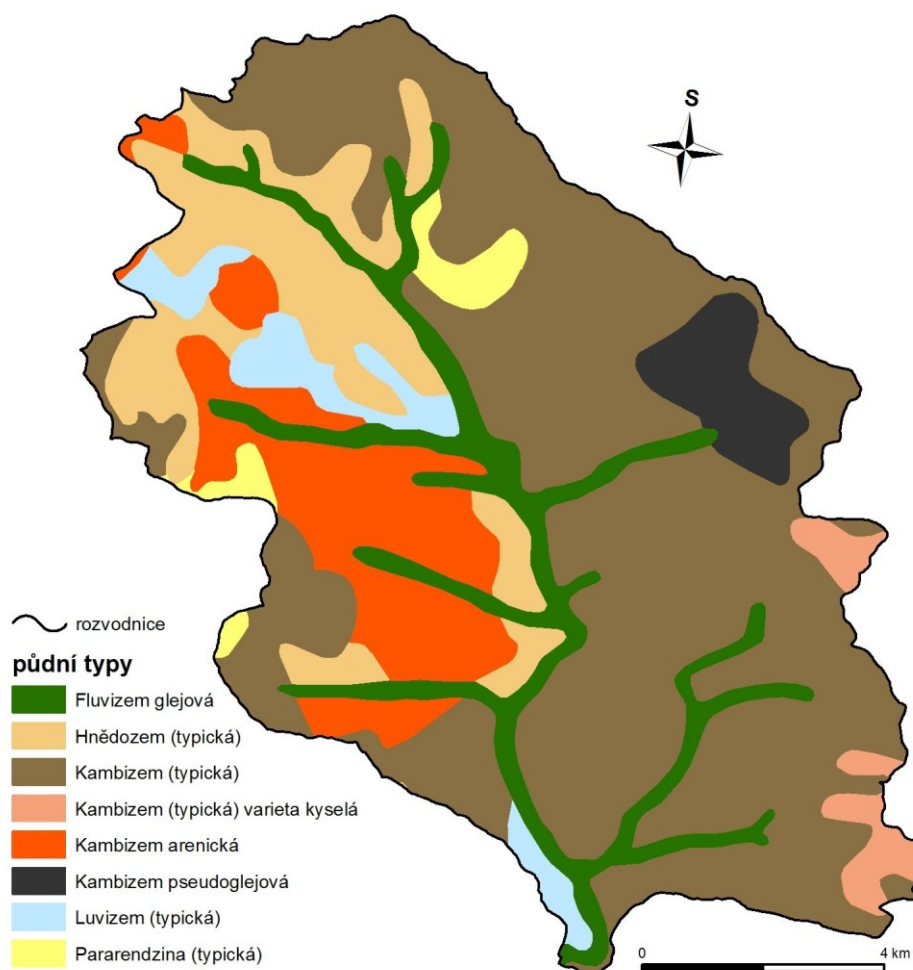
Obr. 29: Hustota říční sítě v povodí Lišanského potoka (zdroj: DIBAVOD)



5.2.6 Půdní poměry

V zájmovém povodí Lišanského potoka jsou převažující referenční třídou kambisoly. V menší míře zde nalezneme luvisoly a v blízkosti vodních toků se nachází fluvisoly. V okolí Mutějovic se také v menší míře vyskytují pararendziny z referenční třídy leptosoly. Na obr. 30 je mapa zastoupení jednotlivých půdních typů a subtypů v povodí (zdroj: CENIA).

Obr. 30: Mapa zastoupení jednotlivých půdních typů a subtypů (zdroj: CENIA)



Z referenční třídy kambisoly jsou zastoupeny kambizemě, které se vyskytují v několika subtypech. Dominantní je kambizem typická, jež se vyskytuje nejvíce na levém břehu Lišanského potoka od Mutějovic až po Šamotku. Je to půda s nižším obsahem humusu a poněkud zhoršenými sorpčními vlastnostmi. V pravobřežní části povodí se vyskytuje kambizem arenická, která vznikla na minerálně chudých terciérních sedimentech s hrubším zrnitostním složením. Typický je mělký kambický horizont tvořený pískem a prachovitou výplní. Mezi obcí Hředle a Krušovicemi se vyskytuje kambizem pseudoglejová s výrazně reduktomorfními znaky. Ve velmi malé míře se na východě povodí vyskytují kambizemě kyselé (CENIA, Taxonomický klasifikační systém půd ČR, 2016).

Luvisolys jsou druhou nejrozšířenější třídou v povodí, vytvářejí se v teplejších klimatických podmínkách na nezpevněných sedimentech (Horáček, Kašpárek a kol., 2011). Hlavním půdotvorným procesem je illimerizace. V okolí Nesuchyně a západně od Lišan se vyskytují hnědozemě, jež jsou v současnosti velmi intenzivně zemědělsky využívány. Na okraji Rakovníka a jižně od Mutějovic nalezneme luvizem. Luvizem vzniká na středně těžkých substrátech v rovinatých a mírně zvlněných částech reliéfu, typický je výrazný eluviální horizont (Tomášek, 2003).

V blízkosti vodních toků se po celém povodí vyskytují fluvizemě z referenční třídy fluvisoly. Jsou to půdy bez výrazných diagnostických horizontů s charakteristickou vrstevnatostí (Taxonomický klasifikační systém půd ČR, 2016).

5.2.7 Biogeografické poměry

Povodí Lišanského potoka leží ve dvou fytogeografických oblastech: Termofytikum a Mezofytikum.

Oblast Rakovnické kotliny je zemědělsky využívána už bezmála 7 tisíc let a je tak velmi ovlivněna činností člověka. Bezlesé oblasti povětšinou pokrývá orná půda nebo trvalé travní porosty. Z původních lesů, které se dříve vyskytovaly na většině území, dnes zůstaly kulturní porosty, jež pokrývají asi třetinu povodí. Původně zde bývaly kyselé doubravy, které nahradily chudší bory a smrčiny. Hranu Džbánu pokrývaly subxerofilní doubravy (Škoudlínová, 1999).

Důležitým prvkem vegetace jsou vlhké louky v širokých nivách vodních toků, které byly v nedávné minulosti odvodněny. Původní louky místy přecházely do zamokřených úseků na slatinných půdách. Dodnes se zachovala lokalita PR Červená louka, kde se vyskytují druhy jako např.: prstnatec májový, suchopýr úzkolistý, vachta trojlistá nebo zvonečník hlavatý. V nivě Lišanského potoka se nacházejí zamokřené louky, jež mají místy charakter mokřadu jako např. v lokalitě u Šamotky (Škoudlínová, 1999).

Významným prvkem krajiny Rakovnicka jsou chmelnice, které neodmyslitelně patří k obrazu této krajiny.

Faunu většinou tvoří druhy typické pro zemědělskou krajinu jako zajíc, hraboš, sysel nebo koroptev. Na loukách a v lesních porostech je běžný srnec, prase divoké a celá řada ptáků.

Zajímavější druhy se vyskytují za Tyršovým koupalištěm a v údolí Lišanského potoka, kde můžeme nalézt ropuchu obecnou, blatnici skrvnitou, skokana hnědého, několik druhů čolků nebo zmiji obecnou. Z ryb zde žijí např. jelec tloušť a okoun říční (Škoudlínová, 1999).

5.2.8 Chráněné území

Přírodní rezervace Červená louka

Přírodní rezervace zde byla vyhlášena v roce 1989 a má rozlohu 25,62 ha. Cílem ochrany jsou mokřadní a slatinné louky na potoce Olešná. V minulosti zde probíhala těžba rašeliny a vzniklo zde jezírko. Převládající vegetaci tvoří ostřicová a luční travinná společenstva na zamokřených půdách rašelinného a slatinného původu. Vyskytuje se zde množství vzácných a chráněných mokřadních rostlin. Významné jsou ostřice Davallova, škarda měkká, všivec bahenní, prstnatec májový nebo tolíje bahenní (Němec a Ložek, 1996).

Zajímavostí je výskyt u nás kriticky ohroženého druhu želvy bahenní. Ta do této lokality byla introdukována před 30 lety a zatím zde její populace přežívá (Ziegler, 2015).

Přírodní rezervace tvoří základ regionálního biocentra územního systému ekologické stability krajiny.

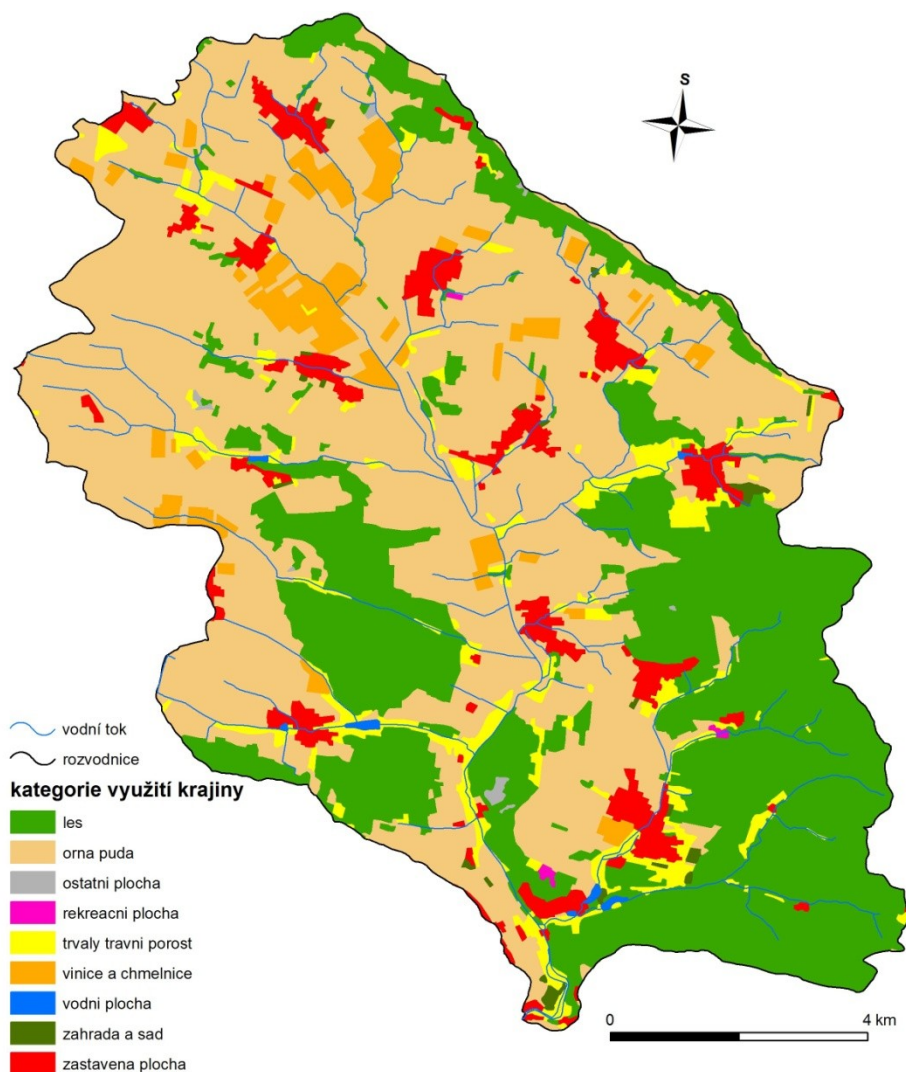
5.2.9 Využití území

Krajinnou matici v zájmovém území tvoří orná půda, která zaujímá více než polovinu území – přesně 53,46 %. Obecně celé Rakovnicko, zájmové území nevyjímaje, je intenzivně zemědělsky využívanou krajinou. Druhou nejrozšířenější kategorií jsou lesy, které pokrývají 31,6 % území. Největší plochy lesů se nachází na východě a jihovýchodě území kam zasahují Křivoklátské lesy. Využití půdy v povodí Lišanského potoka je znázorněno v tabulce 7 níže a na obr. 31.

Tabulka 7: Využití území v povodí Lišanského potoka v roce 2006 (zdroj: VÚMOP)

typ pokryvu	plocha [ha]	podíl [%]
ostatní plocha	23,53	0,18
orná půda	6915,08	53,46
trvalý travní porost	683,24	5,28
zahrada a sad	47,43	0,37
vinice a chmelnice	499,80	3,87
les	4087,90	31,60
vodní plocha	20,85	0,16
zastavěná plocha	647,10	5,00
rekreační plocha	9,80	0,08

Obr. 31: Krajinný pokryv v povodí Lišanského potoka v roce 2006 (zdroj: DIBAVOD, VÚMOP)



Využití území se detailněji věnuje samostatná kapitola – Historická změna povodí Lišanského potoka. Na základě získaných dat je analyzována změna využití krajiny v posledních 160 letech.

5.3 Socioekonomická charakteristika území

5.3.1 Obyvatelstvo

Povodí Lišanského potoka zasahuje na území 23 obcí, v nichž žije dohromady 30 951 obyvatel.

Tabulka 8: Vývoj počtu obyvatel v jednotlivých obcích v letech 1991-2011 (zdroj: ČSÚ 1991, 2001, 2011)

obec	počet obyvatel			změna počtu obyvatel od 1991 [%]	hustota zalidnění [obyv./ km ²]
	1991	2001	2011		
Rakovník	17425	16695	16585	- 4,82	896,42
Hořesedly	409	425	433	+ 5,87	74,11
Hředle	572	564	578	+ 1,05	70,23
Chrástřany	558	565	640	+ 14,7	63,09
Kněževés	945	932	955	+ 1,06	76,01
Kounov	487	489	500	+ 2,67	58,35
Krupá	446	436	471	+ 5,61	63,43
Krušovice	518	558	614	+ 18,53	96,57
Lišany	591	634	653	+ 10,49	73,19
Lužná	1793	1804	1787	- 0,33	60,00
Milostín	259	273	295	+ 13,9	41,10
Mutějovice	693	759	804	+ 16,02	60,84
Nesuchyně	383	379	428	+ 11,75	40,25
Olešná	538	515	531	- 1,3	48,77
Ruda	654	652	718	+ 9,79	33,14
Řevničov	1441	1412	1407	- 2,36	48,13
Senomaty	851	897	1083	+27, 26	76,83
Svojetín	314	337	350	+ 11,46	39,66
Třeboc	150	128	133	- 11,33	13,98
Pavlíkov	989	1007	1050	+ 6,17	26,61
Janov	118	100	116	- 1,69	36,74
Deštnice	201	188	165	- 17,91	15,36
Domoušice	649	625	655	+ 0,92	42,87

Počet obyvatel zůstává v posledních 20 letech zhruba stejný, kdy při sčítání v roce 1991 zde žilo 30 984 obyvatel, což je zhruba stejně jako v roce 2011. Největším městem a centrem celého regionu je Rakovník se zhruba 16,5 tisíci obyvateli, který jako jedna z mála obcí zaznamenal v posledních letech úbytek obyvatelstva. Výraznější úbytek zaznamenaly obce Deštnice a Třeboc. Naopak ve většině obcí dochází k nárůstu počtu obyvatel. Nejvýraznější je nárůst v Senomatech, Krušovicích a Mutějovicích. Průměrná hustota zalidnění je 99,7 obyv./km², což je výrazně méně než průměr České republiky, který je asi 134 obyv./km² (RIS, 2016).

5.3.2 Užívání vod

Bilanci užívání vod v povodí můžeme rozdělit na odběry povrchové vody, odběry podpovrchové vody a vypouštění vody. Pro uživatele vod platí povinnost ohlašovat jednou ročně údaje o odběrech a vypouštění vod při množství vody větším než 6 000 m³ za kalendářní rok nebo 500 m³ za kalendářní měsíc. Data užívání vod byla čerpána z portálu eAGRI (2016a).

V zájmovém povodí dominují odběry podzemních vod. Největším odběratelem je pivovar Krušovice a Rakovnická vodohospodářská společnost RAVOS. Povrchová voda je odebírána pouze z Novodvorského potoka, kdy je v letních měsících odebírána na závlahy zemědělských pozemků. Nejvíce vody vypouští pivovar Krušovice, následuje ČOV v obci Lužná.

Tabulka 9: Hlavní odběry a vypouštění vod v povodí Lišanského potoka - stav k roku 2015 (zdroj: eAGRI, 2016a)

vodní tok [km]	místo	množství vody [tis. m ³ /rok]	druh užití
bezejmenný potok [0.600 km]	VodaK Karlovy Vary Lišany ČOV	24,3	vypouštění
bezejmenný potok [0.300 km]	Obec Krušovice	20,5	odběr podzemní vody
bezejmenný potok [1.480 km]	Heineken ČR pivovar Krušovice ČOV	288,0	vypouštění
bezejmenný potok [2.00 km]	Heineken ČR pivovar Krušovice	202,8	odběr podzemní vody
bezejmenný potok [2.500 km]	Obec Hředle	22,6	odběr podzemní vody
Čistý potok [0.400 km]	LASSELSBERGER Rakovník výúst' č. 5	8,9	vypouštění
Čistý potok [1.850 km]	VodaK Karlovy Vary Lužná ČOV	97,5	vypouštění
Čistý potok [3.000 km]	VodaK Karlovy Vary Lužná	50,4	odběr podzemní vody
Čistý potok [5.700 km]	Heineken ČR Krušovice Lužná	153,9	odběr podzemní vody
Lišanský potok [7.950 km]	VodaK Karlovy Vary Lišany	19,7	odběr podzemní vody
Lišanský potok [12.100 km]	RAVOS Rakovník Nesuchyně	12,1	odběr podzemní vody
Lišanský potok [16.600 km]	RAVOS Rakovník Nesuchyně	25,9	odběr podzemní vody
Novodvorský potok [3.050 km]	Petr Bazika, závlahy Chrástřany	6,4	odběr povrchové vody
Olešná [2.600 km]	RAVOS Rakovník Olešná ČOV	28,3	vypouštění

5.3.3 Zdroje znečištění

K posouzení bodových zdrojů znečištění byla využita evidence odběrů a vypouštění dostupná na portálu Voda eAGRI (2016a). Jak je patrné již v tabulce 9 výše, v zájmovém povodí je evidováno 5 bodových zdrojů znečištění. Největší objem vypouštěných odpadních vod vykazuje již zmíněný pivovar Krušovice (288 000 m³/rok), následují ČOV v Lužné (98 000 m³/rok) a v Olešné (28 300 m³/rok). Průměrné koncentrace vypuštěných látek z jednotlivých objektů jsou uvedeny v tabulce 10. Na základě vypouštěného množství vody za rok a průměrných koncentrací znečišťujících látek bylo vypočítáno celkové vypouštěné znečištění u vybraných ukazatelů. NL značí nerozpuštěné látky a RAS jsou rozpuštěné anorganické soli. U některých objektů nebyla k dispozici data pro všechny druhy znečišťujících látek a tak jsou označeny X. Z hlediska koncentrací vypuštěných znečišťujících látek je nejvýznamnějším zdrojem znečištění pivovar Krušovice. Velmi vysoké koncentrace fosforu jsou vypouštěny z ČOV v Lišanech a v

Olešné. Z hlediska koncentrací anorganického dusíku jsou významným znečišťovatelem ČOV v Lišanech a v Lužné.

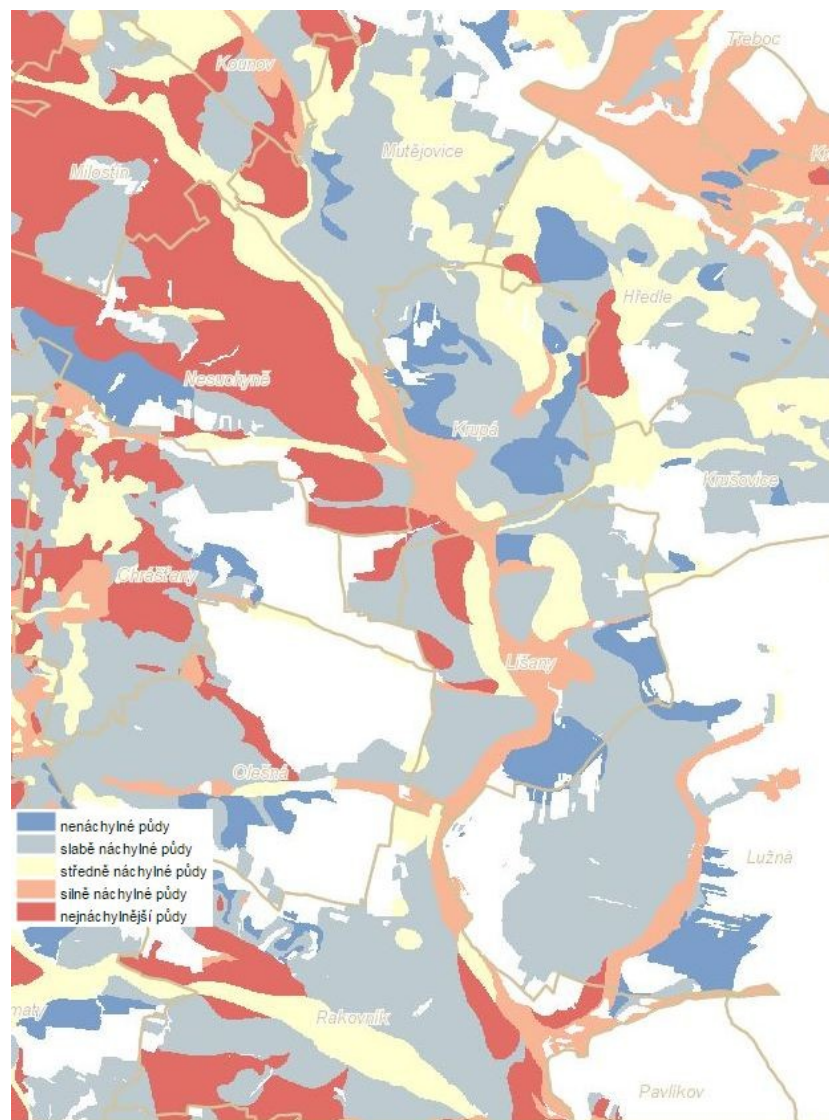
Tabulka 10: Významné bodové zdroje znečištění v povodí Lišanského potoka, data platná za rok 2015 (zdroj: eAGRI, 2016a)

Místo vypouštění	Vypouštěné znečištění [v mg/l]						
	BSK ₅	CHSK	NL	RAS	N-NH ₄ ⁺	N _{anorg.}	P _{celk.}
VodaK Karlovy Vary Lišany ČOV	8,6	49	13,8	X	3,3	26,9	1,7
Heineken ČR pivovar Krušovice ČOV	11,5	57,5	21,8	1005,8	0,8	12,1	1,9
LASSELSBERGER Rakovník výúst' č. 5	2,7	62	8,8	X	0,6	X	X
VodaK Karlovy Vary Lužná ČOV	4	35,8	7,1	548,3	3,5	14,2	1,5
RAVOS Rakovník Olešná ČOV	13,4	66,9	7,5	X	X	X	X
Místo vypouštění	Vypouštěné znečištění [kg/rok]						
VodaK Karlovy Vary Lišany ČOV	209,0	1190,7	335,3	X	80,2	653,7	41,3
Heineken ČR pivovar Krušovice ČOV	3312,0	16560,0	6278,4	289670,4	230,4	3484,8	547,2
LASSELSBERGER Rakovník výúst' č. 5	24,0	551,8	78,3	X	5,3	X	X
VodaK Karlovy Vary Lužná ČOV	390,0	3490,5	692,3	53459,3	341,3	1384,5	146,3
RAVOS Rakovník Olešná ČOV	379,2	1893,3	212,3	X	X	X	X

Plošné zdroje znečištění je obtížné kvantifikovat. Do povrchových vod znečišťující látky vstupují především splachem ze zemědělských pozemků a atmosférickou depozicí. Povodí Lišanského potoka je intenzivně zemědělsky využívanou krajinou, kde je orná půda krajinou matricí a zabírá 53,46 % plochy. Difúzním znečištěním ze zemědělské půdy se do povrchových vod dostávají hlavně sloučeniny dusíku a fosforu. Problematika plošného znečištění je velmi úzce spjata s plošnou vodní erozí. Ta představuje velký problém, neboť v České republice je vodní erozí ohroženo asi 50 % orné půdy. Hlavním důvodem je nevhodné hospodaření, zvláště intenzivní zemědělská činnost (Eroze.sweb, 2017).

Pro určení erozní náchylnosti půd v zájmovém povodí byl použit tzv. k-faktor erodovatelnosti půdy. K-faktor představuje náchylnost půdy k erozi, tedy její schopnost odolávat rozrušujícímu účinku kapek deště a transportu povrchově odtékající vodou. K-faktor závisí na obsahu částic písku, obsahu humusu a propustnosti půdního profilu. Potenciálně nejvíce ohrožené půdy se nacházejí v severní části povodí, zejména v okolí obcí Nesuchyně a Kounov, kde převažují nejnáchylnější půdy. Další potenciálně ohrožené půdy se nacházejí v nivě Lišanského potoka, kde se vyskytují silně a středně náchylné půdy. Na obr. 32 je znázorněna náchylnost půd k vodní erozi (Geoportál SOWAC-GIS, 2017a).

Obr. 32: Faktor erodovatelnosti půdy v povodí Lišanského potoka (Geoportál SOWAC-GIS, 2017a)



6 HISTORICKÁ ZMĚNA POVODÍ LIŠANSKÉHO POTOKA

6.1 Úpravy Lišanského potoka a jeho přítoků

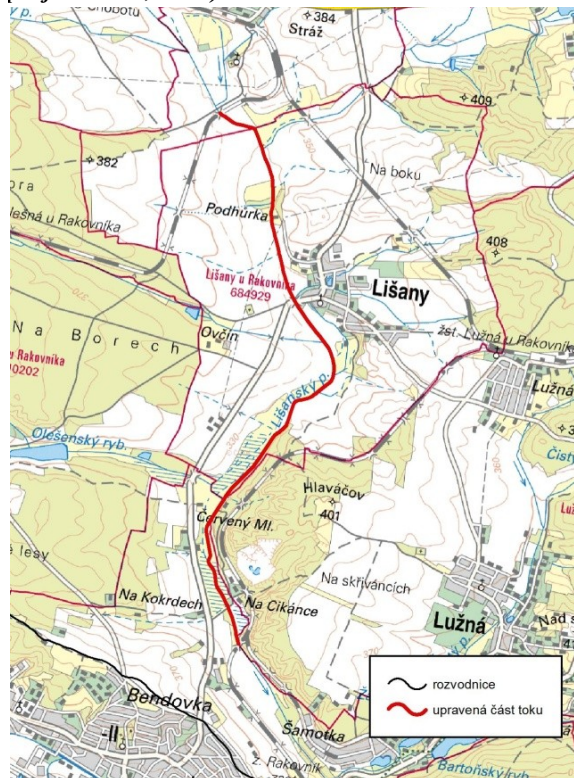
Již v letech 1904-1910 byl kanceláří Zemědělské rady zpracován projekt úpravy spodního úseku toku od silnice Rakovník – Praha po ústí do Rakovnického potoka (ř. km 0,000-2,124). Samotná úprava toku proběhla až v roce 1931, kdy město Rakovník přistoupilo k této akci z důvodu vysoké nezaměstnanosti v regionu. Byla navržena nová trasa toku, koryto bylo dimenzováno na 2letý průtok s cílem ochránit zemědělské plochy před povodněmi. Nové koryto bylo opevněno lomovým kamenem. Vegetační doprovod byl tvořen listnatými stromy olší, topolů, líp a dubů (Hydroprojekt Praha, 1970).

V roce 1959 vznikl projekt na úpravu střední části Lišanského potoka v délce 6,044 km. Upravený úsek začíná u železničního mostu na trati Rakovník – Lišany (ř. km 3,927) a končí u železničního mostu Krupá – Kolečovice (ř. km 9,974). Koryto bylo opevněno kamennou dlažbou a dimenzováno na 5letou vodu z důvodu umožnění rozsáhlých meliorací na přilehlých zamokřených pozemcích (Krajský státní ústav pro projektování, 1959). Úprava byla rozdělena do několika fází a proběhla v letech 1960-1965 (Hydroprojekt Praha, 1970).

V 70. letech byl dolní úsek potoka (pod Hamrem ř. km 0,000-2,124) částečně zanesen nánosy a dle tehdejšího správce nebylo koryto dostatečně zahloubené, proto bylo navrženo vyčištění koryta a jeho rekonstrukce. V návrhu bylo i zpevnění dna a břehů kamennou dlažbou. Dle údajů z projektu z roku 1970 bylo v té době upraveno 17,16 km toku. V rámci tohoto projektu byla naplánována i výstavba 2 zavlažovacích nádrží: Pod Lišany a U Nesuchyně. Výstavba těchto nádrží však nikdy neproběhla (Hydroprojekt Praha, 1970).

V letech 1979-1981 byla kompletně upravena horní část toku mezi silnicí E48 jižně od Nesuchyně (ř. km 11,431) až prakticky po pramen Lišanského potoka. Délka upraveného úseku činila 7 892 m. Pod Nesuchyní a nad Milostínem došlo k posunutí koryta toku do pravobřežní části nivy o několik desítek metrů mimo původní trasu. Úprava byla navržena z důvodu intenzifikace zemědělství v této chmelařské oblasti. Koryto bylo navrženo zpevněné laťovým plůtkem a dimenzované na 5letou vodu. V rámci posunů koryta v nivě došlo ke zkrácení Nesuchyňského potoka (Agroprojekt Praha, 1977).

Obr. 33: Červeně vyznačená upravená část toku v 60. letech (zdroj: Krajský státní ústav pro projektování, 1959)



V úseku bývalého Velkého rybníka došlo v roce 1991 k návrhu úpravy koryta toku, tato úprava byla poté realizována až v roce 1997. Upravený úsek začíná na říčním km 0,00 a končí na 3,827 km u železničního mostu trati Rakovník – Lišany.

Spodní úsek od silnice Rakovník – Praha po ústí do Rakovnického potoka (0,000 -2,124 km) byl již v minulosti upraven. Úprava tohoto úseku spočívala v pročištění koryta toku na původní průtočný profil. V úseku u Hamru byly navrženy opěrné betonové zídky jako ochrana před povodněmi (Agroprojekt Praha, 1995).

Horní úsek je od silnice Rakovník – Praha po železniční most Rakovník – Lišany (2,124-3,827 km). V úseku bývalého Velkého rybníka (2,172-2,9 km) bylo vybudováno zcela nové koryto, které bylo posunuto několik desítek metrů doprava v nivě. Důvodem byl vznik náspu Rakovnických keramických závodů na levém břehu původního koryta, který přetěžoval levý břeh koryta. Navržená úprava v novém korytu byla tvořena laťovými plůtky a dno bylo zpevněno pohozem. Od úseku 2,8 km po 3,827 km bylo koryto navraceno do opuštěného původního koryta toku. Toto koryto fungovalo jen částečně, neboť v roce 1977 bylo vybudováno v nivě provizorní koryto, které převádělo vodu z Lišanského potoka v úseku 2,8-3,62. Provizorní koryto bylo v rámci této úpravy zasypano a Lišanský potok se vrátil do původního koryta (Agroprojekt Praha, 1995). „Pozn. Provizorní koryto je zakresleno na stavebním plánu z roku 1991 a je zmíněno i v dokumentaci, ovšem správce toku o žádném takovém korytu nemá informace.“

Obr. 34: Červeně znázorněné posunuté koryto potoka u Šamotky (Agroprojekt Praha, 1995)



V roce 1999 proběhla „revitalizace“ (spíše rekonstrukce opevnění) potoka u obce Lišany v délce 849 m. V rámci této akce byl odstraněn vzdouvací objekt nad soutokem s Chrášťanským potokem a pročištěno koryto, aby bez problému provedlo 5letou vodu. Došlo i k opravě kamenné dlažby pod mostem u Lišan (Agroprojekt Praha, 1999).

V roce 2000 proběhla úprava 1 km dlouhého úseku u Červeného mlýna (ř. km 5,250). Došlo k pročištění koryta a obnově opevnění kamennou dlažbou. K zajištění protipovodňové ochrany byl přebytečný materiál použit na ochranné valy podél koryta (Stavby Rakovník, 1999).

V roce 2002 byl upraven 1,5 km dlouhý úsek u Milostína. Došlo k pročištění koryta a jeho opevnění rovnáninou z lomového kamene. Dále byly odstraněny všechny stromy a keře rostoucí v korytě toku.

V dubnu 2005 byla po dlouhých přípravách povolena stavba „Revitalizace údolí Lišanského potoka“ ve východní části katastrálního území Rakovníka. Revitalizace probíhala v letech 2005-2006. V rámci systému revitalizace říčních systémů MŽP byly na náhonu do Tyršova koupaliště vybudovány dva rybníky a čtyři tůně. Větší rybník má rozlohu 2,4 ha, při vyšší hladině dokonce 2,9 ha, objem nádrže je 15 000 m³. Délka koruny hráze je 140 m. Litorální pásmo zaujímá 0,9 ha. Menší rybník má rozlohu 0,5 ha a objem 2 400 m³, hráz je

dlouhá 93 m. Tůně mají rozlohu 0,13 ha, 0,05 ha, 0,03 ha a 0,02 ha. Největší tůň je průtočná, další je napájena vodou z náhonu a dvě tůně jsou neprůtočné. Nádrže slouží jako ekostabilizační prvek v krajině a také jako předčišťovací nádrž pro Tyršovo koupaliště. Náklady dosáhly celkem 5 630 000 Kč, dotace 2 918 000 Kč. Cílem této revitalizace bylo přispět ke zvýšení biodiverzity, retenční schopnosti krajiny a ke zlepšení čistoty vody v Tyršově koupališti (Agroprojekt Praha 1999, Informace od správce toku).

6.1.1 Úpravy přítoků Lišanského potoka

V rámci projektu z roku 1970 byly ve velké míře upraveny i hlavní přítoky Lišanského potoka. Hlavním důvodem bylo odvodnění zemědělské půdy, dále zlepšení odtokových poměrů v obcích, což znamenalo ochranu obcí před povodněmi (Hydroprojekt Praha, 1970).

Např. levostranný přítok Čistý potok byl upraven v délce 6,2 km od Žákova rybníka k Čistému rybníku. Bylo vytvořeno opevněné koryto s lichoběžníkovým profilem, které bylo dimenzováno na 1letou vodu.

Další přítok Olešná byla upravena od ústí do Lišanského potoka po obec Olešná. Koryto bylo opevněno lomovým kamenem a dimenzováno na 5letou vodu. Pouze v úseku mezi Olešenským rybníkem a obcí Olešná bylo koryto dimenzováno na 50letou vodu.

Zleva se za Lišany vlévá do Lišanského potoka Červený potok, který byl společně se svým přítokem Krušovickým potokem rovněž upraven. Červený potok byl upraven v délce 5,47 km, Krušovický potok byl upraven na dolním toku a v obci Krušovice. Koryta byla opevněna kamenem a dimenzována na 2 až 5letou vodu mimo obec. Na území obcí byla koryta dimenzována až na 50letou vodu. Do těchto dvou toků byly svedeny drenáže z celkové plochy 240 ha (Hydroprojekt Praha, 1970).

Pravostranný přítok Nesuchyňský potok byl upraven v délce 3,4 km. Opět bylo vytvořeno lichoběžníkové koryto na provedení 2leté vody, které bylo mimo obec opevněno lomovým kamenem a v obci kamennou dlažbou. Hlavním účelem bylo odvodnění přilehlých pozemků trubkovou drenáží (Hydroprojekt Praha, 1970).

Mutějovický potok byl upraven v celkové délce 3,4 km. Koryto bylo opevněno lomovým kamenem a dimenzováno na 2 až 5letou vodu mimo obec. Na území obce bylo koryto jako u jiných toků v povodí dimenzováno na 50letou vodu (Hydroprojekt Praha, 1970).

Levostranný přítok Kounovský potok, který ústí do Lišanského potoka v oblasti chmelnic západně od Mutějovic, byl upraven v délce 4,7 km. Koryto bylo dimenzováno na provedení 5leté vody a bylo opevněno lomovým kamenem. Do Kounovského potoka byla svedena drenáž z území o rozloze asi 200 ha (Agroprojekt Praha, 1977).

Pro zajímavost je na obr. 35 na následující straně původní mapa (plán) odvodnění a úpravy toků v povodí Lišanského potoka z roku 1970. Zeleně jsou značeny pozemky určené k odvodnění, červeně šrafované jsou pozemky již odvodněné. Tučnou modrou barvou jsou vyznačeny úseky toků navržené k úpravě nebo rekonstrukci a modrou barvou je v mapě patrný návrh umístění dvou zmíněných vodních nádrží (Pod Lišany a U Nesuchyně) (Hydroprojekt Praha, 1970).

6.2 Změna délky toku a proměna říční nivy

Pro analýzu změny délky a tvaru toku byly využity mapy II. a III. vojenského mapování, lze však využít i řady jiných historických mapových děl jako např. map I. vojenského mapování, které jsou neocenitelným historickým podkladem pro sledování stavu a vývoje české krajiny. Oproti mapám II. vojenského mapování nám umožňují posunout sledování vývoje o 50-60 let dozadu, avšak nevznikly na přesném geodetickém mapování (Lipský, 2002). Na obr. 36 níže je srovnání map všech 3 vojenských mapování, které nám pokrývají období zhruba let 1780 až 1880. Na obr. 37 je na mapách znázorněna dolní část povodí Lišanského potoka na okraji Rakovníka a v oblasti Šamotky. Tomuto úseku je věnována zvláštní pozornost v části – změna dolního toku.

Obr. 36: Srovnání map I., II. a III. vojenského mapování (zdroj: CENIA, Oldmaps Geolab)



6.2.1 Změna délky toku

Lišanský potok má v současnosti délku 18 329 m (DIBAVOD, 2016).

Dle map II. vojenského mapování byla jeho délka v polovině 19. století 15 795 m, což je o bezmála 14 % méně než dnes. Kratší délka toku je bezpochyby dána tím, že se v té době na dolním toku potoka nacházely dva velké rybníky – Prdatka a Velký rybník. Rozloha těchto rybníků činila 30,78 ha. Pokud započítáme do celkové délky toku i tyto rybníky, tak celková délka Lišanského potoka byla 18 035 m. Na Lišanském potoce fungovalo několik mlýnů jako např. Červený mlýn, Podhůrka, u ústí do Rakovnického potoka Nový mlýn nebo Hamr. V důsledku činnosti mlýnů byly v minulosti budovány náhony. Celková délka mlýnských náhonů činila v polovině 19. století 5 961 m. Většina náhonů byla ve 20. století zasypana, ale pozůstatky některých lze dodnes nalézt v nivě.

