

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: N4106 Zemědělská specializace
Studijní obor: Pozemkové úpravy a převody nemovitostí
Katedra: Katedra krajinného managementu
Vedoucí katedry: doc. Ing. Pavel Ondr, CSc.

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Zpracování studie revitalizace krajiny ve vybraném
povodí**

Vedoucí diplomové práce: Ing. Jana Moravcová, Ph.D.
Autor diplomové práce: Bc. Veronika Lexová

České Budějovice 2018

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Veronika LEXOVÁ**
Osobní číslo: **Z16447**
Studijní program: **N4106 Zemědělská specializace**
Studijní obor: **Pozemkové úpravy a převody nemovitostí**
Název tématu: **Zpracování studie revitalizace krajiny ve vybraném povodí**
Zadávací katedra: **Katedra krajinného managementu**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Teoretická část.
Hydrologické a hydrochemické vlastnosti malých povodí.
Revitalizační opatření v krajině.
Možnosti změny vodního režimu malých povodí.
Vliv zemědělských aktivit na kvalitu vodní komponenty a na krajinu.

Praktická část.
Výběr vhodného povodí pro zpracování studie revitalizace.
Analýza kvalitativních a kvantitativních charakteristik vodního prostředí.
Analýza jednotlivých prvků vodního prostředí ve vybrané lokalitě.
Návrh řešení revitalizace vodních toků ve zvoleném povodí.
Návrh řešení revitalizace poškozených odvodňovacích prvků ve zvoleném povodí.

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
23000 BUDĚJOVICE
TEL: 378 531 111
WWW: WWW.JCU.CZ

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah pracovní zprávy: **60 stran textu**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

- DAVIE, T. 2008. Fundamentals of hydrology. Oxon: Routledge. 200 s. ISBN 978-0415220286. .
- NOVOTNY, V. 2003. Water Quality. New Jersey: John Wiley Sons. 888 s. ISBN 0-471-39633-8. .
- NOVOTNY, V., CHESTERS, G. 1981. Handbook of nonpoint pollution sources and management. New York: Van Nostrand Reinhold Company. 555 s. .
- ŘÍHA, J., DOLEŽAL, P., JANDORA, J., OŠLEJŠKOVÁ, J., RYL, T. 2002. Jakost vody v povrchových vodních tocích a její matematické modelování. Brno: NOEL 2000, s.r.o. 269 s. ISBN 80-86020-31-2. .
- VASILIEV, O. F., VAN GELDER, P. H. A. J. M., PLATE, E. J., BOLGOV, M. V. (Eds.). 2007. Extreme hydrological events: New concpets for security. Dordrecht: Springer. 500 s. ISBN 978-1-4020-5740-3. .
- WESTRICH, B., FÖRSTNER, U. (Eds.). 2007. Sediment Dynamics and Pollutant Mobility in Rivers. New York: Springer. 430 s. ISBN 978-3-540-34785-9. .
- Časopisy Journal of Hydrology, Hydrological Processes, Water Research, Soil and Water Research, Vodní hospodářství.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Jana Moravcová, Ph.D.**
Katedra krajinného managementu

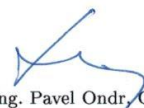
Datum zadání diplomové práce: **16. dubna 2018**

Termín odevzdání diplomové práce: **30. dubna 2018**



prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc., dr. h. c.
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studentův 1888, 370 05 České Budějovice



doc. Ing. Pavel Ondr, CSc.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 16. dubna 2018

Prohlášení

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných fakultou - elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Táboře dne 20.4.2018

.....

Veronika Lexová

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala své vedoucí práce Ing. Janě Moravcové, Ph.D. za odborné vedení, vstřícný přístup a trpělivost při zpracování této práce. Dále bych chtěla poděkovat své rodině a přátelům za podporu.

ABSTRAKT

Tato práce se zabývá revitalizací povodí Jenínského potoka, která je zaměřená zejména na odtrubnění některých částí toku. Je navržena nová trasa koryta roku, kde pramení včetně návrhu výsadby vegetace. Revitalizace se dále týká odvodňovacího systému, kde je navržena nová trasa svodného drénu a retenční nádrž. Pro vhodné navržení opatření byl spočítán odtok vody z povodí a zanalyzován průtok a koncentrace látek v toce.

V rámci literární rešerše je obecně popsána voda, její složení a hydrologický cyklus. Dále je vysvětlen srážko-odtokový proces a faktory, které ho ovlivňují. Teorie se také zabývá revitalizací vodních toků a v poslední řadě jsou popsány odvodňovací systémy.

Klíčová slova: povodí, Jenínský potok, průtok, koncentrace, navrhovaná trasa, revitalizace, odvodnění

ABSTRACT

This work deals with the revitalization of the Jenínský stream, the revitalization is mainly focused on the separation of pipes from some parts of the stream. The new track of the stream including a vegetation is proposed at its spring. The revitalization also concerns the drainage system, where a new drainage trail and a retention tank are proposed. For the appropriate design of the flow capacity, drainage of water from the river catchment was calculated and the flow and concentration of the substances in the stream were analyzed.

Water, its composition and hydrological cycle are generally described in the literary research. It also explains the collision-draining process and the factors that affect it. Theoretic part deals with the revitalization of watercourses and, lastly, drainage systems are described.

Keywords: catchment, Jenínský stream, flow, concentration, proposed route, revitalization, drainage

Obsah

1.	Úvod	9
2.	Literární rešerše	10
2.1	Voda	10
2.2	Hydrologický cyklus	10
2.2.1	Atmosférické srážky	11
2.2.2	Evapotranspirace.....	13
2.2.3	Odtok	13
2.2.4	Infiltrace.....	15
2.3	Složení vody v přírodě	16
2.4	Srážko-odtokový proces	20
2.4.1	Faktory ovlivňující srážko-odtokový proces	21
2.4.2	Vliv srážko-odtokových událostí na průtoky a koncentrace.....	22
2.5	Revitalizace vodních toků	25
2.5.1	Nepříznivé dopady vodohospodářských technických úprav	25
2.5.2	Zásady při revitalizaci vodních toků.....	26
2.6	Odvodňovací systémy	28
2.6.1	Regulace odtoku v odvodňovacích systémech a posílení retence vody v půdě	28
2.6.2	Regulace na drenážní výusti	29
3.	Cíl práce.....	30
4.	Materiál.....	31
5.	Metody.....	34
6.	Výsledky a diskuze	40
6.1	Porovnání průtoků a koncentrací.....	40
6.2	Popis toku	46

6.3	QBR hodnocení říční kvality.....	50
6.4	Jednotlivé úseky toku a nádrže.....	52
6.4.1	Popis jednotlivých úseků	53
6.4.2	Popis jednotlivých nádrží	58
6.5	Návrh na nutná opatření a změny v povodí.....	59
6.6	Trasování koryta vodního toku.....	59
6.6.1	Podélný a příčný profil koryta	68
6.6.2	Vegetační doprovod.....	73
6.7	Revitalizace drenážního systému a vybudování retenční nádrže	74
6.7.1	Retenční nádrž	77
6.7.2	Trasování koryta	80
7.	Závěr	88
8.	Seznam literatury	90

1. Úvod

Veškerá voda na Zemi se účastní většiny procesů a všechny je ovlivňuje. Voda má jedinečné vlastnosti, které mají velký vliv na tvorbu prostředí na Zemi. Význam vody nespočívá jen v jejím množství a jakosti, ale také v přenosu energie a látek v jejím oběhu. Voda se v přírodě účastní všech podstatných biologických, chemických i fyzikálních procesů.