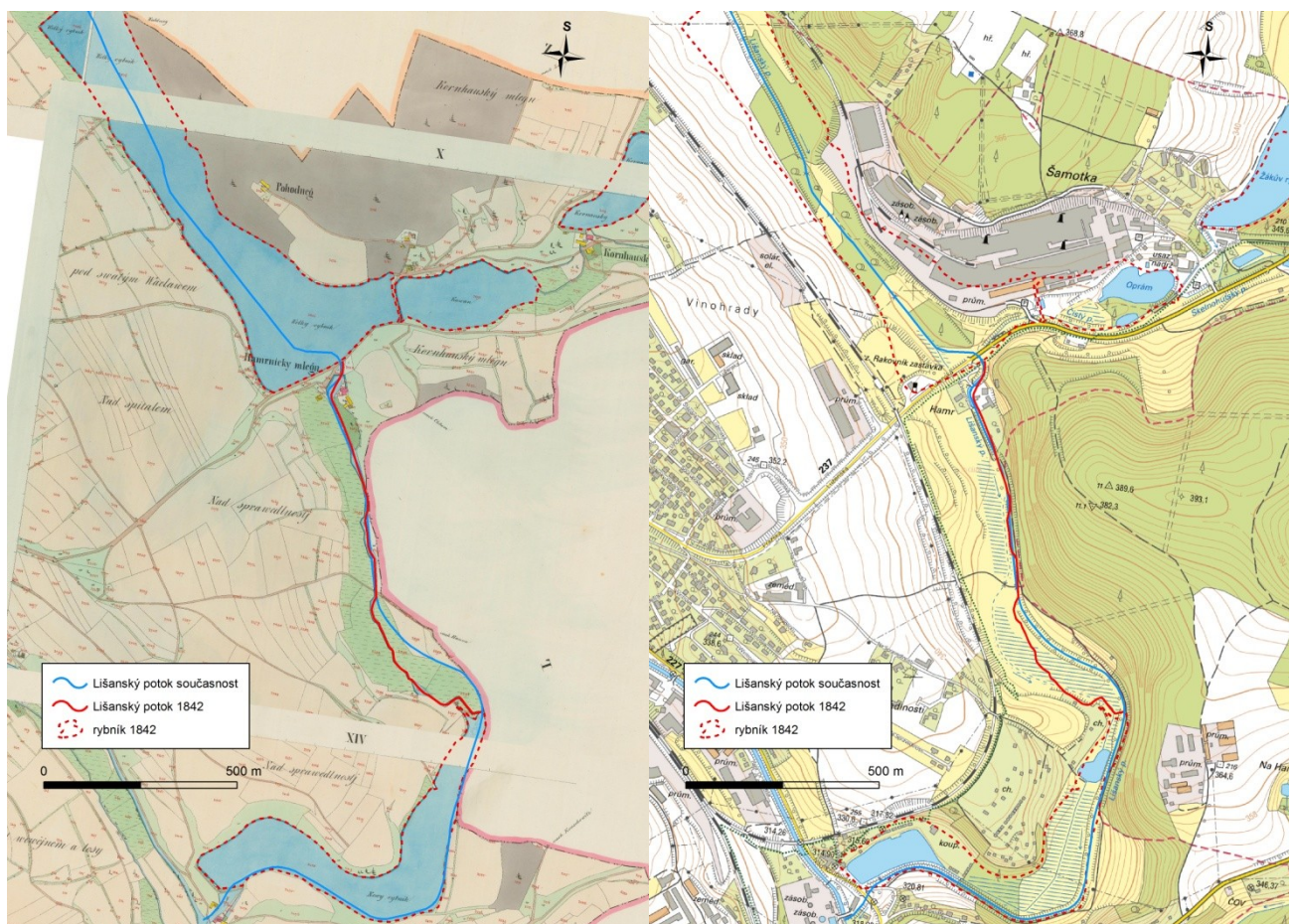
V mapách III. vojenského mapování je celková délka toku 17 892 m. Oproti předchozímu mapování délka výrazněji narostla zejména kvůli vypuštění již zmíněného Velkého rybníka. Zůstal pouze Nový rybník v místech dnešního Tyršova koupaliště s rozlohou 3,5 ha, který byl v té době z velké části zanesen. Pokud započítáme i tento rybník, byla celková délka toku 18 184 m.

Je dobré uvést, že v historických mapách bohužel není přesně zakreslen pramen Lišanského potoka, i proto vychází délka toku na historických mapách kratší. Ostatně o prameni se vedou spory dodnes, kdy se většinou uvádí autorem uvedený pramen v nadmořské výšce 416 m n. m. jižně od obce Janov. Tento pramen uznává správce vodního toku Povodí Vltavy. Výzkumný ústav vodohospodářský v rámci svého projektu DIBAVOD klade pramen severovýchodně od obce Janov do výšky 435 m n. m, stejně jako databáze ZABAGED spravovaná ČÚZK.

6.2.2 Změna dolního toku

Při srovnávání historické mapy Stablního katastru a současné mapy ZM10 byla pozornost zaměřena na oblast dolního toku Lišanského potoka, která prošla v rámci posledních 160 let největší změnou. Na obr. 37 níže je srovnání dolního toku potoka v mapě Stablního katastru a ZM10. V mapách jsou znázorněny původní rybníky u soutoku s Rakovnickým potokem a v oblasti dnešní Šamotky, dále původní trasa toku a současný průběh potoka.

Obr. 37: Proměna dolního toku Lišanského potoka v mapě Stablního katastru a ZM10 (zdroj: ČÚZK)



V minulosti se na dolním toku Lišanského potoka vyskytovalo několik velkých rybníků, které byly v druhé polovině 19. století vypuštěny. Největším rybníkem byla s rozlohou 20,8 ha Prdatka nebo též zvaný Velký rybník, který byl zřízen roku 1482 a dále postupně rozšiřován. V roce 1524 byl tento rybník přehrazen, aby hráze zadržovala přívaly jarních vod z lesů

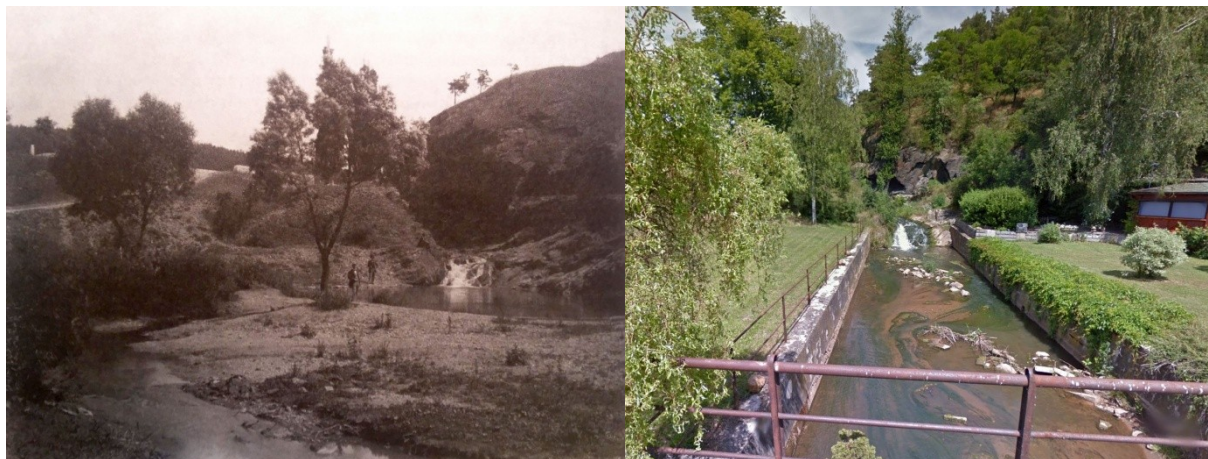
(Škoudlínová, 1999). Vedle Velkého rybníka se nacházel rybník Kavan, který byl společně s Velkým rybníkem vypuštěn v roce 1870 společností Moravia, neboť se zde rozmohla těžba uhlí a docházelo k pronikání vod z těchto rybníků do dolů. Na místě bývalého rybníka Kavan se dnes nachází rybník Oprám (Malodoly, 2016). V místě dnešního Tyršova koupaliště se nacházel Nový rybník s rozlohou bezmála 10 ha. Ten vznikl na místě dvou menších rybníků v roce 1502. Během velkých povodní v letech 1872 a 1882 byl tento rybník zcela zanesen šterkem a bahnem. V roce 1932 bylo na jeho místě vybudováno Tyršovo koupaliště (Škoudlínová, 1999). Na místě bývalého Nového rybníka vznikly ještě dva nové rybníky v rámci revitalizační akce provedené v roce 2006.

Velmi dobře je patrný obrovský nárůst zastavěných ploch v tomto úseku. K největšímu nárůstu zastavěných ploch došlo v oblasti Šamotky, kde vznikl velký průmyslový areál RAKO I Rakovník. RAKO I Rakovník se částečně nachází v místech bývalých rybníků Kavan a Velkého rybníka. V místech vypuštěného Velkého rybníka se dnes z větší části nachází zamokřené louky, společně s ornou půdou a částečně zalesněnými úseky. V těchto místech došlo v minulosti k významnému zúžení údolní nivy. Během rozšiřování areálu RAKO I vznikl násep v levobřežní části nivy, ten značně přetěžoval levý břeh koryta, a tak bylo celé koryto posunuto výrazněji do pravobřežní části nivy. Na druhé straně nivy vznikl obdobný val tvořený hlavně stavebním materiálem a sutí. Hamr v polovině 19. století fungoval jako mlýn, v jeho okolí se nacházely vlhké louky, které zde přetrvávají až dodnes. Na obr. 39 níže je porovnání vzhledu oblasti Hamru s přírodním skalním stupněm na konci 19. století a v současnosti.

Obr. 38: Zamokřená údolní niva v místě bývalého Velkého rybníka



Obr. 39: Srovnání vzhledu lokality Hamru na konci 19. století a v současnosti (zdroj: Levý, 2010 a Google street view, 2014)



6.3 Změna krajinného pokryvu

Povodí Lišanského potoka je intenzivně zemědělsky obhospodařovanou krajinou, na obr. 40 je mapa vývoje krajinného pokryvu v povodí Lišanského potoka mezi lety 1850-2006.

Krajinnou matrici v zájmovém povodí tvoří orná půda, která zabírá 53,46 % plochy povodí. Vývoj rozlohy orné půdy odpovídá celkovému trendu České republiky, kdy do konce 19. století docházelo k nárůstu plochy orné půdy a poté k poklesu z 63,92 % v roce 1880 na již zmíněných 53,46 % v roce 2006.

Druhou nejrozšířenější třídou jsou lesy, jež dnes zaujímají 31,6 % plochy. Lesnatost je v zájmovém povodí mírně podprůměrná, neboť průměrná hodnota pro Českou republiku činí asi 34 %. Do povodí zasahují na východě a jihovýchodě lesy z CHKO Křivoklátsko, které tvoří nejrozlehlejší souvislý lesní porost v povodí. Rozloha lesů nejprve v druhé polovině 19. století klesala a od konce 19. století se lesnatost začala zvyšovat až do dnes. Zvětšování rozlohy lesů odpovídá obecnému trendu v České republice, kdy konec 20. století byl typický zalesňováním.

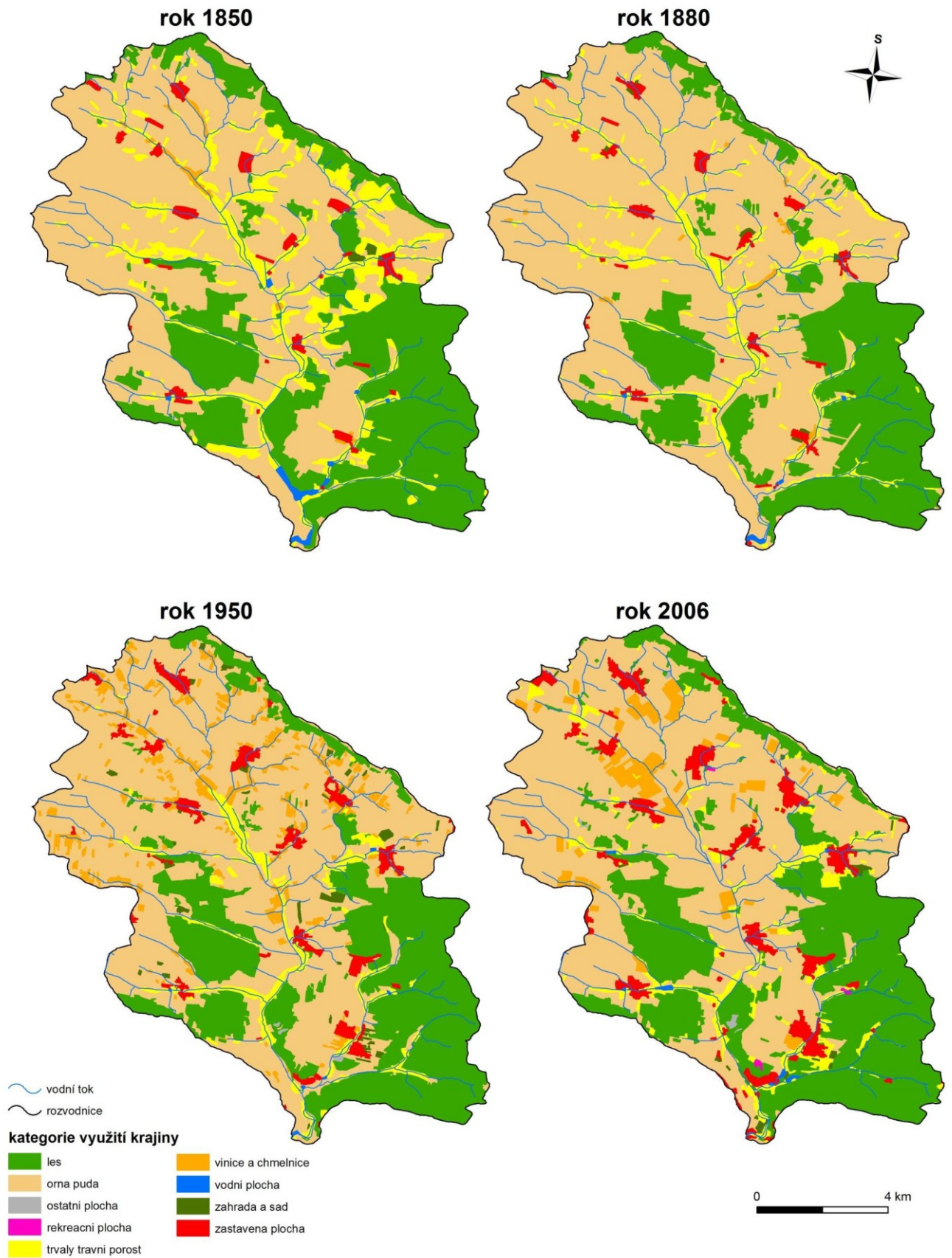
Značný nárůst zaznamenaly zastavěné plochy, které téměř ztrojnásobily svou plochu a dnes zaujímají kolem 5 % plochy povodí. Velký nárůst zaznamenaly i další urbanizované plochy v podobě rekreačních a ostatních ploch. Rekreační plochy v zájmovém území tvoří sportoviště u Šamotky, ostatní plochy tvoří areál těžby štěrkopísků v Hlavačově.

Výrazně se zvýšil podíl třídy vinice a chmelnice. Rakovnicko i povodí Lišanského potoka náleží do Žatecké chmelařské oblasti, kde se pěstuje chmel té nejvyšší kvality. Pěstování chmele má v Žatecké chmelařské oblasti tisíciletou tradici. Rozloha chmelnic nejvýrazněji rostla od konce 19. do poloviny 20. století, kdy chmelnice zaujímaly 5 % plochy povodí. Od té doby podíl chmelnic klesl na 3,87 %.

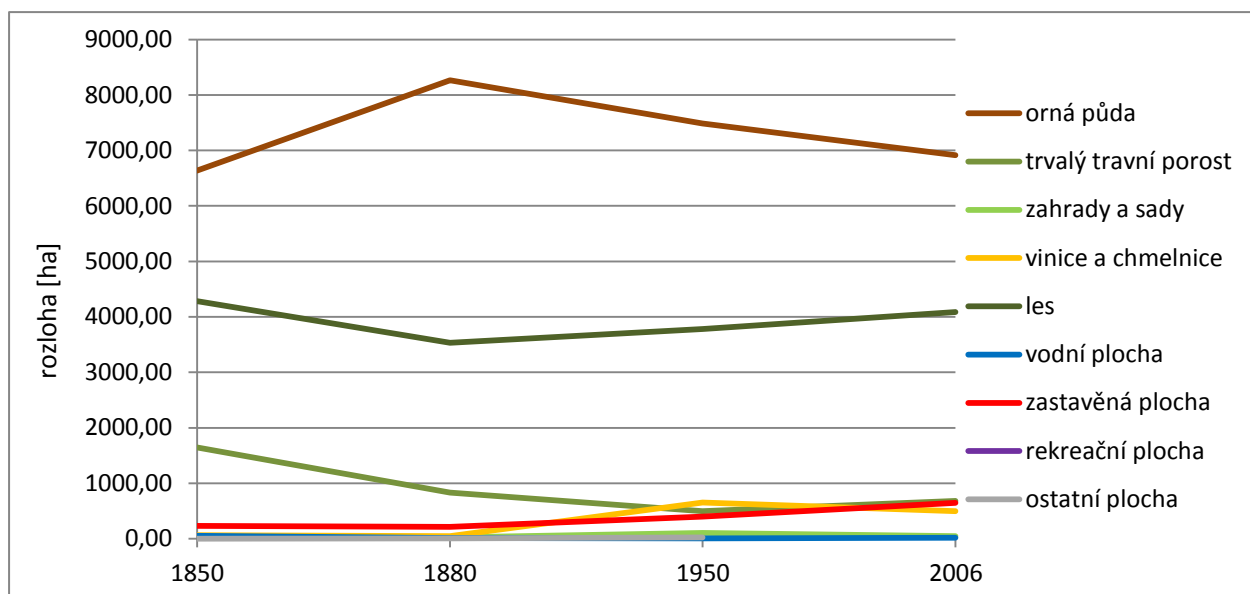
Tabulka 11: Vývoj podílu rozlohy jednotlivých typů pokryvu v povodí Lišanského potoka (zdroj: VÚMOP)

typ pokryvu	podíl v %			
	1850	1880	1950	2006
ostatní plocha	0	0,02	0,07	0,18
orná půda	51,30	63,92	57,85	53,46
trvalý travní porost	12,72	6,42	3,86	5,28
zahrada a sad	0,16	0,21	0,80	0,37
vinice a chmelnice	0,48	0,35	5,04	3,87
les	33,12	27,32	29,24	31,60
vodní plocha	0,41	0,09	0,06	0,16
zastavěná plocha	1,81	1,67	3,08	5,00
rekreační plocha	0	0	0	0,08

Obr. 40: Mapy vývoje krajinného pokryvu medzi lety 1850-2006 (zdroj: VÚMOP)



Graf 2: Vývoj rozlohy jednotlivých tříd pokryvu v období 1850-2006 (zdroj: VÚMOP)



Značný úbytek plochy zaznamenaly trvalé travní porosty, které měly v roce 1850 podíl 12,7 % rozlohy a v roce 2006 zaujímaly jen 5,3 %. Přičemž nejméně bylo travních porostů v roce 1950, kdy zaujímaly pouze 3,85 %. Od té doby došlo k nárůstu plochy travních porostů, který souvisí s trendem opětovného zatravnění od 90. let 20. století. Část travních porostů byla přeměněna na ornou půdu, část nahradily chmelnice v údolí Lišanského potoka u Nesuchyně a část byla zalesněna např. v okolí Krušovic.

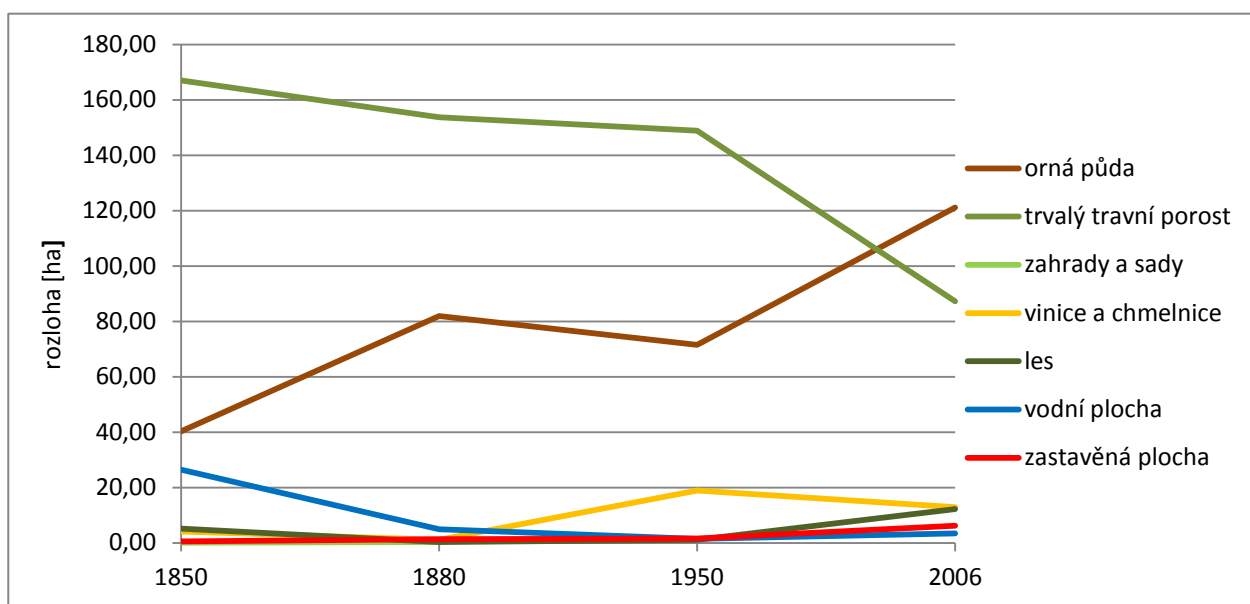
Podíl vodních ploch oproti roku 1850 mírně klesl z původních 0,41 % na 0,16 % v roce 2006. V souvislosti s již zmíněnou těžbou uhlí byly vypuštěny rybníky Velký rybník a Kavan v okolí Šamotky. U obce Krupá byl v 19. století vypuštěn rybník Chobot. Naopak dvě nové nádrže vznikly na Olešné a Novodvorském potoce a na kraji Rakovníka vzniklo v místě bývalého Nového rybníka Tyršovo koupaliště.

Zkoumány byly rovněž změny krajinného pokryvu v nivě Lišanského potoka odpovídající záplavovému území 100leté vody. V následující tabulce a grafu je znázorněn vývoj podílu a rozlohy jednotlivých typů krajinného pokryvu v nivě.

Tabulka 12: Vývoj podílu rozlohy jednotlivých typů pokryvu v nivě Lišanského potoka (zdroj: VÚMOP)

typ pokryvu	podíl v %			
	1850	1880	1950	2006
ostatní plocha	0	0	0	0
orná půda	16,53	33,62	29,36	49,74
trvalý travní porost	68,58	63,13	61,12	35,85
zahrada a sad	0,00	0,00	0,02	0,12
vinice a chmelnice	1,70	0,48	7,79	5,32
les	2,11	0,15	0,44	5,01
vodní plocha	10,86	2,04	0,62	1,42
zastavěná plocha	0,21	0,58	0,64	2,54
rekreační plocha	0	0	0	0

Graf 3: Vývoj rozlohy jednotlivých tříd pokryvu v nivě v období 1850-2006 (zdroj: VÚMOP)



V říční nivě došlo k velkému nárůstu orné půdy na úkor trvalých travních porostů. Rozloha orné půdy se ztrojnásobila oproti trvalým travním porostům, které poklesly zhruba o polovinu. Pokles trvalých travních porostů byl nejmarkantnější v období 1950-2006, kdy v povodí probíhala rozsáhlá meliorační opatření, která nahradila původní vlhké louky a mokřady ornou půdou. Navíc došlo k zhruba 10 násobnému nárůstu rozlohy zastavěných ploch a tím stoupl množství nepropustných povrchů, které zrychlují odtok vody z povodí. Celkový nárůst zaznamenaly také vinice a chmelnice, které ale oproti roku 1950 mírně poklesly. Pozitivně lze vnímat nárůst rozlohy lesních porostů v nivě.

Kromě samotné struktury využití krajiny je velmi důležitá z hlediska retence vody i struktura uspořádání ploch a plošek v krajině (mozaikovitost). Až do poloviny 20. století byla zemědělsky využívaná krajina v zájmovém povodí charakteristická pestrou mozaikou ploch a plošek. Změna nastala s nástupem zemědělské kolektivizace počátkem 50. let 20. století, kdy došlo k scelování pozemků za účelem snazší manipulace zemědělské techniky, rozorání mezi a odstranění remízků. Tím se výrazně snížil objem vody zadržovaný mikroreliefem krajiny a došlo ke zvýšení vodní eroze (Trnka, 2007). Jasně patrný rozdíl v mozaice krajiny je na obr. 41.

Obr. 41: Změna mozaikovitosti krajiny od 50. let 20. století do současnosti (Kontaminace.cenia)



7 VÝSLEDKY

7.1 Odtokové poměry

Z poskytnutých dat VÚV byl vypočten dlouhodobý průměrný průtok pro stanici Na Cikánci $0,22 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (VÚV, 2016). Nejvyšší průtok $6,99 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ byl zaznamenán dne 14. 1. 2011 během povodně způsobené skokovým zvýšením teploty v kombinaci s dešťovými srážkami (ČHMÚ, 2011). Naopak nejnižší průtok $9,2 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ byl naměřen 12. 7. 2010 během hydrologického sucha. Data poskytnutých denních průtoků jsou za příliš krátké období, proto byly využity údaje ČHMÚ za období 1981-2010 pro profil u obce Lišany uvedené ve studii Geo Vision (2016). Dle těchto údajů je dlouhodobý průměrný průtok v profilu u obce Lišany $0,139 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Z těchto údajů byly převzaty hodnoty M-denních a N-letých průtoků uvedených v tabulkách 13 a 14. Další průměrné roční hodnoty byly převzaty z Hydrologických poměrů ČSSR, kdy v letech 1931-1961 probíhal na Lišanském potoce monitoring průtoků a úhrnů srážek (Hydrologické poměry ČSSR, 1970):

Srážky $H_s = 516 \text{ mm}$

Odtok: $H_o = 73 \text{ mm}$

Součinitel odtoku K_o : $c = 0,14$

Specifický odtok: $q = 2,32 \text{ l/s/km}^2$

Tabulka 13: M-denní průtoky v profilu u obce Lišany za období 1981-2010 (ČHMÚ In Geo Vision, 2016)

M-dny	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	355	364
Q [m³/s-1]	0,28	0,19	0,16	0,13	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08	0,07	0,05	0,04	0,03

Tabulka 14: N-leté průtoky v profilu u obce Lišany za období 1981-2010 (ČHMÚ In Geo Vision, 2016)

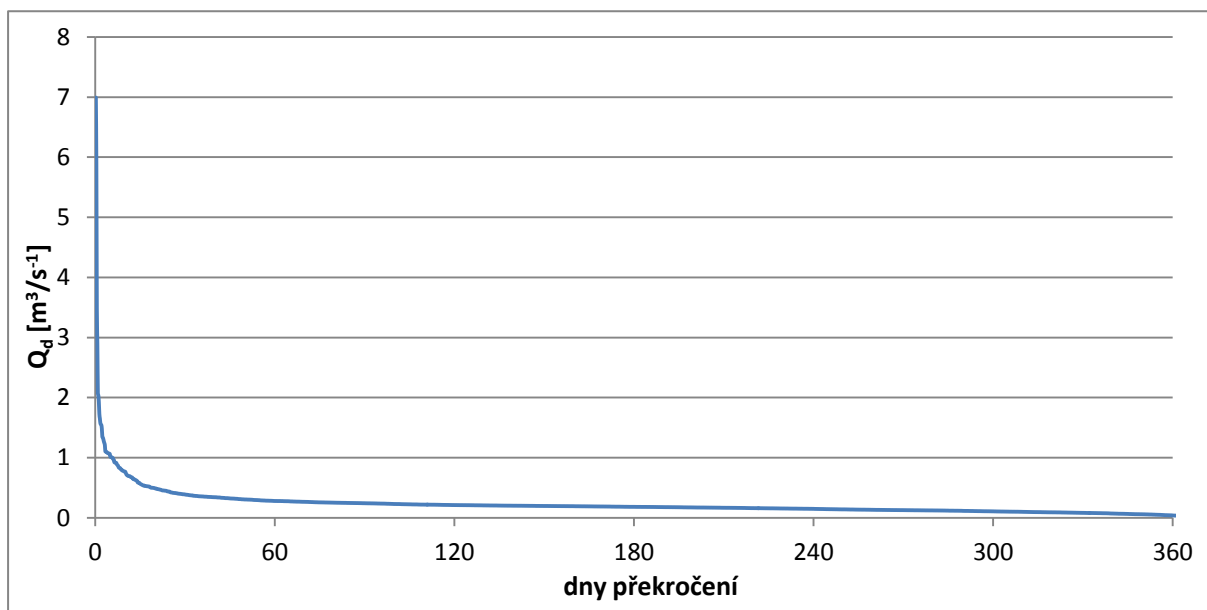
N-roky	1	2	5	10	20	50	100
Q [m³/s-1]	3,57	6,84	13	19,2	26,8	39	50,3

7.1.1 Variabilita denních průtoků

Variabilita denních průtoků byla v období 2010-2015 hodnocena pomocí variačního koeficientu, který se vypočítá jako podíl mezi směrodatnou odchylkou a vypočteným dlouhodobým průměrem souboru. Variační koeficient dosáhl hodnoty 1,27, což značí vysokou míru variability průtoků.

Z poskytnutých dat byla sestrojena čára překročení průměrných denních průtoků, která je znázorněna v grafu 4 níže. Z této čáry byly následně odečteny hodnoty M-denních průtoků uvedené v tabulce 15. V porovnání s daty ČHMÚ vyšly mnohem vyšší hodnoty M-denních průtoků.

Graf 4: Čára překročení průměrných denních průtoků 2010 - 2015 (zdroj: VÚV, 2016)



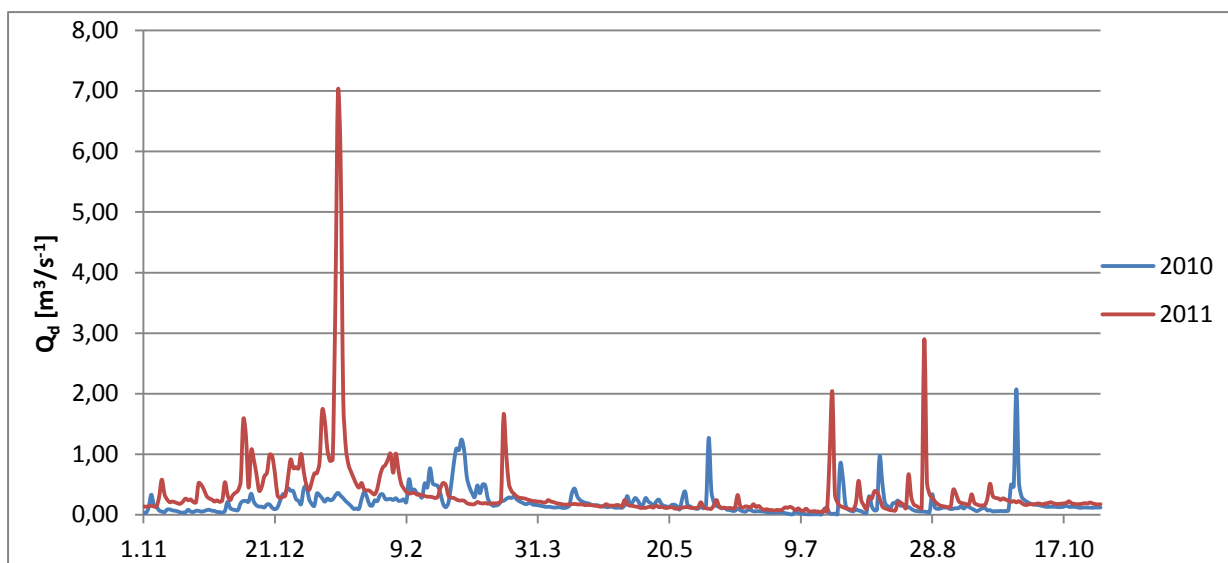
Tabulka 15: M-denní průtoky 2010-2015 v profilu Na Cikánce (zdroj: VÚV, 2016)

M-dny	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360
Q [m ³ /s-1]	0,39	0,28	0,24	0,21	0,20	0,18	0,17	0,15	0,13	0,11	0,08	0,04

Na základě poskytnutých dat byla porovnána variabilita denních průtoků v jednotlivých letech. Pro každý rok byl vypočítán variační koeficient. Grafy jsou sestaveny vždy pro dva hydrologické roky.

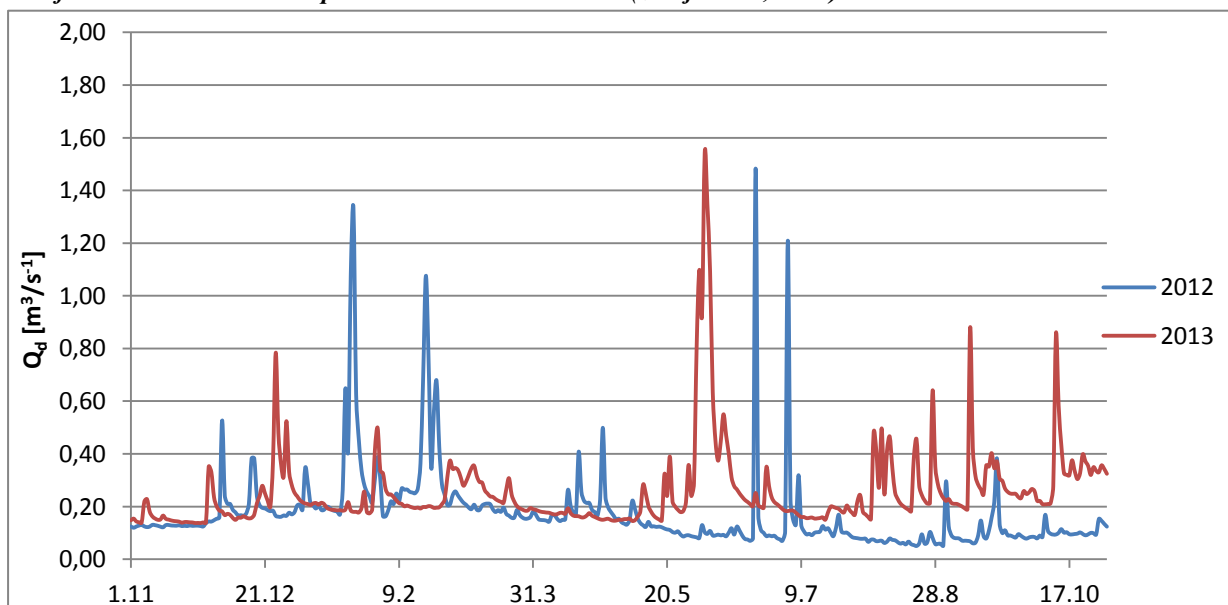
První graf srovnává variabilitu v letech 2010 a 2011. Jasně patrná je větší rozkolísanost a extremita průtoků v roce 2011, než v roce 2010. Hodnota variačního koeficientu pro rok 2011 dosáhla nejvyšší hodnoty z celého období 2,69, což značí vysokou míru variability průtoků. V lednu 2011 zasáhla povodí Lišanského potoka již zmíněná povodeň, kdy byl naměřen nejvyšší průtok $6,99 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, který odpovídal Q_2 . V roce 2011 jsou zřetelné ještě 2 výraznější srážkové epizody v průběhu měsíce července a srpna, ty ovšem nedosáhly ani na úroveň Q_1 . Rok 2010 byl oproti roku 2011 vyrovnanější, i když variační koeficient dosáhl vysoké hodnoty 0,93, která je druhá nejvyšší ve zkoumaném období. Nejvyšší průtok $2,07 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ byl zaznamenán 29. září. Naopak 12. 7. 2010 byl zaznamenán nejnižší průtok z celého období, kdy korytem teklo pouze $9,21 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Graf 5: Variabilita denních průtoků v roce 2010 a 2011 (zdroj: VÚV, 2016)



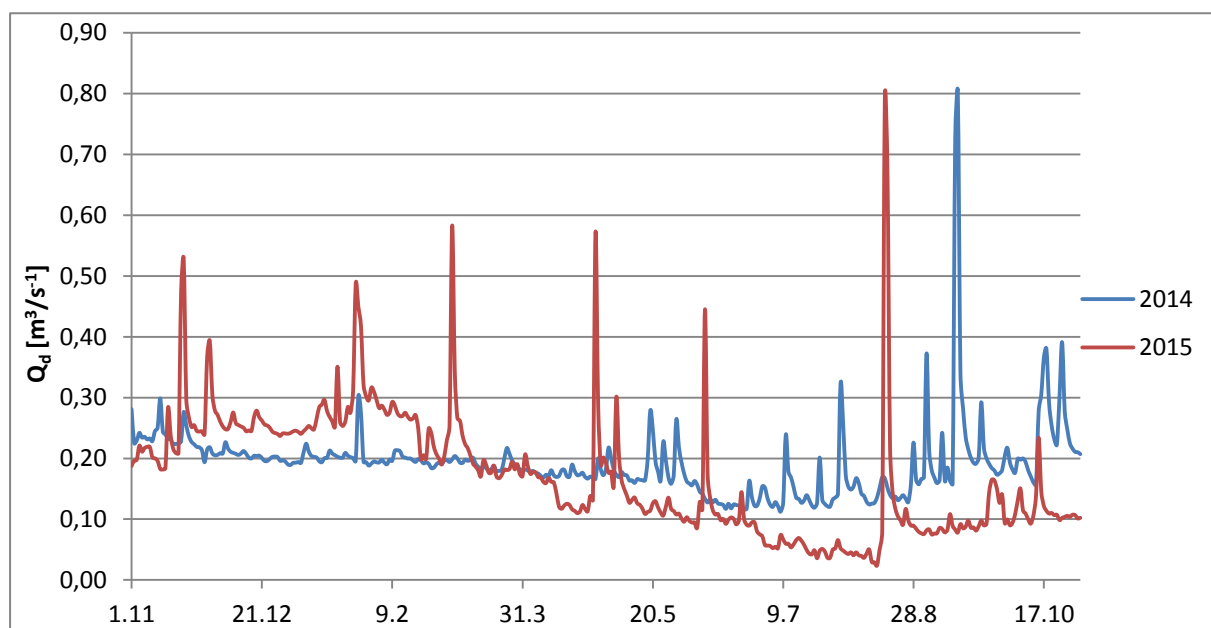
Následující roky 2012 a 2013 měly prakticky stejnou míru variability průtoku, když dosáhly hodnoty variačního koeficientu 0,77 resp. 0,72. V roce 2012 jsou patrné 4 výraznější srážkové epizody, nejdříve na konci ledna a začátkem února, poté koncem června a začátkem července. Nejvyšší průtok byl naměřen 21. 6. 2012, kdy byl naměřeno průtok $1,48 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Naopak od poloviny července do konce října nastalo období velice nízkých průtoků, kdy průměrný denní průtok většinou nepřekročil $0,1 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. V roce 2013 můžeme pozorovat jen 1 výraznou srážkovou epizodu na začátku června. Nejvyšší průtok byl naměřen dne 3. 6. 2013 a dosáhl hodnoty $1,54 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Tento průtok byl naměřen během srážkové epizody, která způsobila velké povodně v Čechách na začátku června 2013. Povodeň způsobila velké problémy hlavně v Praze, kde došlo k velmi rychlému a nečekanému nástupu povodňové vlny na Botiči a na Rokytcce (ČHMÚ, 2013). Povodí Lišanského potoka, ale nebylo touto povodní výrazně zasaženo, neboť naměřený průtok byl nižší než Q_1 .

Graf 6: Variabilita denních průtoků v roce 2012 a 2013 (zdroj: VÚV, 2016)



V letech 2014 a 2015 byla mnohem nižší variabilita denních průtoků než v předchozích letech. Nejnižší variabilitu měl rok 2014, kdy variační koeficient dosáhl hodnoty 0,3. Průměrné denní průtoky byly poměrně vyrovnané, jediný výrazně vyšší průtok byl naměřen v polovině září 2014 a dosáhl hodnoty $0,8 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. V roce 2015 můžeme pozorovat více srážkových epizod s vyššími průtoky, přičemž nejvyšší průtok $0,79 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ byl naměřen 17. 8. 2015. Naopak v letním období se nejvíce projevilo hydrologické sucho, které zasáhlo celé území České republiky. Průtoky se na Lišankém potoce pohybovaly několik týdnů kolem hranice Q_{355d} a několikrát poklesly i pod Q_{364d} .

Graf 7: Variabilita denních průtoků v roce 2014 a 2015 (zdroj: VÚV, 2016)

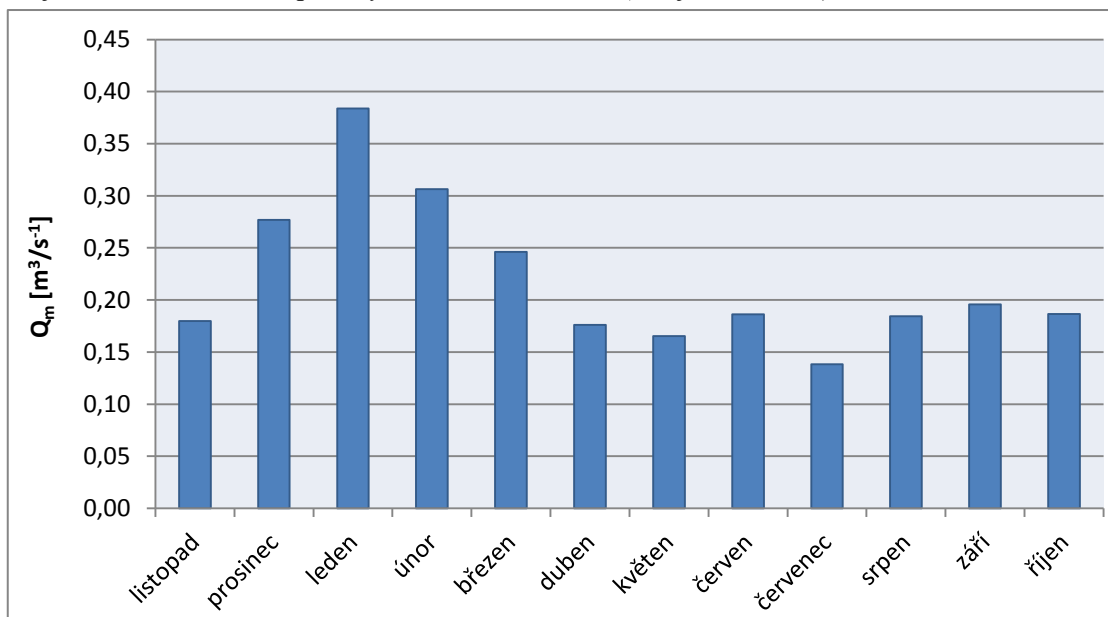


7.1.2 Variabilita měsíčních průtoků

Variabilita měsíčních průtoků byla hodnocena pomocí koeficientu K_r . Ten se vypočítá pomocí vztahu $\Sigma|(p_i - 8,3)| / 8,3$, přičemž p_i je procentuální podíl každého z měsíců na celkovém ročním odtoku. Koeficient K_r může nabývat hodnot 0 až 22, přičemž 0 znamená vyrovnaný odtok a 22 maximálně nevyrovnaný odtok. Na základě poskytnutých dat vyšel koeficient $K_r = 2,74$, to značí poměrně vyrovnaný odtok.

Graf vypočtených průměrných měsíčních průtoků je níže. Nejvyšší průměrné průtoky jsou v lednu $0,38 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a nejnižší průtoky v červenci $0,19 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

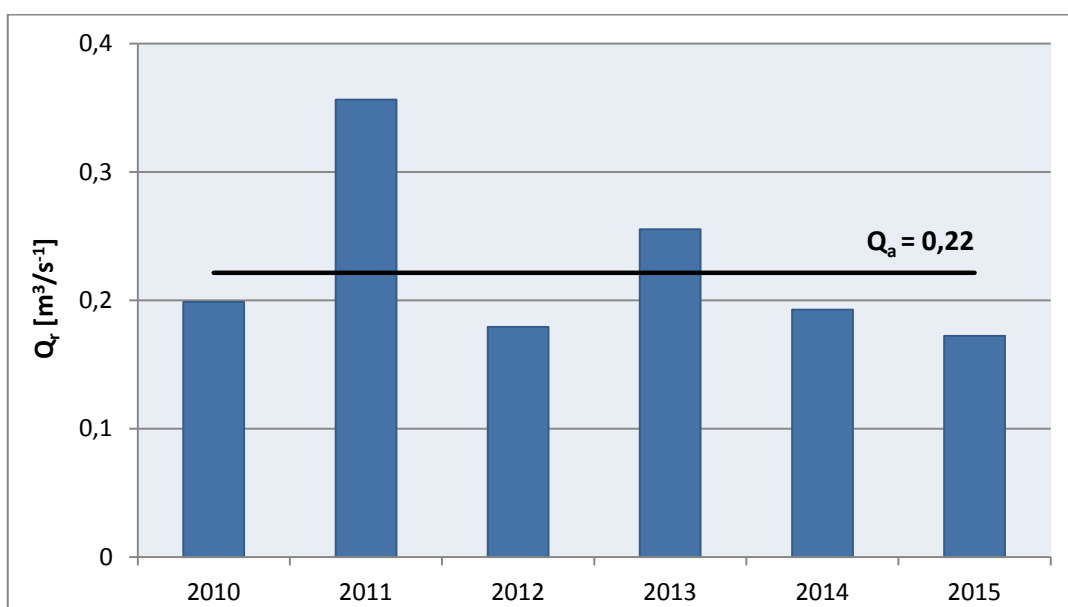
Graf 8: Průměrné měsíční průtoky za období 2010-2015 (zdroj: VÚV, 2016)



7.1.3 Variabilita ročních průtoků

Ve sledovaném období byl nejvíce vodný rok 2011 s průměrným průtokem $0,36 m^3 \cdot s^{-1}$, který je na základě poskytnutých dat hodnocen jako mimořádně vodný rok. Nejsušším rokem byl rok 2015 s průměrným průtokem $0,17 m^3 \cdot s^{-1}$, kdy bylo celé území České republiky zasaženo suchem. Vypočtené průměrné roční průtoky jsou v grafu 9 níže. Grafu je dále znázorněna čára dlouhodobého průměrného průtoky, který byl vypočítán na základě poskytnutých dat od VÚV.

Graf 9: Průměrný roční průtok 2010-2015 (zdroj: VÚV, 2016)



7.2 Hodnocení kvality vody

Jednotlivé parametry sledované Povodím Vltavy v profilu 3616 Lišanský p. – Rakovník (ř. km 0,1) jsou uvedeny a vyhodnoceny v tabulce 16. Hodnoceny byly ukazatele kyslíkového režimu a základní chemické a fyzikální ukazatele. Ukazatele byly zařazeny do jakostní třídy podle průměrné hodnoty. Celkový dusík a orthofosforečnany nemají v ČSN 75 7221 uvedeny mezní hodnoty pro zařazení do tříd jakosti, a proto nebyly hodnoceny.

Tabulka 16: Vyhodnocení jakosti vod v profilu Lišanský p. – Rakovník (ř. km 0,1) za období 2007-2015 (zdroj: PVL, 2016)

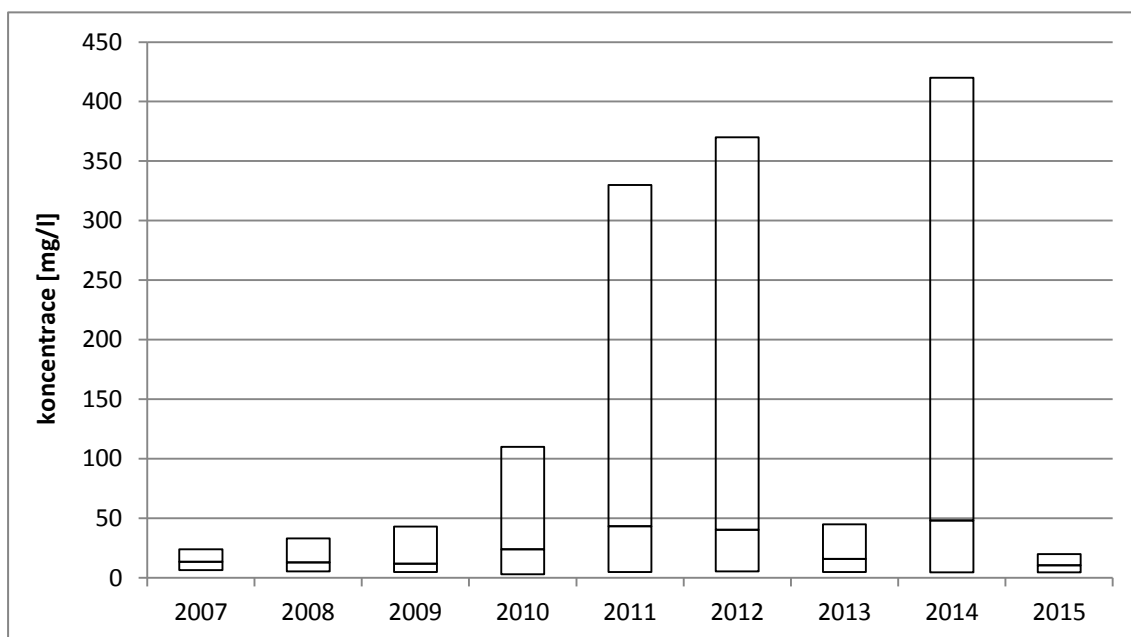
parametr	jednotky	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Teplota	[°C]	9,3	8,3	9,9	8,5	8,5	9,2	9,2	10,4	10,6
třída										
pH		8,24	8,23	8,25	8,12	8,11	7,93	7,91	8,01	8,28
třída										
Konduktivita	[mS/m]	86,8	89,2	95,9	93,9	94,1	100,1	93,9	89,9	91,2
třída		III.	III.	III.	III.	III.	III.	III.	III.	III.
Rozpuštěný kyslík	[mg/l]	10,83	11,23	10,68	11,24	11,53	11,18	11,5	10,87	11,03
třída		I.	I.	I.	I.	I.	I.	I.	I.	I.
BSK ₅	[mg/l]	4,7	4,3	3,6	4,1	2,8	3,5	2,2	3,1	2,1
třída		II.	II.	II.	II.	II.	II.	II.	II.	II.
CHSK _{Cr}	[mg/l]	24,2	22,2	22,7	21,7	19,5	21,5	16,7	20,2	17,1
třída		II.	II.	II.	II.	II.	II.	II.	II.	II.
Organický uhlík celkový	[mg/l]	9,7	9,1	9,5	9,4	8,8	8,8	7,2	8,6	7,3
třída		III.	III.	III.	III.	III.	III.	II.	III.	II.
Dusitanový dusík	[mg/l]	0,052	0,051	0,057	0,065	0,057	0,054	0,063	0,059	0,062
třída		V.	V.	V.	V.	V.	V.	V.	V.	V.
Dusičnanový dusík	[mg/l]	3,68	4,23	3,55	5,58	7,27	5,8	8,14	6,61	6,13
třída		III.	III.	III.	III.	IV.	III.	IV.	III.	III.
Amoniakální dusík	[mg/l]	0,23	0,3	0,25	0,3	0,15	0,18	0,1	0,11	0,14
třída		I.	II.	I.	II.	I.	I.	I.	I.	I.
Celkový dusík	[mg/l]	4,95	5,46	4,58	6,64	8,42	7,54	9,67	8,55	7,59
třída										
Celkový fosfor	[mg/l]	0,338	0,323	0,37	0,238	0,229	0,296	0,125	0,199	0,153
třída		III.	III.	III.	III.	III.	III.	II.	III.	III.
Orthofosforečnany	[mg/l]	0,183	0,163	0,212	0,118	0,093	0,129	0,125	0,072	0,081
třída										
Rozpuštěné látky	[mg/l]	553,3	567,5	610	615,8	628,2	654,2	663,3	620	595,8
třída		III.	III.	III.	III.	III.	III.	III.	III.	III.
Nerozpuštěné látky	[mg/l]	13,5	13	11,9	24,1	43,3	40,4	16	48,1	10,6
třída		I.	I.	I.	II.	III.	III.	I.	III.	I.

Z tabulky je patrné, že největším problémem v povodí je znečištění dusitany a dusičnany. Koncentrace dusitanového dusíku jsou ze základních chemických ukazatelů hodnoceny nejhůře, neboť jsou zařazeny do V. třídy jakosti. Hlavním zdrojem dusitanů ve vodě jsou zemědělství a komunální odpadní vody. Do IV. třídy jakosti je ve dvou letech klasifikován i dusičnanový dusík, který je jinak zařazen do III. třídy jakosti. Dusičnany se do Lišanského

potoka dostávají pravděpodobně splachy z polí v důsledku používání dusíkatých hnojiv v zemědělství. Parametry konduktivita, celkový fosfor a rozpuštěné látky se řadí do III. třídy jakosti. Nejlépe je ze základních chemických ukazatelů hodnocen parametr amoniakální dusík (N-NH_4), který spadá do I. a II. jakostní třídy.

Parametr nerozpuštěné látky je značně proměnlivý, většinou spadá do I. jakostní třídy, ale třikrát byl zařazen i do III. třídy jakosti vod. Nerozpuštěné látky se do toku dostávají hlavně během intenzivních dešťových srážek v důsledku erozních procesů. V povodí Lišanského potoka se ve velké míře vyskytují půdy, které jsou náchylné k erozi. V grafu 10 jsou znázorněna naměřená minima, průměry a maxima v daném roce. Značná rozkolísanost v letech 2011, 2012 a 2013 je dána pravděpodobným výskytem přívalových srážek v těchto letech. Mezní hodnotou pro zařazení do V. třídy jakosti vody je koncentrace vyšší než 100 mg/l. V letech 2011, 2012 a 2013 byla tato koncentrace nárazově překročena více než trojnásobně. Kromě eroze je významným zdrojem nerozpuštěných látek v povodí vypouštění odpadních vod z ČOV pivovaru Krušovice. Udávané průměrné koncentrace pro rok 2015 byly 21,8 mg/l (eAGRI, 2016a).

Graf 10: Koncentrace nerozpuštěných látek v v profilu Lišanský p. – Rakovník (ř. km 0,1) za období 2007-2015 (zdroj: PVL, 2016)



Ukazatele kyslíkového režimu jsou hodnoceny až na organický uhlík velmi dobře. Nejlépe je hodnocený rozpuštěný kyslík, který spadá do I. třídy jakosti. Do II. třídy jakosti spadají ukazatele BSK_5 a CHSK_{Cr} . Nejhůře je z ukazatelů kyslíkového režimu hodnocen celkový organický uhlík, který je klasifikován III. třídou jakosti vod.

7.2.1 Vlastní odběry

Kromě dat od PVL byly provedeny vlastní odběry ve třech předem zvolených profilech. Celkové výsledky ukazatelů v jednotlivých odběrných profilech jsou shrnuty v tabulce 17. Jednotlivé ukazatele byly klasifikovány do jakostní třídy na základě nejneprůzračnější hodnoty ze tří provedených odběrů. Výsledky pro parametr nerozpuštěné látky byly k dispozici pouze z jednoho odběru a tak nebyly vyhodnocovány. U parametru rozpuštěný kyslík chyběla hodnota z posledního provedeného odběru. Hodnoty průtoků poskytl pro první dva odběry VÚV, hodnoty z posledního odběru bohužel nebyly k dispozici. Ovšem jednoznačně byl v den odběru 22. 3. 2017 průtok výrazně nadprůměrný (nejvyšší ze všech tří odběrů) z důvodu vydatnějších dešťových srážek v předchozích dnech.

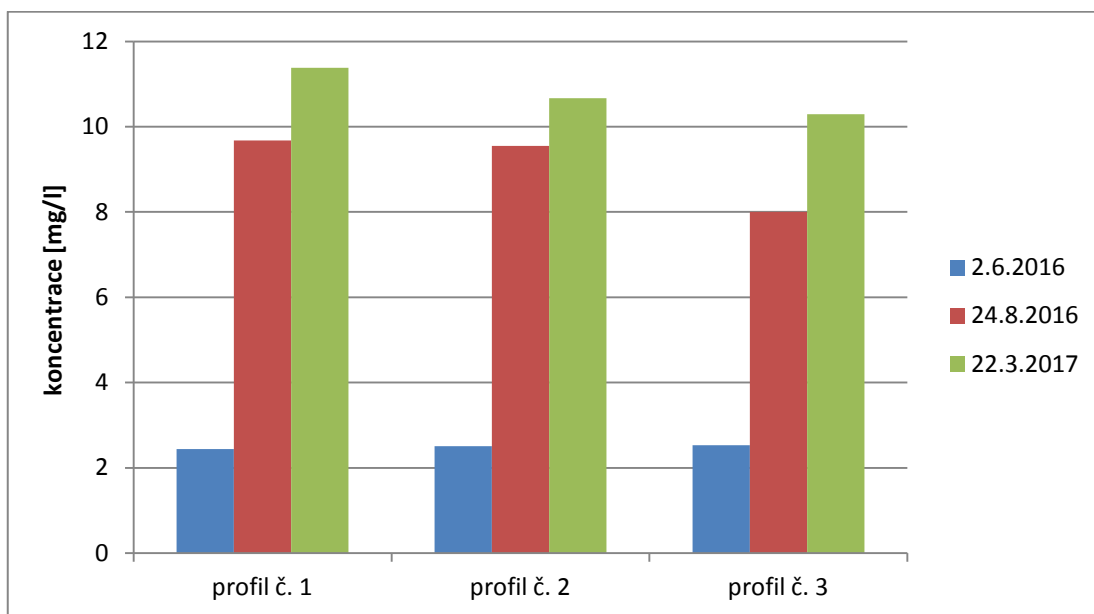
Tabulka 17: Vyhodnocení jakosti vody ve třech odběrových profilech na Lišanském potoce

Hodnocený parametr	profil č. 1				profil č. 2				profil č. 3			
	min	prům.	max	třída	min	prům.	max	třída	min	prům.	max	třída
Průtok [$l \cdot s^{-1}$]	86	105			86	105			86	105		
Teplota [$^{\circ}C$]	6,5	14,7	18,6		6,4	14,5	18		6,7	14,5	18,2	
pH	7,65	7,8	8,11		7,54	7,55	8,1		7,4	7,9	7,92	
Konduktivita [mS/m]	90,1	94,3	95,5	III.	88,4	88,7	91,9	III.	82	84,4	84,6	III.
Tvrdość celk. [mmol/l]	4	4,15	4,56		3,9	4	4,4		3,45	3,85	4,2	
Rozpuštěný kyslík [mg/l]	8,54		9,01	I.	8,46		8,49	I.	8,03		8,89	I.
Nasycení [%]	93,4	96,2	103,3		87,5	92,7	95,5		82,3	92,3	100	
CHSK _{Mn} [mg/l]	4,8	5,04	7,76	II.	4,48	5,92	7,12	II.	4,88	7,84	8,48	II.
Chloridy [mg/l]	58,8	65,94	78,7	II.	58,1	64,52	75,15	II.	54,6	67,36	72,32	II.
Dusičnanový dusík [mg/l]	2,44	9,68	11,38	V.	2,51	9,55	10,67	IV.	2,53	8	10,29	IV.
Amoniakální dusík [mg/l]	0,47	0,59	1	III.	0,43	0,44	1,02	III.	0,41	0,44	0,75	III.
Orthofosforečnany [mg/l]	0,04	0,62	0,73		0,03	0,58	0,68		0,06	0,44	0,47	
Veškeré železo [mg/l]	0,02	0,04	0,09	I.	0,03	0,04	0,07	I.	0,06	0,07	0,14	I.
Nerozpuštěné látky [mg/l]		30				34				51		

Z tabulky je jasné patrné, že největším problémem jsou koncentrace dusičnanového dusíku. To odpovídá i datům od PVL vyhodnoceným v tabulce 16. Koncentrace dusičnanového dusíku během jednotlivých odběrů jsou znázorněny v grafu 11.

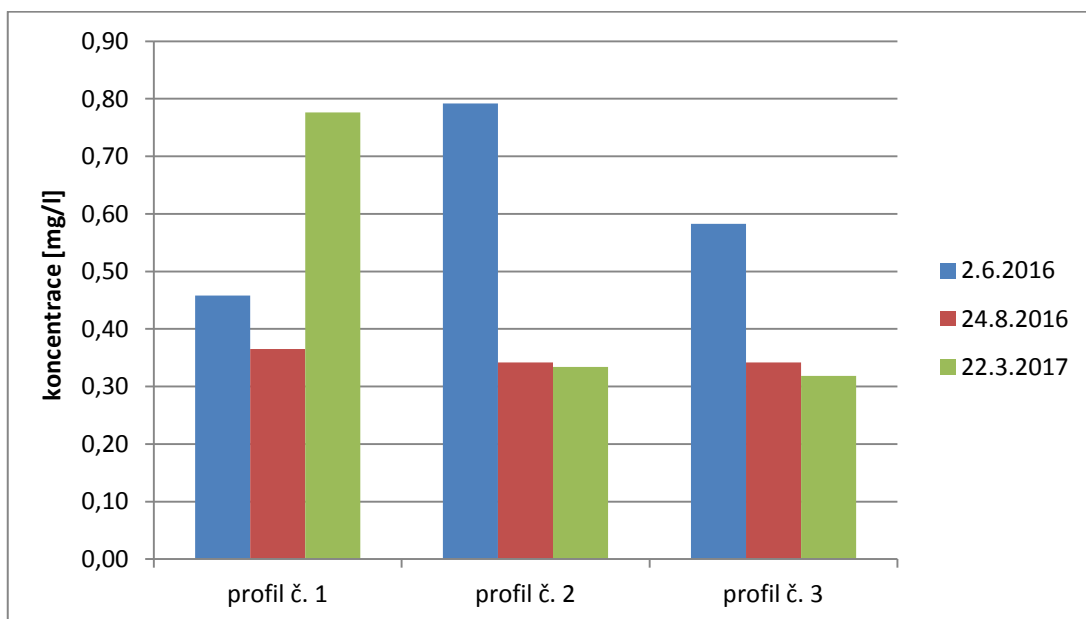
Nejvyšší koncentrace dusičnanů byly naměřeny v březnu, kdy byl pozorován nejvyšší průtok potoka. To potvrzuje, že hlavním zdrojem dusičnanů jsou plošné splachy z polí. Dusičnany mohou být také do toku vyplavovány z půdy v období zvýšených srážek, což je případ březnového a srpnového odběru, kterým předcházely dny s vydatnějšími srážkami. Červnovému odběru nepředcházely žádné srážkové epizody a tak byla naměřena typicky nižší hodnota, než při březnovém odběru, neboť dusičnany jsou ve vegetačním období z půdy odčerpávány vegetací a zemědělskými plodinami.

Graf 11: Koncentrace dusičnanového dusíku ve sledovaných profilech



Parametry se zvýšenou koncentrací jsou i amoniakální dusík a elektrolytická konduktivita, které jsou na základě nejnepříznivější klasifikovány III. třídou jakosti. Naměřené koncentrace amoniakálního dusíku jsou znázorněny v grafu 12 níže.

Graf 12: Koncentrace amoniakálního dusíku ve sledovaných profilech



Amoniakální dusík je nestálý a při dostatku rozpuštěného kyslíku ve vodě rychle oxiduje na NO_2^- a NO_3^- . Naměřené koncentrace amoniakálního dusíku většinou odpovídají II. třídě jakosti. Ovšem v každém profilu byla jednou naměřena koncentrace odpovídající III. třídě jakosti. Nejvyšší koncentrace v profilu č. 1 byly naměřeny v březnu, kdy byl výrazně vyšší průtok vody. To naznačuje, že by zdrojem mohla být dusíkatá hnojiva, jež se do toku dostávají splachem z polí. U zbylých dvou profilů byly koncentrace v březnu naopak nejnižší ze tří

odběrů, tyto profily se na rozdíl od profilu č. 1 nenachází uprostřed zemědělských ploch. Na profilech č. 2 a 3 byly nejvyšší koncentrace naměřeny na začátku června. Tomuto odběru nepředcházely žádné srážky a průtok byl podprůměrný. Možným zdrojem může být vypouštění odpadních vod z ČOV Olešná, jiný zdroj se nepodařilo identifikovat.

Nejlépe hodnocenými parametry jsou obsah rozpuštěného kyslíku ve vodě a veškeré železo, které byly během všech odběrů klasifikovány I. třídou jakosti. Rozpuštěný kyslík tak přesně odpovídá dlouhodobému průměru vyjádřenému v tabulce 16.

7.3 HODNOCENÍ HYDROMORFOLOGICKÉHO STAVU

V této části jsou prezentovány výsledky hydromorfologického průzkumu Lišanského potoka pomocí metodiky HEM (Langhammer, 2014). Výsledky jsou hodnoceny v rámci 3 zón vodního toku: koryta, břehu/příbřežní zóny a inundačního území. Na konec je provedeno celkové zhodnocení hydromorfologické kvality vymezených úseků vodního toku. Všechny fotografie, které jsou v této kapitole použity, byly pořízeny během terénního průzkumu. V příloze 1 a 2 jsou mapy vymezených úseků. V příloze 3 a 4 je tabulka s vymezenými úseky a vyhodnocením jednotlivých parametrů.

7.3.1 Zóna koryta

Dolní část toku v úseku LIS001 až LIS009 je hodnocena třetím stupněm hydromorfologické kvality. V počátečním úseku LIS001 nese koryto známky napřímení, variabilita hloubek je většinou nízká z důvodu úpravy koryta. Břehy jsou zpevněny u silničního mostu gabiony, jinak nenesou známky opevnění. Pod silničním mostem je koryto značně zahlobeno a nachází se zde také značně vysoký migračně neprůchodný stupeň.

V úsecích LIS002 až LIS008 má koryto podobný vzhled. V minulosti bylo koryto potoka napřímeno, dimenzováno na 5letou vodu a po celé délce zpevněno ve dně a v patách břehu kamennou dlažbou. Úprava je již dnes z velké části rozpadlá nebo překrytá přírodním materiálem (splaveninami). Šířka koryta se prakticky nemění a variabilita hloubek je také velmi nízká. Dnový substrát je tvořen především prachem, štěrkem, kameny a místy umělým substrátem. Mrtvé dřevo se vyskytuje jen velmi ojediněle. Provedené úpravy neumožňují rozvoj tůní a jiných struktur dna, v této části toku byly zaznamenány jen ojedinělé menší tůně.

Obr. 42: Jez v LIS001



V úseku LIS009 je dno kompletně zpevněno trávobetonovou dlažbou, která má oproti betonu tu výhodu, že umožňuje částečné propojení vody v korytě s podzemní vodou a snižuje erozní účinek proudící vody.

Úsek LIS010 představuje unikátní část celého Lišanského potoka. Tento úsek je nejlépe hodnoceným, neboť nebyl nikdy v minulosti upravován. Lišanský potok zde proráží skalním podložím a vytváří zde výrazný přírodní stupeň.

V následujícím úseku LIS011 pokračuje napřímené koryto ve tvaru obdélníku s velmi nízkou variantou hloubky a se dnem zpevněným trávobetonovou dlažbou. Charakter proudění je zde proměnlivější a častější je i výskyt tůní, který umožňuje destrukce původní úpravy.

V úseku LIS012 již není úprava koryta vůbec patrná, šířka koryta je značně proměnlivá a variabilita hloubek je vysoká. V korytě se vyskytuje několik ostrovů a tůní. Dnový substrát je tvořen hlavně prachovými částicemi a štěrkem. Četný je výskyt mrtvého dřeva.

Dále následují úseky LIS013-LIS015, které jsou vzhledově prakticky identické a hodnoceny jsou stupněm 2. Koryto je opět napřímené a nadměrně zahloubené (dimenzované na 5letou vodu) ve tvaru lichoběžníku. Navzdory úpravě v minulosti je zde o trochu vyšší variabilita šířky koryta oproti předchozím úsekům. Občasně lze nalézt tůň, i když stále jen ve velmi omezené míře. Velmi časté je také mrtvé dřevo v korytě.

Obr. 43: Přírodní stupeň LIS010



V úseku LIS016 je patrná úprava dna kamennou dlažbou a koryto je zde více zahloubeno. Oproti předchozím úsekům zde nebylo pozorováno žádné mrtvé dřevo ani žádné pozorovatelné struktury dna.

Úseky LIS017-LIS022 jsou hodnoceny stupněm hydromorfologické kvality 2 a 3. Tato část toku byla rovněž v minulosti opevněna kamennou dlažbou a zahloubena. Provedená úprava nese známky rozpadu, místy není skoro zřetelná a je překrytá přírodním substrátem, z větší části zachovalé opevnění je pouze v úsecích LIS019 a LIS020. Dnový substrát je kromě zbytků umělého substrátu tvořen hlavně prachem, pískem a šterkem. Mrtvé dřevo bylo pozorováno v menší míře a struktury dna také. Charakter proudění má podobu klouzavého proudu s menšími úseky slapového proudu.

Poslední mapované úseky toku LIS023-LIS027 jsou hodnoceny stupněm 2 a mají velmi podobný charakter. Jako u většiny předcházejících úseků zde byl potok napřímen, upraven kamennou dlažbou a zahlouben. Šířka koryta se z důvodu provedených úprav příliš nemění, variabilita hloubek je většinou nízká a místy střední. V úsecích LIS024 a LIS025 je opevnění koryta v pokročilém stádiu degradace, břehy jsou narušeny menšími nátržemi a dochází tak k mírnému rozvlnění kynety. Mrtvé dřevo se v korytě vyskytuje v malém množství. Příležitostně zde nalezneme tůň a mělčiny.

Obr. 44: Koryto v úseku LIS019

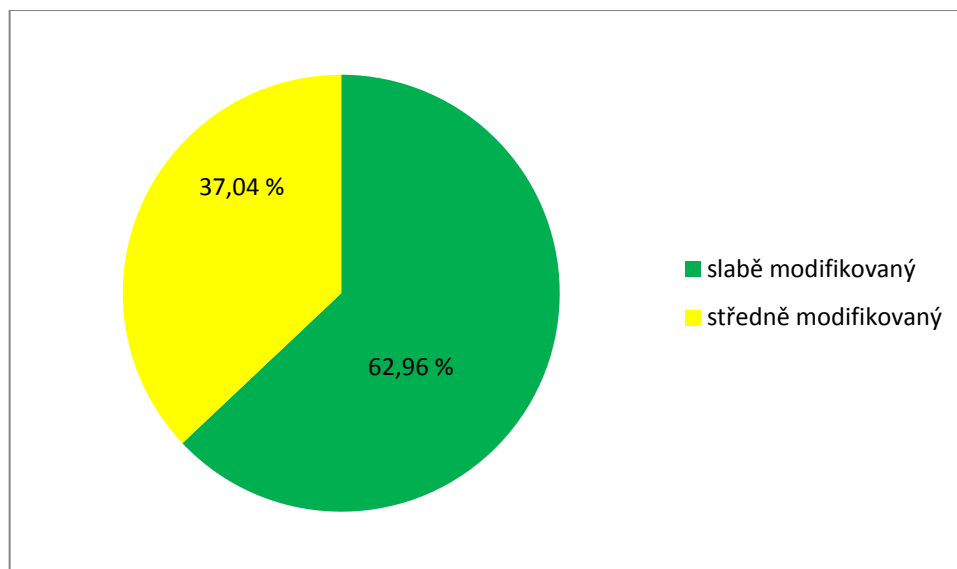


Obr. 45: Lišanský potok protékající zemědělskou krajinou v úsecích LIS027 a LIS028

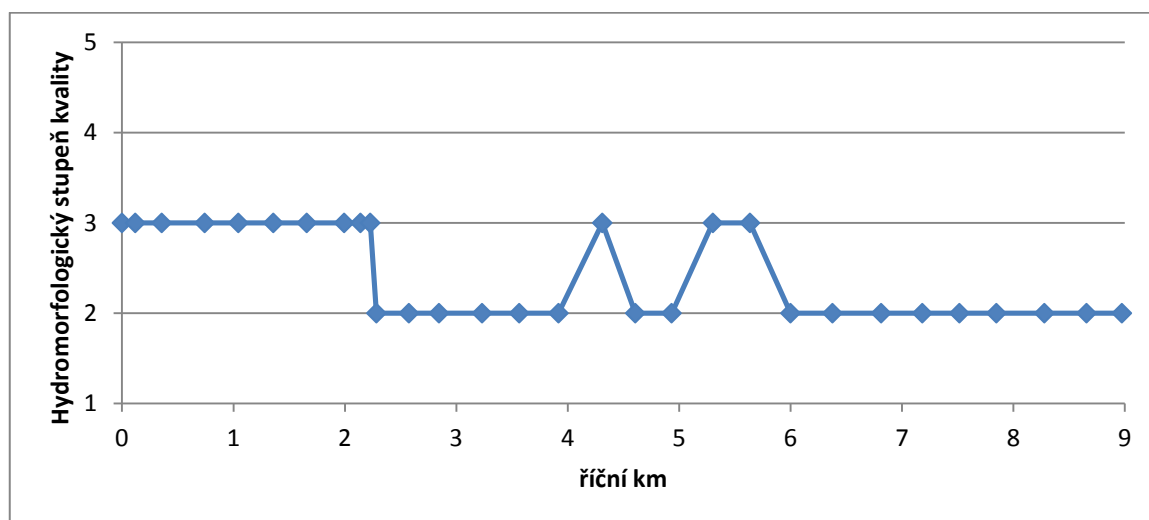


Celkově je stupněm 2 hodnoceno 17 úseků a stupněm 3: 12 úseků. V grafech 13 a 14 je znázorněna četnost zastoupení jednotlivých stupňů hydromorfologické kvality a vývoj kvality zóny koryta v podélném profilu.

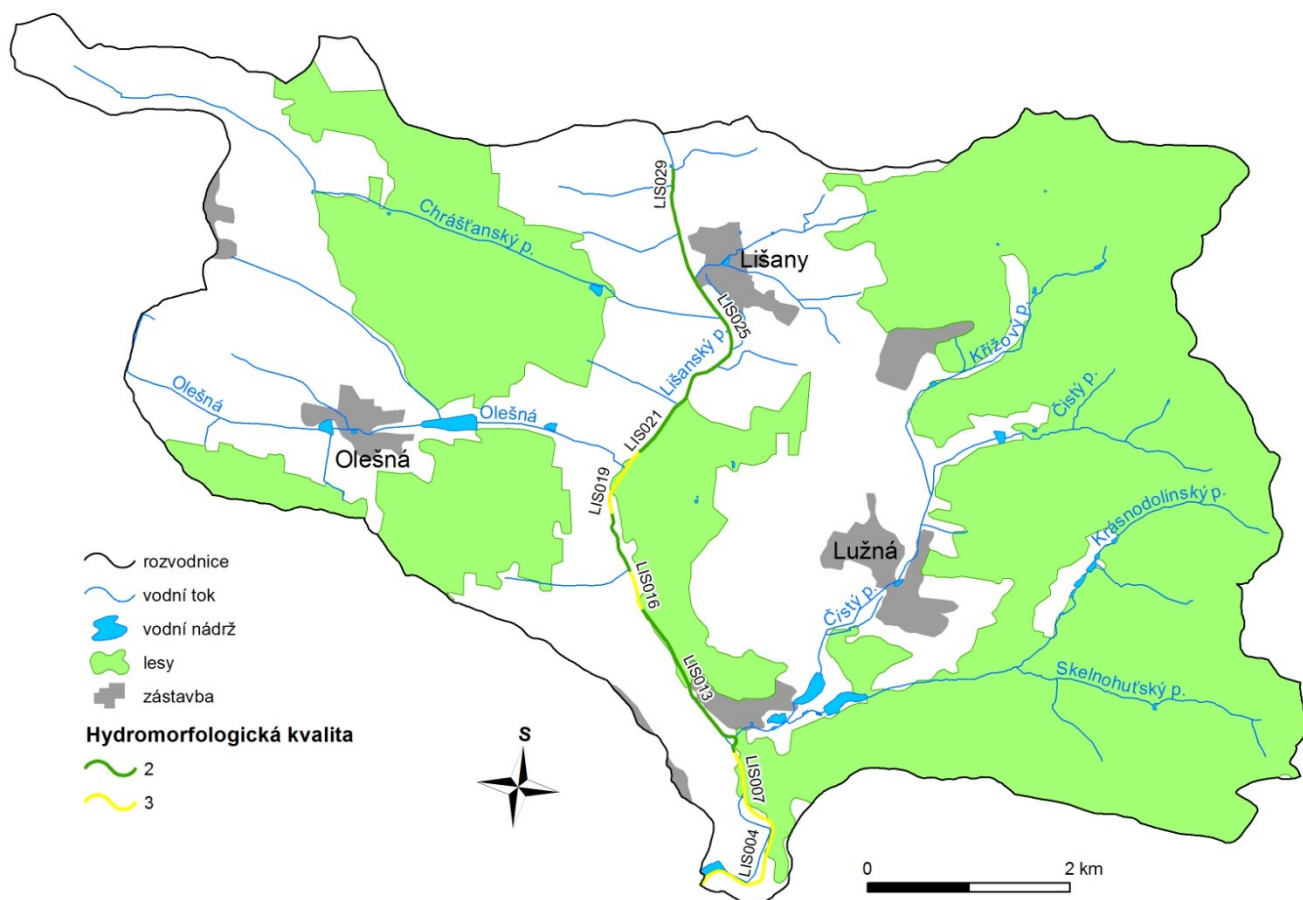
Graf 13: Četnost zastoupení jednotlivých stupňů hydromorfologické kvality v zóně koryta (vztaženo k celkové délce mapované části toku)



Graf 14: Vývoj kvality zóny koryta v podélném profilu



Obr. 46: Hydromorfologický stav zóny koryta (zdroj: ArcČR 500, DIBAVOD)



7.3.2 Břeh/příbřežní zóna

Počáteční úsek LIS001 je hodnocen stupněm 4. Břehy nenesou známky upravenosti až k silničnímu mostu, kde je břeh pod silničním mostem opevněn gabiony. Pod pěší lávkou u Tyršova koupaliště navazuje v okolí jezu zpevnění břehu betonem. Břehy jsou lemovány liniovou vegetací, v níž převládají jasaný a kleny.

Následují úseky LIS002 až LIS007, které mají velmi podobné vlastnosti a jsou hodnoceny stupněm 2. Břehy byly v minulosti opevněny kamennou dlažbou, dnes dochází z velké části k rozpadu této úpravy a v některých částech není tato úprava již čitelná. Břehy jsou kryty liniovou vegetací jdoucí souvisle podél celé délky toku.

Obr. 47: Břehový porost v úseku LIS006



V úseku LIS006 bylo na jaře 2016 vykáceno velké množství stromů na obou březích toku. Vykáceno bylo rovněž množství stromů v úseku LIS003 na pravém břehu. Na levém břehu navazuje na Lišanský potok les s loukami, na pravém břehu nalezneme v úsecích LIS002 až LIS005 vodní plochy a rákosiny. V úseku LIS006 a LIS007 poté na pravém břehu převládají louky.

Další dva úseky jsou hodnoceny velmi negativně, LIS008 stupněm 4 a LIS009 stupněm 5, tento úsek dosáhl nejhoršího hodnocení vůbec. V těchto úsecích přetrvává liniová vegetace částečně na pravém břehu, ale postupně mizí. Na levém břehu se vyskytuje jen trávobylinná vegetace, která poté zmizí v úseku LIS009. V úseku LIS009 byla provedena souvislá úprava profilu, břehy jsou bez vegetace a proto dosáhl nejhoršího možného stupně. V příbřežní zóně převládá roztroušená zástavba a na pravém břehu louka.

Dále následují úseky LIS010 až LIS013 hodnocené velmi dobře stupni 1 a 2. Vůbec nejlépe je hodnocena zóna břehu/příbřežní zóně v úsecích LIS010 a LIS012. Úsek LIS010 je již zmiňovaný unikátní přírodní úsek nad Hamrem. V úseku LIS012 došlo k totální destrukci původní úpravy laťovými plůtky, celá niva a příbřežní zóna je značně zamokřená a vyvinulo se zde cenné mokřadní společenstvo s keřovými vrubami. Toto společenstvo začíná již v úseku LIS011, kde společně s rumištními společenstvy tvoří ve vegetačním období prakticky neprostupnou bariéru. Příbřežní zónu v této části tvoří především mokřad a vlhké louky. Celý tento úsek toku byl v minulosti opevněn laťovými plůtky, tato úprava pokračuje až do úseku LIS015 a z velké části je rozpadlá.