Hlavním zdrojem vody v České republice jsou atmosférické srážky, které výrazně ovlivňují celé její území. Nejdůležitějším ovlivňujícím činitelem jsou při srážko-odtokovém procesu. Tento proces zahrnuje velký odtok vody včetně živin a tím ovlivňuje celé povodí. Ovlivnění mohou být pro člověka pozitivní i negativní. Ve 20. st. bylo hlavním cílem maximální využití zemědělské půdy. V tu chvíli bylo zamokření půdy nebo vysoká hladina podzemní vody vnímáno jako negativní vliv srážko-odtokového procesu a nastala snaha všechny tyto vlivy odstranit. Nastalo budování odvodňovacích systémů a upravování toků, především jejich napřimování s výstavbou nevegetačního opevnění nebo rovnou zatrubnění koryta toku. Tyto úpravy však velmi ovlivňují vodní režim krajiny, který se začal projevovat o pár desítek let později. Je potřeba tyto úpravy vrátit do co nejvíce přírodě podobného stavu a tím eliminovat další dopady těchto úprav. Tento proces znovunavrácení je nazýván revitalizace. Napomáhá k zadržení vody v krajině, ovlivňuje jakost vody a celý vodní režim krajiny.

Cílem této práce je revitalizace povodí Jenínského potoka zejména z pohledu vodního režimu krajiny a navržení opatření. Pro navržení optimálních opatření je vhodná analýza živin ve vodním prostředí potoka zejména z hlediska jakosti vody v povodí. Dále je přínosné znát průtoky v korytě toku. Následně navržené opatření pro zlepšení vodního režimu krajiny se týkají revitalizací prameniště Jenínského potoka, které bylo zatrubněno. Dále se týká revitalizací odvodňovacího systému na pravém přítoku Jenínského potok.

2. Literární rešerše

2.1 Voda

Veškerá voda na Zemi i v atmosféře tvoří hydrosféru (Kemel, 1996).

Hydrosféra podle Šilara (1996) zahrnuje:

- atmosférickou vodu (ovzdušnou), která se v atmosféře vyskytuje jako ovzdušná vlhkost nebo pára,
- vodu povrchovou, která zahrnuje oceány, moře, jezera, močály, ledovce a vodní toky na povrchu Země,
- vodu podpovrchovou, která je pod povrchem Země,
- vodu v biosféře, která je obsažena v organizmech.

Voda se na Zemi vyskytuje jako nejběžnější prvek s jedinečnými chemickými a fyzikálními vlastnostmi. Tyto její vlastnosti jsou velmi důležité pro utváření prostředí na Zemi jakožto prostředí, které je vhodné pro život (Buckley, Hopkins, Ehitaker, 2006).

Vodu můžeme rozdělit podle dvou významů – voda jako chemická složka a voda jako přírodní roztok, v němž je voda rozpouštědlem a ostatní látky jsou v ní rozpouštěné (Pačes, 1982). Pitter (1990) uvádí, že lze vodu rozlišovat podle výskytu a podle použití. Podle výskytu na vody atmosférické, povrchové a podzemní. A podle použití na vodu pitnou, užitkovou, provozní a odpadní.

Voda se na Zemi vyskytuje ve třech skupenstvích – v pevném, kapalném a plynném (Pačes, 1982).

2.2 Hydrologický cyklus

Šilar (1996) nazývá hydrologickým cyklem neustálý uzavřený oběh vody na Zemi, kde voda přechází z jednoho skupenství do druhého. K tomuto oběhu je potřeba energie ze Slunce a Země. Sluneční energie způsobuje výpar a pohyb

vody v atmosféře, zemská gravitace způsobuje pohyb vody v kapalném i pevném skupenství.

V hydrologickém cyklu se voda neustále pohybuje v procesech výparu, kondenzace, srážek a povrchového a podzemního odtoku (Buckley, Hopkins, Ehitaker, 2006).

Pačes (1982) považuje množství vody na Zemi (tj. v atmosféře, na povrchu a v horninách) za více méně konstantní. Toto množství vody se neustále pohybuje a z jednoho prostředí přechází do druhého. Hydrologický cyklus tvoří atmosférické srážky, odtok, infiltrace a evapotranspirace.

Mezi všemi částmi hydrologického cyklu panuje dynamický rovnovážný vztah. Tento vztah nazývá Šilar (1996) jako hydrologickou bilanci, která se stanoví pro daný čas a prostor. Podle Starého (2005) se jedná o vztah mezi úhrnem srážek, výparu a odtoku. Podle Šilara (1996) se tento vztah nejlépe vyšetřuje v orografickém povodí, jenž je hydrologicky uzavřeným cyklem a nejčastěji se v něm stanovuje tato hydrologická bilance.

2.2.1 Atmosférické srážky

Atmosférické srážky a teplota vzduchu jsou hlavním činitelem, který vytváří ráz krajiny, vegetační kryt a vodohospodářské poměry (Červený a kol., 1984). Srážky jsou časově a místně velmi proměnlivé, závislé na nadmořské výšce a na proudění vzduchu. Podle Buckley, Hopkins a Ehitaker (2006) je voda díky srážkám v neustálém pohybu počínaje atmosférou, přes oceány, řeky, ledovce k ledovcovým čepicím.

Srážky, především jejich množství, kvalita a proměnlivost, jsou dány zeměpisnou polohou a geografickým uspořádáním. Dále jsou ovlivněny antropogenní činností (Červený a kol. 1984).

Kemel (1996) udává, že srážky vznikají kondenzací vodní páry na malých částech prachu tzv. kondenzačních jádrech. Vzestupné proudy se přesycují vodní parou díky poklesu teploty a atmosférického tlaku. Tato vodní pára pak kondenzuje na částech pevných látek a tvoří tak mrak s určitou stabilitou.

Náhlá změna teploty a tlaku způsobí narušení jejich stability a vyvolá atmosférickou srážku, která je kapalná nebo pevná (Pačes, 1982).

Kemel (1996) uvádí různé rozdělení srážek. Podle skupenství na kapalné a pevné. Podle způsobu, místa a doby, kdy vznikají, na horizontální a vertikální.

Kopáček a Bednář (2005) rozdělují srážky na padající, usazené a srážkové pásy pod oblaky, které nedosáhnou povrchu Země.

Padající srážky jsou rozděleny do hlavních druhů:

- Déšť – vodní srážky, které vypadávají z oblaků v podobě kapek.
- Mrznoucí déšť – kapky deště, které zmrznou po dopadu na prochlazený zemský povrch.
- Mrholení – malé kapky o průměru menším než 0,5 mm, které vypadávají z mraků při malé intenzitě.
- Sníh – tuhé srážky vypadávající z mraků, skládající se z ledových krystalků.
- Sněhové krupky – tuhé srážky, které se skládají z kulovitých ledových částic.
- Sněhová zrna – tuhé srážky skládající se z ledových částic zploštělého nebo podlouhlého tvaru.
- Zmrzlý déšť – vzniká zmrznutím dešťových kapek nad zemským povrchem.
- Ledové jehličky – ledové krystalky ve tvaru jehlic, které se vznášejí ve vzduchu nebo pomalu klesají k Zemi.
- Kroupy – padající kusy ledu různého tvaru a velikosti.

Šilar (1996) rozlišuje srážky podle intenzity a rozsahu zasaženého území na regionální a přivalové deště. Regionální nebo také krajinné deště zasáhnou větší území s menší intenzitou, ale delší dobou trvání. Přivalové deště zasahují menší území s krátkou dobou trvání, ale vysokou intenzitou. Mohou být spojené s bouřkami.

Podle Starého (2005) je měření srážek jedno z nejdůležitějších měření v hydrologii. Zejména pro předpověď extrémních hydrologických situací,

porozumění a monitoring hydrologického cyklu, klimatických změn a pro hydrologické a klimatické modelování.

Množství vodních srážek se měří jako výška vodní vrstvy, která vznikne na povrchu bez výparu a odtoku. Tato výška je udávána v milimetrech a vyjadřuje množství vody v litrech, které spadlo na 1 m² zemského povrchu. Celkovou výškou srážek, které spadly na určité místo za určité období, nazýváme srážkovým úhrnem.

Výška vodních srážek se měří srážkoměrem nebo-li ombrometrem, což je nádoba ve tvaru válce a shora je do ní nasazena nálevka. Srážky pomocí nálevky stékají do válce (Šilar, 1996).