Úseky LIS014 a LIS015 jsou hodnoceny velmi špatným stupněm 4. Břehy jsou lemovány přerušovanými pásy vegetace s trávobylinnou vegetací. Na jaře 2016 zde bylo vykáceno velké množství topolů (hlavně na pravém břehu). Na pravém břehu se rozkládají zemědělské plochy, na levém břehu nalezneme louky a rovněž zde do příbřežní zóny zasahuje les.

Za železničním mostem následují úseky LIS016 až LIS018, které jsou hodnoceny stupněm 3. Úprava břehu kamennou dlažbou je více zachovalá než v předchozích úsecích, břehy jsou lemovány převážně liniovou vegetací. Okolo potoka se po obou březích rozkládají rákosiny místy přecházející v mokřad, pouze v menší míře se na pravém břehu rozkládají louky a zemědělské plochy.

Obr. 48: Souvislá úprava v profilu LIS009



Obr. 49: Zpřirodňené koryto se zamokřenou příbřežní zónou v úseku LIS012



Úseky LIS019 až LIS021 dosáhly skóre 2. Koryto má velmi podobné vlastnosti jako v předchozích úsecích. Z části je zachováno opevnění břehů kamennou dlažbou. Na levém břehu se rozkládá les, na pravém břehu nalezneme louky, zemědělské plochy a mokřady.

V poslední části (úseky LIS023-LIS029) Lišanský potok protéká zemědělskou krajinou, kde je břehová vegetace většinou tvořena trávobylinnou vegetací s jednotlivými stromy. Břehy jsou opevněny kamennou dlažbou a kamennou rovnatinou, opevnění je v této části více zachovalé než v úsecích ležících níže po toku. Břehová vegetace není tak kvalitní jako u předchozích úseků a v příbřežní zóně převládají zemědělské plochy, proto jsou tyto úseky hodnoceny většinou stupněm 4. Výjimkou je úsek LIS024 hodnocený stupněm 3 a závěrečný úsek LIS029 hodnocený skóre 3. V úseku LIS024 je opevnění v pokročilejším stádiu rozpadu než v ostatních úsecích. V úseku LIS029 přechází zemědělské plochy v les a mokřad.

Obr. 50: Břehová úprava v úseku LIS016

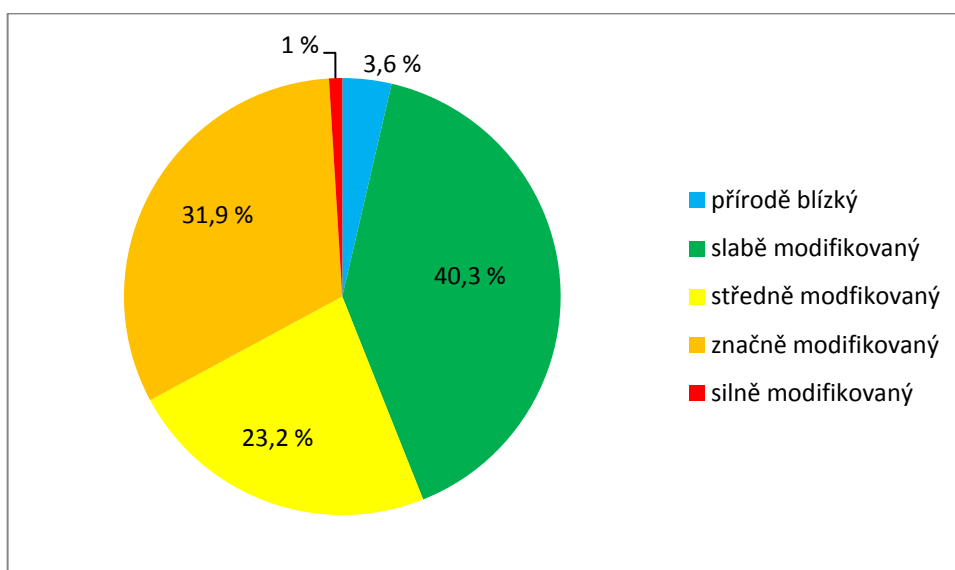


Obr. 51: Trávobylinná vegetace v úseku LIS024

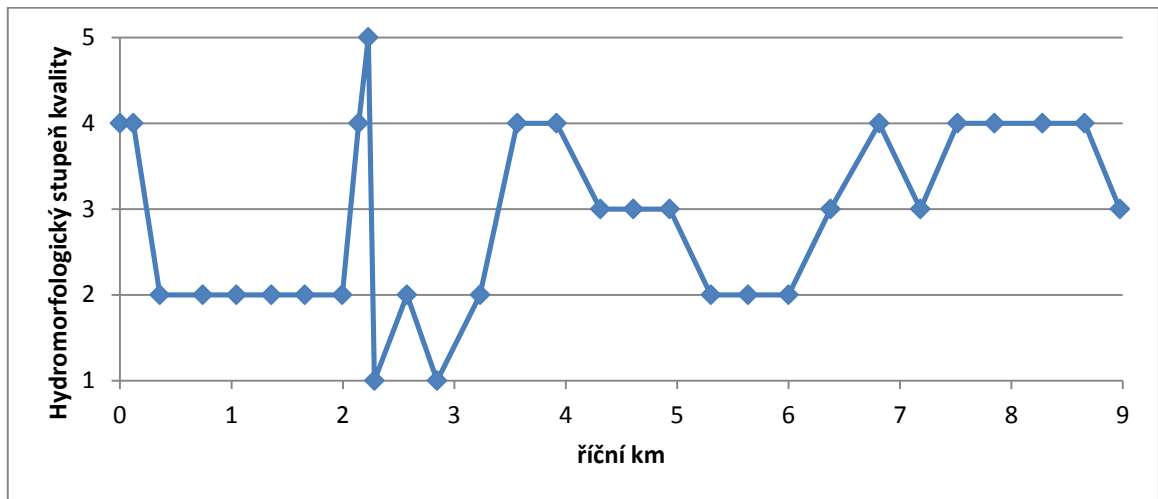


Celkově jsou stupněm 1 hodnoceny: 2 úseky, stupněm 2: 11 úseků, stupněm 3: 6 úseků, stupněm 4: 9 úseků a stupněm 5: 1 úsek.

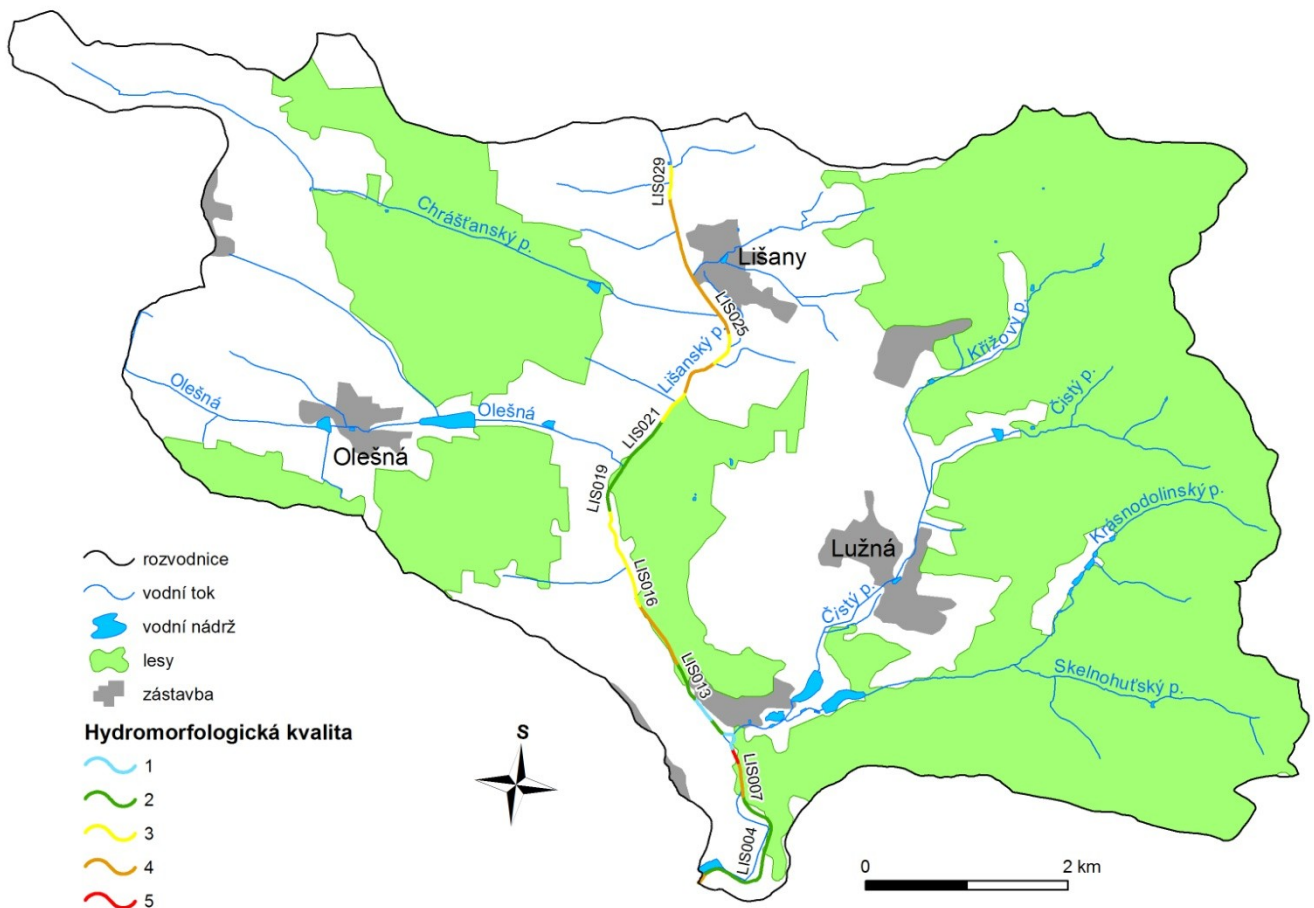
Graf 15: Četnost zastoupení jednotlivých stupňů hydromorfologické kvality v zóně břeh/příbřežní zóna (vztaheno k celkové délce mapované části toku)



Graf 16: Vývoj kvality zóny břeh/přibřežní zóna v podélném profilu



Obr. 52: Hydromorfologický stav zóny břeh/přibřežní zóna (zdroj: ArcČR 500, DIBAVOD)



7.3.3 Zóna inundační území

První dva úseky LIS001 a LIS002 jsou hodnoceny nejhůře a dosáhly skóre 4. Údolní nivu vyplňuje roztroušená zástavba a vodní plocha Tyršova koupaliště. Průchodnost inundačního území je omezená příčně vedeným náspem komunikace 227 vedoucí do centra Rakovníka, paralelně s korytem toku jde na pravém břehu val oddělující Tyršovo koupaliště od Lišanského potoka v úseku LIS002. Drobné břehové nátrže se v menší míře vyskytují v úseku LIS002.

Následující 2 úseky, které jsou hodnoceny stupněm 1. Pravobřežní část nivy je pokryta vodní plochou a mokřadem, v levobřežní části je les s trvalým travním porost. Průchodnost nivy není nijak omezena, drobné břehové nátrže jsou poměrně četné.

Úseky LIS005 až LIS007 jsou velmi podobné předchozím. Niva je na pravém břehu tvořena mokřadem a vodní plochou, na levém břehu lesem. Průchodnost nivy je však omezená v úsecích LIS005 a LIS006, kde je na pravém břehu uměle zvýšený protipovodňový val.

V úsecích LIS008 a LIS009 výrazně ubývá břehových nátrží, jen několik jich možné pozorovat na začátku úseku. Údolní niva je pokryta roztroušenou zástavbou a loukou. Úseky jsou hodnoceny stupni 3 a 4.

Přírodní úsek LIS010 je hodnocen stupněm 2, za ním následují LIS011 a LIS012 hodnocené velmi pozitivně v rámci této zóny. Průchodnost nivy je omezena jen v úseku LIS011 náspem silnice 237 vedoucí do Rakovníka. Úsek LIS012 je hodnocena stupněm 1. Jak již bylo zmíněno u předchozí zóny, došlo zde k úplné destrukci opevnění koryta a rozlité potoka do nivy. Niva je v těchto místech velmi zamokřená a má charakter mokřadu. Břehové nátrže jsou velmi časté.

Další úseky dosáhly LIS013 až LIS015 dosáhly skóre 3. Pravá část nivy je pokrytá zemědělskou půdou, na levé straně nalezneme louky a les. Průchodnost nivy není nijak omezena.

Úsek za železničním mostem LIS016 až LIS019 je hodnocený nejprve stupněm 4 a poté stupněm 3. Oproti předchozím úsekům je zde výrazně omezená průchodnost inundačního území. V úseku LIS016 protíná nivu příčně z pravé strany mohutný násep železniční tratě, navíc od tohoto úseku jde paralelně s korytem protipovodňový val oddělující koryto od zbytku nivy. Nejdříve jde val jen po pravém břehu a od úseku LIS017 jde po obou

Obr. 53: Vodní plocha s mokřadem v úseku LIS004



Obr. 54: Rozsáhlá břehová nátrž v úseku LIS014



březích koryta a končí v úseku LIS018. V úsecích LIS017 a LIS018 je niva po obou stranách pokryta mokřadem. Mokřad se nachází i v levé části nivy úseku LIS016. Zbylá část nivy je pokrytá zemědělskými plochami, loukami a částečně roztroušenou zástavbou vyskytující se v úseku LIS017.

Obr. 55: Pravobřežní část nivy v úseku LIS016



Obr. 56: Niva pokrytá zemědělskou plochou v úseku LIS027 a LIS028

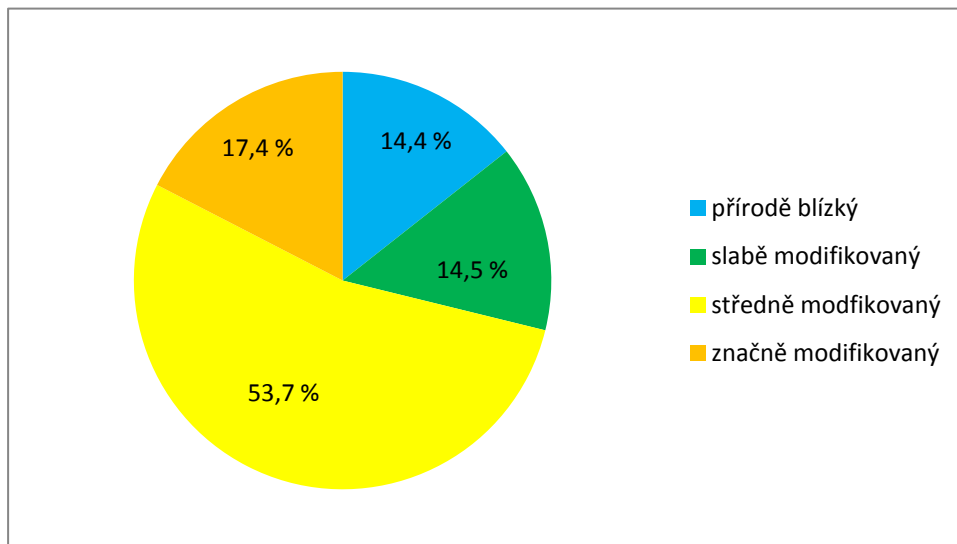


Nejlepšího skóre 1 dosáhl také úsek LIS020, břehové nátrže jsou četné. Pravá část nivy je vyplněna mokřadem, loukou a lesem, na levém břehu se nachází les. Ten se táhne po levém břehu až do konce úseku LIS022. Úseky LIS021 a LIS022 jsou hodnoceny stupněm 3. V úseku LIS021 jde po pravém břehu zvýšený val omezující průchodnost inundace, jinak není průchodnost nivy jinak omezena.

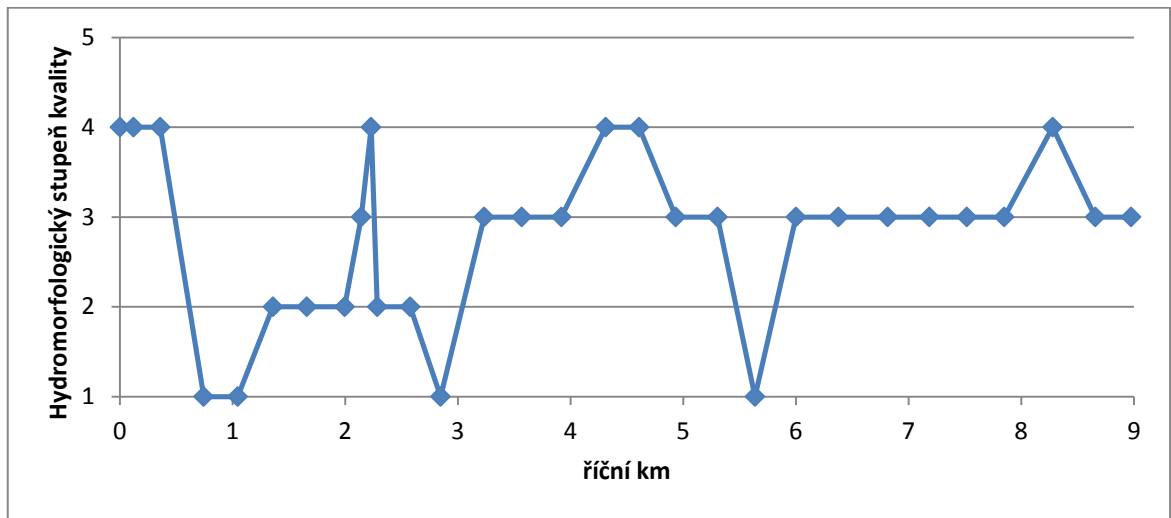
Poslední část toku prochází poměrně jednotvárnou zemědělskou krajinou. Úseky v této části dosáhly shodného skóre 3 s výjimkou úseku LIS027, který je hodnocen stupněm 4. V úseku LIS027 zasahuje do nivy okrajová část obce Lišany. Výskyt břehových nátrží je v této části střední, převažují hlavně drobné nátrže.

Celkově jsou stupněm 1 hodnoceny: 4 úseky, stupněm 2: 5 úseků, stupněm 3: 14 úseků a stupněm 4: 6 úseků.

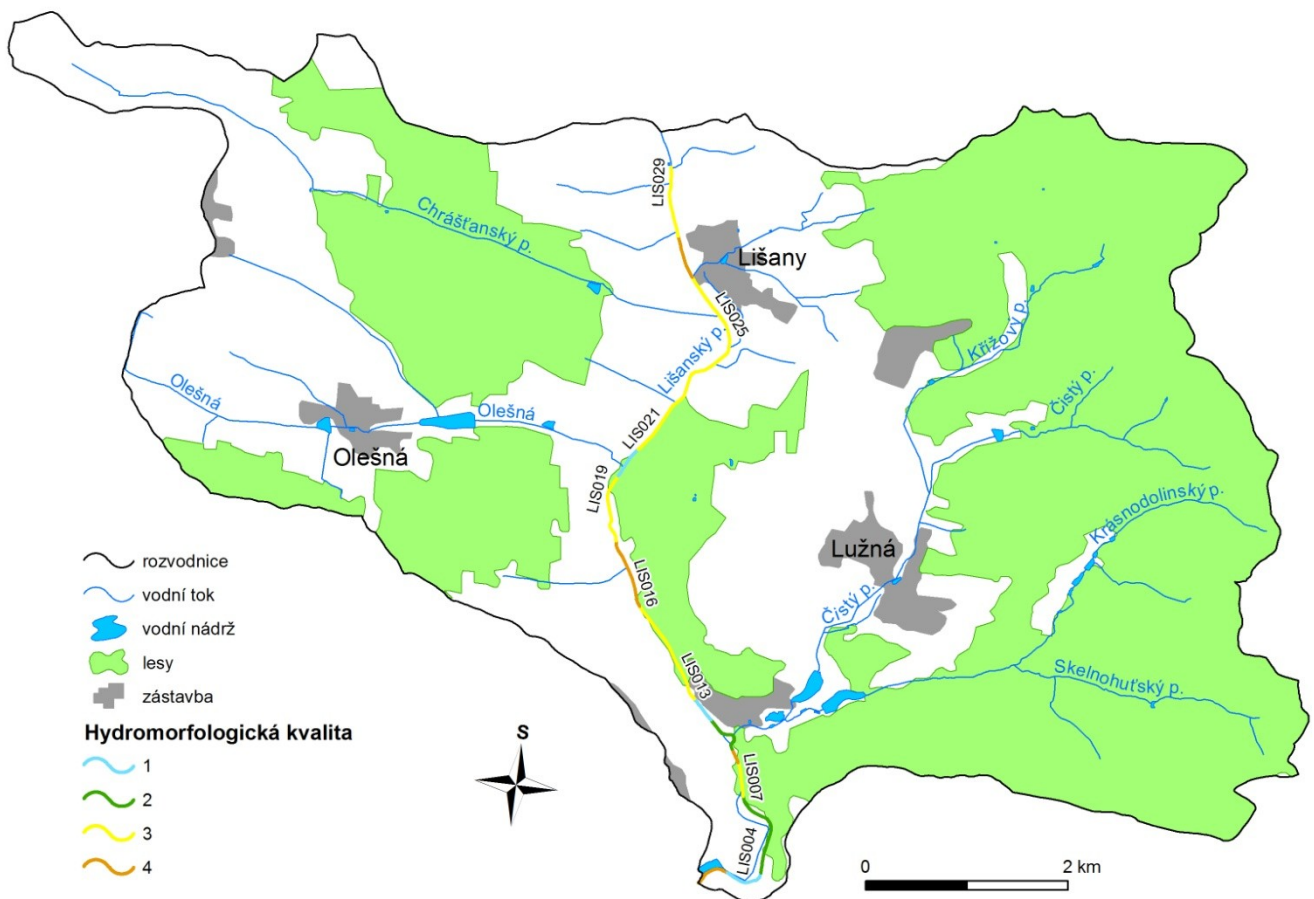
Graf 17: Četnost zastoupení jednotlivých stupňů hydromorfologické kvality v zóně inundační území (vztaheno k celkové délce mapované části toku)



Graf 18: Vývoj kvality zóny inundační území v podélném profilu



Obr. 57: Hydromorfologický stav zóny inundační území (zdroj: ArcČR 500, DIBAVOD)



7.3.4 Celkové hodnocení

První dva úseky LIS001 a LIS002 jsou celkově hodnoceny stupněm 3. Napřímené koryto zde protéká okrajovou částí Rakovníka. Variabilita hloubek a šířky koryta je velmi nízká. Koryto není zpočátku opevněno, až pod mostem silnice 227 je opevněné gabiony a v okolí jezu betonem. Břehy jsou lemovány převážně liniovou vegetací. Průchodnost nivy je omezena komunikací 227 vedoucí do Rakovníka a valem oddělujícím Tyršovo koupaliště od Lišanského potoka.

Následují úseky LIS003 až LIS007, které jsou hodnoceny stupněm 2. Celá tato část toku byla v minulosti napřímená, koryto bylo ve dně a v patách opevněno kamennou dlažbou. Provedená úprava je z velké části rozpadlá nebo překrytá sedimenty. Variabilita hloubek a šířky koryta je velmi nízká. Břehy povětšinou lemuje liniová vegetace, místy i les. Údolní niva je na pravém břehu tvořená mokřadem a vodními plochami. Z levé strany je niva z velké části vyplněna loukou a částečně lesem. Průchodnost nivy je v této části omezena v úsecích LIS005 a LIS006, kde se táhne po pravém břehu protipovodňový val oddělující koryto od zbytku nivy. V tomto úseku proběhla v roce 2006 zatím poslední revitalizační akce na Lišanském potoce.

Úseky LIS008 a LIS009 dosáhly horšího skóre 3 resp. 4. Úsek LIS009 je celkově hodnocen vůbec nejhůře. Úsek LIS008 tvoří jakýsi přechod od předchozích úseků ke kompletně upravenému úseku LIS009. Liniová vegetace přetrvává jen na pravém břehu a postupně mizí v úseku LIS009. V úseku LIS009 je profil koryta souvisle upraven a břehy jsou bez vegetace. Údolní nivu tvoří roztroušená zástavba a louky. Průchodnost nivy není nijak omezena.

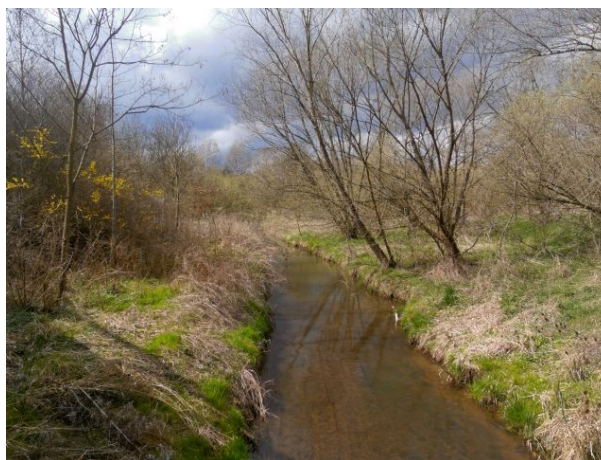
Po nejhůře hodnoceném úseku následují úseky LIS010 až LIS013 hodnocené jako slabě modifikované tzn. stupněm 2. Zcela unikátní je úsek LIS010, který nebyl nikdy v minulosti upravován. Lišanský potok zde proráží skalní stupeň a vytváří ojedinělý vodopád. Po tomto úseku pokračuje upravené koryto tvaru

obdélníku, které je nejdříve opevněné trávobetonovou dlažbou a poté laťovými plůtky. Úprava laťovými je dnes již v pokročilém stádiu destrukce. Od úseku LIS013 už má koryto opět tvar lichoběžníku. Zcela unikátní je úsek LIS012 a částečně LIS011, kde došlo k úplné destrukci

Obr. 58: Lišanský potok v úseku LIS003- dobře patrný je rozpad opevnění na levém břehu



Obr. 59: Koryto v úseku LIS011 – ve dně patrná úprava trávobetonovou dlažbou



původní úpravy a rozlité potoka do větší šíře. Celá niva je značně zamokřená a vyvinulo se zde unikátní mokřadní společenstvo s keřovými vrkami. Četnost výskytu mrtvého dřeva je velmi vysoká.

Následují úseky LIS014 až LIS017, jenž dosáhly skóre 3. Koryto je napřímené, nadměrně zahloubené a má tvar lichoběžníku. Na začátku (LIS014 a LIS015) je koryto ještě stále opevněno laťovými plůtky a poté přechází v kamennou dlažbu, která je více zachovalá než v předchozích úsecích. Údolní niva je tvořena na pravém břehu nejdříve zemědělskou půdou a poté přechází v mokřady a vlhké louky. Na levém břehu se z počátku nachází les, který poté přechází v mokřady a vlhké louky. Část nivy je pokryta roztroušenou zástavbou.

Obr. 60: Lišanský potok v úseku LIS014- koryto opevněné laťovými plůtky a lemované linií vegetací



Úseky LIS018 až LIS022 jsou hodnoceny lépe než předchozí část a dosahují stupně 2, výjimkou je úsek LIS019 hodnocený stupněm 3. Koryto bylo opět opevněno a nadměrně zahloubeno. Úprava kamennou dlažbou již dnes není příliš zřetelná a je překrytá přírodní substrátem. Dnový substrát je tvořen prachem, pískem a štěrkem. Břehové nátrže jsou poměrně časté. Pravobřežní část nivy je pokryta mokřadem, loukou a lesem. Levobřežní část zcela pokrývá les. V úseku LIS021 jde po pravém břehu val omezující průchodnost nivy.

Konečnou část mapovaného toku tvoří úseky LIS023 až LIS029. Stupně 2 dosahuje pouze LIS024, zbytek úseků dosáhl stupně 3. Lišanský potok byl narovnan a zahlouben. Koryto bylo opevněno kamennou dlažbou a v oblasti obce Lišany kamenným záhozem se stabilizačními pásy. Původní úprava je opět z velké části rozpadlá. V úsecích LIS024 a LIS025 dochází k mírnému rozvlnění kynety. Břehy jsou pokryty převážně trávobylinnou vegetací s občasně se vyskytujícími stromy a keři. Údolní nivu tvoří zemědělská krajina, okrajově do nivy zasahuje zástavba obce Lišany. Poměrně četné jsou drobné břehové nátrže.

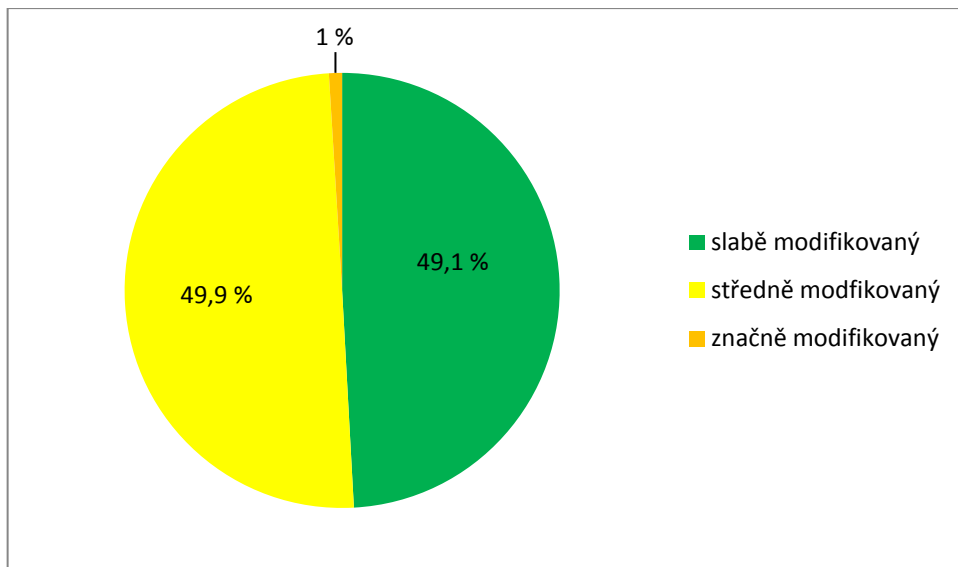
Obr. 61: Lišanský potok v úseku LIS020 – koryto opevněné kamennou dlažbou s typickým tvarem lichoběžníku

Obr. 62: Horní úsek LIS026 u obce Lišany – břehy pokryté trávobylinnou vegetací

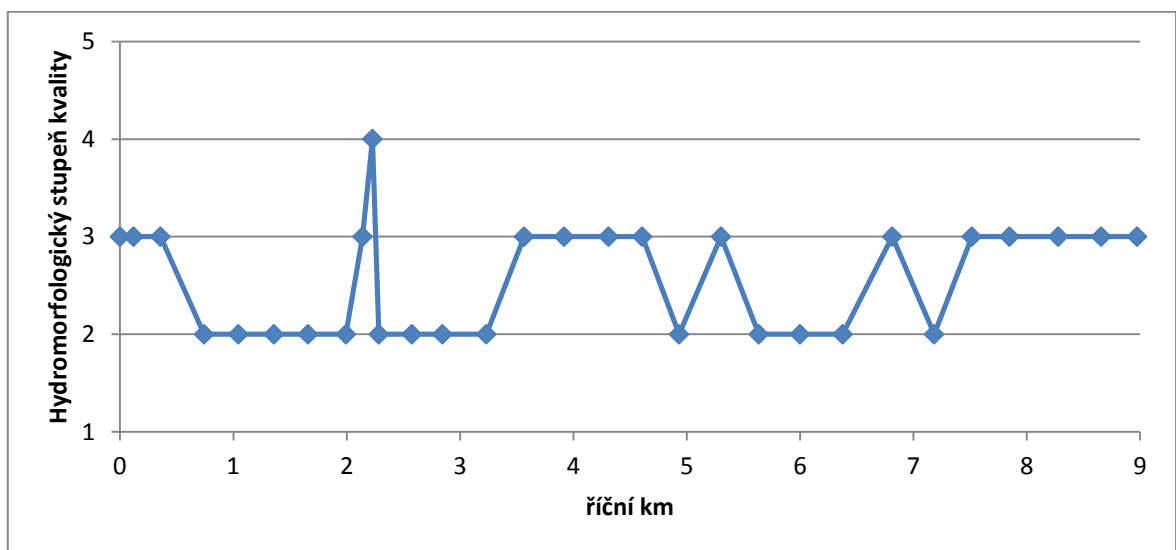


Celkem je stupněm 2 hodnoceno: 14 úseků, stupněm 3: 14 úseků a stupněm 4: 1 úsek.

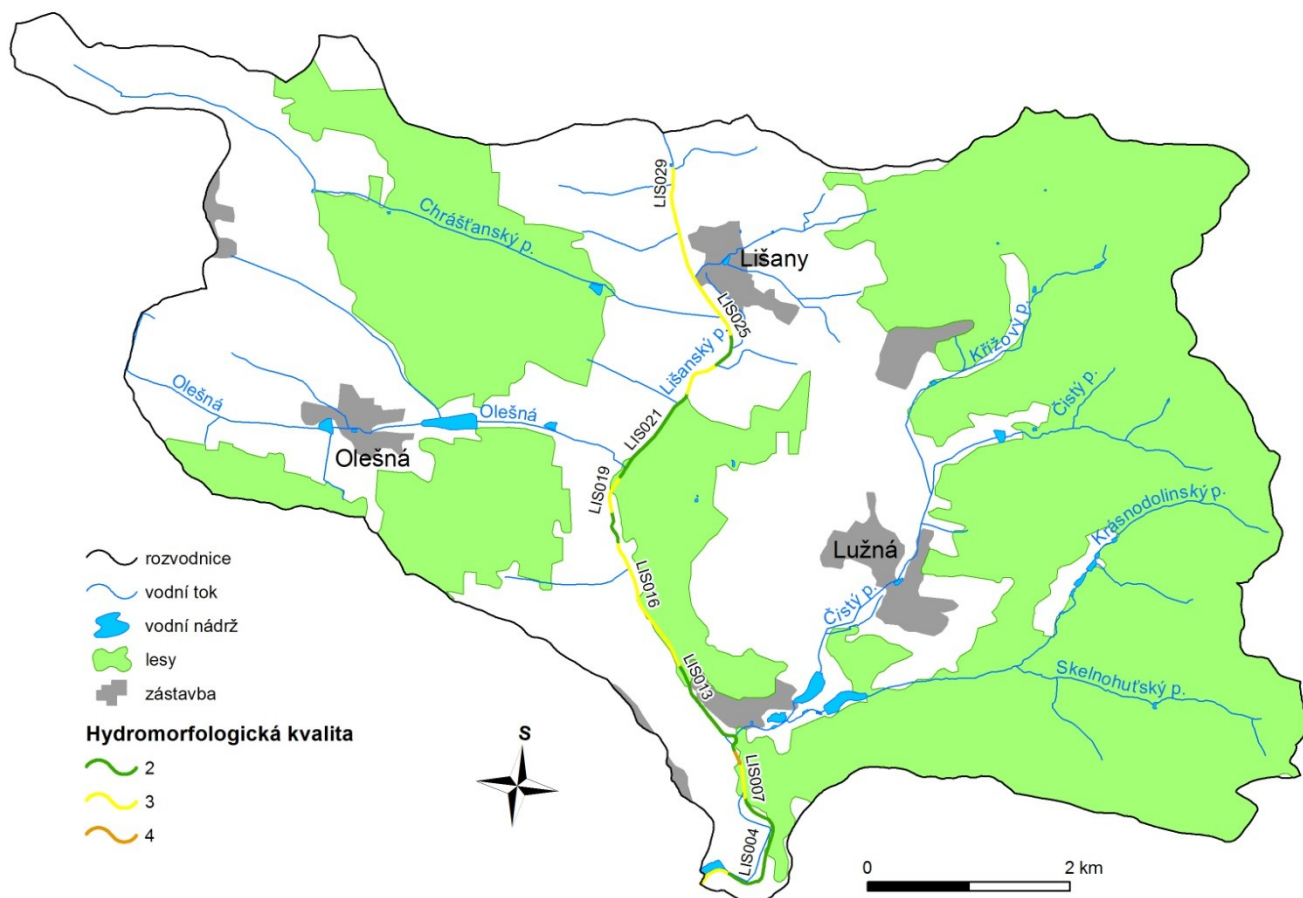
Graf 19: Četnost zastoupení jednotlivých stupňů hydromorfologické kvality v celkovém hodnocení (vztaženo k celkové délce mapované části toku)



Graf 20: Vývoj celkové hydromorfologické kvality v podélném profilu



Obr. 63: Celkový hydromorfologický stav hodnocených úseků (zdroj: ArcČR 500, DIBAVOD)



Nakonec byla vypočtena celková hydromorfologická kvalita mapovaného úseku Lišanského potoka (ř. km 0,00-8,97). Ta se spočítá jako vážený průměr vypočtené hodnoty hydromorfologického stavu jednotlivých hodnocených úseků, kde vahou je délka úseku, zaokrouhlený nahoru (Langhammer a Hartvich, 2014). Celkově mapovaná část Lišanského potoka dosáhla hodnoty 2,52 a je tak klasifikovaná třídou 3 - středně modifikovaná. Hlavním problémem je téměř souvislá odolná úprava koryta a přílišné zahloubení toku. Tyto dva faktory limitují započetí procesu přirozené renaturace a proto je nutné přistoupit k technické revitalizaci toku. Navíc je značně redukovaný potoční pás, napřímené koryto urychluje průběh povodní a způsobuje problémy u ústí do Rakovnického potoka.

8 NÁVRH REVITALIZAČNÍCH OPATŘENÍ NA LIŠANSKÉM POTOCE

8.1 Popis zvoleného úseku a důvody revitalizace

Pro návrh revitalizačních opatření byl zvolen úsek mezi ústím Čistého potoka do Lišanského potoka (ř. km 2,285) a silničním mostem do Lišan (ř. km 7,889). Hydromorfologický stav je v tomto úseku hodnocen jako středně modifikovaný. Charakter nivy umožňuje vytvořit zcela nové koryto a obnovit původní mokřady v nivě. Tento úsek byl zvolen také proto, že dle vyjádření správce toku PVL i AOPK je revitalizace Lišanského potoka v tomto úseku jedním z prioritních opatření a měl by se zde uskutečnit jeden z nejvýznamnějších revitalizačních projektů ve Středočeském kraji. Délka navrhovaného úseku revitalizace je 5 604 m.

Dolní úsek po ústí do Rakovnického potoka (ř. km 2,285-0,00) nebyl do návrhu zahrnut, protože je zde značně limitovaný prostor pro úpravy toku z důvodu protipovodňové ochrany a výskytu roztroušené zástavby. Úsek toku nad silničním mostem do Lišan (ř. km 7,889-8,69) byl vypuštěn kvůli velmi komplikované vlastnické struktuře dotčených pozemků a nemožnosti měnit trasu z důvodu výskytu zemědělských ploch podél toku. Navíc je v tomto úseku nad Lišany plánovaná výstavba přeložky silnice I/229 (ÚP Lišany, 2009).

Lišanský potok je v celém zájmovém úseku technicky upravený. Koryto je napřímené, zahloubené a opevněné kamennou dlažbou nebo pohozelem. Úprava je většinou stabilní bez výraznějších projevů samovolné renaturace. Na počátku u obce Lišany se k toku přimykají pole, břehy jsou kryty řídcí rostoucími dřevinami. S rostoucí vzdáleností od obce Lišany se v nivě začínají více projevovat nevyužívané plochy. Nejčastěji se jedná o trvalé travní porosty, které častou nesou známky zamokření (viz obr. 64). Niva se postupně rozšiřuje až na několik desítek metrů a je zde značný potenciál obnovy původních mokřadních společenstev.

Hlavními důvody pro zahájení kompletní revitalizace toku jsou zmíněné přílišné zahloubení a odolné opevnění koryta. V rámci úprav bylo koryto projektováno v celém úseku na provedení Q_5 , což je v této části neúnosně velká kapacita, neboť okolní pozemky jsou většinou málo využívané nebo nejsou vůbec využívány (viz obr. 65). Příliš zahloubené koryto jednak nepřírodně odvodňuje nivu a za druhé zrychluje postup povodně (větších průtoků). Přílišné zahloubení je jednou ze dvou hlavních překážek započetí procesu samovolné renaturace. Druhým limitujícím faktorem je umělé opevnění, které je v zájmovém úseku velmi odolné (Just, 2005). Proto je nutné přistoupit k celkové revitalizaci potoka.