2.2.2 Evapotranspirace

Část z vody, dopadající na povrch Země, se téměř okamžitě vrací zpět do atmosféry (Pačes, 1982). Kam se voda dostává výparem z vodní hladiny, ze sněhové pokrývky a ledu, z povrchu půdy, rostlin a transpirací rostlin (Kemel, 1996). Pačes (1982) toto množství odhaduje na tisícinu procenta z celkového množství na Zemi a říká, že se voda v atmosféře vyskytuje ve všech skupenstvích. Voda je díky výparu transportována atmosférou z oceánu na pevninu, a to je základní část v hydrologickém cyklu (Manahan, 2010).

Vlivem slunečnímu záření získávají molekuly vody tolik energie, že se mohou začít vypařovat. Vodu do atmosféry mohou uvolňovat i rostliny, tento pochod se nazývá transpirace. Výpar a transpirace jsou dva pochody spolu velice úzce spjaty a vzájemně se ovlivňují, proto jsou dohromady označovány jako evapotranspirace (Šilar, 1996).

2.2.3 Odtok

Odtok je množství vody odtékající z daného území. Povrchový odtok v řekách a potocích spolu s podpovrchovým odtokem tvoří celkový odtok. Přímo na hladinu vodotečí dopadne jen malá část ze srážkové vody. Ta část vody dopadající na zemský povrch prosakuje do nenasyceného horninového pásma a pak vytéká do řeky nebo prosakuje k hladině podzemní vody. Nevsáknutá voda se hromadí na

povrchu Země v tzv. depresích, ze kterých po naplnění, voda začne stékat do řek. Tento jev se nazývá povrchový stok nebo ron. Unáší s sebou také značné množství částic, které jsou původem zvětrávání hornin a půd (Pačes, 1982).

Povrchový srážkový odtok nebo-li ron, podle Jůvy (1957) vznikne, když je množství spadlých srážek vyšší než výpar a schopnost půdy jímat vodu. Na vznik ronů mají velký vliv klimatické, biologické, územní a kulturní poměry daného povodí.

Aby došlo ke vzniku srážkového odtoku, jsou důležití klimatičtí činitelé, zejména intenzita, teplota a množství srážek. Z územních poměrů je to sklonitost a členitost území, tvar a délka svahů. Důležité jsou i půdní poměry, zvláště struktura, zrnitost, propustnost, humosnost a další vlastnosti půdy ovlivňující průběh a intenzitu vsakování vody do půdy. Dále zde hrají roli biologické podmínky jako vegetační kryt a biologický stav půdy. Mezi kulturními poměry jsou významné osevnické postupy, hospodaření na zemědělské půdě, druhy a umístění kultur a stavby a úpravy způsobující změnu původních odtokových poměrů (Jůva, 1957).

Povrchový odtok

K povrchovému odtoku dochází v okamžiku, kdy intenzita deště přesáhne vsakovací schopnost půdy a je vyčerpána akumulace půdního profilu (Holý a kol., 1984). Povrchový odtok pak tvoří voda ze srážek v korytech řek, potoků a nádržích vod. Voda stékající po povrchu Země ronem do koryta vodoteče. Dále infiltrovaná voda do provzdušněného pásma, ze kterého dotekla do vodoteče přes méně propustné polohy. A v poslední řadě voda z nádrže podzemních pod, tedy podzemní voda (Pačes, 1982).

Podpovrchový odtok

Podle Starého (2005) je podzemní odtok tvořen vodou, která se do podzemí převážně infiltrovala ze srážek. Dále pak teče nad hladinou podzemní vody z nenasycené zóny nebo pod hladinou podzemní vody ze zóny nasycené.

Průtok

Průtokem vody se rozumí objem vody protékající za určitou dobu určitým průtočným řezem. Kemel (1996) také udává, že průtokem vody v toku tvoří povrchový a podzemní odtok.

Průtoky v povodí se neustále mění díky srážko-odtokovým procesům, což je pozorovatelné na kolísání hladin vodních toků (Starý, 2005).

Šilar (1996) uvádí, že je významná znalost množství průtočné vody, a to zejména pro bezpečnost staveb na břehu vodního toku, pro návrh hydroenergetických a vodohospodářských zařízení závislých na dostatečném množství vody. Užitečná je také pro různé hydrologické rozborů a pro určování vodní bilance území.

Průtok lze zjistit přímým měřením, chemickým měřením, měřením průměrné průřezové rychlosti nebo měřením bodových rychlostí. Přímé měření je nejčastěji používáno pro určení vydatnosti pramenů nebo nízkých průtoků. K tomu je potřeba měrné nádoby nebo automaticky sklopné nádoby pro nepřetržitě měření. Měřením bodových rychlostí se zjišťuje průtok v místech, kde se průtok nedá měřit přímo např. v místech s velmi vysokými průtoky nebo nedostatečným spádem. Touto metodou se měří rychlost bodově a dle vzorce je určen průtok (Kemel, 1994).

2.2.4 Infiltrace

Při srážkách dochází k vsakování vody do půdy. Tento děj se nazývá infiltrace (Starý, 2005). Voda dopadající na zemský povrch prosakuje přes zvětralé horniny, nebo půdu až k hladině podzemní vody (Pačes, 1982). Jedná se o velmi složitý děj ovlivňovaný mnoha faktory zejména intenzitou srážek a půdními poměry (Krešl, 2001).

Podle Starého (2005) je infiltrace vody do půdy jedním ze základních řešení hydrologických, hydrogeologických a hydromeliorických problémů. Vedle způsobu obhospodařování půdy a charakteristik reliéfu je schopnost půdy infiltrovat vodu zásadní při formulaci povodí z hlediska rozdílnosti vytváření

odtoku. Kromě množství vody, které se vsáklo během infiltrace je důležité znát i čas vsakování vody, vlhkost půdního profilu a vodu proudící v půdním profilu během celého procesu infiltrace.

Starý (2005) uvádí faktory ovlivňující infiltraci:

- vegetační pokryv
- počáteční vlhkost půdy
- intenzita a trvání srážek
- chemické látky přidané do půdy

2.3 Složení vody v přírodě

Podle Pačese (1982) je chemické složení vod v přírodě výsledkem fyzikálních a geochemických procesů, antropogenní činnosti a biologického metabolismu. Na chemické složení vody mají vliv také transportní jevy. Chemické složení povrchové vody je tvořeno kromě vodíku a kyslíku dalšími prvky, např.: fosfor, dusík, vápník, sodík, křemík, hořčík, chlor, uhlík, draslík a síra. Podle Hrázkého a Šafarčíkové (2006) se všechny složky ve vodě vyskytují díky přírodním i antropogenním zdrojům.

Voda v přírodě vždy obsahuje rozpuštěné a nerozpuštěné organické a anorganické látky a rozpuštěné plyny. Některé látky přijme již v atmosféře, ale k největšímu obohacení dochází během infiltrace půdou a horninami (Pitter, 1990).

Mezi přírodní *organické látky* se řadí výluhy z půdy a sedimentů a produkty činnosti živočichů, rostlin a bakterií (Pitter, 1990). Hateša a Kočková (1997) ještě dodávají původ organických látek jako produkt z rozkladu těl organismů nebo jejich výkalů. Jedná se tedy o látky biogenního původu zejména o huminové látky. Řasy a mikroby během své životní činnosti produkují nízkomolekulární a vysokomolekulární látky na bázi sacharidů, aminokyselin, peptidů, polyfenolů apod. Některé z látek mají komplexotvorné a povrchově aktivní vlastnosti a jiné vzniknou činností sinic a jsou pachotvorné a toxické (Pitter, 1990). Hateša a Kočková (1997) nazývají huminovými látkami ty látky, které se do vody dostanou

vymýváním humusu z půdy. Výskyt organických látek ve vodách je v přímé závislosti na intenzitě průtoku.

Organické i anorganické látky antropogenního původu pochází ze splaškových a průmyslových odpadních vod, z odpadů ze zemědělství, ze skládek, z atmosféry apod. (Pitter, 1990). Složení těchto látek bývá velmi rozdílné a po vniku do vody se buď vznáší ve vodě, jsou požírány organismy, podlehnou rozkladu nebo se usadí na dně vodního toku (Heteša a Kočková, 1997). Koncentrace organických látek ve splaškových a odpadních vodách bývá měřena v jednotkách až desítkách g/l. Vysoké koncentrace některých látek mohou být hygienicky závadné, mohou se v prostředí hromadit nebo mohou ovlivňovat kyslíkový režim vod (Pitter, 1990).