Navrhovanou revitalizaci lze využít také jako jeden z nástrojů protipovodňové ochrany. Dle vyjádření správce toku způsobuje Lišanský potok velké problémy hlavně u soutoku s Rakovnickým potokem, kde se nachází zástavba. Kromě Lišanského potoka byly opevněny i všechny jeho přítoky, proto dochází při intenzivních srážkách k velmi rychlému odtoku vody, která působí problémy na dolním úseku (ř. km 0-2,224). Nabízí se tak možnost využití široké zamokřené nivy v úseku nad Červeným mlýnem (ř. km 6,25) až po železniční most (ř. km 3,927) k podpoře tlumivého rozlivu povodní v nivě a zpomalení postupu povodně.

Při návrhu revitalizačních opatření byly využívány praktické poznatky a doporučení z oboru revitalizací, které velmi dobře shrnuli ve svých publikacích Just (2005) a Šlezinger (2010).

Hlavními cíli navržené revitalizace jsou:

- Odstranění umělého opevnění a vytvoření nového přírodě blízkého koryta
- Prodloužení trasy toku a doby průběhu vody
- Obnova členitosti dna a podélného profilu
- Vytvoření (obnova) potočního pásu
- Zvětšení aktuální zásoby vody v korytě a nivní podzemní vody
- Tlumení a zpomalení průběhu povodně rozlivem vody v nivě

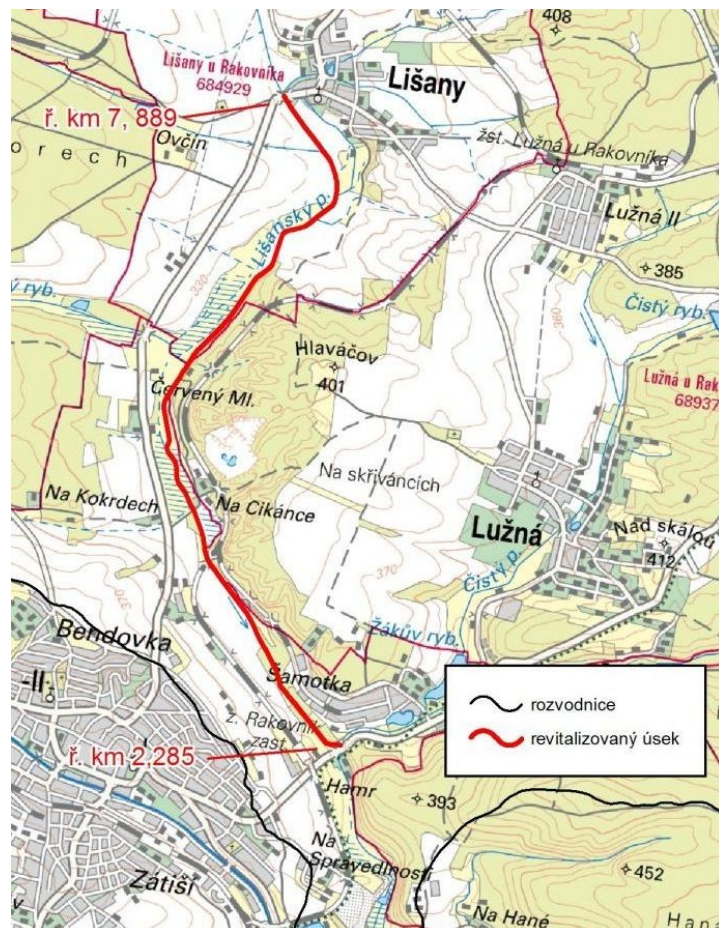
Obr. 64: Říční niva nad Červeným mlýnem



Obr. 65: Říční niva u Hlavačova



Obr. 66: Úsek plánované revitalizace (zdroj: ČÚZK, DIBAVOD)



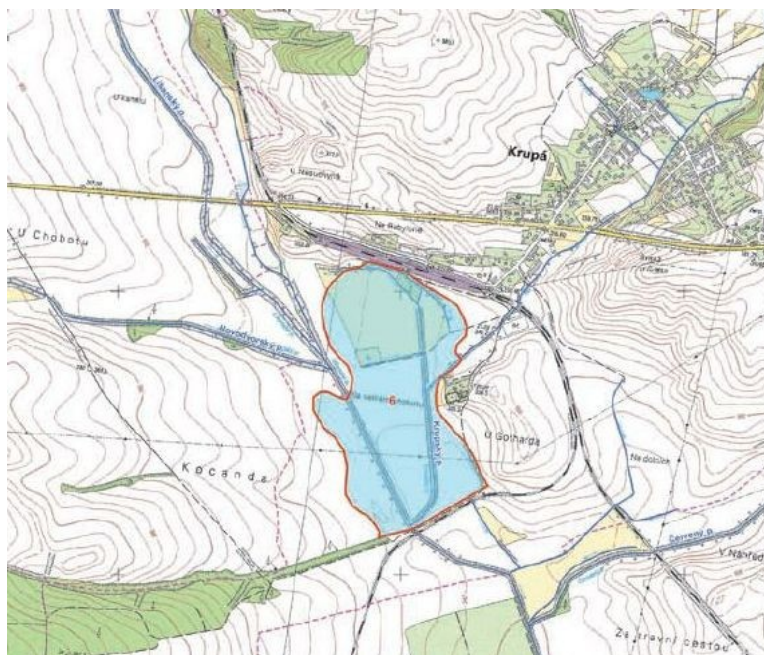
8.2 Stavební záměry v povodí Lišanského potoka

Před samotným návrhem bylo zjišťováno, zda jsou v zájmovém povodí plánované nějaké významné stavby, které by mohly ovlivnit nebo zasahovat do navrženého úseku revitalizace. Nad plánovaným začátkem revitalizovaného úseku se uvažuje o několika stavebních záměrech.

Vybudování vodní nádrže

V rámci projektu „Možnosti zmírnění současných důsledků klimatických změn zlepšením akumulační schopnosti v povodí Rakovnického potoka“ (Horáček, Kašpárek a kol., 2011) byly v povodí Rakovnického potoka vytipovány vhodné lokality k vybudování vodních nádrží s akumulační funkcí. Hlavním účelem těchto nádrží mělo být zlepšení vodohospodářské bilance. Nádrže by měly mít základní zásobní objem a akumulační objem pro nadlepšování průtoků v období sucha. Celkem bylo vytipováno 7 lokalit a z toho 1 nádrž se měla nacházet na Lišanském potoce (Beneš, Menhard a Cihlář, 2014). Na Lišanském potoce bylo vytipováno místo bývalého rybníka Chobot, který se nacházel pod kostelem sv. Gotharda. Tento rybník měl rozlohu 28,6 ha a byl vypuštěn v roce 1852 z důvodu nezaplacení vyvazovacích poplatků obcí. V současnosti se v prostoru bývalého rybníka rozkládají pole a louky. Zůstalo zde zachované těleso hráze, po kterém vede železniční trať Krupá – Kolečovice (bez pravidelné dopravy). Navrhovaná nádrž měla mít maximální objem 0,488 mil. m³ a rozlohu 37,5 ha. Na základě studie Beneš, Menhard a Cihlář (2014) byla tato lokalita vyhodnocena jako nevhodná. Oblast plánované zátopy kříží plánovaná rychlostní silnice R6 (od 2016 dálnice D6) a navíc jsou v této lokalitě velmi komplikované majetkoprávní vztahy. Řešení těchto střetů by znamenalo zvýšení finančních nákladů na realizaci a tak byla tato lokalita označena jako nevhodná.

Obr. 67: Navrhovaná nádrž na Lišanském potoce (zdroj: Horáček, Kašpárek a kol., 2011)



Výstavba dálnice D6 (dříve rychlostní silnice R6)

Plánovaná dálnice D6 (dříve rychlostní silnice R6) spojující Kalovy Vary s Prahou kříží Lišanský potok v úseku u obce Krupá. Plánovaná komunikace prochází jižně od obce Krupá a pravostranným obloukem překračuje Lišanský potok v lokalitě bývalého rybníka Chobot. V těchto místech bude komunikace vedena po estakádě překračující Lišanský potok a železniční trať. Dle původního plánu měla být dálnice v tomto úseku již dokončena (ŘSD, 2009), v současnosti je plánované zprovoznění posunuto na neurčito.

Přeložka silnice I/229 u obce Lišany

Aktuálně platný územní plán obce Lišany (ÚP Lišany, 2009) počítá s vybudováním přeložky silnice I/229 západně od Lišan. Hlavním cílem je, aby nová trasa převzala veškerou tranzitní dopravu a výrazně tak snížila dopravní zátěž v obci. Plánovaná přeložka usnadní napojení Rakovníka z plánované dálnice D6. Přeložka bude křížit Lišanský potok v původně zamýšleném úseku revitalizace mezi silničním mostem do Lišan (ř. km 7,889) a bývalým mlýnem Podhůrka nad Lišany (ř. km 8,694) (ÚP Lišany, 2009).

8.3 Návrh trasy koryta

Před návrhem samotné trasy je nutné nejdříve zvážit, o jaký morfologický typ toku se v případě Lišanského potoka jedná. Na základě vymezení typu vodních toků (Langhammer a kol., 2009) je Lišanský potok tokem středních výšek úmoří Severního moře na sedimentárních horninách (kód 122). Tento typ toků se nachází v nadmořských výškách 200-500 m n. m., převážně se jedná o pahorkatinné a nížinné toky s širokými, otevřenými údolími. Spád toků je většinou malý, antropogenní upravenost toku je naopak značná a okolní krajina je zemědělsky využívána. Lišanský potok zcela odpovídá charakteristice toků typu 122. Průměrný sklon údolí v zájmovém úseku je 2,5 ‰. Just (2005) uvádí, že meandrace přirozeně vzniká v méně sklonitých údolích (do 2 ‰ sklonu) s dostatečně širokou nivou. Horáček, Kašpárek a kol. (2011) určili, že přirozeným morfologickým typem toku je ve zdejší široce rozevřené nivě meandrující koryto.

Při návrhu nové trasy je vhodné využít znalosti původního průběhu koryta např. z historických map (mapy Stablního katastru nebo II. vojenského mapování). Ideálním stavem je zachování původního průběhu koryta. Již v mapách Stablního katastru z roku 1842 má koryto podobný průběh jako dnes. Dle vyjádření správce toku dílčí úpravy pravděpodobně zasáhly Lišanský potok již dříve, neboť zde v minulosti existovalo velké množství mlýnů s četnými náhony. Úpravy Lišanského potoka a jeho přítoků proběhly v minulém století v takové intenzitě, že se bohužel nepodařilo v zájmovém povodí nalézt vhodný referenční úsek, který by posloužil jako vzor. Proto byla při návrhu nové trasy respektována obecná doporučení říční geomorfologie.

Obecná doporučení říční geomorfologie (Zeller, 1967 In Matoušková, 2003):

- Šířka meandrového pásu je 10 až 14 násobkem šířky koryta
- Poloměr oblouků bývá 2 až 3 násobkem šířky koryta
- Vzdálenost mezi obloukem a následujícím brodem bývá 5 až 7 násobkem šířky koryta

Nová trasa byla navrhována na podkladu digitálního modelu terénu 5G, ortofota ČR, katastrální mapy a územních plánů obce Lišany a města Rakovník (Město Rakovník, 2015). Celá trasa byla autorem několikrát prochozena v terénu. Během návrhu byl brán v potaz místní územní systém ekologické stability (ÚSES). Snahou bylo navázat revitalizaci na funkční skladebné části ÚSES i na plánované skladebné části dle územního plánu obcí a tím zvýšit celkovou ekologickou stabilitu krajiny. Při trasování byly částečně využity zbytky starých mlýnských náhonů a starých odvodňovacích příkopů. Zároveň byly respektovány stávající mosty na toku. Návrh nové trasy je vyznačen v mapách na obr. 68 a 69. Pro větší přehlednost a lepší orientaci byla navržená trasa rozdělena na několik homogenních úseků, které jsou označeny REV1-REV9. Přesné vymezení úseků REV1-REV9 je v tabulce v příloze 7. V přílohách 10 a 11 jsou mapy s vyznačenými místy pořízených fotografií, které mapují údolní nivu v místech, kde je navržena nová trasa.

Nová trasa zpočátku v úseku REV1 víceméně kopíruje trasu stávajícího napřímeného koryta až k soutoku s Chrást'anským potokem (ř. km 7, 889-7, 411). Na pravém břehu je orná půda, na které se do budoucna uvažuje o založení chmelnice a není zde tak prostor pro výraznější změnu trasy. Na levém břehu jsou dle ÚP Lišany vyhrazené plochy pro výstavbu sportovišť, a proto je v úseku REV1 respektována stávající trasa toku (ÚP Lišany, 2009).

Pod soutokem s Chrást'anský potokem začíná úsek REV2, nová trasa se zde stáčí do levostranné části nivy, kterou tvoří trvalé travní porosty. Trasa zde navazuje na průběh bývalého mlýnského náhonu a meliorační strouhy. Nové koryto pokračuje v levostranné části nivy až do ř. km 6,9, kde je navrženo vytvoření lokálního biocentra. Dále trasa přechází do pravostranné části nivy, která je pokryta trvalým travním porostem. Následně koryto prochází polem, které by bylo vhodné celé vykoupit a přeměnit na trvalý travní porost.

V úseku REV3 je nová trasa vedena širokou nivou tvořenou rákosinami, které ve vlhčích místech přecházejí v mokřad. Navrhované koryto zde částečně navazuje na trasu jednoho z bývalých mlýnských náhonů. Nad Červeným mlýnem navazuje nová trasa na lokální biocentrum Červená louka. U Červeného mlýna se trasa částečně vrací do současného koryta a respektuje stávající lávku. Pod lávkou je nové koryto vedeno několik desítek metrů v pravostranné části nivy, kterou pokrývá vlhká louka s roztroušenými dřevinami.

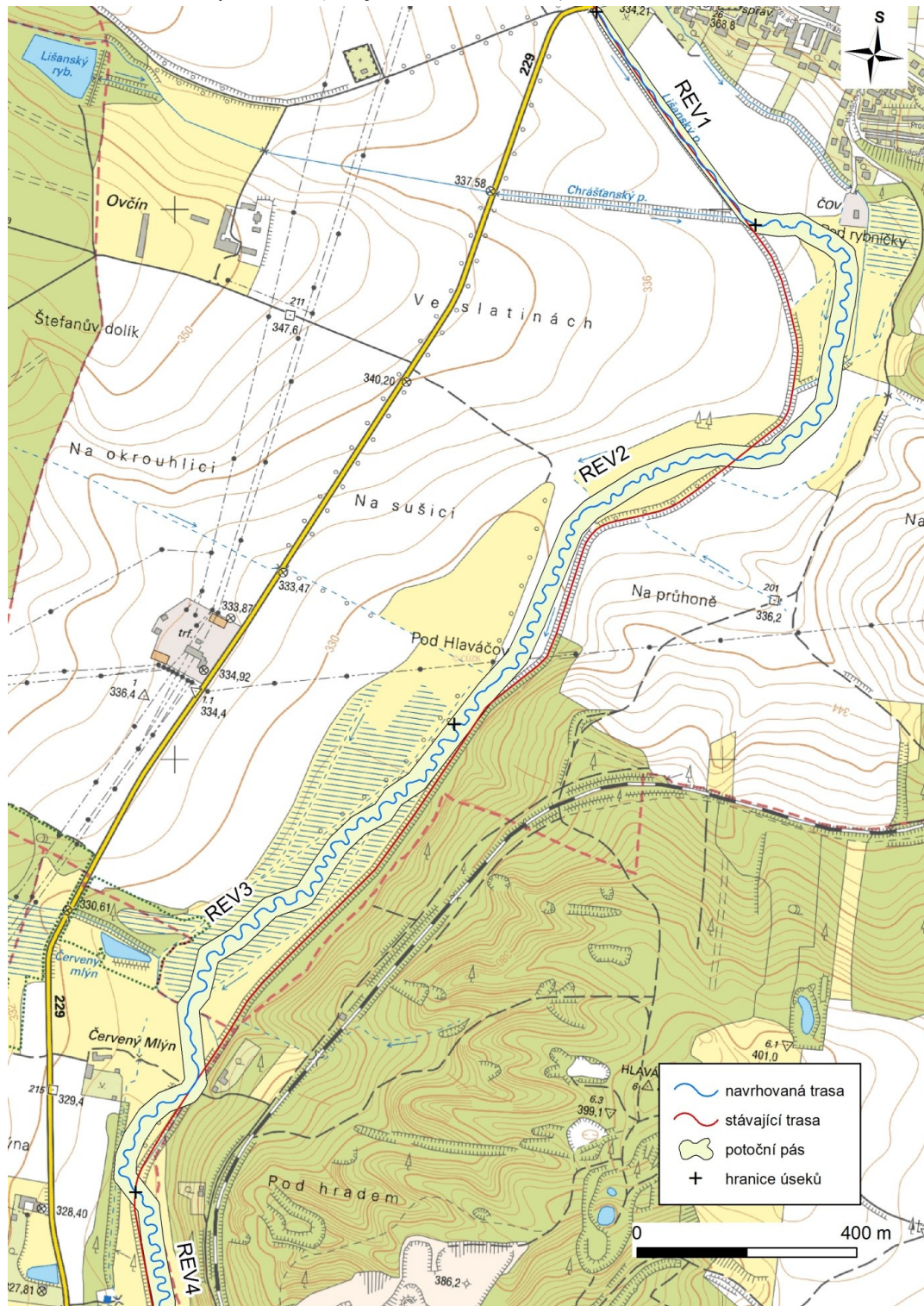
Následuje úsek označený REV4, kde koryto přechází do levé části nivy, neboť na pravém břehu potoka se nachází protipovodňový val vytvořený pro ochranu vodárenského vrtu. Po několika stovkách metrů se koryto stáčí do pravostranné části nivy a kříží stávající trasu zhruba na ř. km 4,780. Zde nová trasa prochází pásmem rákosin až k silničnímu mostu Hlavačov (4, 305). Pod silničním mostem Hlavačov přechází nové koryto do levé části nivy, kde se nachází terénní sníženina pokrytá rákosinami, které z velké části přechází v mokřad.

U železničního mostu (ř. km 3, 927) začíná úsek REV6, kde se koryto na zhruba 400 metrů vrací do stávající trasy toku. Následuje úsek REV7, kde nová trasa přechází do

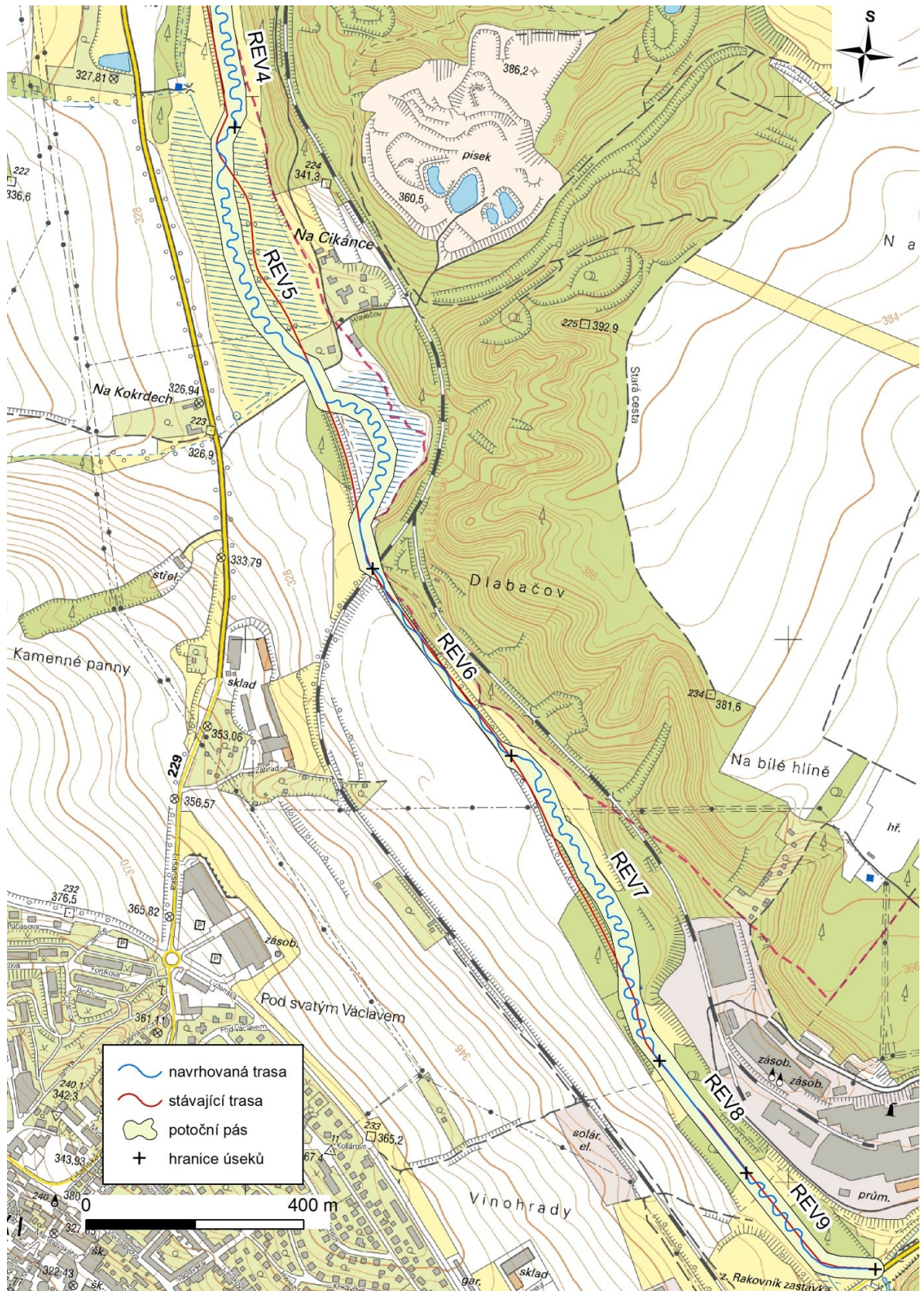
levostranné části nivy a kopíruje tak terénní sníženinu i původní průběh koryta. Takto pokračuje až k úseku u Šamotky (přibližně ř. km 3, 020-2,7) označeném úsek REV8. V tomto úseku nebude budováno nové koryto z důvodu započatého procesu renaturace. V úseku REV9 po soutok s Čistým potokem (ř. km 2,285) již trasa většinou kopíruje současný průběh koryta.

Celková délka nově navržené trasy koryta je 7 790 m, což je oproti stávajícímu korytu prodloužení trasy o 2 186 m (o 39 %). Průměrný sklon toku se snížil z 2,5 ‰ na 1,8 ‰.

Obr. 68: Návrh nové trasy – část 1. (zdroj: DIBAVOD, ZM10)



Obr. 69: Návrh nové trasy – část 2. (zdroj: DIBAVOD, ČÚZK)



8.4 Majetkoprávní vztahy

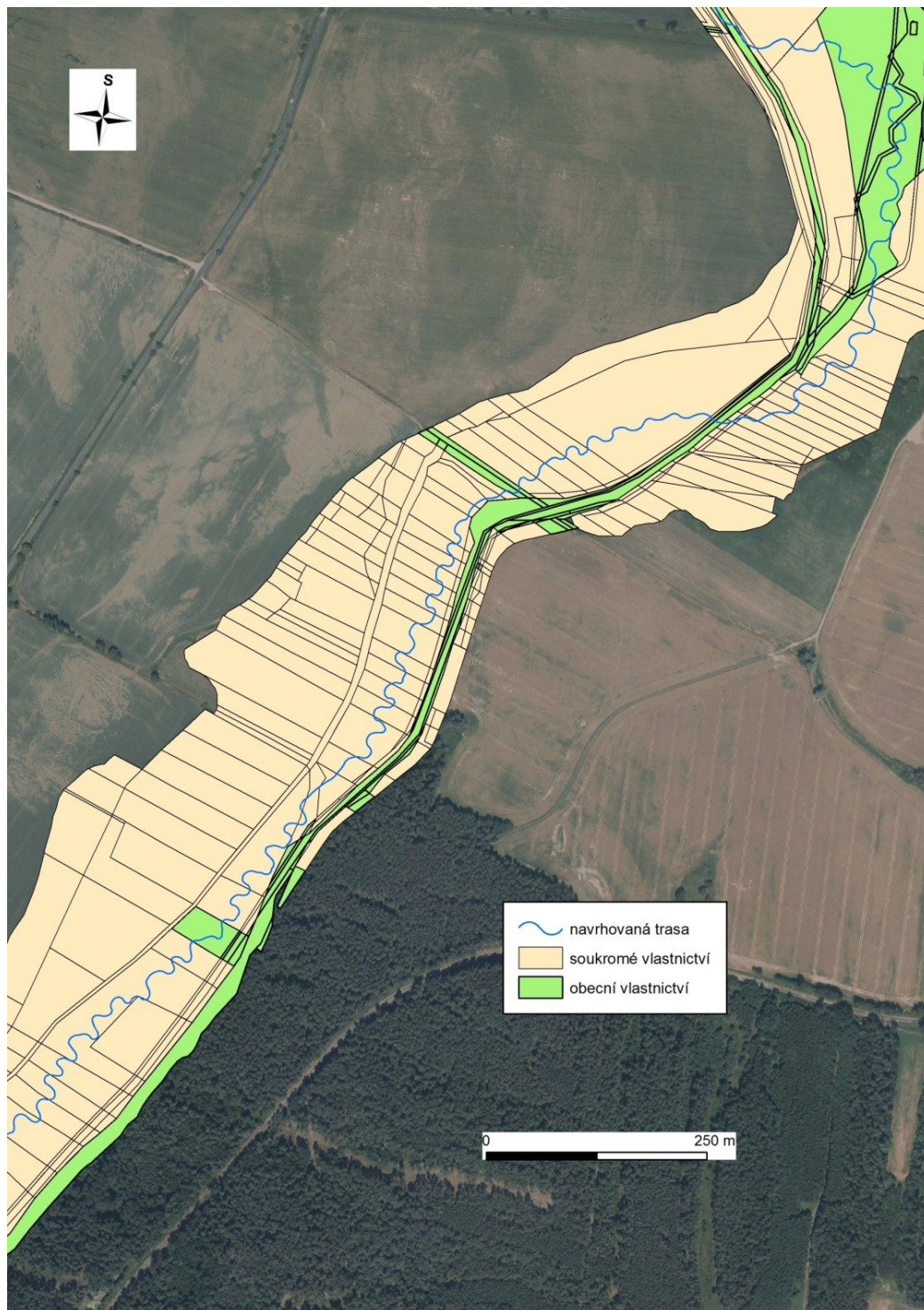
Plánovaná revitalizace na Lišanském potoce může narazit na problém s majiteli pozemků. Pro lepší poznání struktury vlastnických poměrů v zájmové lokalitě byla využita WMS služba ČÚZK. Nejprve byla pomocí WMS služby v programu ArcMap otevřena vrstva katastru nemovitostí. Poté byl pomocí funkce *Buffer* vytvořen po obou březích koryta 20 m široký potoční pás, všechny dotčené pozemky byly následně zvektorizovány a skrze katastr nemovitostí byli dohledáváni majitelé pozemků. Pozemky byly na základě nahlížení do katastru označeny jako pozemky v soukromém vlastnictví nebo jako obecní pozemky.

V plánovaném úseku revitalizace, kde by byl vytvořen potoční pás o šířce 40 m, by bylo celkově zasaženo 235 pozemků. V soukromém vlastnictví je 160 pozemků a v obecním 75 pozemků. Takto vysoký počet dotčených pozemků značně komplikuje situaci v řešení majetkoprávních vztahů a výkupu pozemků. Existuje zde obrovské množství dotčených subjektů, neboť plánovaný revitalizovaný úsek je velmi dlouhý. Nejkomplikovanější situace je v katastru obce Lišany, kde ještě neproběhly komplexní pozemkové úpravy. Na obr. 70 je mapa vlastnických poměrů jižně od obce Lišany v úsecích REV2 a REV3.

Nejlepším možným způsobem řešení komplikované pozemkové struktury v zájmovém území je napojení revitalizace na plánované komplexní pozemkové úpravy, jak navrhuje Just (2005). Takto by se daly připravit pozemky pro samotnou revitalizaci. Dle portálu eAGRI (2016b) by mohly být komplexní pozemkové úpravy v katastru obce Lišany zahájeny nejdříve v roce 2019. Do té doby nepočítá správce toku PVL ani AOPK se zahájením revitalizační akce.

Na geoportálu SOWAC-GIS byla zjišťována průměrná cena pozemků v zájmovém území. Ceny zemědělských pozemků podle katastrálních území jsou uváděny na základě vyhlášky č. 298/2014 Sb. o stanovení katastrálních území s přiřazenými průměrnými základními cenami zemědělských pozemků. Průměrná cena pozemků se zde pohybuje mezi 5,01-7,5 Kč/m². Cena zemědělských pozemků podle BPEJ se pohybuje mezi 7,51-10 Kč/m², některé pozemky přesahují i cenu 10 Kč/m² (Geoportál SOWAC-GIS, 2017b). Pro vypočtení ceny běžného metru můžeme vzít cenu např. 20 Kč/m², což je násobně více, než je běžná cena pozemků v této oblasti. To znamená, že běžný metr 40 metrů širokého pásu stojí 800 Kč. Just (2005) uvádí, že běžná cena revitalizace malého potoka činí 2 000 Kč za běžný metr nivy. Do této ceny jsou započítány celkové náklady včetně realizace akce. Problémem u Lišanského potoka je poměrně dlouhý úsek, kde je naplánována revitalizace. Při např. 1 km dlouhém úseku už cena výkupu pozemků činí 800 000 Kč. To vše ovšem za předpokladu, že budou chtít majitelé pozemky prodat. Proto, jak již bylo zmíněno, nebude přistoupeno k zahájení revitalizace dříve, než zde proběhnou komplexní pozemkové úpravy a vyřeší se tak komplikovaná vlastnická struktura.

Obr. 70: Mapa vlastnických poměrů v nivě Lišanského potoka v úsecích REV2 a REV3 (zdroj: ČÚZK)



8.5 Návrh příčného profilu a kapacity koryta

Navrhované koryto má tvar ploché mísy, orientační hydrotechnické výpočty byly prováděny zjednodušeně pro lichoběžníkový tvar koryta. Níže jsou uvedeny vzorce a veličiny, které byly použity pro výpočet kapacity koryta. Součinitel drsnosti dle Manninga $n = 0,040$, což je hodnota pro zemní koryto se šterkopískovým dnem.

Chézyho rovnice: $Q = C \times S \sqrt{R \times I}$

Q je průtok ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), C – rychlostní součinitel ($\text{m}^{1/2} \cdot \text{s}^{-1}$), S – plocha průtočného profilu (m^2),
 R – hydraulický poloměr (m), I – sklon dna

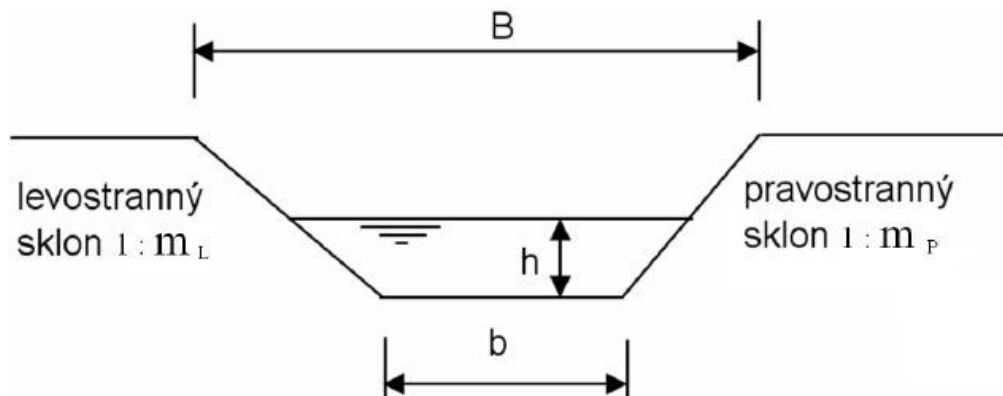
Hydraulický poloměr: $R = \frac{S}{O}$

O – omočený obvod (m)

Rychlostní součinitel podle Manninga: $C = \frac{1}{n} \times R^{\frac{1}{6}}$

n – stupeň drsnosti, tabulková hodnota

Obr. 71: Vzorový příčný profil (zdroj: Havlík a Marešová, 1994)



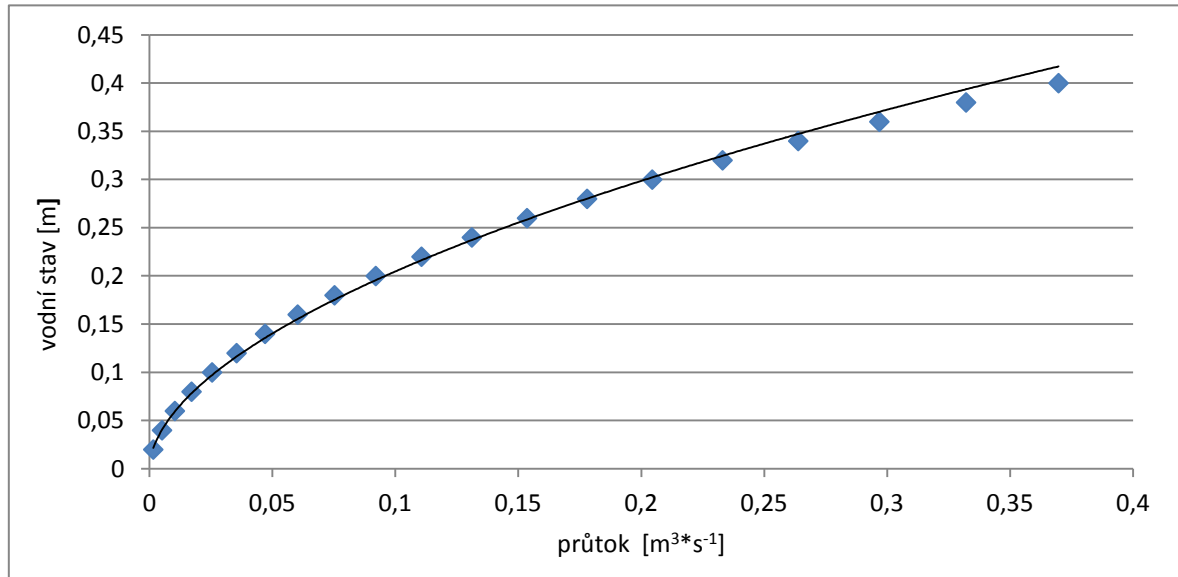
Plánovaný revitalizovaný úsek (REV1-REV9) se nachází v rurální krajině, kde je niva tvořena nejčastěji trvalým travním porostem nebo ornou půdou. Pozemky jsou většinou málo využívané nebo vůbec. Proto je navrhováno přírodě blízké koryto s kapacitou v rozmezí Q_{30d} až Q_1 , sklony svahů 1:3 a poměrem šířky k hloubce koryta v rozmezí 4:1 až 10:1. Výjimku tvoří horní úsek REV1 a úsek pod železničním mostem u Hlavačova REV6, kde jsou okolní pozemky zemědělsky využívány a tak bylo navrženo koryto s kapacitou blízkou Q_1 , což jak uvádí Just (2005), je přijatelným kompromisem v zemědělsky využívané krajině.

Dle poskytnutých dat zpracovaných v kapitole 7.1 Odtokové poměry, odpovídá průměrný průtok $0,22 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, Q_{30d} odpovídá $0,39 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Průtoková řada, ze které byly tyto hodnoty vypočítány je příliš krátká a tak byla použita data z ČHMÚ. Ta byla odvozena z pozorovaných průtoků za období 1981-2010 pro profil u obce Lišany, což je začátek revitalizovaného úseku. Dle těchto dat odpovídá Q_{30d} $0,276 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a Q_1 odpovídá $3,57 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Dlouhodobý průměr dle dat ČHMÚ odpovídá $0,139 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (ČHMÚ In Geo Vision, 2016).

Na základě uvedených údajů bylo navrženo koryto s parametry: šířka ve dně $b = 1 \text{ m}$, hloubka koryta $h = 0,4 \text{ m}$, sklony svahů v poměru 1:3. Šířka koryta poté činí $3,4 \text{ m}$ a plocha průtočného profilu je $0,88 \text{ m}^2$. Koryto má tedy navrženou kapacitu $Q = 0,37 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, což je

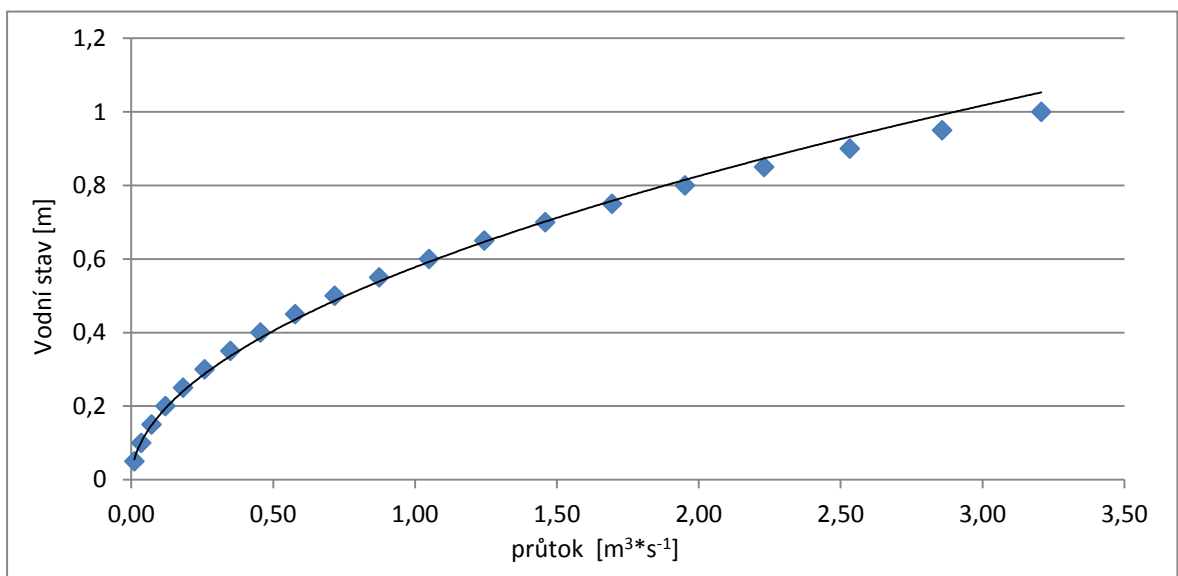
o něco vyšší než Q_{30d} , ale mnohem nižší než průtok odpovídající Q_1 . Poměr šířky k hloubce koryta h : B je 1 : 8,5. Větší poměr šířky k hloubce poskytuje vyšší stabilitu koryta. Na základě výše uvedených hydrotechnických výpočtů byla zkonstruována konsumpční křivka pro navržený profil 1 (viz graf 21). Hydrotechnické výpočty pro oba profily jsou v příloze 8 a 9.