Z hlediska primární produkce ve vodách se za nejdůležitější považuje dusík, fosfor a draslík rozhodující o úživnosti vod (Heteša a Kočková, 1997).

Mezi nejdůležitější biogenní prvky patří fosfor a dusík. Jsou důležitým kritériem jakosti vody (Heteša a Kočková, 1997). Koncentrace fosforu a dusíku v tocích je závislá na zdrojích v povodí. Přírodní pozadí koncentrací fosforu v odtoku z povodí závisí především na horninovém složení podloží a na procesech v půdě (Hejzlar, Žaloudík a Rohlík, 201). Zdroje fosforu mohou být organické a anorganické. Mezi organické zdroje se řadí odpadní vody, smytá statková hnojiva a produkty rozkladných procesů živočichů a rostlin. Jako anorganické zdroje jsou některé minerály např. apatit, fosforit a kaolinit. (Heteša a Kočková, 1997). Antropogenní zdroje mohou mnohonásobně zvyšovat přírodní koncentraci fosforu v tocích. Nejvýznamnějším antropogenním zdrojem fosforu jsou komunální odpadní vody vypouštěné do toků, povrchové smyvy a průsaky ze zemědělské půdy (Hejzlar, Žaloudík a Rohlík, 201).

Dusík se neuvolňuje z podloží ve velkém množství. Jeho odtok se řídí podle procesů, které probíhají v půdě. Obsah dusíku v přírodním odtoku z půdy je závislý zejména na přísunu z atmosférických srážek a na schopnostech půdních organismů vegetace využívat dusík a zabudovávat ho do půdní organické hmoty. Vlivem antropogenní činnosti se koncentrace dusíku výrazně zvyšuje. Dusík je přítomen v komunálních odpadních vodách, ale hlavně uniká ze zemědělských

půd (Hejzlar, Žaloudík a Rohlík, 201). Udawatta a kol. (2006) uvádějí, že únik dusíku ze zemědělských půd ovlivňuje intenzita a množství srážek, vegetační pokryv a půdní vlastnosti.

Dalšími důležitými složkami ve vodě jsou vápník a hořčík. Do vodního prostředí se dostávají vyluhováním minerálů nebo z průmyslových odpadních vod z provozů, ve kterých se kyseliny neutralizují vápnem, vápencem, magnezitem nebo dolomitem. Vody se obohacují vápníkem a hořčíkem také při odkyselování podzemních vod (Pitter, 1990).

Složení a vlastnosti vod významně ovlivňuje také uhlík (Pitter, 1990). Ten se do vody dostává z atmosféry, z různých chemických a biochemických procesů, nebo zvětráváním minerálů (Hateša a Kočková, 1997).

V každé vodě je obsažen i chlor. Jeho koncentrace se pohybuje v širokém rozmezí. V jezerech a řekách zvláště severních oblastí s bahnitými a podzolovými půdami je obsah chloru ve vodě nepatrný a dá se vyjádřit dokonce desetinnými miligramy v litru vody. V mořích a ve značné části slaných jezer je chlor hlavní složkou (Hateša a Kočková, 1997). Do vody se dostává zvětráváním a vyluhováním hornin. Větší koncentrace chloridů pocházejí z ložisek kamenné soli nebo ložisek draselných solí. Mohou být také vulkanického původu. Významným zdrojem chloridů v povrchových a podzemních vodách mohou být atmosférické vody, zejména v přímořských oblastech. Dalším zdrojem jsou močůvky, solení vozovek v zimním období a některé průmyslové odpadní vody, které používají chlorid sodný k vysolování produktů (Pitter, 1990).

Sodík a draslík jsou v zemské kůře rozšířeny v podobných koncentracích vodního prostředí přecházejí také z hornin a minerálů. Antropogenním zdrojem sodíku jsou některé průmyslové odpadní vody z výroby používající chlorid nebo síran sodný (Pitter, 1990). V tocích mohou způsobit zvýšené množství draslíku odpadní vody z chemických závodů, které pracují se solemi draslíku. Dále se do vody může dostat i splachem z polí hnojených draselnými hnojivami (Hateša a Kočková, 1997).

Druhým nejrozšířenějším prvkem v přírodě je křemík, který tvoří různé minerály. Do vod se dostává zvětráváním minerálů a hornin. Antropogenním zdrojem křemíku ve vodě mohou být některé průmyslové odpadní vody (z výroby keramiky a skla) a fluoridace pitné vody.

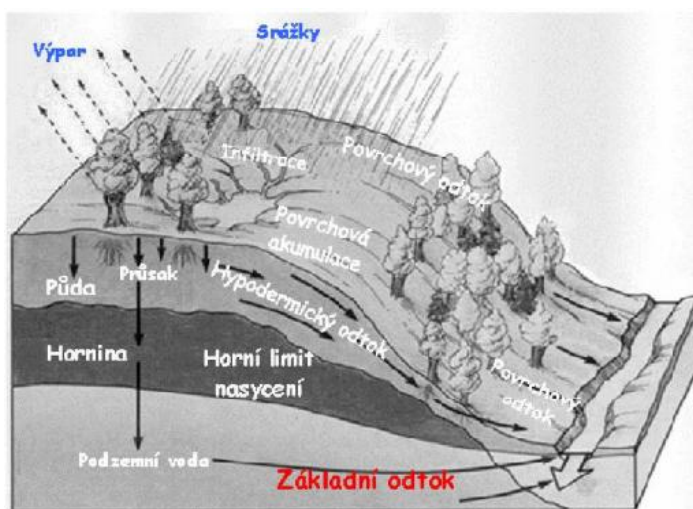
V přírodních i odpadních vodách se vyskytují anorganické sloučeniny síry v oxidačním stupni – II, 0, IV a VI. Jde o sulfan a jeho iontové formy, elementární síru, siřičitany, sírany a thiosírany. Z organických látek obsahují síru některé bílkoviny, thioly, aminokyseliny a různé sulfosloučeniny (Pitter, 1990). Přirozený obsah síranů v podzemních a povrchových vodách je produktem zvětrávání hornin a biologické činnosti ve zvodněných vrstvách (Hateša a Kočková, 1997).

Tölgyessy a kol. (1989) uvádí, že se kontaminace hydrosféry neustále zvyšuje. Znečištění ve vodě se projevuje estetickými závadami, chemickým a bakteriálním znečištěním, poškozením biocenózy, zpomalením procesu samočištění vody, nánosy kalů a sedimentů apod. Podle Pittera (1990) antropogenní látky způsobují dlouhodobé znečištění vody, které spočívá v chemizaci zemědělství, urbanizaci a industrializaci.

2.4 Srážko-odtokový proces

Srážko-odtokovým procesem se rozumí postupná transformace srážek, které spadnou na povodí až na vodu, která odtéká uzávěrovým profilem. Tento proces ovlivňuje řada geografických a klimatických činitelů (Starý, 2005). Rožnovský (2013) uvádí, že je to složitý mechanismus, který ovlivňuje mnoho faktorů, a zároveň on sám ovlivňuje distribuci vody v krajině.

Obr. č. 1: Schéma srážko-odtokového procesu



Zdroj: Starý (2005)

Srážko-odtokový proces je tvořen hydrologickou a hydraulickou transformací. Hydrologická transformace je definována jako plošný povrchový odtok. Od srážek dopadající na povodí jsou postupně odečítány hydrologické ztráty, jako je evapotranspirace, navlhání, intercepce (zadržení vody na povrchu vegetace), infiltrace vody do půdy a povrchová retence. Po odečtení ztrát získáme efektivní intenzitu srážky. Hydraulická transformace je plošný povrchový odtok, který postupně odtéká rony a erozními rýhami, říční sítí a nakonec uzávěrovým profilem. Spolu s podpovrchovým odtokem tvoří celkový odtok (Starý, 2005).

2.4.1 Faktory ovlivňující srážko-odtokový proces

V celosvětovém měřítku může být srážko-odtokový proces měněn a ovlivňován takovými činnostmi, které nejsou s vodou přímo spojeny. Mezi ně patří znečišťování ovzduší a následné zvyšování teploty, dále pak tání ledovců, které má za následek zvýšení hladiny moří a oceánů. Další ovlivňující činnosti jsou úpravy vodního režimu kvůli industrializaci. Následkem těchto činností jsou změny v evapotranspiraci a infiltraci, a to vede k dlouhodobé změně hladin a zásob podzemních vod. (Červený a kol. 1984)

Dalšími činnostmi ovlivňujícími tento proces jsou zemědělství, lesní hospodářství, urbanizace apod., které jsou rozmístěny po celé ploše povodí.

Fyzikálně-geografické činitele

Starý (2005) uvádí, že na odtok vody z povodí mají velký vliv fyzikálně-geografické vlastnosti.

Sběrná plocha povodí – výrazně ovlivňuje základní hydrologické veličiny – specifický odtok, průměrný odtok apod.

Tvar povodí – tento činitel při daném plošném a časovém rozdělení srážek ovlivňuje tvorbu povodňových průtoků.

Geologické vlastnosti povodí

Množství vody infiltrované do půdy ovlivňují nejvíce půdní a geologické poměry v povodí a dělí tak odtok na povrchový a podzemní. Tam, kde se nacházejí převážně nepropustné horniny, bývá povrchový odtok rychlý a způsobuje nevyrovnaný průtok v řekách a nízkou hladinu podzemní vody (Starý, 2005). Velké odtoky povrchové vody vznikají při tání sněhu hlavně tehdy, kdy je zem ještě promrzlá. Naopak na lehčích půdách a na půdách s drobtovitou strukturou je tento odtok menší (Jůva a kol., 1984).

Vegetační pokryv

Půda s vegetačním pokryvem je značně odolnější proti erozi. Díky vegetaci se voda lépe vsakuje a pomaleji odtéká (Starý, 2005). Příznivé podmínky pro ovlivnění vzniku, průběhu a erozního působení srážkového odtoku má polohové rozmístění kultur jako jsou louky, pastviny a lesy. Nejlepší podmínky pro

zadržení rozptýlení a vsakování srážkové vod poskytuje dobře vzrostlý smíšený les a hustý travní porost. Naopak polní plodiny, zejména okopaniny, mohou srážkový odtok zvyšovat (Zachar a kol., 1987).

Klimatické faktory

Mezi klimatické činitele patří prostorový a časový průběh spadlé srážky, teplota a vlhkost ovzduší, rychlost a směr větru, výpar a atmosférický tlak (Starý, 2005). Kemel (1996) říká, že klimatické faktory jsou většinou potlačeny fyzikálně-geografickými faktory.

Z klimatických činitelů je nejvýznamnější dešť (Matoušek, 2010). Významná charakteristika deště je jeho intenzita, kterou zjistíme podílem úhrnu a doby trvání srážky (Kemel, 1994). Velkou vydatností se vyznačují přívalové deště nebo-li lijáky. Tyto deště běžně vypadávají z bouřkových mraků na poměrně malé ploše, zejména v letním období. V zimě se bouřky vyskytnou jen výjimečně. Lijáky s sebou občas přinášejí i záplavy, při kterých vznikají škody na majetku, poškození staveb a dochází k narušení krajiny (Rožnovský, 1994). Deště, které mají nižší intenzitu, nazýváme deště regionální. Obvykle mají delší dobu trvání a zasahují větší území. Tyto deště mají vliv na odtok z rozsáhlých území a na odtok podzemních vod (Šilar, 1996).

2.4.2 Vliv srážko-odtokových událostí na průtoky a koncentrace

Dlouhá suchá období a následující intenzivní srážky vedou k velkým povodňovým vlnám. Koncentrace rozpuštěných látek v povodích po povodních jsou nepředvídatelné (Bernal a kol. 2002). K největším splachům rozpuštěných látek na povodí v krátkém časovém měřítku dochází během bouřkových událostí. Studie, jak se chovají rozpuštěné látky během bouřek, poskytují užitečné informace o proudění vody a zdrojích těchto látek v rámci povodí (Evans a Davies, 1998).

Mezi extrémní srážko-odtokové události patří bouřkové lijáky, tedy deště o největších intenzitách. Dokážou vyvolat katastrofální povodně, zejména na tocích malých povodí (Kemel, 1996). Červený a kol. (1984) charakterizuje povodeň jako

přechodné zvýšení hladiny toku nad úroveň břehů, což je způsobeno náhlým zvýšením průtoků nebo snížením průtočnosti koryta (např. ucpáním mostních otvorů, ucpáním koryta ledovou krou nebo jiným předmětem). Seifert (1987) tvrdí, že povodně často způsobují nadměrné srážky nebo rychlé tání sněhu anebo kombinace obou jevů.

Zimní (jarní) povodně vzniknou při tání sněhu. Největší povodně se vytvoří, když sníh leží i v podhůřích a nížinách. Z vyšších poloh sněhová pokrývka odtává postupně a většinou způsobí jen zvýšení hladiny vodních toků (Červený a kol., 1984).

Příkladem jarní povodně je extrémní jarní povodeň v roce 1996 na povodí Opavy, kdy po poměrně dlouhém zimním období došlo k tání značných sněhových zásob. Koncem dubna pokračoval tento vývoj deštivým obdobím, které trvalo do poloviny května. Období před povodní se tak vyznačovalo postupným doplňováním zásob podzemních vod při relativně nasyceném půdním horizontu. Tím se vytvořily příznivé podmínky při výskytu větších srážek pro intenzivní povrchový odtok. Dne 13.5.1996 zasáhly okres Opavy přívalové srážky, které způsobily velmi rychlé zvýšení průtoků v řekách (ČHMÚ, 1997).

Letní povodně jsou způsobeny regionálními dešti trvající zhruba 10 – 72 hodin. Během takové situace dochází k orografickému zesílení srážky díky nevětrnému efektu v podhorských a horských oblastech, a tím dojde i k prodloužení doby trvání srážek. Za těchto povodní bývá povodňová vlna poněkud strmější a objem vody je menší než u povodní vzniklých z tání sněhu (Červený a kol., 1984). Někdy mají tyto povodně i několik vrcholů (2 – 3), to je důsledkem plošně nevyrovnaného rozdělení srážek anebo členitosti říční sítě. Velkým povodním často předchází podružná vlna srážek, která nasytí povodí vodou a další srážka způsobí povodňovou vlnu (Buchtle, 1972).

Povodně způsobené krátkodobými prudkými lijáky se vyskytují pouze v horkých letních měsících. Tyto povodňové vlny jsou charakteristické krátkou dobou trvání a velmi strmým průběhem. Srážky, které tyto povodně způsobují, bývají velkých intenzit s rychlým vstupem do vodních toků, dále způsobují zvýšení průtoků a kulminují po několika hodinách.

Pro pochopení krátkodobých a dlouhodobých změn cyklu rozpuštěných látek v povodích je významné znát procesy ovlivňující koncentrace těchto látek (Mulholland, 1981). Hinton a kol. (1997) uvedl, že silné dešťové události mají velký vliv na odnos látek z povodí. Například jedna velká bouře může způsobit až 20% odnosu látek z celkového ročního exportu.

Studie, které jsou zaměřené na průběh rozpuštěných látek během přechodu období sucha na období vlhka, zjistily výrazné zvýšení koncentrací dusičnanů při první bouřkové události. Razantní zvýšení koncentrací pravděpodobně způsobil rychlý odtok přes povrchové půdní horizonty, které jsou bohaté na živiny. Mezi srážkovými událostmi se v půdě hromadí produkty z rozkladu organických látek a nitrifikace, ty se pak během srážek rychle vyplavují (Biron a kol., 1999). Vývoj koncentrací ovlivňují předchozí vlhkostní podmínky v povodí a velikost srážkové události. Pro odnos živin je rozhodujícím faktorem odtok (Kvítek a kol., 2012).