Graf 21: Konsumpční křivka pro navržený profil 1



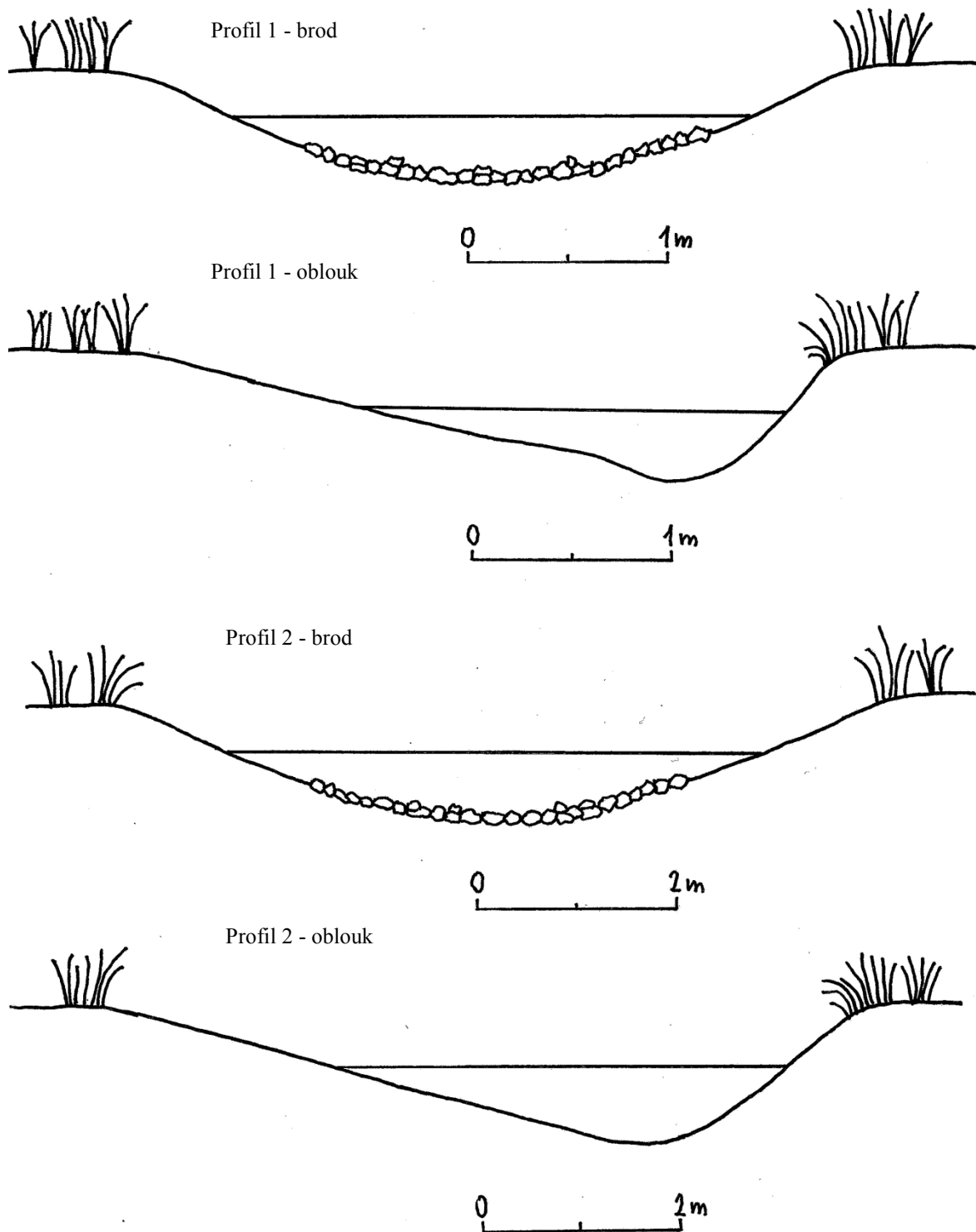
Pro úseky v zemědělsky využívané krajině (REV1 a REV6) bylo navrženo koryto s parametry: šířka ve dně $b = 1,4$ m, hloubka koryta $h = 1$ m a sklony svahů v poměru 1:3. Šířka koryta poté činí 7,4 m a plocha průtočného profilu je $4,4$ m². Koryto má tedy kapacitu $Q = 3,21$ m³*s⁻¹, která se výrazně blíží Q_1 , neboť menší kapacita může být s ohledem na okolní zemědělské plochy hůře prosaditelná při jednání s majiteli těchto pozemků. Poměr šířky k hloubce koryta h : B je 1 : 7,4. Vypočtená konsumpční křivka pro profil 2 je v grafu 22.

Graf 22: Konsumpční křivka pro navržený profil 2



Na obr. 72 níže jsou znázorněny navržené příčné profily pro profil 1a 2. Nejprve je zobrazen příčný pro oblast brodu a následně příčný profil v oblouku.

Obr. 72: Navržené příčné profily pro přímou trať (brod) a oblouk



8.6 Tvarování a stabilita koryta

Na základě morfologického zařazení toku, sklonitostních podmínek a charakteru nivy bylo navrženo nové meandrující koryto. Navrhované koryto odpovídá přirozené morfologii přírodních koryt. Na rozdíl od stávajícího a upraveného koryta je charakteristické proměnlivým příčným profilem. Příčný profil je navržen přibližně ve tvaru široké, mělké mísy s mírně sklonitými svahy. Tento tvar je vnímán jako vhodný kompromis mezi přírodním korytem a možnostmi technického řešení. Výhodou tohoto tvaru je, že mírně sklonité svahy jsou stabilní již po vytvoření i v méně odolné zemině. Plochý tvar vytváří podmínky pro vytvoření členité břehové čáry a vhodné předpoklady pro rozvoj příbřežní zóny (Just, 2005). V přímých úsecích je příčný profil široký a mělký se sklony svahů 1:3. V obloucích je příčný profil zahlobuný v tůni u konkávního břehu, který má větší sklon 1:1 a vytváří tak nárazový břeh stranové erozi. Jesep má naopak mírnější sklon 1:4,5.

Stabilita koryta je zajištěna tvarováním odpovídajícím přirozené morfologii přírodních koryt (Just, 2016a). Snahou je během výstavby koryta využít maximálně přirozenou stabilitu a pro případné zvýšení stability použít jen přírodě blízké způsoby. Při detailním návrhu revitalizace je nutné udělat analýzu vlastností zemin a hornin, v nichž je koryto vytvořeno. Podle zrnitosti materiálu a vymílací rychlosti je pak následně možné navrhnout konkrétní stabilizační prvky. Boční eroze je v oboru revitalizací chápána jako přirozený vývoj, který postupně dotváří koryto blízké přírodě. Boční eroze u revitalizovaného koryta je ovšem přípustná jen za předpokladu, že to nevede k ohrožení např. inženýrských sítí. Návrh tvarování koryta Lišanského potoka vychází z předpokladu vytvoření 40 metrů širokého potočního pásu, v rámci něhož budou vykoupeny pozemky a tak bude vytvořen prostor pro případnou boční erozi.

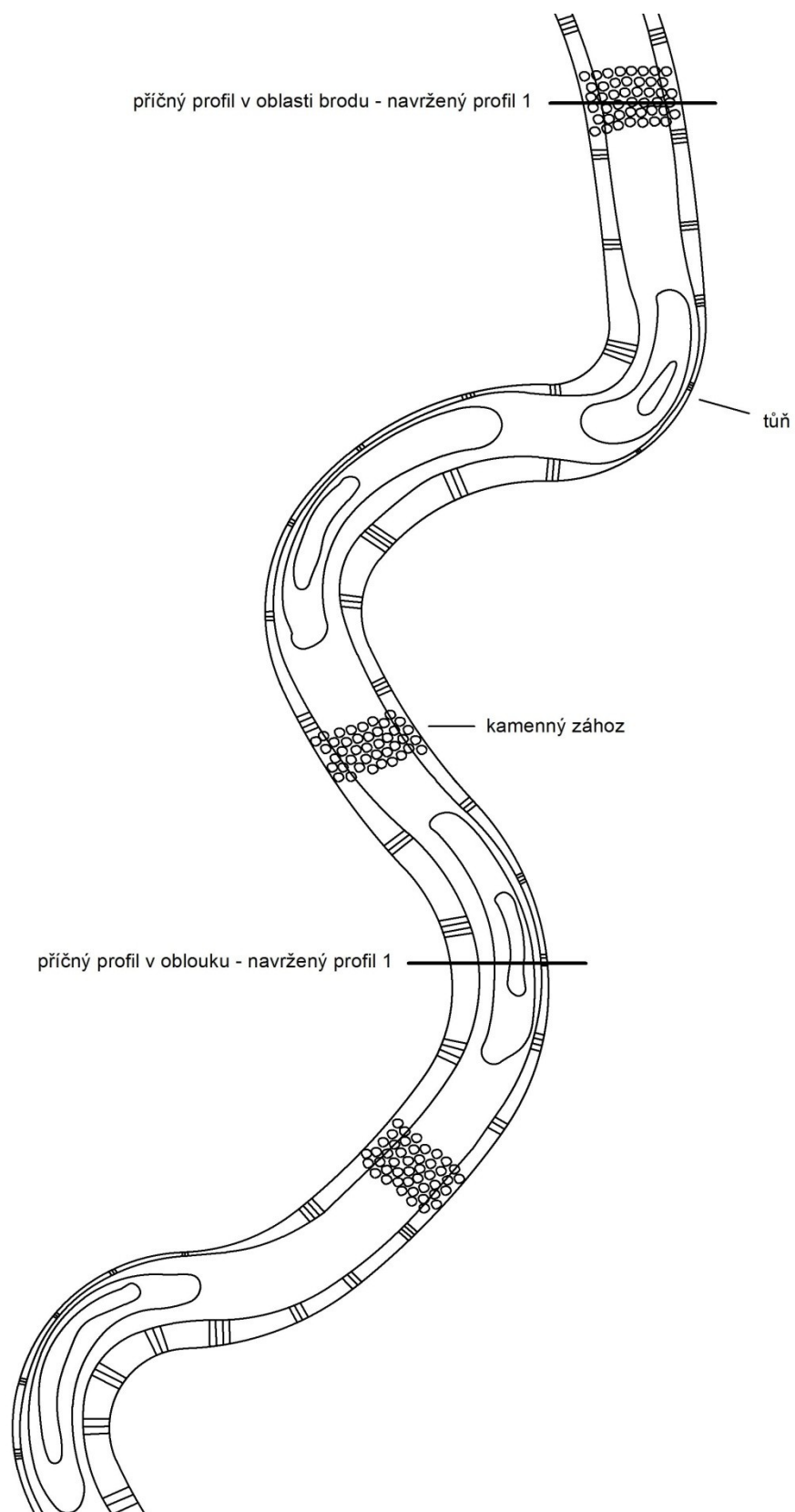
Při výstavbě a tvarování koryta je nutné si dát pozor na nevhodnou hloubkovou erozi. Vhodným řešením je stabilizace dna koryta kamenným záhozem (pasy z kamenného záhozu). Záhozy jsou situovány v přechodových úsecích mezi oblouky, přičemž pasy by měly být dostatečně široké a bezpečně sahat pod dolní zklidněnou hladinu, aby nedošlo k vytvoření nežádoucího přepadu vody přes dolní okraj pasu (Just, 2016a). Kromě stabilizace dna podporují kamenné záhozy ve dně i podélnou členitost koryta.

Stabilitu koryta zvyšují i tůně umístěné ve vrcholech oblouků u konkávního břehu, které tlumí energii příčného proudění. Takovéto tůně by se měly ve vhodně tvarovaném korytě vytvářet samovolně, ovšem ihned po výstavbě může být jejich stabilizační účinek velmi užitečný.

Pro zvýšení stability nového koryta je vhodné břehy zatravnit nebo ponechat přirozené sukcesí. Ve vegetační sezóně dojde již během několika týdnů ke zvýšení stability koryta.

Na obr. 73 je znázorněno navržené detailní tvarování koryta. Znázorněné příčné profily v oblasti brodu a oblouku pro navržený profil 1 jsou znázorněny na obr. 72 na předchozí straně.

Obr. 73: Detailní tvarová členitost koryta



8.7 Vegetační doprovod

Při navrhování nové trasy koryta bylo snahou využít a zachovat stávající vegetační doprovod v nivě. V celém zájmovém úseku nalezneme velké množství stromové a keřové vegetace. Navrhovaná trasa toku je z drtivé části nová a tak bude stávající břehový porost využíván v menší míře a spíše budou využity vhodné porosty v nivě potoka. Pro návrh cílové druhové skladby byl využit návrh břehového managementu pro Lišanský potok (Lesoprojekt, 2013). Charakter stávajícího vegetačního doprovodu a vzhled nivy je znázorněn v přílohách 10 a 11 na fotografiích pořízených během terénního průzkumu.

Zpočátku se u obce Lišany vyskytuje podél toku jen ojedinělý břehový porost, který tvoří bez a keřové vrby, mezi nimiž místy rostou lípy a jívy. Níva je pokryta z obou stran ornou půdou. Směrem k Červenému mlýnu se břehový porost postupně rozšiřuje, levý břeh je kryt smíšeným lesem a v pravé části nivy jsou rákosiny. Břehový porost je většinou souvislý nebo se vyskytuje ve skupinkách. Vyskytují se zde porosty olší, vrb, topolů i porosty střemchy. V keřovém patře převládají keřové vrby, bez a šípek. Zhruba od Hlavačova ř. km 4,3 po ř. km 3,022 (částečně úseky REV5 a REV6) jsou břehy kryty souvislým liniovým porostem, který má v některých místech charakter alejové výsadby tvořené kultivary topolů. Během roku 2016 byla z části vykácena tato alejová výsadba. Zleva částečně zasahuje smíšený lesní porost. Převládajícími dřevinami jsou vrby, javor mléč a javor klen. V keřovém patře převládají keřové vrby, hloh, trnka, líska a bez. Konečný úsek (REV8 a REV9) je tvořený souvislými porosty keřových vrb s občasně se vyskytujícími břízami. V tomto úseku bude nutná probírka několika popadaných stromů, které brání v přístupu ke korytu. Rizikovým faktorem v tomto úseku je výskyt bobra, hlavně případná stavba bobřích hrází, které mohou výrazně ovlivnit hydrologický režim toku a způsobit problémy během povodně.

Na obr. 76 je v ukázkovém úseku v mapě vyznačen návrh vegetačního doprovodu včetně vyznačené jednotlivé a skupinové výsadby a doprovodných porostů, které budou zachovány. Cílem návrhu je vytvoření břehových porostů stabilizujících koryto a na ně navazujících doprovodných porostů, které by propojily revitalizaci s ekologicky stabilními prvky v krajině. Záměrem při návrhu je využití pouze přirozeně se zde vyskytujících druhů dřevin a keřů. V rámci úprav trasy toku je navrhováno v několika úsecích rozvolnění břehů, čímž dojde k rozšíření koryta a zároveň k nevyhnutelnému poškození stávající břehové vegetace. Autor navrhuje v těchto úsecích zachovat vytržené vrbové pařezy a ty pak následně usadit do břehu nového koryta.

V místech, kde ke korytu přilehá orná půda (REV1 a REV6) je břehový porost ohrožován zemědělskou technikou. Je třeba zde vytvořit několik metrů široký zatravněný pás, který omezí přísun živin a sedimentů z plošného odtoku do vodního toku. Zatravnění bude provedeno běžnou travní směsí, která je laciná a bude později nejsnadněji prostoupěna místními nálety, které zde vytvoří stanoviště nejlépe odpovídajících druhů.

Podél potoka budou na březích nesouvisle umístěny skupiny hustě zapichovaných vrbových řízků a skupiny středních sazenic. Každá dřevina na břehu musí být individuálně chráněna před zvěří. Na krajích potočního pásu bude provedena nepravidelná skupinová výsadba, v hustých skupinách budou vysázeny střední i menší sazenice stromů a keřů, které budou chráněny oplocenkami proti zvěří. Skupinová výsadba v oplocenkách bude vymezovat

potoční pás proti sousedním plochám. Mezi jednotlivými skupinami a soliterními stromy budou volné plochy ponechané samovolné sukcesi. Just (2005) uvádí, že obnažené povrchy je nejlepší ponechat samovolné sukcesi. Pouze v úseku ř. km 6,7-6,1 (REV2) prochází nová trasa polem, které je navrženo vykoupit a přeměnit na trvalé travní porosty, přičemž zde bude nejdříve nutná skrývka ornice a až poté budou plochy ponechány samovolné sukcesi.

Nejvhodnějšími dřevinami pro břehové i doprovodné porosty jsou vrby – vrba bílá a vrba křehká. Hlavními výhodami vrby jsou: rychlý růst, velmi dobrá ujmavost a schopnost přirozeného množení. Nejlepší dobou pro výsadbu vrb je jaro (Šlezinger, 2010). Další použitou dřevinou je olše lepkavá, která je typickou dřevinou vlhkých břehů a hojně se vyskytuje v nivě Lišanského potoka. Sřemcha obecná tvoří doplňkovou dřevinu břehových porostů, navíc snáší zastínění a je velmi odolná a přizpůsobivá. Často tvoří podrost v lužním lese a na vlhkých místech. Na okraji potočního pásu je vhodným druhem jasan ztepilý, jež má velmi dobrou ujmavost, ale nesnese delší zaplavení vodou (Šlezinger, 2010).

Z keřových porostů budou na březích vysázeny hlavně keřové vrby a dále od toku: brslen evropský, kalina obecná a hloh obecný.

Trasa nového koryta velkou částí prochází rákosinami (REV3-REV5), autor navrhuje ponechat tyto úseky přirozené sukcesi a nevysazovat zde žádné dřeviny ani keře. V této části trasy autor předpokládá zvýšené zamokření nivy a obnovu původních mokřadů.

Závěrečný úsek (REV8 a REV9) bude také ponechán bez zásahů. Celý úsek je pokryt souvislým porostem keřových vrb s občasně se vyskytujícími břízami.

8.8 Technické řešení stavby

Stejná trasa koryta bude v rámci revitalizační akce ponechána ve třech úsecích. Nejprve se jedná o úsek od silničního mostu do Lišan po soutok s Chrást'anským potokem (REV1), dále o úsek od železničního mostu (REV6) a nakonec závěrečný úsek (REV8 a REV9).

V horním úseku REV1 od silničního mostu do Lišan po soutok s Chrást'anským potokem (ř. km 7,889-7,411) není možné zásadně měnit trasu z důvodu plánovaného založení chmelnice na pravém břehu a plochy vymezené pro sportoviště na levém břehu. V této části je třeba nejprve ze stávajícího koryta odstranit umělé opevnění, poté bude vytvořeno navržené koryto s kapacitou blízkí se Q_1 (viz profil 2). Současné koryto bude potřeba změřit na úroveň navrženého příčného profilu 2. Vhodným materiálem bude vytěžená zemina při výkopu nové trasy a z důvodu větší stability materiálu bude zemina doplněna kamennými prvky.

Stejně řešení bude použito v úseku REV6 od železničního mostu (ř. km 3, 927-3, 5). Trasa potoka je posunuta až k patě svahu na levém břehu, zatímco na pravém břehu se vyskytuje orná půda.

Závěrečný úsek je poměrně specifický (ř. km 3, 022-2, 285). Nejprve v úseku REV8 (přibližně ř. km 3, 020-2,7) autor navrhuje nebudovat nové koryto. V tomto úseku došlo k totální destrukci původního opevnění laťovými plůtky a rozlité potoka do nivy. Tím došlo k vytvoření unikátního mokřadního prostředí. Příroda se v tomto případě projevila jako nejúčinnější revitalizační činitel. Nemá tedy smysl zde nákladně stavět nové koryto a narušovat započatý proces přirozené renaturace. Koryto zde není ani výrazně zahloubeno a tak lze opatření

omezit maximálně na odstranění drobných zbytků opevnění, ale jinak nezasahovat v tomto úseku.

V samotném závěru v úseku REV9 (ř. km 2,7-2,285) je vhodné odstranit odolné opevnění a kamenný stupeň. Korytu bude z větší části ponechána stávající trasa, z menší části bude trasa rozvlněna. Nutné je koryto změlčit, neboť je příliš zahloubené. Na levém břehu je třeba si dát pozor na prostor bývalé odkalovací nádrže a pro jistotu zde neprovádět žádné stavební práce, jelikož hrozí riziko otevření starých ekologických zátěží ze závodu RAKO I.

Od soutoku s Chrástáňským potokem níže v úsecích REV2-REV5 a REV7 (ř. km 7,411-3,927 a 3,5-3,022) bude vytvořeno téměř v celé délce koryto zcela nové. Zemina vytěžená při výstavbě nového koryta bude použita k zasypání stávajícího koryta a částečně k změlčení koryta v úsecích REV1 a REV6. Při výstavbě nového koryta je třeba věnovat zvláštní pozornost místům křížení nového koryta se starým. Při křížení trasy nového koryta se starým je třeba zesílit odolnost dna a břehů např. kamennými záhozy. Toto místo je citlivé a opevnění je nutné, aby bylo zabráněno možnému proražení toku do starého koryta, které bude zasypáno méně zhutněným materiálem. V případě zachování stávajícího koryta je riziko, že by mohlo soustřeďovat povodňové průtoky a časem se i vrátit do staré trasy Just (2005).

Staré koryto bude z větší části zasypáno, přičemž z části v něm budou vytvořeny mělké tůň. Tůň budou umístěny hlavně v místech vyústění odvodňovacích kanálů. Ty byly v minulosti v celé délce opevněny. Při vyšších vodních stavech má soustředěný odtok z těchto kanálů značnou energii a může tak ohrozit revitalizovaný úsek. Řešením je vytvoření tůní v korytech těchto přítoků před ústím do revitalizovaného úseku, tůň budou účinně tlumit energii vody. U ústí Chrástáňského potoka není možné vytvořit tůň, neboť zde není žádoucí zamokření z důvodu obhospodařování orné půdy. Místo toho je zde navrženo vytvoření větší vnitrokorytové tůně a opevnění ústí kamenný pohozem. Tůň poskytují útočiště pro živočichy, navíc pořizovací náklady na vytvoření tůní ve starém korytě jsou malé, neboť odpadá problém hloubení zeminy a jejího následného uložení.

8.9 Ostatní opatření

V rámci revitalizačních úprav se nabízí i možnost vytvoření prvků zlepšujících vzhled koryta a zvyšujících rekreační potenciál území. Nezbytnou součástí revitalizace je umístění informační tabule. Ta by měla výstižně a poutavou formou informovat o provedené akci a dalších přírodních zajímavostech v území. U obce Lišany lze zlepšit přístup k potoku vybudováním schodiště z kulatiny (viz obr. 74 z Hostivice), dále je možné vybudovat na břehu rekreační sezení v rámci plánovaných sportovišť na levém břehu.

Obr. 74: Schody z kulatiny



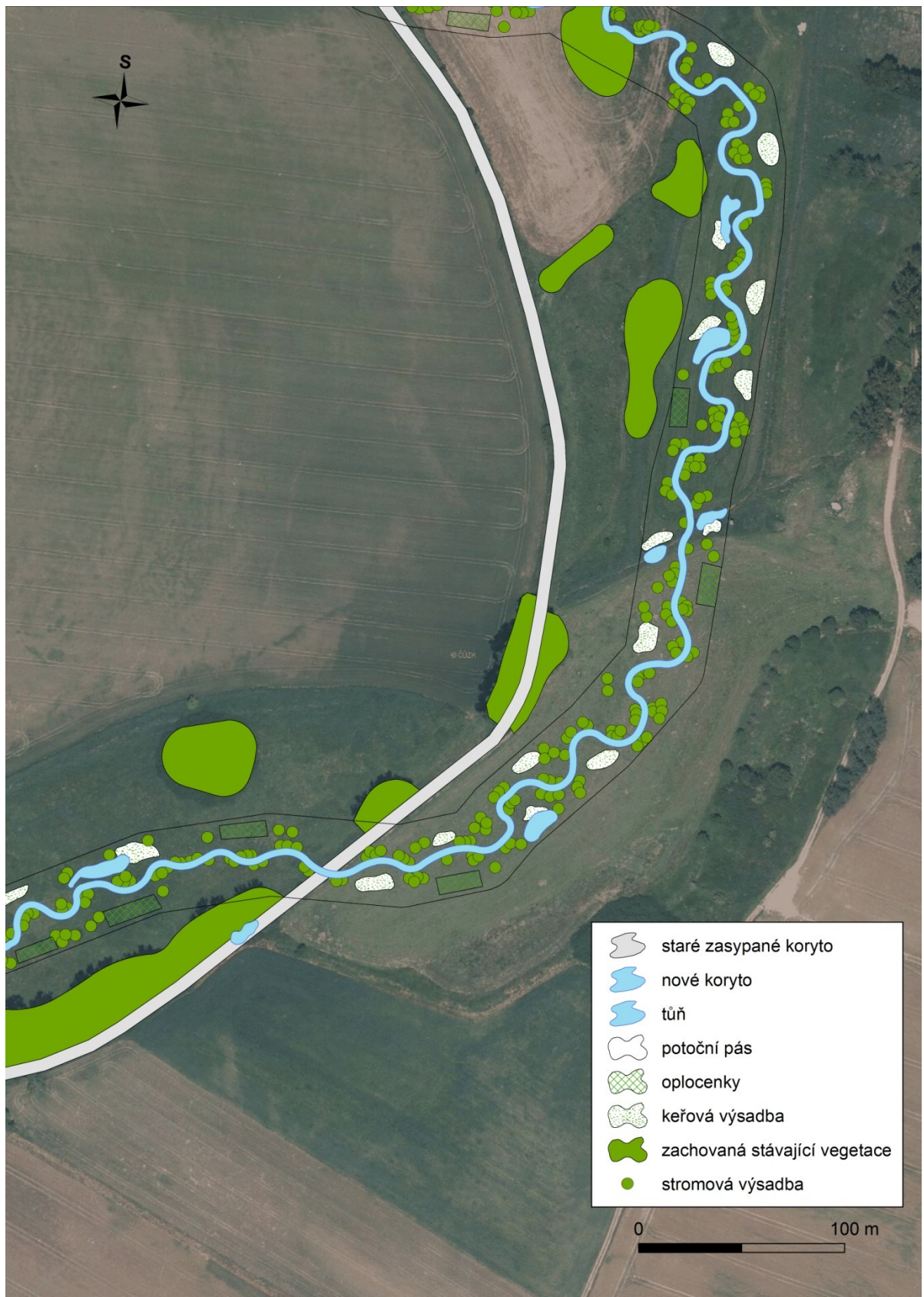
Obr. 75: Informační tabule (zdroj:Just, 2005)



Podél potoka lze vytvořit naučnou stezku s informačními tabulemi (viz obr. 75) a odpočinkovými místy. Naučná stezka by mohla být vytvořena v rámci cyklotrasy, která by navazovala na cyklotrasu č. 0102 u Šamotky a poté pokračovala podél potoka směrem na Lišany, kde by se napojila na již existující cyklotrasu č. 8168. Cyklostezka by zároveň fungovala i jako pěší trasa, neboť mezi Lišany a Rakovníkem vede pouze silnice I/229, která je velice frekventovaná a nebezpečná jak pro chodce, tak pro cyklisty. Jelikož se předpokládá zvýšené zamokření celé nivy potoka, může být cyklotrasa z části vedena po dřevěném povalovém chodníku.

Na obr. 76 je ukázkový úsek návrhu revitalizace. Znáznorněna je nová trasa toku, vytvořené tůně i návrh vegetačního doprovodu.

Obr. 76: Ukázkový úsek návrhu revitalizace v úseku REV2 (zdroj: ČÚZK)



9 SHRNUÍ VÝSLEDKŮ A DISKUZE

Revitalizace jsou účinným nástrojem k dosažení příznivého ekologického stavu antropogenně modifikovaných vodních toků (Just, 2005). Opatření by měla směřovat k celkovému vylepšení ekologického stavu v rámci širšího okolí toku (potočního pásu), ideálně v měřítku celého povodí (Palmer a kol, 2014).

Na Lišanském potoce (úsek ř. km 0,00-8,97) byla aplikována metoda HEM (Langhammer, 2014) monitorující hydromorfologické charakteristiky toku. Kromě vyhodnocení hydromorfologického stavu toku bylo cílem nalézt hlavní degradační činitele, kteří degradují současný stav potoka. Hlavním problémem je téměř souvislá úprava koryta a přílišné zahloubení koryta. Napřímené koryto nepřírozeně odvodňuje nivu a urychluje průběh povodní. Započetí procesu přirozené renaturace je ve většině úseků limitováno odolným opevněním a zahloubením. Jediným možným řešením vedoucím k zlepšení ekologického stavu tak je technická revitalizace toku. Na základě provedeného vyhodnocení a terénního průzkumu lze mapovaný úsek rozdělit na několik homogenních částí, které se navzájem liší svým charakterem.

1. Od ústí do Rakovnického potoka po Hamr (LIS001-LIS008). Charakteristický pro tento úsek je částečný rozpad původního opevnění, břehy jsou lemovány převážně liniovou vegetací. V nivě převažují vodní plochy a mokřady.
2. Následují dva zcela protikladné úseky LIS009 a LIS010, které nelze přiřadit k žádným jiným úsekům a tak byly spojeny dohromady. LIS009 představuje nejvíce antropogenně zatížený úsek, který byl hodnocen stupněm 4. V minulosti zde byla z důvodu ochrany před povodněmi provedena souvislá úprava profilu betonem a trávobetonovou dlažbou. Přesným opakem je úsek LIS010, který jako jediný úsek Lišanského potoka nebyl nikdy v minulosti upraven. Lišanský potok zde proráží skalní podloží a vytváří unikátní stupeň.
3. Úseky LIS011 a LIS012 tvoří další unikátní úsek, ve kterém došlo z větší části k rozpadu opevnění koryta, vylití potoka do nivu a tím započatí procesu samovolné renaturace toku. V rámci návrhu revitalizace je navrženo ponechat tento úsek z větší části zcela bez zásahu, protože příroda se projevila jako nejúčinnější revitalizační činitel.
4. Další homogenní část je tvořena úseky LIS013-LIS015. Opevnění koryta je odolnější než v předchozích částech. Niva je na pravém břehu tvořena ornou půdou, na levém břehu loukou a lesem.
5. Následuje velmi dlouhý úsek LIS016-LIS022. Kromě úseku LIS019 a pravé části nivu úseku LIS016 je Lišanský potok z obou stran lemován vlhkými loukami, které přecházejí v mokřad. Lze využít retenční potenciál široké nivu ke zpomalení postupu povodně a k podpoře tlumivého rozlivu.
6. Poslední částí jsou úseky LIS023-LIS029. Do té doby méně využívaná niva se mění v mozaiku polí a občasné trvalé travní porosty. Břehová vegetace je tvořena

trávobylinnými společenstvy s jednotlivě rostoucími stromy. Pole se přimykají až k samotnému korytu potoka.

Zkoumaná část Lišanského potoka je na základě celkového vyhodnocení HEM (Langhammer, 2014) hodnocena jako středně modifikovaná. Celkem 49,9 % délky dosáhlo hodnocení stupněm 3, asi 49 % délky je hodnoceno jako slabě modifikované. Hodnocení pomocí metodiky EcoRivHab (Matoušková, 2003, 2004) provedla v povodí Lišanského potoka Kučerová (2008). Na základě jejího hodnocení byl zájmový úsek Lišanského potoka (ř. km 0,00-8,97) hodnocen většinou stupněm 3 (středně antropogenně ovlivněný) a v okolí obce Lišany stupněm 4 (silně antropogenně ovlivněný). Při porovnání výsledků obou prací si hodnocení částečně odpovídá, ale spíše Kučerová (2008) hodnotí úseky o 1 stupeň hůře. Ačkoliv si jsou obě metodiky podobné, existují mezi nimi rozdíly. Zásadní rozdíl je v principu hodnocení, který u EcoRivHab spočívá ve srovnání úseku s předem definovaným referenčním stavem. Zatímco HEM hodnotí aktuální stav parametrů. Obě metody hodnotí shodně 3 zóny. Mapování pomocí HEM v terénu je jednodušší, neboť je sledováno celkem 17 parametrů, zatímco EcoRivHab jich sleduje 31. Rozdílné výsledky mého mapování a mapování Kučerové (2008) mohou být dány odlišným způsobem hodnocení výsledků. Všechny parametry v EcoRivHab mají při hodnocení stejnou váhu, zatímco u HEM se váha liší dle parametrů a skupiny typů toků. Na základě zmíněných informací a srovnání metod lze říci, že rozdíly v řádu 1 třídy jsou možné.

Hlavním cílem předkládané diplomové práce byl návrh revitalizačních opatření na Lišanském potoce. Na základě hodnocení hydromorfologie, analýzy historických map a zjištěných poznatků při hodnocení provedených revitalizací bylo navrženo zcela nové meandrující koryto, které je členité v příčném i podélném profilu. Návrh respektuje obecná doporučení pro návrhy koryt (Just, 2005, Palmer a kol., 2014, Šlezinger, 2010). Navržená kapacita ve volné krajině odpovídá doporučené kapacitě Q_{30d} . V úsecích, kde ke korytu přiléhají pole, je navržená kapacita zhruba na úrovni Q_1 (Just, 2005, Vrána, 2004). Jak zmiňuje Šmerausová (2010), pro návrh nové trasy by bylo vhodné definování regionálních referenčních podmínek pro jednotlivé typy vodních toků. Potřebu stanovení referenčních hydromorfologických podmínek při návrhu revitalizačních opatření zmiňují také Kujanová a Matoušková (2016). Úpravy v zájmovém povodí byly tak intenzivní, že bohužel nebyl nalezen žádný přírodní nebo přírodě blízký úsek, který by měl podobné sklonitostní podmínky i průtokový režim. Z tohoto důvodu vycházel autor při navrhování trasy z obecných poznatků říční geomorfologie.

Koryto je v praxi často považováno za hlavní složku obnovy vodních ekosystémů (Palmer a kol, 2014). Dle názoru autora je to z části pravda, ale jako přínosnější autor vidí obnovu v rámci širšího okolí. Proto bylo navrženo vytvoření 40 m širokého pásu, ve kterém koryto meandruje, je doplněno odpovídajícím vegetačním doprovodem a má dostatečný prostor pro budoucí dynamický vývoj, jak navrhují, Kline a Cahoon (2010).

I přesto, že je návrh revitalizace hlavním cílem práce a je svědomitě vypracován, tak si autor uvědomuje, že navržená revitalizační opatření ve zvoleném úseku nemohou vést k zásadnímu zlepšení ekologického stavu v měřítku celého povodí, což by mělo být ideálním

koncovým stavem. Téměř všechny vodní toky jsou v zájmovém povodí nevhodně upraveny a celé území je intenzivně zemědělsky využívanou krajinou. Kail a kol. (2012) a Selvakumar a kol. (2010) se shodují, že jedním z limitujících faktorů úspěšné revitalizace je kvalita vody. Hlavním zdrojem znečišťujících látek (N-NO₂ a N-NO₃) v zájmovém povodí jsou plošné splachy z polí. Je zcela jasné, že i když by dle návrhu mělo dojít k posílení samočisticí funkce koryta a obecně k podpoře procesů samočištění, kvalita vody se nijak zásadně nezlepší, neboť nebude odstraněn hlavní zdroj znečišťujících látek. Do budoucna je tedy nutné se zaměřit na komplexní opatření v měřítku celého povodí (Palmer a kol., 2014). Nutná bude implementace nástrojů protierozní ochrany zemědělské půdy – tzn. vytváření zatravněných pásů, obnova mezí, výstavba protierozních průlehů nebo pásové střídání plodin. Důležitým opatřením je snaha o celkovou změnu využití půdy v povodí (Janský 2004). V druhé polovině 20. století byly trvalé travní porosty a mokřady v nivách nahrazeny ornou půdou (Trnka, 2007). Na nivy je nutné nahlížet jako na přirozený záplavový prostor, proto by měla opatření spočívat ve zvyšování podílu travních porostů v nivách (Janský, 2004, Janský a Kocum, 2007). Velmi pozitivní efekt má zvyšování podílu lesů v povodí, jak uvádí např. Quinn a kol. (2009) na příkladu zalesnění zemědělské oblasti Waikato na Novém Zélandu, které vedlo ke snížení plošného splachu z polí a nadlepšení průtoků v letních měsících.

Kučerová (2008) hodnotila pomocí metody EcoRivHab, mimo Lišanský potok, i jeho tři přítoky: Čistý potok, Chrástánský potok a Červený potok. Vymezené úseky byly většinou hodnoceny jako středně antropogenně ovlivněné. Výjimkou byl Chrástánský potok, který byl z větší části hodnocen jako mírně ovlivněný a z menší části jako silně antropogenně ovlivněný. Do budoucna je nutné přesunout pozornost na tyto přítoky i horní část Lišanského potoka, neboť jak zmiňují Leuven a Nienhuis (2001), je potřeba vnímat vodní tok jako kontinuum, jinak hrozí degradace revitalizovaného úseku. Pokud budou všechna tato opatření uskutečněna, bude možné poté hovořit o skutečně úspěšné komplexní revitalizaci, která by měla být pomyslným vrcholem snah o revitalizaci vodních ekosystémů.

Povodí Lišanského potoka je intenzivně zemědělsky využívanou krajinou, kde je krajinnou maticí orná půda. Z hlediska kvality vody jsou nejhůře hodnoceny parametry dusitanový a dusičnanový dusík, které se do vody dostávají v důsledku používání dusíkatých hnojiv v zemědělství. Velmi podobným povodím je z hlediska zemědělského využití půdy povodí Slubice, na kterém hodnotila kvalitu vody Šmerausová (2010). Dusičnany byly hodnoceny jakostním stupněm V, naměřené koncentrace byly až 4násobně vyšší než na Lišanském potoce. Oproti studii Matoušková (2003) je z hlediska kvality patrné výrazné snížení koncentrací nerozpuštěných látek na Lišanském potoce. Během vlastních odběrů byla nejvyšší naměřená koncentrace v profilu nad ústím Čistého potoka 51 mg/l, v podobném profilu bylo v roce 1995 naměřeno 369 mg/l a před ústím do Rakovnického potoka dokonce 836 mg/l. Hlavním zdrojem znečištění byly odpadní vody ze závodu RAKO I, ve kterém už dnes nefunguje výroba a došlo tak k dramatickému zlepšení stavu.

Vývoj krajinného pokryvu v povodí Lišanského potoka odpovídá obecným trendům vývoje krajiny České republiky (Lokoč a Lokočová, 2010). Nejdramatičtější změny se odehrály v nivě Lišanského potoka v posledních 50 letech, kdy se výrazně zvýšil podíl orné půdy na úkor

trvalých travních porostů. Původní vlhké louky v široce rozevřené nivě byly odvodněny a nahrazeny zemědělskými plochami. Z celkového pohledu však došlo v zájmovém povodí od konce 19. století k poklesu rozlohy orné půdy a zvýšení podílu lesů. Zastavěné plochy od poloviny 19. století téměř ztrojnásobily svou plochu. Velmi důležitou roli, ale hraje i změna celkové struktury a mozaikovitosti krajiny, krajina se v důsledku kolektivizace zemědělství stala více jednotvárnou. Tím se snížil objem vody zadržovaný mikrorelíéfem krajiny a zrychlil se tím odtok vody z krajiny (Matoušková, 2007).

Na základě poskytnutých dat byla variabilita denních průtoků hodnocena jako značně vysoká. Poskytnutá datová řada průměrných denních průtoků (VÚV, 2016) byla příliš krátká a tak není možné odvodit obecné dlouhodobé trendy odtokových poměrů. Studie Horáček, Kašpárek a kol. (2011) se zabývala možnostmi zmírnění dopadů současných klimatických změn v povodí Rakovnického potoka, jejich obecné závěry lze vztáhnout i na Lišanský potok. Studie zaznamenala celkový pokles odtoku, který je spojen s poklesem dotace vody z podzemních vod.

V rámci práce byly hodnoceny i dvě revitalizační akce. Provedená akce na Botiči je po téměř 10 letech od dokončení hodnocena jako neúspěšná. Očekávané cíle nebyly naplněny a akce spíše posloužila k předlážďení koryta, než k zlepšení vzhledu a podmínek koryta. Botič je na základě už dříve prezentovaných výsledků v práci Tichý (2014) hodnocený jako silně ovlivněný městský tok trpící tzv. syndromem urbanizovaného toku (Walsh a kol., 2005). Na základě těchto zjištění autor navrhuje přesunout pozornost spíše na horní úsek toku v Hostivaři, který je metodou HEM hodnocený jako slabě modifikovaný a kde je k dispozici určitý prostor pro dílčí revitalizační úpravy koryta a zvýšení retence nivy. Potřebu přesunout pozornost při revitalizaci městských toků do horních částí povodí zmiňují i Bain a kol. (2014), kteří se ve své studii zaměřili na dříve značně degradovanou říčku Nine Mile Run na okraji Pittsburghu.