Uvedené extrémní události ovlivňují průtoky i koncentrace živin ve vodě. Dvě nejvíce studované živiny v biochemii jsou rozpuštěný organický uhlík a dusík (Mulholland, 1981). Jejich koncentrace jsou často nerovnoměrné a jsou závislé na vlhkostních podmínkách půdy, na intenzitě srážek (Ávila a kol., 1992), na sezonnosti biologických procesů a na charakteristikách povodí (typy půd, nadmořská výška, využití půdy, topografie) (Arheimer a kol., 1996). Podle Vitouška (1977) se koncentrace dusičnanů mění s ročním obdobím a je ovlivňovaná obdobím klidu a vegetace. Mayewski a kol. (1990) uvádí, že se koncentrace dusičnanů v mnoha oblastech zvýšila během průběhu posledních let.

2.5 Revitalizace vodních toků

Pod pojem revitalizace vodních toků se zahrnuje soubor vodohospodářských, lesnických, zemědělských a jiných zásahů a opatření na tocích včetně jejich přítoků a povodí. (Hasík, 1974) Just a kol. (2005) uvádí, že téměř celé 19. a 20. století se prováděly technické úpravy potoků, řek a jejich niv. Tyto zásahy měly negativní vliv a časem značně narušily krajinu. Vzniklá situace vyvolává opatření pro napravení způsobených škod označuje se termínem vodohospodářská revitalizace.

Přírodní potoky, řeky, mokřady a další vodní prvky v krajině jsou základní předlohou pro revitalizace. Co nejdůslednější obnovení přírodě blízkému stavu, tedy stavu, kdy by k žádným zásahům vůbec nedošlo, představuje v revitalizacích základná cíl (Just a kol., 2005).

2.5.1 Nepříznivé dopady vodohospodářských technických úprav

Just a kol. (2005) uvádí tyto příklady poškození vodního a zvodněného prostředí nevhodnými technickými úpravami:

Ztráta rozsahu

- zmenšení množství vody v korytech
- zúžení potočních a říčních pásů
- redukce ploch pro přirozený rozliv povodní
- likvidace biotopů a jeho okolí
- zmenšení aktivního omočeného povrchu koryta

Ztráta členitosti

- zmenšení drsnosti koryt a zkrácení tras – zrychlení odtoků
- zmenšení členitosti hloubek a rychlostí proudění
- ztráta stanovišť a úkrytů vodních živočichů
- ztráta biodiverzity

Ztráta stability

- oslabení schopnosti niv zmírňovat nedostatky a přebytky vody
- odvodnění půd
- destabilizace společenstev vodních živočichů omezením pro migrace

2.5.2 Zásady při revitalizaci vodních toků

Při revitalizaci toku je nejdůležitější stanovení cíle úpravy a od toho se pak, společně s již existujícími podmínkami, odvíjejí metody řešení. Je nutné si záměr úpravy obhájit před těmi, kteří ho povolují, finančně zajistit a znát přesné postupy provedení (Just a kol., 2005).

Just a kol. (2005) uvádí 8 obecných zásad při úpravě koryta toku:

1. Chránit a využívat přirozené obnovné procesy
2. Součástí pojetí díla je rozhodnutí o míře kulturnosti nebo přírodnosti
3. Při plnohodnotných revitalizacích je nutná obnova potočních či říčních pásů
4. Určení funkcí ploch revitalizovaného území
5. Nastavení úrovní hladiny vody v korytě a v nivě
6. Navržení přírodě blízkých koryt
7. Opravy regulačních úprav nejsou revitalizacemi
8. Vysazovat původní druhy rostlin

2.5.2.1 Trasa a podélný profil koryta toku

Při revitalizaci je snaha obnovovat přirozené tvary a členitost trasy koryta. Ta by měla odpovídat přírodním podmínkám. Dle terénu jsou známé druhy koryt jako přímá a částečně zvlněná koryta, divočící koryta a meandrující koryta (Just a kol., 2005).

Návrh trasy koryta musí být v souladu se stávajícími a navrhovanými objekty. Tomu napomáhá územní a krajinné plánování. Musí být navržena přírodě blízká trasování koryta. Pokud budou navrženy nevhodné geometrické prvky (úsečky, kružnice, přechodnicové křivky), stává se úprava neestetickou a markantně nepřirozenou (Hasík, 1974).

2.5.2.2 Příčný profil koryta toku

Koryta přírodních řek a potoků v našich podmínkách mají v příčném profilu nejčastěji tvar mělkého a širokého pekáče nebo velmi širokého U. Poměr šířky k hloubce koryta se u stabilních koryt potoků nejčastěji navrhuje v rozmezí 4:1 až 10:1, říčky a řeky mohou být ještě relativně širší. Větší poměr šířky k hloubce poskytuje větší stabilitu koryta (Just a kol., 2005).

2.5.2.3 Zpevnění břehů a dna koryta toku

Hasík (1974) rozeznává vegetační a tvrdé zpevnění břehů a dna. Za vegetační doprovod považuje keře a stromy umístěné nad hladinou vody v korytě. Mezi tvrdé zpevnění řadí kamennou a betonovou dlažbu, betonové prefabrikáty a podobné cizorodé prvky, které brání začlenění toku do krajiny.

Především mimo zastavěná území by se při revitalizaci neměla používat umělá opevnění, jako jsou kamenná dlažba, rovnaniny, tvárnice a podobné konstrukce. Hlavním úkolem je tvarovat koryta s maximální přirozenou stabilitou. V případě nezbytné a dostatečně odůvodněné potřeby stabilizace je nutné používat přírodě blízké způsoby opevnění (Just a kol., 2005).

Just a kol.(2005) uvádí, že koryta s přírodě blízkými tvary a rozměry jsou bezpečná a při správném tvarování se obejdou bez dodatečného opevnění.

2.5.2.4 Vegetační doprovod toku

Pro začlenění toku do krajiny je důležitá výsadba stromů v ploše řečiště a v pobřežních pozemcích přilehlých k vodnímu toku, ne však v průtočné ploše koryta toku. Stromy v blízkosti řeky jsou významným ekologickým prvkem, zlepšují mikroklima a pomáhají k samočisticí schopnosti vody v toku. Břehové porosty by měly odpovídat krajinnému rázu a stanovištním podmínkám (Hasík, 1974).

Podle Justa a kol. (2005) je obnova a posílení břehových a doprovodných porostů významnou součástí revitalizačního opatření. V první řadě je ale třeba chránit stávající zeleň a využívat zarůstání náletů a vegetativní obnovu. Je důležitá znalost funkce konkrétního porostu, funkce a využití daného úseku toku a jejich

efektivní kombinace. Jako vegetační doprovod jsou vhodné tyto dřeviny: vrby, olše, duby, javory, lípy apod.

2.6 Odvodňovací systémy

Přebytečná voda v půdě má nepříznivý vliv na růst zemědělských plodin, znemožňuje růst lesních dřevin a znesnadňuje výstavbu staveb. Díky odvodňovacím zařízením je odváděn nadbytek vody z půdního profilu nebo přímo z povrchu pozemku. Jedná se o soubor technických opatření, který znemožňuje opětovné zamokření území. Tvoří ho hlavní odvodňovací zařízení a podrobná odvodňovací zařízení (Kulhavý a kol., 2015).

Účelem podrobného odvodňovacího zařízení je odvedení nadbytečné vody z půdního profilu či povrchu půdy. Funkce odvodňovacího zařízení ovlivňuje vláhový režim tak, že do odvodňovacích drénů odtéká voda především gravitačních pórů (Kvítek a kol. 2006).

Hlavní odvodňovací zařízení přijímá a odvádí vodu ze zaústěných podrobných odvodňovacích zařízení. Zároveň může sloužit k ochraně před zamokřením nebo zaplavením cizí vodou a jejími škodlivými účinky. Mezi hlavní odvodňovací zařízení patří také příslušné objekty jako jsou drenážní šachtice, stavidla, výpusti apod. (Kvítek a kol. 2006).

Voda, která se dostává působením tlakového gradientu do drenážního potrubí a tím pak odtéká, se nazývá drenážní odtok (Kudrna, 1987).

2.6.1 Regulace odtoku v odvodňovacích systémech a posílení retence vody v půdě

Zpomalení odtoku z území říčních a potočních koridorů nebo z celých údolních niv se dosáhne změnou parametrů koryt vodních toků i přiléhajících pozemků. Zároveň je podpořena infiltrace vody do prostředí (Kulhavý a kol., 2015).

2.6.1.1 Otevření zatrubněného hlavního odvodňovacího zařízení

Zrušením zatrubnění hlavního odvodňovacího systému, jeho odkrytím a následnou úpravou lze vytvořit malý vodní tok. Tím dojde ke snížení intenzity odtoku vody z území a ke zvýšení hladiny podzemní vody. Dle podmínek prostředí je vhodné okolí koryta zdrsnit a tím i podpořit infiltraci nebo retardaci vody.

Mezi pozitivní efekty se řadí zvýšení infiltrace vody do půdy, snížení intenzity povrchového a podpovrchového odtoku z území a zvýšení hladiny podzemní vody, zvýšení retenčního účinku a návrat k přirozenému začlenění do krajiny (Kulhavý a kol., 2015).

2.6.2 Regulace na drenážní výusti

Regulace odtoku vody z drenáží přispívá k racionálnímu hospodaření s vodou v zemědělsky využívaném povodí a je součástí zásadní inovace drenážních systémů v podmínkách zvyšujících se nároků na hospodaření s vodními zdroji.

Opatření snižuje nežádoucí odtok vody z drenáží a zvyšuje její retenci nebo dlouhodobou akumulaci na přilehlých pozemcích. Regulací odtoku vody je dosahováno dvou efektů: posílení dočasné retence a dlouhodobé akumulace vody v korytě a zdržích (regulace úrovně hladiny) a využití retenčního i akumulačního prostoru přilehlého půdního profilu.

Pozitivními efekty jsou zvýšená infiltrace vody do okolní půdy, zdržení vody, posílení samočisticích procesů a zlepšení podmínek pro denitrifikaci (Kulhavý a kol., 2015). Passonen-Kivekäs a kol. (2003) uvádí, že regulace drenážního odtoku má jen malý vliv na koncentrace v odtékající vodě, ale významně se snižuje odnos těchto živin vlivem snížení celkového odtoku.

3. Cíl práce

Cílem práce je revitalizace povodí Jenínského potoka zejména z pohledu vodního režimu krajiny. V první řadě zhodnocení celého povodí Jenínského potoka z pohledu vegetace, stability a složení koryta toku a průtoku a složení vody v toku. Z hlediska hodnocení průtoku a složení vody budou analyzovány naměřené hodnoty průtoku vody a koncentrace dusičnanových a fosforečnanových iontů v toce z dlouhodobého vývoje hodnot a extrémních hodnot. Po zhodnocení budou navržena opatření pro zlepšení vodního režimu krajiny a pozitivního ovlivnění celého povodí Jenínského potoka.

4. Materiál

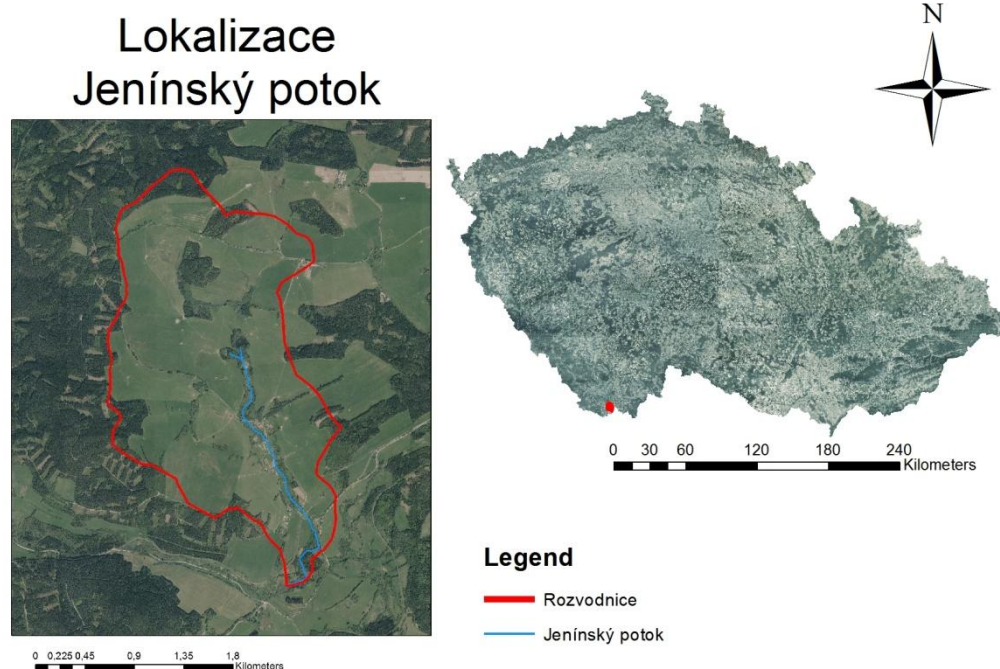
Obecný popis povodí

Povodí Jenínského potoka leží v Jihočeském kraji České republiky, v okrese Český Krumlov blízko hranic s Rakouskem. Nachází se v katastrálním území obce Jenín a Horní Kaliště a náleží do správního území obce Dolní Dvořiště. Zaujímá plochu 4,6 km², je dlouhý 2,71 km a je pravým přítokem Rybnického potoka, kam přitéká ze severu a stáčí se na jihozápad.

Zájmové území má průměrnou nadmořskou výšku 719 m s nejvyšším bodem, kterým je Žibřidovský vrch s výškou 870 m n. m.

Číslo hydrologického pořadí je 1-06-01-1380-0-00. Hlavní rozvodnice I. řádu je povodí Labe, rozvodnice II.řádu je Vltava po Lužnici, rozvodnice III. řádu je Vltava po Malši a rozvodnice IV. řádu je Rybnický potok, do kterého se Jenínský potok vlévá.

Obr č.2: Lokalizace



Podkladová mapa: Ortofoto

Ve vybraném povodí se nachází tyto hlavní půdní jednotky:

34 - Kambizemě dystrické, kambizemě modální mezobazické i kryptopodzoly modální na žulách, rulách, svorech a fylitech, středně těžké lehčí až středně skeletovité, vláhově zásobené, vždy však v mírně chladném klimatickém regionu

37 - Kambizemě litické, kambizemě modální, kambizemě rankerové a rankery modální na pevných substrátech bez rozlišení, v podorniči od 30 cm silně skeletovité nebo s pevnou horninou, slabě až středně skeletovité, v ornici středně těžké lehčí až lehké, převážně výsušné, závislé na srážkách

40 - Půdy se sklonitostí vyšší než 12 stupňů, kambizemě, rendziny, pararendziny, rankery, regozemě, černozemě, hnědozemě a další, zrnitostně středně těžké lehčí až lehké, s různou skeletovostí, vláhově závislé na klimatu a expozici

50 - Kambizemě oglejené a pseudogleje modální na žulách, rulách a jiných pevných horninách (které nejsou v HPJ 48,49), středně těžké lehčí až středně těžké, slabě až středně skeletovité, se sklonem k dočasnému zamokření

73 - Kambizemě oglejené, pseudogleje glejové i hydroeluviální, gleje hydroeluviální i povrchové, nacházející se ve svahových polohách, zpravidla zamokřené s výskytem svahových pramenišť, středně těžké až velmi těžké, až středně skřetovité

75 - Kambizemě oglejené, kambizemě glejové, pseudogleje i gleje, půdy dolních částí svahů, zamokření výraznější než u HPJ 74, obtížně vymežitelné přechody, na deluviích hornin a svahovinách, až středně skeletovité

Podle geomorfologického členění náleží do Hercynského systému, provincie Česká Vysočina, subprovincie Šumavská soustava, oblast Šumavská soustava, celek Šumavské podhůří, podcelek Českokrumlovská vrchovina, a okrsek Rožmberská vrchovina (Demek, 1965).