Naopak revitalizační akce v Hostivici je hodnocena velmi pozitivně, neboť došlo k naplnění očekávaných cílů a znatelnému zlepšení hydromorfologického stavu toku. Z hlediska hydromorfologie je revitalizovaný úsek hodnocen jako slabě a středně modifikovaný. Jak uvádí Kujanová a Matoušková (2016), cílem revitalizací je zlepšení hydromorfologického stavu toku, které při odpovídající kvalitě vody povede k dosažení dobrého ekologického stavu. Na základě srovnání původního vzhledu koryta z ortofota a dostupných fotografií se současným stavem lze říci, že došlo k vylepšení hydromorfologického stavu zhruba o 1 stupeň.

Revitalizace jsou vnímány jako účinný nástroj dosažení dobrého ekologického stavu. Celkové zlepšení ekologického stavu zahrnuje vylepšení hydromorfologických složek, biologických složek, chemických a fyzikálně chemických složek. Proto autor doporučuje do budoucna zahájit komplexní monitoring na Litovickém potoce. Vhodnými parametry jsou např. monitoring kvality vody a hydrobiologie (Pander a Geist, 2013). Hodnocen může být i stav břehové vegetace. Hodnocení břehové vegetace se ve své publikaci věnuje Šlezinger (2010). Procházka a kol. (1999) hodnotil stav břehové vegetace na revitalizovaném Mlýnském potoce. Komplexní monitoring následně spolehlivě prokáže, zda bylo dosaženo dobrého ekologického stavu ve smyslu požadavků Rámcové směrnice vodní politiky 2000/60/ES. Komplexní monitoring prosazují např. Klein a kol. (2007).

U obou projektů byla hodnotícím kritériem finanční nákladnost akce, ta byla hodnocena pomocí vypočítané ceny běžného metru nivy (bm) (Just, 2005). V Hostivici vyšel 1 bm na 6 179 Kč, zatímco na Botiči to bylo 38 251 Kč/bm. Musilová (2012) ve své práci hodnotila nákladnost revitalizačních akcí v České republice, na základě hodnocení asi 150 projektů se náklady pohybovaly mezi 900-5000 Kč/bm. Kenney a kol. (2012) se zase zaměřili na nákladnost uskutečněných akcí v Baltimoru v Marylandu, průměrná cena za 1 stopu městské revitalizace se pohybovala mezi 500-1 200 \$.

10 ZÁVĚR

Předkládaná diplomová práce se zabývala problematikou návrhu a hodnocení revitalizací vodních toků. Hlavním cílem práce byl návrh revitalizačních opatření na Lišanském potoce. Hlavními podklady pro návrh bylo hodnocení hydromorfologického stavu toku pomocí metodiky HEM (Langhammer, 2014), analýza změn krajinného pokryvu a antropogenní upravenosti povodí na základě dostupných historických map, hodnocení kvality vody a hodnocení odtokových poměrů v povodí Lišanského potoka. Dílčím cílem práce bylo hodnocení dvou uskutečněných revitalizačních akcí, které posloužilo jako vhodný podklad (vzor) pro návrh vlastní revitalizační studie na Lišanském potoce.

Většina toků v zájmovém povodí byla nevhodně upravena v důsledku hydromeliorací. Hydromorfologický stav Lišanského potoka byl ve zkoumaném úseku hodnocen stupněm 3, což je středně modifikovaný stav. Níva je jen málo zemědělsky využívána. Technická úprava koryta se proto jeví jako zcela nevhodná. Současné koryto nepřirozeně odvodňuje nivu a zrychluje postup povodní. Kvalita vody potoka je určována především intenzivním zemědělským hospodařením v povodí. Koncentrace dusitanového dusíku byly dle poskytnutých dat hodnoceny V. třídou jakosti. Koncentrace dusičnanového dusíku byly dle dat poskytnutých Podnikem povodí hodnoceny třídou III. a IV., na základě vlastních odběrů pak IV. a V. třídou.

Na základě výše uvedených výsledků byla navržena revitalizační opatření na Lišanském potoce v úseku ř. km 2,285-7,889. Hlavními cíly návrhu jsou:

- Odstranění umělého opevnění a vytvoření nového přírodě blízkého koryta
- Prodloužení trasy toku a doby průběhu vody
- Obnova členitosti dna a podélného profilu
- Vytvoření (obnova) potočního pásu
- Zvětšení aktuální zásoby vody v korytě a nivní podzemní vody
- Tlumení a zpomalení průběhu povodně rozlivem vody v nivě

Bylo navrženo nové meandrující koryto přírodě blízkých tvarů s výrazně nižší kapacitou koryta odpovídající Q_{30d} a v některých úsecích se blížíci Q_1 . Autor se domnívá, že navržená opatření mohou v budoucnu vést k zlepšení ekologického stavu toku. Limitujícím faktorem je však kvalita vody určená intenzivní zemědělskou činností. Do budoucna bude vhodné se zaměřit na opatření v rámci celého povodí a omezit nevhodné účinky zemědělské činnosti na vodní ekosystémy.

11 SEZNAM LITERATURY

- AGROPROJEKT PRAHA (1977): Odvodnění pozemků a úpravy toků v povodí Lišanského potoka – II. stavba. Hlavní projektant Adamec, projektová dokumentace.
- AGROPROJEKT PRAHA (1995): Úprava Lišanského potoka v Rakovníku. Hlavní projektant Kubalová, projektová dokumentace.
- AGROPROJEKT PRAHA (1999): Revitalizace Lišanského potoka III. Hlavní projektant Bareš, projektová dokumentace.
- ANONYMUS (2009): Revitalizace Černého potoka a jeho přítoků v přírodní rezervaci Černá louka – dokončení. – Terén Design, s.r.o., Teplice.
- BAIN, D. J. a kol. (2014): Characterizing a major urban stream restoration project: Nine mile run (Pittsburgh, Pennsylvania, USA). *Journal of the American water resources association*, 50, 6, 14 s.
- BALATKA, B., KALVODA, J. (2006): Geomorfologické členění reliéfu Čech. Kartografie Praha, Praha, 79 s.
- BAVARIAN STATE OFFICE FOR ENVIRONMENT: Step of river restoration, In: BINDER, W., GÖTTLE, A., SHUHUI, 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 s.
- BEECHIE, T., SEAR, D. A., OLDEN, J. D., PESS, G. R., BUFFINGTON, J. M., MOIR, H., RONI, P., POLLOCK, M. M. (2010): Process-based principles for restoring river ecosystems. *Bioscience*, 60, 3, s. 209-222.
- BENEŠ, J., MENHARD, P., CIHLÁŘ, J. (2014): Studie proveditelnosti vodních nádrží v povodí Rakovnického potoka. XXXIV. Priehradne dni, 8 s.
- BERNHARDT, E. S., a kol. (2005), Synthesizing U.S. river restoration efforts, *Science*, 308, s. 636-637.
- BERNHARDT, E. S., a kol. (2007), Restoring rivers one reach at a time: Results from a survey of U.S. river restoration practitioners, *Restoration Ecol.*, 15, s. 482-493.
- BERNHARDT, E. S., and M. A. PALMER (2011), River restoration - The fuzzy logic of repairing reaches to reverse watershed scale degradation, *Ecol. Appl.*, 21, s. 1926-1931.
- BERNHARDT, E., S., PALMER, M., A. (2007): Restoring streams in an urbanizing World. *Freshwater Biology* 52, s. 738-751.
- BINDER, W., GÖTTLE, A., SHUHUI, D. (2015): Ecological restoration of small water courses, experiences from Germany and from projects in Beijing. *International Soil and Water Conservation Research*, 3, s. 141-153.
- COCKERILL, K., W. P. ANDERSON (2014): Creating false images: Stream restoration in an urban setting. *J. Am. Water Resour. Assoc.*, 50, s. 468-482.
- COMITI, F., HECHER, P. (2011): Sediment management and its implications for river restoration in South Tyrol Platform Water Management in the Alps - *International Workshop on Sediment Transport*, 24 s.

- ČHMÚ (2013): Hydrologický průběh povodní. Dílčí zpráva - Vyhodnocení povodní v červnu 2013. Praha, 172 s.
- ČHMÚ: Hodnoty M-denních a N-letých průtoků pro profil u obce Lišany, In: GEO VISION (2016): Lišanský potok – studie revitalizace vodního toku. Geo Vision s. r. o. Hlavní řešitel Hájek.
- ČSN 75 7221 Jakost vod – Klasifikace jakosti povrchových vod. Vydavatelství norem, 20 s.
- ČSÚ (1991): Sčítání lidu, domů a bytů k 3. 3. 2001. Základní informace o obcích ČR. Český statistický úřad, Praha.
- ČSÚ (2001): Sčítání lidu, domů a bytů k 1. 3. 2001. Základní informace o obcích ČR. Český statistický úřad, Praha.
- ČSÚ (2011): Sčítání lidu, domů a bytů k 26. 3. 2001. Základní informace o obcích ČR. Český statistický úřad, Praha.
- DEMEK, J., MACKOVČIN, P. a kol. (2006): Zeměpisný lexikon ČR: Hory a nížiny. Brno: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 582 s.
- FALK a kol. (2006): Foundations of Restoration Ecology. Washington DC: Island. In: PALMER, M. A. a kol. (2014): Ecological Restoration of Streams and Rivers: Shifting Strategies and Shifting Goals. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 4, s. 247-269.
- GEO VISION (2016): Lišanský potok – studie revitalizace vodního toku. Geo Vision s. r. o. Hlavní řešitel Hájek.
- HARTVICH, P., DVOŘÁK, P. (2012): Revitalizační efekty přírodě blízkého bypasu u migrační bariéry na řece Blanici, s. 77-79. In: JONGEPIEROVÁ, I, PEŠOUT, P., JONGEPIER, J. W., PRACH, K. (2012): Ekologická obnova v České republice. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR. Praha, 148 s.
- HAVLÍK, V., MAREŠOVÁ, I., (1994): Hydraulika 1 – příklady. ČVUT v Praze, 243 s.
- HORÁČEK, S., KAŠPÁREK, L. a kol.. (2011): Možnosti zmírnění důsledků klimatické změny zlepšením akumulací schopnosti v povodí Rakovnického potoka. VÚV, 164 s.
- HYDROPROJEKT PRAHA (1970): Meliorační opatření v povodí Lišanského potoka. Hlavní projektant Šedivec, projektová dokumentace.
- HYDROSOFT VELESLAVÍN (2015): Vymezení záplavového území Lišanského potoka. Povodí Vltavy, 26 s.
- JANSKÝ, B. (2004): Retence vody v povodí. In. LANGHAMMER, J. (ed.): Sborník příspěvků semináře grantu GAČR 205/Z052/03 Hodnocení vlivu změn přírodního prostředí na vznik a vývoj povodní. PřF UK v Praze, Praha, s. 59-70.
- JUST, T. (2003): Revitalizace vodního prostředí. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR. Praha, 144 s.
- JUST, T. (2005): Vodohospodářské revitalizace a jejich uplatnění v ochraně před povodněmi. Česko: Český svaz ochránců přírody, Praha, 359 s.
- JUST, T. (2010): Přírodě blízké úpravy vodních toků v intravilánech a jejich význam v ochraně před povodněmi. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR. Praha, 213 s.

- JUST, T. (2011): Samovolné renaturace – Cesta zlepšování morfologického stavu vodních toků. Prezentace - Agentura ochrany přírody a krajiny ČR. Praha. 26 s.
- JUST, T. (2015): K problémovým aspektům revitalizačních a protipovodňových opatření – pozemky. Prezentace – Agentura ochrany přírody a krajiny ČR. 31 s.
- JUST, T. (2016a): Ekologicky orientovaná správa vodních toků v oblasti péče o jejich morfologický stav. Metodika - Agentury ochrany přírody a krajiny ČR. Praha, 81 s.
- JUST, T. (2016b): Revitalizace Litovického potoka v Hostivicích. Fórum ochrany přírody, 4, s. 42-45.
- JUST, T., PITHART, D. BUFKOVÁ, I. (2012): Mokřady a vodní toky, s. 65-73. In: JONGEPIEROVÁ, I, PEŠOUT, P., JONGEPIER, J. W., PRACH, K. (2012): Ekologická obnova v České republice. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR. Praha, 148 s.
- KENNEY, M. A., WILCOCK, P. R., HOBBS, B. F., FLORES, N. E., MARTÍNEZ, D. C. (2012): Is urban stream restoration worth it?, Journal of American Water Resources Association, 48, s. 603-615.
- KENTULA, M. E. (2000): Perspectives on setting success criteria for wetland restoration. Ecological Engineering, 15, s. 199-209.
- KERN, K., FLEISCHHACKER, T. (2002): Ecomorphological surfy of large rivers – Monitoring and assessment of physical habitat conditions and its relevance to biodiversity. Large Rivers, 13, s. 1-28.
- KINCL, J. (2014): Hydrologická studie povodí vodního toku Lišanského potoka a posouzení stavu koryta a vodohospodářských objektů. Diplomová práce, ČZÚ v Praze, 117 s.
- KLEIN, L. R., CLAYTON, S. R., ALLREDGE, J. R., GOODWIN, P. (2007): Long term monitoring and evaluation of the Lower Red River meadow restoration project, Idaho, USA. Restoration Ecology, 15(2), s. 223-39.
- KLIMENT Z., MATOUŠKOVÁ, M., ŠOBR, M., POTŮČKOVÁ, M., HUJSLOVÁ, J. (2008): Hydromorfologický monitoring zrevitalizovaného koryta Sviňovického potoka, In: MATOUŠKOVÁ, M. (2008): Ekohydrologický monitoring vodních toků v kontextu evropské Rámcové směrnice o vodní politice. PřF UK v Praze a GAČR, Praha, 209 s.
- KLINE, M., CAHON, B. (2010): Protecting river corridors in Vermont. Journal of the American water resources association, 46(2), s. 227-36.
- KONVIČKA, M. (2002): Město a povodeň: strategie rozvoje měst po povodních. Brno: Era 2002. s. 219 s.
- KRAJSKÝ STÁTNÍ ÚSTAV PRO PROJEKTOVÁNÍ ZEMĚDĚLSKÉ A LESNICKÉ VÝSTAVBY PRAHA (1959): Úprava Lišanského potoka. Hlavní projektant Čaplygin, projektová dokumentace.
- KUČEROVÁ, D. (2008): Ekomorfologický monitoring a zhodnocení upravenosti říční sítě v povodí Lišanského potoka. Bakalářská práce, PřF UK v Praze, 72 s.
- KUJANOVÁ, K., MATOUŠKOVÁ, M. (2016): Improvement in physical river habitat quality in response to river restoration measures. Geografie, 121,1, s. 54-78.

- KUPEC, P., SCHNEIDER, J., ŠLEZINGR, M. (2009): Revitalizace v krajině. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. 119 s.
- LANGHAMMER, J., HARTVICH, F., (2014). HEM 2014 Metodika typově specifického hodnocení hydromorfologických ukazatelů ekologické kvality vodních toků. PřF UK v Praze, Praha, 59 s.
- LANGHAMMER J., VILÍMEK, V. (2004): Vliv antropogenních změn na průběh a následky povodní. In: HERBER, V (2004): Sborník 20. Výroční konference fyzickogeografické sekce ČGS, Přírodovědecká fakulta MU, Brno.
- LANGHAMMER, J. (2014): Metodika monitoringu hydromorfologických ukazatelů ekologické kvality vodních toků. Ministerstvo životního prostředí České republiky, 72 s.
- LANGHAMMER, J., (2007): Hydroekologický monitoring. Metodika pro monitoring hydromorfologických ukazatelů ekologické kvality vodních toků. PřF UK Praha, 38 s.
- LANGHAMMER, J., HARTVICH, F., MATTAS, D., ZBOŘIL, A. (2009): Vymezení typů vodních toků. PřF UK v Praze, Praha, 29 s.
- LESOPROJEKT (2013): Návrh managementu břehového porostu – Lišanský potok. Plzeňský Lesoprojekt, 121 s.
- LEUVEN, R. S. E. W., NIENHUIS, P. H. (2001): River restoration and flood protection: controversy or synergism? *Hydrobiologia* 444, s. 85-99.
- LEVÝ, F. (2010): Dějiny královského města Rakovník. Agrosience ve spolupráci s Musejním spolkem královského města Rakovníka a okresu rakovnického a Muzeem T. G. M. Rakovník. 490 s.
- LIMROVÁ, A. (2014): Operační program Životní prostředí na přelomu dvou programových období. *Ochrana přírody*, 5, 4s.
- LIPSKÝ, Z. (2002): Sledování historického vývoje krajinné struktury s využitím starých map. In: *Krajina 2002. Od poznání k integraci. Ústí nad Labem*. 118 s.
- LOKOČ, R., LOKOČOVÁ, M. (2010): Vývoj krajiny v České republice. Didaktický materiál. 43 s.
- LÜDERITZ, V., JÜPNER, R., MÜLLER, S., FELD, C. K. (2004): Renaturalization of streams and rivers – the special importance of integrated ecological methods in measurement of success. An example from Saxony-Anhalt (Germany). *Limnologica*, 34, s. 249-263.
- MACEDO, D. R., MAGALHÃES Jr., A. P. (2010): Evaluation of an urban stream restoration project through water quality analysis and survey of the neighbourhood residents
- MAGISTRÁT HL. M. PRAHY (2013): Zpráva o povodni 1. 6 – 2. 6. 2013 na vodním toku Botič. Odbor městské zeleně a odpadového hospodářství, Praha, 101 s.
- MATOUŠEK, V. (2002): Stoletá povodeň na revitalizovaném potoce Borová. *Vodní hospodářství*, 52, 10, s. 5-11.
- MATOUŠKOVÁ, M. (2003): Ekohydrologický monitoring vodních toků jako podklad pro revitalizaci vodních ekosystémů. Disertační práce, PřF UK v Praze, 218 s.

- MATOUŠKOVÁ, M. (2004): Ecohydrological monitoring of the river habitat quality. *Geografie*, 2, 109, s. 105-116.
- MATOUŠKOVÁ, M. (2007): Revitalizace vodních ekosystémů a jejich význam v protipovodňové ochraně. In: Langhammer, J.: *Povodně a změny v krajině*. PřF UK v Praze, MŽP ČR, Praha, s. 343-355.
- MATOUŠKOVÁ, M. (2008): Ekohydrologický monitoring vodních toků v kontextu evropské Rámcové směrnice o vodní politice. PřF UK v Praze a GAČR, Praha, 209 s.
- MEYER, J., L., PAUL, M., J. a TAULBEE, W., K. (2005): Stream ecosystem function in urbanizing landscapes. *Journal of the North American Benthological Society* 24, s. 602-612.
- MUELLER, M., PANDER, J., GEIST, J. (2014): The ecological value of stream restoration measures: An evaluation on ecosystem and target species scales. *Ecological Engineering*, 62, s. 129-139.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1992): Restoration of Aquatic Ecosystems: Science, Technology, and Public Policy. In: COCKERILL, K., ANDERSON, W. P. (2014): Creating false images: Stream restoration in an urban setting, *Water resources association*, 50, s. 468-482.
- NĚMEC, J., HLADNÝ, J. a kol. (2006): *Voda v České republice*. Consult, Praha, 253 s.
- NĚMEC, J., LOŽEK, V (1996): *Chráněná území ČR 1*. Praha: Consult, s. 180.
- PALMER, M. A. ET AL. (2014): Ecological Restoration of Streams and Rivers: Shifting Strategies and Shifting Goals. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 45, s. 247-269 .
- PALMER, M. A., a kol. (2005), Standards for ecologically successful river restoration, *J. Appl. Ecol.*, 42, s. 208-217.
- PALMER, M. A., ALLAN, J. D., MEYER, J. (2007): Perspectives on river restoration: an introduction to the special issue. In: BERNHARDT, E., S. a PALMER, M., A. (2007): Restoring streams in an urbanizing World. *Freshwater Biology* 52, s. 738-751.
- PANDER, J., GEIST, J. (2013): Ecological indicators for stream restoration success. *Ecological indicators*, 30, s. 106-118.
- PAUL, M. J., MEYER, J. L. (2001): Streams in the Urban Landscape. *Institute of Ecology, University of Georgia, Annual Review of Ecology and Systematics*, vol. 32, 3, s. 33-65.
- PEDERSEN, M. L., Andersen, M. J., Nielsen, K., Linnemann, M. (2007): Restoration of Skjern River and its valley: Project description and general ecological changes in the project area. *Ecological engineering*, 30, s. 131-144.
- PETER, A. (1998): Interruption of the River Continuum by Barriers and the Consequences for Migratory Fish In: Jungwirth M., Schmutz S., Weiss S. (eds): *Fish migration and fish bypasses*, Fishing News Books, s. 99-112.
- PITTER, P. (1999): *Hydrochemie*. Vydavatelství VŠCHT, Praha, 568 s.

- PROCHÁZKA, J., HAKROVÁ, P., PRAŽÁKOVÁ, D., PECHAROVÁ, E., POKORNÝ, J. (1999): Hodnocení revitalizace Mlýnského potoka I. – úvodní studie. *Silva Gabreta*, 3, s. 73-88.
- PURCELL, A. H., FRIEDRICH, C., RESH, V. H. (2002): An Assessment of a Small Urban Stream Restoration Project in Northern California. *Restoration Ecology*, 10, 685-694.
- PVL (2016): Data kvality vody z profilu č. 3616 Lišanský p. – Rakovník (ř. km 0,1) za období 2004 až březen 2016.
- QUINN, J. M. a kol. (2009): Integrated catchment management effects on flow, habitat, instream vegetation and macroinvertebrates in Waikato, *New Zealand Journal of marine and fresh water research*, 43, s. 755-802 .
- RAMCHUNDER, S. J., BROWN, J. E., HOLDEN, J. (2012): Catchment-scale peatland restoration benefits stream ecosystem biodiversity. *Journal of Applied ecology*, 49, s. 182-191.
- RAVEN, P., J., HOLMES, N., T., H., DAWSON, F., H., FOX, P., J., EVERARD, M., FOZZARD, I., R. a ROUEN, K., J.(1998): River Habitat Survey, the physical character of rivers and stress in the UK and Isle of Man. The Environment Agency, Bristol, 86 s.
- RESTORE (2013): Rivers by design – rethinking development and river restoration. Environment agency, 44 s.
- REURIS (2009): Příklady dobré praxe – revitalizací vodních toků v urbanizovaném prostředí na území ČR. Unie pro řeku Moravu, 104 s.
- RHOADS, B., L., WILSON, D., URBAN, M. (1999): Interaction between Scientists and Nonscientists in Community- Based Watershed Management: Emergence of the Concept of Stream Naturalization. In: Cockerill, K. and W. P. Anderson (2014), *Creating false images: Stream restoration in an urban setting*, *J. Am. Water Resour. Assoc.*, 50, s. 468-482.
- ROUS, J., ROUS, V. (2012): Revitalizace Černého potoka v Krušných horách, s. 74-76. In: JONGEPIEROVÁ, I, PEŠOUT, P., JONGEPIER , J. W. A PRACH, K. (2012): *Ekologická obnova v České republice*. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR. Praha, 148 s.
- ŘSD (2009): Rychlostní silnice R6, stav k 08/2009. Ředitelství silnic a dálnic ČR, 64 s.
- SELVAKUMAR, A., TAFURI, A. N., FIELD, R. (2010): Role of Stream Restoration on In-Stream Water Quality in An Urban Watershed – A Case Study. *Journal of Ecotechnology*, 2, s. 23-37.
- SCHAUMAN, S., SALISBURY, S. (1998): Restoring nature in the city: puget sound experience. *Landscape Urban Plan* 42, s. 287-95.
- SKÁCEL, A. (2000): Potřeba komplexního hodnocení akcí revitalizace říčních systémů. In *UIAPPA 2000*, Praha, s. 273-278.
- STAVBY RAKOVNÍK (1999): Zabezpečení protipovodňové ochrany na Lišanském potoce. Hlavní projektant Vajchr, projektová dokumentace.

- STRANKO, S. A., HILDERBRAND, R. H., PALMER, M. A. (2012): Comparing the fish and benthic macroinvertebrate diversity of restored urban streams to reference streams. *Restoration ecology*, 20, 6, s. 747-755.
- SUDDUTH, E. B., MEYER, J. L. (2006): Effects of bioengineered streambank stabilization on bank habitat and macroinvertebrates in urban streams. In: *Restoring streams in an urbanizing world*. *Freshwater biology*, 52, s. 738-751.
- SVIP PROJEKTOVÁ KANCELÁŘ (2015): Dokumentace skutečného provedení stavby akce - Revitalizace Litovického potoka v k.ú. Hostivice. 34 s.
- ŠKOUDLÍNOVÁ, A. (1999): Příroda Rakovníka a jeho okolí. OÚ Rakovník, 28 s.
- ŠLEZINGR, M. (2010): Revitalizace toků. Příspěvek k problematice úprav vodních toků. Vydalo Vysoké učení technické v Brně – Nakladatelství VUTIUM. Brno, 255 s.
- ŠMERAUSOVÁ, K. (2010): Návrh revitalizačních opatření v povodí Slubice na podkladě ekohydromorfologického průzkumu. Diplomová práce, PřF UK v Praze, 141 s.
- TICHÝ V. (2014): Změny fyzického habitatu vodních toků na území města Prahy – modelová studie povodí Botiče. Bakalářská práce, PřF UK v Praze, 96 s.
- TOLASZ, R. a kol. (2007): Atlas podnebí Česka. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 255 s.
- TOMÁŠEK, M. (2003): Půdy České republiky. Česká geologická služba, Praha, 67 s.
- TRNKA, P. (2007): Proměny krajiny venkova a role rozptýlené zeleně v krajině. Rukopis pro ICV - CŽV MZLU v Brně.
- ÚP LIŠANY (2009): Lišany - odůvodnění územního plánu. AUA - Agrourbanistický ateliér Praha, 28 s.
- VRÁNA, K. a kol. (2004): Revitalizace malých vodních toků: součást péče o krajinu, Consult, Praha, 60 s.
- VRÁNA, K., VEJVALKOVÁ, M. (2015): Vývoj oboru revitalizace drobných vodních toků. *Fórum ochrany přírody*. 2, s. 24-27.
- VÚV (2016): Data průměrných denních průtoků z limnigrafické stanice Na Cikánce pro období 1. 11. 2009 – 11. 4. 2016.
- WALSH, CH., ROY, A., H., FEMINELLA, J., W., COTTINGHAM, P., D., GROFFMAN, P., M. a MORGAN, R., P. (2005): The urban stream syndrome: current knowledge and the search for a cure. *Journal of North American Benthological Society*, 24, 3, s. 706-723.
- WANG, L., LYONS, J., KANEHL, P. (2002): Effects of watershed best management practices on habitat and fish in Wisconsin streams. *Journal of the American Water resources association*, 38, 3, s. 663-80.
- WOHL, E., ANGERMEIER, P. L., BLEDSOE, B., KONDOLF, M. G., MACDONNELL, L., MERRITT, D. M., PALMER, M. A., LEROY POFF, N., TARBOTON, D. (2005): River restoration. *Water resources research*, 41, 12 s.
- WOHL, E., LANE, S. N., WILCOX, A. C. (2015): The science and practice of river restoration. *Water resources research*, 51, s. 5974-5997.

- ZELLER, J (1967): Flussmorphologische Studie zum Maanderproblem, In: MATOUŠKOVÁ, M. (2003): Ekohydrologický monitoring vodních toků jako podklad pro revitalizaci vodních ekosystémů. Disertační práce, PřF UK v Praze, 218 s.

11.1 Internetové zdroje

- AOPK (2016a): Agentura ochrany přírody a krajiny ČR. Vodní toky – otázky k revitalizacím. [online, cit. 2016-11-19]. Dostupné z: <http://strednicechy.ochranaprirody.cz/pece-o-vodni-rezim-krajiny/revitalizace-vodnich-toku/odborne-clanky-k-metodice-revitalizaci/>
- AOPK (2016b): Agentura ochrany přírody a krajiny ČR. Revitalizace Pekelského potoka. [online, cit. 2016-11-19]. Dostupné z: <http://strednicechy.ochranaprirody.cz/dotacni-programy/dotacni-programy-resortu-zp/prrs-program-revitalizace-ricnich-systemu/nektere-realizovane-akce-prrs/revitalizace-pekelskeho-potoka-u-zdislavic/>
- AOPK (2016c): Agentura ochrany přírody a krajiny ČR. Některé realizované akce PRŘS. [online, cit. 2016-11-19]. Dostupné z: <http://strednicechy.ochranaprirody.cz/dotacni-programy/dotacni-programy-resortu-zp/prrs-program-revitalizace-ricnich-systemu/nektere-realizovane-akce-prrs/>
- AOPK (2017): Revitalizace v České republice. [online, cit. 2017-01-10]. Dostupné z: <http://strednicechy.ochranaprirody.cz/pece-o-vodni-rezim-krajiny/revitalizace-vodnich-toku/revitalizace-v-ceske-republice/>
- ARNIKA (2016): Revitalizační projekty v ČR. [online, cit. 2016-11-19]. Dostupné z: <http://arnika.org/revitalizacni-projekty-v-cr>
- DONAUUAUEN (2017): River engineering on the Danube. Nationalpark Donau-Auen GmbH-National Park Society. [online, cit. 2017-03-18]. Dostupné z: <http://www.donauauen.at/?area=nature&subarea=riverregulation>
- EAGRI (2016a): Odběry a vypouštění. Ministerstvo zemědělství České republiky. [online, cit. 2016-11-10]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/voda/aplikace/odbery-a-vypousteni.html>
- EAGRI (2016b): Pozemkové úpravy. Ministerstvo zemědělství České republiky. [online, cit. 2016-11-10]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/app/eagriapp/PU/Prehled/>
- EROZE.SWEB (2017): Vodní eroze. [online, cit. 2017-01-13]. Dostupné z: <http://eroze.sweb.cz/index.htm>
- GEOPORTÁL SOWAC-GIS (2017a): Monitoring eroze zemědělské půdy. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy. [online, cit. 2017-01-13]. Dostupné z: <http://me.vumop.cz/mapserv/monitor/monitor.php?addlayers=>
- GEOPORTÁL SOWAC-GIS (2017b): Souhrnné mapy. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy. [online, cit. 2017-01-13]. Dostupné z: <http://mapy.vumop.cz/>
- GOOGLE STREET VIEW (2014): Hamr – Rakovník, Středočeský kraj. [online, cit. 2017-03-15]. Dostupné z:

- <https://www.google.cz/maps/@50.1060138,13.7530955,3a,75y,30.52h,77.17t/data=!3m6!1e1!3m4!1sIYeqZDatltPt-sNejKS4Qgl2e0!7i13312!8i6656>
- KONCEPCE PROTIPOVODŇOVÝCH OPATŘENÍ (2010): Koncepce protipovodňové ochrany ve Středočeském kraji. [online, cit. 2017-03-18] Dostupné z: <http://up.webmap.cz/stredocesky/label/>
 - LANDSCAPE PERFORMANCE SERIES (2017): Cheonggyecheon Stream Restoration Project. [online, cit. 2017-01-18] Dostupné z: <https://landscapeperformance.org/case-study-briefs/cheonggyecheon-stream-restoration#/sustainable-features>
 - MĚSTO RAKOVNÍK (2015): Územní plán sídelního útvaru Rakovník. [online, cit. 2017-02-18] Dostupné z: <http://www.mesto-rakovnik.cz/uzemni-planovani/uzemni-plan-mesta-rakovnik/>
 - MŽP (2016): Ministerstvo životního prostředí. Zákon č.254/2001Sb. -Zákon o vodách a o změně některých zákonů. [online, cit. 2016-11-17]. Dostupné z: [http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/2a434831dcbe8c3fc12564e900675b1b/20f9c15060cad3aec1256ae30038d05c/\\$FILE/Z%20254_2001.pdf](http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/2a434831dcbe8c3fc12564e900675b1b/20f9c15060cad3aec1256ae30038d05c/$FILE/Z%20254_2001.pdf)
 - OPŽP (2016): Operační program Životní prostředí. Úplný přehled podpořených projektů. [online, cit. 2016-12-18] Dostupné z: <http://www.opzp2007-2013.cz/sekce/526/uplny-prehled-podporenych-projektu/?search=1&osa=6&vyzva=0&kraj=0&okres=0&msc2007=&nazev=&stav=0>
 - OPŽP (2017): Operační program Životní prostředí. [online, cit. 2017-01-10] Dostupné z: <http://www.opzp2007-2013.cz/sekce/16/strucne-o-opzp/>
 - PRAŽSKÁ PŘÍRODA (2017): Revitalizace koryta před Fidlovačkou. [online, cit. 2017-02-25]. Dostupné z: <http://www.praha-priroda.cz/vodni-plochy-a-potoky/vodni-toky/botic/revitalizace-a-opravy-na-botici/revitalizace-koryta-pred-fidlovačkou/>
 - RAJČE. NET (2013): Povodeň na Botiči 2. 6. 2013. [online, cit. 2017-02-25]. Dostupné z: http://andelovo.rajce.idnes.cz/Povoden_na_Botici_2.6.2013
 - RESTORE RIVERS (2017): *Restoring Europe's rivers*. [online, cit. 2017-01-12]. Dostupné z: https://restorerivers.eu/wiki/index.php?title=Main_Page
 - RIS (2016): Regionální informační servis. [online, cit. 2016-07-10]. Dostupné z: <http://www.risy.cz/cs/krajske-ris/stredocesky-kraj/kraj/>
 - TAXONOMICKÝ KLASIFIKAČNÍ SYSTÉM PŮD ČR (2016). [online, cit. 2016-07-10]. Dostupné z: <http://klasifikace.pedologie.cz/index.php?action=showKlasifikacniSystem>
 - THE RIVER RESTORATION CENTRE (2017): *Restoring Europe's rivers*. [online, cit. 2017-01-18] Dostupné z: <http://www.therrc.co.uk/manual-river-restoration-techniques>
 - WILD FISH HABITAT INITIATIVE (2017): Wild Fish Habitat Initiative. [online, cit. 2017-01-18] Dostupné z: <http://wildfish.montana.edu/>
 - ZIEGLER, V. (2015): Přírodní památka Červená louka. Halónoviny. [online, cit. 2016-07-10]. Dostupné z: <http://www.halonoviny.cz/articles/view/39595474>

11.2 Mapové podklady

- ARC ČR 500. Digitální geografická databáze, verze 3.2. Dostupné z:
<https://www.arcdata.cz/produkty/geograficka-data/arccr-500>
- CENIA. Národní geoportál INSPIRE. Mapy II. a III. vojenského mapování. Dostupné z:
<http://geoportal.gov.cz/web/guest/home>
- ČÚZK. Mapové listy map Stabilního katastru 1842.
- ČÚZK. ZABAGED – Základní báze geografických dat České republiky.
- DIBAVOD. Digitální báze vodohospodářských map, VÚV. Dostupné z:
<http://www.dibavod.cz/>
- GEOPORTÁL ČÚZK. WMS služba, Digitální model reliéfu 5G. Dostupné z:
<http://ags.cuzk.cz/arcgis/services/dmr5g/ImageServer/WMServer>
- GEOPORTÁL ČÚZK. WMS služba, Katastrální mapy. Dostupné z:
<http://services.cuzk.cz/wms/wms.asp>
- GEOPORTÁL ČÚZK. WMS služba, Ortofoto. Dostupné z:
http://geoportal.cuzk.cz/WMS_ORTOFOTO_PUB/WMSservice.aspx
- GEOPORTÁL ČÚZK. WMS služba, Základní mapa ČR 1: 10 000. Dostupné z:
http://geoportal.cuzk.cz/WMS_ZM10_PUB/WMSservice.aspx
- GEOPORTÁL ČÚZK. WMS služba, Základní mapa ČR 1: 50 000. Dostupné z:
http://geoportal.cuzk.cz/WMS_ZM50_PUB/WMSservice.aspx
- KONTAMINACE CENIA. Letecké snímky z 50. Let 20. Století. Dostupné z:
<http://kontaminace.cenia.cz/>
- OLDMAPS GEOLAB. Presentace starých mapových děl území Čech, Moravy a Slezka. Mapy I. vojenského mapování. Dostupné z:
http://oldmaps.geolab.cz/map_root.pl?lang=cs&map_root=1vm
- VÚMOP (2016): Vektorová data využití krajinného pokryvu, za období 1849, 1879, 1953 a 2006.

12 SEZNAM GRAFICKÝCH PRVKŮ V TEXTU

Seznam obrázků

- Obr. 1: Rozpad opevnění*
- Obr. 2: Rozpad migrační překážky*
- Obr. 3: Vliv rychlosti odtoku na tvar povodňové vlny*
- Obr. 4: Představa ideálního vývoje revitalizovaného toku*
- Obr. 5: Srovnání úseku řeky Mareit před revitalizací a po revitalizaci*
- Obr. 6: Vlevo: upravené meliorované povodí Vpravo: představa revitalizačních opatření tlumících účinek povodně při vstupu do obce*
- Obr. 7: Revitalizace říčky Cheonggyecheon – stav před a po*
- Obr. 8: Revitalizace řeky Kissimmee – stav před a po*
- Obr. 9: Odběrové profily – vlevo profil č. 1, uprostřed profil č. 2 a vpravo profil č. 3*
- Obr. 10: Porovnání stavu před a po revitalizaci*
- Obr. 11: Koryto před revitalizací a po revitalizaci – dolní úsek*
- Obr. 12: Lokalizace hodnoceného úseku Botiče*
- Obr. 13: Současný vzhled revitalizace u Fidlovačky*
- Obr. 14: Lokalizace hodnoceného úseku v Hostivici*
- Obr. 15: Úsek LIT001*
- Obr. 16: Úsek LIT002*
- Obr. 17: Úsek LIT004*
- Obr. 18: Úsek LIT006*
- Obr. 19: Srovnání projektu v Hostivici s reálným stavem*
- Obr. 20: Schematické zobrazení provedené revitalizace*
- Obr. 21: Revitalizovaný úsek během povodně a po povodni*
- Obr. 22: Poničená informační tabule*
- Obr. 23: Vyplavená vegetační kazeta s vánočním stromkem*
- Obr. 24: Změna vzhledu a tvaru koryta v úseku LIT006*
- Obr. 25: Mapa povodí Lišanského potoka*
- Obr. 26: Poloha povodí Lišanského potoka v rámci ČR a povodí Rakovnického potoka*
- Obr. 27: Převažující horniny v povodí Lišanského potoka*
- Obr. 28: Nadmořská výška a sklonitost v povodí Lišanského potoka*
- Obr. 29: Hustota říční sítě v povodí Lišanského potoka*
- Obr. 30: Mapa zastoupení jednotlivých půdních typů a subtypů*
- Obr. 31: Využití území v povodí Lišanského potoka v roce 2006*
- Obr. 32: Faktor erodovatelnosti půdy v povodí Lišanského potoka*
- Obr. 33: Červeně vyznačená upravená část toku v 60. letech*
- Obr. 34: Červeně znázorněné posunuté koryto potoka u Šamotky*
- Obr. 35: Návrh odvodnění pozemků a úprav toků v povodí Lišanského potoka*
- Obr. 36: Srovnání map I., II. a III. vojenského mapování*
- Obr. 37: Proměna dolního toku Lišanského potoka v mapě Stabilního katastru a ZM10*
- Obr. 38: Zamokřená údolní niva v místě bývalého Velkého rybníka*

- Obr. 39:** Srovnání vzhledu lokality Hamru na konci 19. století a v současnosti
- Obr. 40:** Mapy vývoje krajinného pokryvu v mezi lety 1850-2006
- Obr. 41:** Změna mozaikovitosti krajiny od 50. let 20. století do současnosti
- Obr. 42:** Jez v LIS001
- Obr. 43:** Přírodní stupeň LIS010
- Obr. 44:** Koryto v úseku LIS019
- Obr. 45:** Lišanský potok protékající zemědělskou krajinou v úsecích LIS027 a LIS028
- Obr. 46:** Hydromorfologický stav zóny koryta
- Obr. 47:** Břehový porost v úseku LIS006
- Obr. 48:** Souvislá úprava v profilu LIS009
- Obr. 49:** Zpřírodněné koryto se zamokřenou příbřežní zónou v úseku LIS012
- Obr. 50:** Břehová úprava v úseku LIS016
- Obr. 51:** Trávobylinná vegetace v úseku LIS024
- Obr. 52:** Hydromorfologický stav zóny břeh/příbřežní zóna
- Obr. 53:** Vodní plocha s mokřadem v úseku LIS004 a LIS005
- Obr. 54:** Rozsáhlá břehová nátrž v úseku LIS014
- Obr. 55:** Pravobřežní část nivy v úseku LIS016
- Obr. 56:** Niva pokrytá zemědělskou plochou v úseku LIS027 a LIS028
- Obr. 57:** Hydromorfologický stav zóny inundační území
- Obr. 58:** Lišanský potok v úseku LIS003- dobře patrný je rozpad opevnění na levém břehu
- Obr. 59:** Koryto v úseku LIS011 – ve dně patrná úprava trávobetonovou dlažbou
- Obr. 60:** Lišanský potok v úseku LIS014- koryto opevněné laťovými plůtky lemované liniovou vegetací
- Obr. 61:** Lišanský potok v úseku LIS020 – koryto opevněné kamennou dlažbou s typickým tvarem lichoběžníku
- Obr. 62:** Horní úsek LIS026 u obce Lišany – břehy jsou pokryty trávobylinnou vegetací
- Obr. 63:** Celkový hydromorfologický stav hodnocených úseků
- Obr. 66:** Úsek plánované revitalizace
- Obr. 64:** Říční niva nad Červeným mlýnem
- Obr. 65:** Říční niva u Hlavačova
- Obr. 67:** Navrhovaná nádrž na Lišanském potoce
- Obr. 68:** Návrh nové trasy – část 1.
- Obr. 69:** Návrh nové trasy – část 2.
- Obr. 70:** Mapa vlastnických poměrů v nivě Lišanského potoka v úsecích REV2 a REV3
- Obr. 71:** Vzorový příčný profil
- Obr. 72:** Navržené příčné profily pro přímou trať (brod) a oblouk
- Obr. 73:** Detailní tvarová členitost koryta
- Obr. 74:** Schody z kulatiny
- Obr. 75:** Informační tabule
- Obr. 76:** Ukázkový úsek návrhu revitalizace v úseku REV2

Seznam grafů

- Graf 1:** Podélný profil Lišanského potoka
- Graf 2:** Vývoj rozlohy jednotlivých tříd pokryvu v období 1850-2006
- Graf 3:** Vývoj rozlohy jednotlivých tříd pokryvu v nivě v období 1850-2006
- Graf 4:** Čára překročení průměrných denních průtoků 2010-2015
- Graf 5:** Variabilita denních průtoků v roce 2010 a 2011
- Graf 6:** Variabilita denních průtoků v roce 2012 a 2013
- Graf 7:** Variabilita denních průtoků v roce 2014 a 2015
- Graf 8:** Průměrné měsíční průtoky za období 2010-2015
- Graf 9:** Průměrný roční průtok 2010-2015
- Graf 10:** Koncentrace nerozpuštěných látek v v profilu Lišanský p. – Rakovník (ř. km 0,1) za období 2007-2015
- Graf 11:** Koncentrace dusičnanového dusíku ve sledovaných profilech
- Graf 12:** Koncentrace amoniakálního dusíku ve sledovaných profilech
- Graf 13:** Četnost zastoupení jednotlivých stupňů hydromorfologické kvality v zóně koryta (vztaženo k celkové délce mapované části toku)
- Graf 14:** Vývoj kvality zóny koryta v podélném profilu
- Graf 15:** Četnost zastoupení jednotlivých stupňů hydromorfologické kvality v zóně břeh/příbřežní zóna (vztaženo k celkové délce mapované části toku)
- Graf 16:** Vývoj kvality zóny břeh/příbřežní zóna v podélném profilu
- Graf 17:** Četnost zastoupení jednotlivých stupňů hydromorfologické kvality v zóně inundační území (vztaženo k celkové délce mapované části toku)
- Graf 18:** Vývoj kvality zóny inundační území v podélném profilu
- Graf 19:** Četnost zastoupení jednotlivých stupňů hydromorfologické kvality v celkovém hodnocení (vztaženo k celkové délce mapované části toku)
- Graf 20:** Vývoj celkové hydromorfologické kvality v podélném profilu
- Graf 21:** Konsumpční křivka pro navržený profil 1
- Graf 22:** Konsumpční křivka pro navržený profil 2

Seznam tabulek

- Tabulka 1:** Rozdělení parametrů do jednotlivých zón
- Tabulka 2:** Klasifikace hydromorfologického stavu
- Tabulka 3:** Geomorfologické zařazení oblasti
- Tabulka 4:** Charakteristika oblasti MW7 dle Quitta.
- Tabulka 5:** Dlouhodobé průměrné úhrny srážek v povodí Lišanského potoka
- Tabulka 6:** Charakteristika nejvýznamnějších přítoků Lišanského potoka
- Tabulka 7:** Využití území v povodí Lišanského potoka v roce 2006
- Tabulka 8:** Vývoj počtu obyvatel v jednotlivých obcích v letech 1991-2011
- Tabulka 9:** Hlavní odběry a vypouštění vod v povodí Lišanského potoka - stav k roku 2015
- Tabulka 10:** Významné bodové zdroje znečištění v povodí Lišanského potoka, data platná za rok 2015

Tabulka 11: Vývoj podílu rozlohy jednotlivých typů pokryvu v povodí Lišanského potoka

Tabulka 12: Vývoj podílu rozlohy jednotlivých typů pokryvu v nivě Lišanského potoka **Tabulka**

13: M-denní průtoky v profilu u obce Lišany za období 1981-2010

Tabulka 14: N-leté průtoky v profilu u obce Lišany za období 1981-2010

Tabulka 15: M-denní průtoky 2010-2015

Tabulka 16: Vyhodnocení jakosti vod v profilu Lišanský p. – Rakovník (ř. km 0,1) za období 2007-2015

Tabulka 17: Vyhodnocení jakosti vody ve třech odběrových profilech na Lišanském potoce

Seznam příloh

Příloha 1: Vymezené úseky pro hodnocení metodu HEM – část 1

Příloha 2: Vymezené úseky pro hodnocení metodu HEM – část 2

Příloha 3: Souřadnice vymezených úseků na Lišanském potoce

Příloha 4: Souřadnice hodnocených revitalizovaných úseků

Příloha 5: Výsledky hodnocení HEM na Lišanském potoce

Příloha 6: Výsledky hodnocení HEM revitalizovaných úseků

Příloha 7: Vymezené úseky navržené trasy

Příloha 8: Hydrotechnické výpočty pro navržený profil 1

Příloha 9: Hydrotechnické výpočty pro navržený profil 2

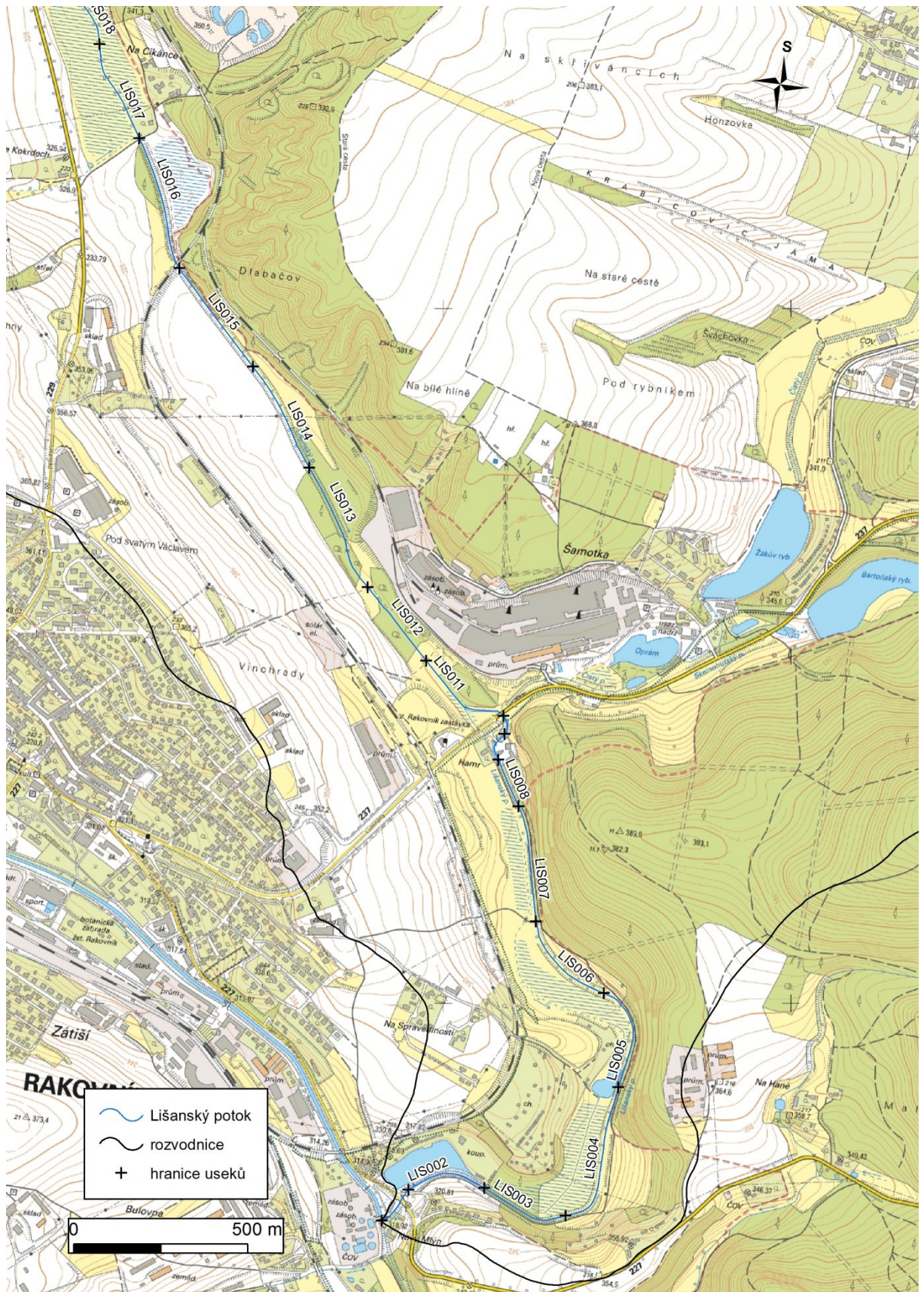
Příloha 10: Navržená trasa toku s vyznačenými místy pořízení fotografií, které mapují terén, v němž bude vedeno budoucí koryto – část 1

Příloha 11: Navržená trasa toku s vyznačenými místy pořízení fotografií, které mapují terén, v němž bude vedeno budoucí koryto – část 2

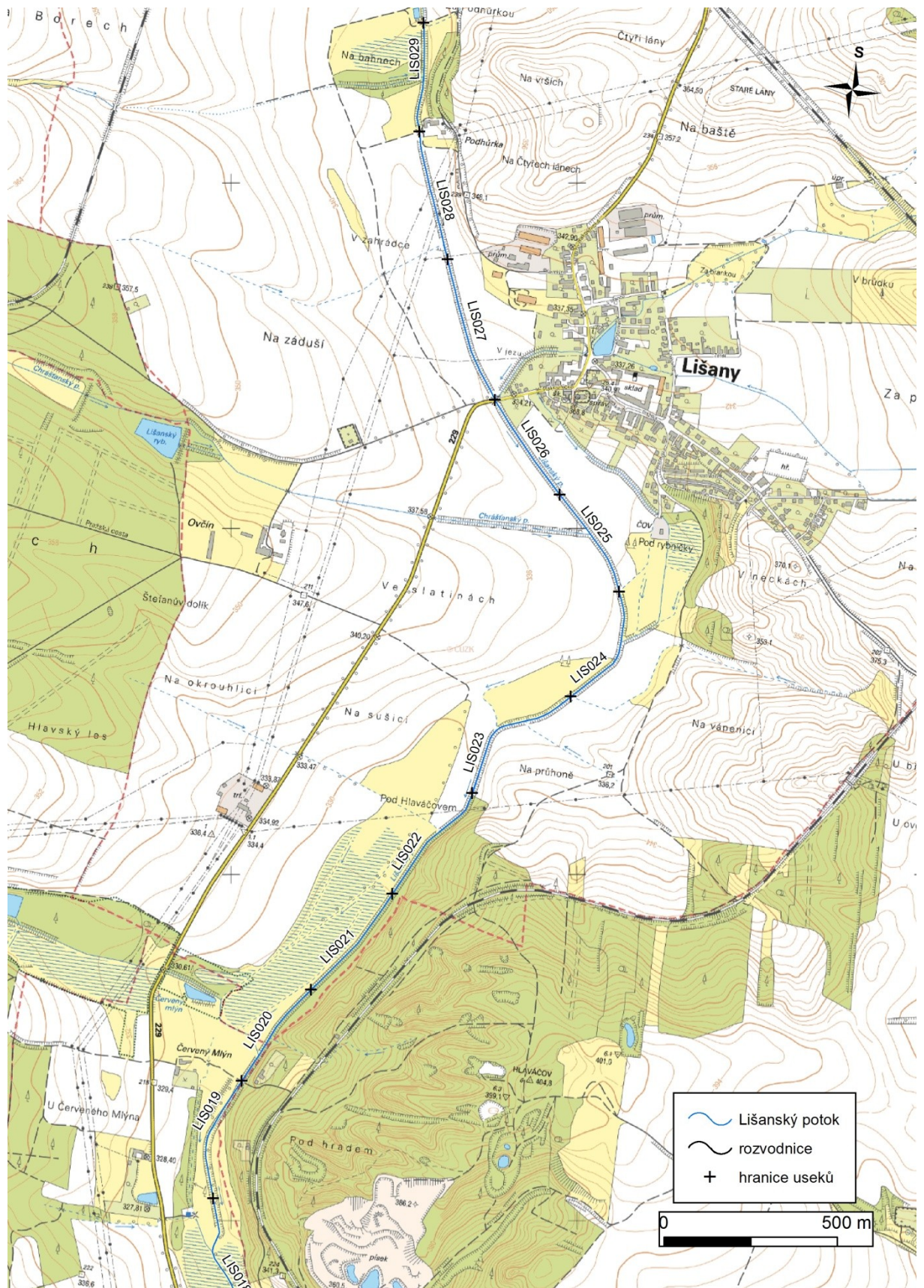
Příloha 12: Mapovací formulář HEM

13 PŘÍLOHY

Příloha 1: Vymezené úseky pro hodnocení metodu HEM – část 1 (zdroj: ZM10)



Příloha 2: Vymezené úseky pro hodnocení metodu HEM – část 2 (zdroj: ZM10)



Příloha 3: Souřadnice vymezených úseků na Lišanském potoce

ID úseku	délka v [m]	začátek úseku		konec úseku	
		X	Y	X	Y
LIS001	120	-790176	-1035628	-790176	-1035628
LIS002	238	-790176	-1035628	-789880	-1035534
LIS003	387	-789880	-1035534	-789646	-1035613
LIS004	301	-789646	-1035613	-789495	-1035244
LIS005	313	-789495	-1035244	-789537	-1034973
LIS006	299	-789537	-1034973	-789732	-1034766
LIS007	336	-789732	-1034766	-789782	-1034435
LIS008	146	-789782	-1034435	-789840	-1034301
LIS009	89	-789840	-1034301	-789822	-1034227
LIS010	57	-789822	-1034227	-789825	-1034175
LIS011	292	-789825	-1034175	-790047	-1034016
LIS012	270	-790047	-1034016	-790215	-1033805
LIS013	387	-790215	-1033805	-790384	-1033460
LIS014	334	-790384	-1033460	-790547	-1033169
LIS015	353	-790547	-1033169	-790758	-1032886
LIS016	394	-790758	-1032886	-790873	-1032512
LIS017	298	-790873	-1032512	-790988	-1032242
LIS018	327	-790988	-1032242	-791050	-1031938
LIS019	370	-791050	-1031938	-790968	-1031597
LIS020	333	-790968	-1031597	-790767	-1031334
LIS021	363	-790767	-1031334	-790533	-1031057
LIS022	377	-790533	-1031057	-790302	-1030766
LIS023	437	-790302	-1030766	-790017	-1030487
LIS024	369	-790017	-1030487	-789877	-1030184
LIS025	333	-789877	-1030184	-790049	-1029903
LIS026	332	-790049	-1029903	-790236	-1029629
LIS027	431	-790236	-1029629	-790373	-1029223
LIS028	378	-790373	-1029223	-790454	-1028854
LIS029	309	-790454	-1028854	-790443	-1028540

Příloha 4: Souřadnice hodnocených revitalizovaných úseků

ID úseku	délka v [m]	začátek úseku		konec úseku	
		X	Y	X	Y
BOT001	183	-742257	-1045540	-742106	-1045638
LIT001	485	-753259	-1042604	-753707	-1042538
LIT002	330	-753707	-1042538	-754005	-1042475
LIT003	252	-754038	-1042456	-754242	-1042370
LIT004	334	-754242	-1042370	-754539	-1042337
LIT005	294	-754602	-1042291	-754862	-1042266
LIT006	292	-754862	-1042266	-755131	-1042282

Příloha 5: Výsledky hodnocení HEM na Lišanském potoce

TRA - trasa toku

VSK - variabilita šířky koryta

VHL - zahloubení koryta v podélném profilu

VHP - variabilita hloubek v příčném profilu

DNS - dnový substrát

UDN - upravenost dna

MDK - mrtvé dřevo v korytě

STD - struktury dna

PRO - charakter proudění

OHR - ovlivnění hydrologického režimu

PPK - podélná průchodnost koryta

KOR - zóna koryto

UBR - upravenost břehu

BVG - břehová vegetace

VPZ - využití příbřežní zóny

BŘEH - břeh/příbřežní zóna

VNI - využití údolní nivy

PIN - průchodnost inundačního území

BMK - boční migrace koryta v inundačním území

NIVA - zóna inundačního území

CELK - celkové hodnocení

ID úseku	TRA	VSK	VHL	VHP	DNS	UDN	MDK	STD	PRO	OHR	PPK	KOR	UBR	BVG	VPZ	BŘEH	VNI	PIN	BMK	NIVA	CELK
LIS001	2	2	3	4	3	3	1	4	1	2	5	2,80	4	2	5	4,38	4	4	4	4,00	3,39
LIS002	3	3	5	5	3	3	2	5	2	1	1	2,78	3	3	1	1,75	3	5	4	3,67	2,78
LIS003	3	3	5	5	3	3	3	3	1	1	1	2,65	3	2	1	1,63	1	1	3	1,44	2,18
LIS004	3	3	5	5	2	1	2	4	1	1	1	2,50	3	2	1	1,63	1	1	3	1,44	2,09
LIS005	3	3	5	5	3	3	2	5	1	1	1	2,74	3	2	1	1,63	1	3	3	1,89	2,33
LIS006	3	3	5	5	1	1	2	3	1	1	2	2,57	3	4	1	1,88	1	5	2	2,11	2,33
LIS007	3	4	5	5	4	3	2	3	1	1	1	2,70	3	2	1	1,63	1	2	3	1,67	2,25
LIS008	3	4	5	5	5	3	3	4	1	1	1	2,85	3	4	4	3,75	4	1	3	3,11	3,09
LIS009	3	4	5	5	5	4	3	3	1	1	1	2,85	5	4	5	4,88	5	1	5	4,11	3,54
LIS010	2	3	5	2	1	1	3	2	1	1	1	1,85	1	3	1	1,25	1	1	4	1,67	1,69
LIS011	3	1	4	5	5	3	1	2	1	1	1	2,46	4	1	1	1,75	1	3	2	1,67	2,14
LIS012	3	2	5	4	2	1	1	1	1	1	1	2,17	2	1	1	1,25	1	1	2	1,22	1,78
LIS013	3	2	5	4	2	1	1	3	2	1	1	2,35	2	4	2	2,25	3	1	3	2,56	2,38
LIS014	3	1	5	5	1	1	1	1	1	1	1	2,13	2	4	4	3,50	4	1	2	2,89	2,58
LIS015	3	2	5	5	1	1	1	1	1	1	1	2,17	2	4	4	3,50	4	1	3	3,11	2,65
LIS016	2	4	5	5	3	3	2	4	1	1	2	2,50	4	3	2	2,63	3	5	4	3,67	2,79
LIS017	2	3	5	5	1	1	2	3	1	1	1	2,00	3	2	3	2,88	4	5	3	4,00	2,63
LIS018	2	2	5	4	1	1	2	3	1	1	1	1,91	3	4	3	3,13	3	4	3	3,22	2,45
LIS019	3	3	5	5	2	1	2	5	1	1	1	2,57	3	3	2	2,38	3	1	4	2,78	2,58
LIS020	3	2	5	5	4	3	2	3	1	1	1	2,61	4	3	1	2,00	1	1	3	1,44	2,23
LIS021	3	4	5	4	1	1	1	3	1	1	1	2,35	3	4	1	1,88	2	4	3	2,67	2,33
LIS022	2	1	5	5	1	1	1	2	1	1	1	1,80	3	4	3	3,13	3	1	3	2,56	2,24
LIS023	2	2	5	5	1	1	2	4	1	1	1	2,02	3	4	4	3,75	4	1	4	3,33	2,66
LIS024	2	3	5	5	1	1	2	4	1	1	1	2,07	3	4	3	3,13	3	1	3	2,56	2,39
LIS025	2	4	5	4	1	1	2	3	1	1	1	2,00	2	4	4	3,50	4	1	2	2,89	2,50
LIS026	2	3	5	4	1	1	3	2	1	1	1	1,93	3	4	4	3,75	4	1	3	3,11	2,56
LIS027	2	3	5	5	4	3	1	2	1	1	1	2,15	3	4	4	3,75	4	3	4	3,78	2,84
LIS028	2	2	5	5	3	3	1	3	1	1	1	2,13	3	4	4	3,75	4	1	4	3,33	2,73
LIS029	3	1	5	5	1	1	1	3	1	1	1	2,26	3	2	3	2,88	3	1	4	2,78	2,50

Příloha 6: Výsledky hodnocení HEM revitalizovaných úseků

ID úseku	TRA	VSK	VHL	VHP	DNS	UDN	MDK	STD	PRO	OHR	PPK	KOR	UBR	BVG	VPZ	BŘEH	VNI	PIN	BMK	NIVA	CELK
BOT001	3	3	5	5	5	4	3	4	1	5	1	3,04	5	5	5	5,00	5	1	5	4,11	3,68
LIT001	1	1	3	2	3	2	3	1	1	1	1	1,37	1	4	3	2,63	3	1	4	2,78	1,94
LIT002	3	1	4	5	3	2	3	3	1	3	1	2,54	4	4	4	4,00	3	1	4	2,78	2,89
LIT003	3	4	5	5	4	3	3	4	1	1	2	2,98	4	4	5	4,63	5	1	3	3,67	3,46
LIT004	1	1	2	3	3	2	3	2	1	1	1	1,43	2	4	5	4,13	4	1	4	3,33	2,40
LIT005	2	1	5	5	3	2	3	2	1	1	1	2,04	3	4	5	4,38	5	1	4	3,89	2,93
LIT006	3	2	5	4	3	2	3	1	1	1	1	2,37	2	4	5	4,13	5	1	4	3,89	3,06

Příloha 7: Vymezené úseky navržené trasy

název	délka [m]	začátek		konec	
		x	y	x	y
REV1	496,39	-790230	-1029640	-789940	-1030029
REV2	1871,23	-789940	-1030029	-790489	-1030937
REV3	1586,86	-790489	-1030937	-791070	-1031788
REV4	454,15	-791070	-1031788	-791018	-1032057
REV5	1320,38	-791018	-1032057	-790764	-1032871
REV6	445,39	-790764	-1032871	-790509	-1033215
REV7	956,70	-790509	-1033215	-790236	-1033777
REV8	261,15	-790236	-1033777	-790076	-1033984
REV9	398,61	-790076	-1033984	-789839	-1034162

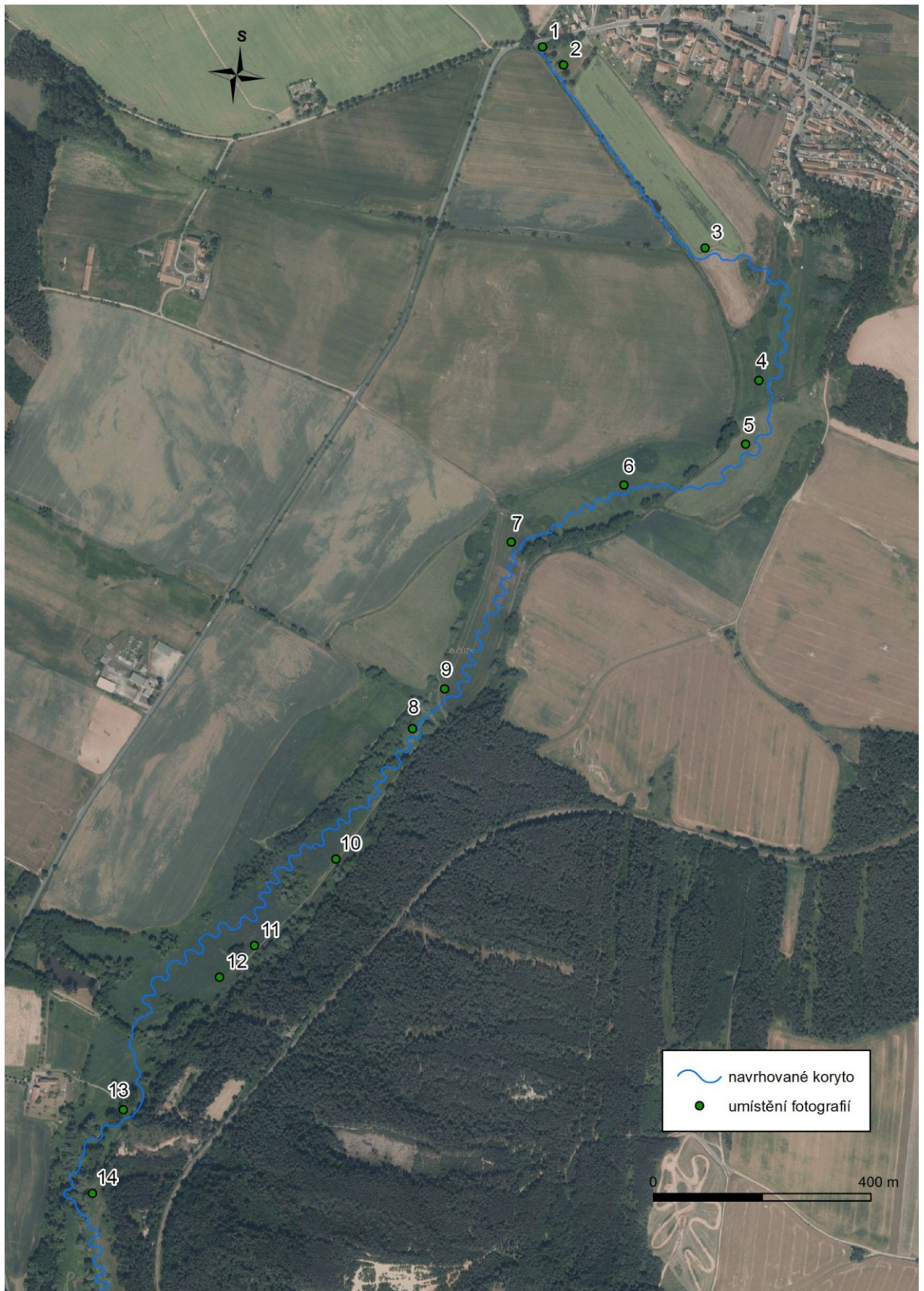
Příloha 8: Hydrotechnické výpočty pro navržený profil 1

b [m]	h [m]	B [m]	S [m ²]	R [m]	i	n	C	v [m*s ⁻¹]	Q [m ³ *s ⁻¹]
1	0,4	3,4	0,88	0,25	0,0018	0,04	19,83	0,42	0,37
1	0,38	3,28	0,81	0,24	0,0018	0,04	19,69	0,41	0,33
1	0,36	3,16	0,75	0,23	0,0018	0,04	19,55	0,40	0,30
1	0,34	3,04	0,69	0,22	0,0018	0,04	19,39	0,38	0,26
1	0,32	2,92	0,63	0,21	0,0018	0,04	19,23	0,37	0,23
1	0,3	2,8	0,57	0,20	0,0018	0,04	19,07	0,36	0,20
1	0,28	2,68	0,52	0,19	0,0018	0,04	18,89	0,35	0,18
1	0,26	2,56	0,46	0,18	0,0018	0,04	18,70	0,33	0,15
1	0,24	2,44	0,41	0,16	0,0018	0,04	18,50	0,32	0,13
1	0,22	2,32	0,37	0,15	0,0018	0,04	18,28	0,30	0,11
1	0,2	2,2	0,32	0,14	0,0018	0,04	18,04	0,29	0,09
1	0,18	2,08	0,28	0,13	0,0018	0,04	17,79	0,27	0,08
1	0,16	1,96	0,24	0,12	0,0018	0,04	17,50	0,25	0,06
1	0,14	1,84	0,2	0,11	0,0018	0,04	17,18	0,24	0,05
1	0,12	1,72	0,16	0,09	0,0018	0,04	16,82	0,22	0,04
1	0,1	1,6	0,13	0,08	0,0018	0,04	16,40	0,20	0,03
1	0,08	1,48	0,1	0,07	0,0018	0,04	15,89	0,17	0,02
1	0,06	1,36	0,07	0,05	0,0018	0,04	15,24	0,15	0,01
1	0,04	1,24	0,04	0,04	0,0018	0,04	14,35	0,12	0,01
1	0,02	1,12	0,02	0,02	0,0018	0,04	12,89	0,08	0,00

Příloha 9: Hydrotechnické výpočty pro navržený profil 2

b [m]	h [m]	B [m]	S [m²]	R [m]	i	n	C	v [m*s⁻¹]	Q [m³*s⁻¹]
1,4	1	7,4	4,4	0,57	0,0018	0,04	22,76	0,73	3,21
1,4	0,95	7,1	4,04	0,54	0,0018	0,04	22,59	0,71	2,86
1,4	0,9	6,8	3,69	0,52	0,0018	0,04	22,42	0,69	2,53
1,4	0,85	6,5	3,36	0,50	0,0018	0,04	22,24	0,66	2,23
1,4	0,8	6,2	3,04	0,47	0,0018	0,04	22,05	0,64	1,95
1,4	0,75	5,9	2,74	0,45	0,0018	0,04	21,85	0,62	1,69
1,4	0,7	5,6	2,45	0,42	0,0018	0,04	21,64	0,60	1,46
1,4	0,65	5,3	2,18	0,40	0,0018	0,04	21,42	0,57	1,24
1,4	0,6	5	1,92	0,37	0,0018	0,04	21,18	0,55	1,05
1,4	0,55	4,7	1,68	0,34	0,0018	0,04	20,93	0,52	0,87
1,4	0,5	4,4	1,45	0,32	0,0018	0,04	20,65	0,49	0,72
1,4	0,45	4,1	1,24	0,29	0,0018	0,04	20,36	0,47	0,58
1,4	0,4	3,8	1,04	0,26	0,0018	0,04	20,03	0,44	0,45
1,4	0,35	3,5	0,86	0,24	0,0018	0,04	19,67	0,41	0,35
1,4	0,3	3,2	0,69	0,21	0,0018	0,04	19,26	0,37	0,26
1,4	0,25	2,9	0,54	0,18	0,0018	0,04	18,79	0,34	0,18
1,4	0,2	2,6	0,4	0,15	0,0018	0,04	18,23	0,30	0,12
1,4	0,15	2,3	0,28	0,12	0,0018	0,04	17,51	0,26	0,07
1,4	0,1	2	0,17	0,08	0,0018	0,04	16,53	0,20	0,03
1,4	0,05	1,7	0,08	0,05	0,0018	0,04	14,92	0,13	0,01

Příloha 10: Navržená trasa toku s vyznačenými místy pořízení fotografií, které mapují terén, v němž bude vedeno budoucí koryto – část 1 (zdroj: ČÚZK)



Příloha 11: Navržená trasa toku s vyznačenými místy pořízení fotografií, které mapují terén, v němž bude vedeno budoucí koryto – část 2 (zdroj: ČÚZK)



Foto č. 1



Foto č. 2



Foto č. 3



Foto č. 4



Foto č. 5



Foto č. 6



Foto č. 7



Foto č. 8



Foto č. 9



Foto č. 10



Foto č. 11



Foto č. 12



Foto č. 13



Foto č. 14



Foto č. 15



Foto č. 16



Foto č. 17



Foto č. 18



Foto č. 19



Foto č. 20



Foto č. 21



Foto č. 22



Foto č. 23



Foto č. 24



Foto č. 25



Foto č. 26



Příloha 12: Mapovací formulář HEM (zdroj: Langhammer, 2014)

HEM 2014 - Hydroekologický monitoring Mapovací formulář

Název toku	
ID úseku	
Délka úseku (m)	
Mapovatel	

Datum, čas	
ID vodního útvaru	
Typ vodního útvaru	

Geometrické charakteristiky úseku

Hranice úseku	Říční km	Souřadnice X (m)	Souřadnice Y (m)			
Dolní hranice						
Horní hranice						
Tvar údolí (zaškrtnout)	Soutěska	Tvar V	Tvar U	Neckovitý	Plochý	Asymetrický

1. Upravenost trasy toku (TRA)

Zdroj dat: T D	Převládající typ	Známky napřímení	Známky revitalizace	Historický stav
Spolehlivost stanovení: A B C				
Divočící tok				
Rozvětvený tok				
Meandrující				
Zákruty				
Přímý úsek				

2. Variabilita šířky koryta (VSK)

Zdroj dat: T D	Minimum	Maximum
Spolehlivost stanovení: A B C		
Šířka koryta (m)		
Šířka hladiny (m)		
Šířka údolní nivy L břeh (m)		
Šířka údolní nivy P břeh (m)		

3. Variabilita zahloubení v podélném profilu (VHL)

Zdroj dat: T D	Rozsah* (%)	Uměle zvýšené	Uměle snížené
Spolehlivost stanovení: A B C			
0-1 m			
1-2 m			
2-4 m			
4 a více m			

12. Upravenost břehu (UBR)

Zdroj dat: T D	Rozsah* (%)	
Spolehlivost stanovení: A B C	L břeh	P břeh
Břeh bez známek úprav		
Vegetační opevnění břehu (zatravnění)		
Vegetační opevnění břehu (kulatina)		
Rozpad, zpřirodnění úpravy (pohoz, zához, rovnanina)		
Kamenný pohoz, zához, rovnanina		
Gabiony		
Polovegetační tvárnice		
Zpevnění břehu kamennou dlažbou		
Zpevnění břehu betonem		
Souvislá úprava profilu		

13. Břehová vegetace (BVG)

Zdroj dat: T D	Rozsah* (%)	
Spolehlivost stanovení: A B C	L břeh	P břeh
Přirozený les		
Hospodářský les		
Liniová vegetace		
Přerušované pásy vegetace		
Jednotlivé stromy, keře		
Trávovinná vegetace		
Ruderální společenstvo		
Břehy bez vegetace		

16. Průchodnost inundačního území (PIN)

Zdroj dat: T D	Výskyt	
Spolehlivost stanovení: A B C	L břeh	P břeh
Žádné liniové stavby v nivě (zaškrtnout)		
Liniové stavby napříč nivou - násypy komunikací aj. (Počet)		
Povodňové hráze podél koryta (Rozsah* %)		
Liniové stavby vedené paralelně s korytem, násypy komunikací aj. (Rozsah* %)		
Odsazení hrází/valů od koryta (m)		
Zkapacitnění koryta (Rozsah* %)		

4. Variabilita hloubek v příčném profilu (VHP)

Zdroj dat: T D	Rozsah* (%)
Spolehlivost stanovení: A B C	
Vysoká	
Střední	
Přirozeně nízká	
Nízká z důvodu úpravy koryta	

5. Dnový substrát (DNS)

Zdroj dat: T D	Rozsah* (%)
Spolehlivost stanovení: A B C	
Skalní podloží	
Balvany (256 mm a více)	
Kameny (64 - 256 mm)	
Štěrky (2 - 64 mm)	
Písek (0,06 - 2 mm)	
Prach/bahno (méně než 0,06 mm)	
Rašelina	
Pevné jílovité dno	
Umělý substrát	

14. Využití příbřežní zóny (VPZ)

Zdroj dat: T D	Rozsah* (%)	
Spolehlivost stanovení: A B C	L břeh	P břeh
Přirozený skalní povrch		
Les		
Louka		
Pastvina		
Plochy ponechané přirozenému vývoji		
Vodní plochy		
Mokřad		
Zemědělská plocha		
Roztroušená zástavba		
Intravilán, průmysl		

15. Využití údolní nivy (VNI)

Zdroj dat: T D	Rozsah* (%)	
Spolehlivost stanovení: A B C	L břeh	P břeh
Přirozený skalní povrch		
Les		
Louka		
Pastvina		
Plochy ponechané přirozenému vývoji		
Vodní plochy		
Mokřad		
Zemědělská plocha		
Roztroušená zástavba		
Intravilán, průmysl		

6. Upravenost dna (UDN)

Zdroj dat: T D	Rozsah* (%)
Spolehlivost stanovení: A B C	
Dno bez známek úprav	
Zpevnění dna kamennou dlažbou	
Zpevnění dna kamenným pohozem, rovnaninou	
Zpevnění dna betonem	
Zatrubnění, zakrytí toku	
Pravidelná prohrábka koryta/ zvýšené zahloubení	
Přidávání splavenin a umělého substrátu	

7. Mrtvé dřevo v korytě (MDK)

Zdroj dat: T D	Rozsah* (%)		
Spolehlivost stanovení: A B C			
Mrtvé dřevo a dřevní zbytky v korytě			
Intenzita	žádné	občasné	systemat.
odstraňování			

8. Struktury dna (STD)

Zdroj dat: T D	Rozsah* (%)
Spolehlivost stanovení: A B C	
Žádné pozorované struktury dna	
Lavice	
Ostrovy	
Mělčiny	
Tůně	
Peřeje	
Skalní stupně	

11. Podélná průchodnost koryta (PPK)

Zdroj dat: T D	Počet výskytů	Z toho počet dočasných překážek	Z toho počet migračně průchodných
Spolehlivost stanovení: A B C			
Úsek bez překážek			
Nízké stupně s výškou nižší než 0,3 m			
Stupeň nebo jez s výškou 0,3 - 1 m			
Stupeň nebo jez vyšší než 1 m			
Skluž			
Propustek			
Hráz			

17. Stabilita břehu a boční migrace koryta (BMK)

Zdroj dat: T D	Rozsah* (%)	
Spolehlivost stanovení: A B C	L břeh	P břeh
Stabilní břeh bez nátrže a akumulací		
Drobné břehové nátrže (do 5 m)		
Rozsáhlé břehové nátrže (nad 5 m)		
Drobné fluvialní akumulace (do 100 m ²)		
Rozsáhlé fluvialní akumulace (nad 100 m ²)		
Omezení bočního pohybu koryta		

..... doplnkové charakteristiky

Invační druhy

Zdroj dat: T D	Druhy	Četnost
Spolehlivost stanovení: A B C		1 - jednotky 2 - desítky 3 - stovky 4 - tisíce
Levý břeh		
Pravý břeh		

Fotodokumentace

ID fotografií struktur a úprav vztahujících se k danému úseku:

Poznámky



Univerzita Karlova v Praze
Přírodovědecká fakulta
Geografie



Ministerstvo životního prostředí



SFZP ČR