Řešené území odpovídá mírně teplému, vlhkému klimatickému regionu s průměrnou roční teplotou 6-7 °C a průměrný roční úhrn srážek je zde 650-750

mm. Na to, že se povodí nachází ve vyšších nadmořských výškách se zvlněným terénem, má poměrně malý sklon, který činí 2,76%.

Povodí leží ze dvou třetin v mírně teplé oblasti MT3 a z jedné třetiny v chladné oblasti CH7 (Quitt, 1971). Podle Veseckého a kol. (1958) území leží ze dvou třetin v mírně teplé klimatické oblasti B10 – mírně teplá, vlhká, vrchovinná oblast. A z jedné třetiny v chladné klimatické oblasti C1 – mírně chladná oblast.

Na území povodí žijí běžní živočichové např. lesní zvěř, hmyz, ptáci, obojživelníci a ryby. Povodí je z největší části využíváno pro pastvu dobytka.

5. Metody

Pro lepší navržení opatření v rámci revitalizace byla vyhodnocena naměřená data. Jedná se především o srážky spadlé na povodí a naměřené průtoky v toku spolu s koncentracemi dusíku a fosforu v letech 2004 – 2014. Průtok byl měřen ultrazvukovým měřičem výšky vodní hladiny (US1200) doplněný záznamovou jednotkou (M4016) od firmy Fiedler-Magr. Hodnoty průtoků a výšek hladin jsou zaznamenávány datalogery za normálních odtokových podmínek v desetiminutovém intervalu a v průběhu extrémních srážko-odtokových událostí s minutovým časovým krokem.

Koncentrace dusičnanových a fosforečnanových vzorků byly odebírány automatickým vzorkovačem ISCO 6712 každou celou hodinu a následně analyzovány v akreditované laboratoři. Tento potřebný materiál a naměřená data poskytla Katedra krajinného managementu Jihočeské Univerzity.

Pro následnou analýzu dat bylo vhodné vytvoření grafů v programu Microsoft Office Excel, kde je znázorněn vývoj naměřených hodnot.

Další část byla zaměřena na zhodnocení celého povodí Jenínského potoka a návrh na nutná opatření a změny v povodí.

Zhodnocení povodí obnášelo terénní průzkum a měření 30. 3. 2017. V další části byla použita QBR metoda pro hodnocení doprovodné vegetace.

Metoda QBR představuje souhrnný index čtyř oblastí posuzování:

- a. Celková kvalita říčního (břehového) krytu – letecký snímek
- b. Struktura břehového krytu, přítomnost stromů, keřů, zapojení
- c. Kvalita porostu se zaměřením na výskyt původních druhů
- d. Změny říčního koryta oproti přirozenému stavu

Principem metody je ohodnocení jednotlivých oblastí posuzování přidělením bodů dle klíče. Celkový počet bodů každé oblasti nemůže být záporný a nemůže přesáhnout 25 bodů. Celkem lze získat maximálně 100 bodů (stane-li se, bereme jako mezní hodnoty 0 nebo 2).

Hodnoceny budou všechny oblasti potenciálního rozvoje břehového biotopu (celé pobřeží zájmové lokality), říčního koryta a rozlišení břehové oblasti. Do hodnocení se nezahrnují mosty a cesty, které kříží řeku, stavby na toku, oblasti bodových výustí, pobřeží přerušená soutokem, nábřežní mola a přístavy.

Postup hodnocení

Oblast 1 – Celková kvalita břehového krytu

Hodnotí se procento pokrytí zemského povrchu v oblasti inundace libovolným typem rostlin. Důležitá je spojitost, zapojení porostů, dále konektivita mezi břehovou oblastí a ekosystémem lesa. Nehodnotí se struktura vegetace, pouze celkový kryt.

HODNOCENÍ OBLASTI 1	
POČET BODŮ	TEXT
25	Dřevinné porosty zaujímající více než 80% březního krytu
10	50 – 80 % březního krytu
5	10 – 50 % březního krytu
0	Do 10 % březního krytu
KOREKCE	TEXT
až + 10	Při kompletní konektivitě, zapojení porostů
+ 5	Při konektivitě 50 %
-5	Konektivita 25 – 50 %
až -10	Při konektivitě pod 25 %

Oblast 2 – Struktura břehového krytu

Hlavním cílem této části je zaměření na komplexnost nivního ekosystému, který přispívá k podpoře biodiverzity (zapojené lesní porosty s podrostem sestupujícím až k hladině). Skóre závisí především na procentech zapojeného stromového porostu, případně souvislých porostů v blízkosti toků. Při absenci stromů přebírají funkci keře a jiná nízká vegetace.

HODNOCENÍ OBLASTI 2	
POČET BODŮ	TEXT
25	Víc než 75% zapojené stromové porosty
10	50 – 75% stromy, nebo 25 – 50% stromy, 25% keře – zapojený porost
5	Stromy pod 50% břehního krytu
0	Do 10% porostu stromů a keřů z celkové plochy příbřežního krytu
KOREKCE	TEXT
až + 10	Alespoň 50% koryta je porostlá halofyty nebo keřovými dřevinami
+ 5	25 – 50% břehové zóny porostlé halofyty, břehy pak skupinami keřů
-5	Pravidelné rozmístění stromů, nepravidelně rozmístěné keře tvoří > 50%, stromy a keře bez kontinuity
až -10	Stromy pravidelně, nepravidelně rozmístěné keře tvoří < 50%

Oblast 3 – Kvalita porostu

Nejdřív se stanoví geomorfologický typ určující do značné míry schopnost růstu břehových porostů. Skóre se určuje na každém břehu zvlášť. Při stanovení geomorfologického typu se hodnotí tvar a sklon břehu, výskyt ostrovů, stabilizovaných náplavů v toku a tvrdé substráty na březích (skla, tvárnice), kde rostliny nemohou zakořenit.

Postup stanovení geomorfologického typu:

Tvar a sklon břehu	Levý	Pravý
Příkrý až kolmý nad 75% velmi kapacitní koryto tvar U	6	6
Obdobné koryto, ale rozlišeno na hlavní koryto a inundaci	5	5
Sklon břehu 45 – 75%	3	3
Sklon břehu mezi 20 – 45%	2	2
Sklon břehu menší než 20%, mělká široká inundace	1	1
Ostrovky v toku		
Souhrnná šířka všech ostrovů v toku větší než 5 m	-2	
Šířka všech ostrůvků menší než 5 m	-1	
Procento tvrdých substrátů, ve kterých rostliny nezakořenily	Souhrnně levý i pravý břeh	
> 80%	8	
60 – 80%	6	
30 – 60%	4	
20 – 30%	2	

Stanovení geomorfologického typu dle součtu

Body	GT	Popis
> 8	Typ 1	Uzavřené říční biotopy, „říční les“ redukován na úzký pás, případně chybí, rokle, hluboké zářezy s minimem porostu, skalní trati, oblast výrazných břehových nátrží, průtok intravilánem s tuhým opevněním břehů, opěrné zdi, kamenné rovnániny, nevhodně založené vegetační tvárnice
5 – 8	Typ 2	Říční biotopy především horního a středního toku, větší lesní celky i v galeriích, parky, biotechnická stabilizace břehu ...
< 5	Typ 3	Rozsáhlé říční biotopy, nížinné lužní lesy, vhodný vegetační doprovod toků, biotechnická či přirozená biologická stabilizace břehů, ale také zemědělské oblasti dolního toku bez tuhé stabilizace břehových území

HODNOCENÍ OBLASTI 3				
POČET BODŮ	TEXT	TYP 1	TYP 2	TYP 3
25	Počet původních druhů	> 1	> 2	> 3
10	Počet původních druhů	1	2	3
5	Počet původních druhů	0	1	2
0	Počet původních druhů	-	-	-
KOREKCE	TEXT			
až + 10	Kontinuální stromový porost břehů zabírající 75% břehového území, vitální zapojené porosty včetně hojného podrostu			
+ 5	Kontinuální stromový porost břehů zabírající 50 – 75%, podrost druhů keřů > 2 > 3 > 4			
-5	Přítomnost staveb v řece, neautochtonní solitéry			
až -10	Neautochtonní porosty, přítomnost odpadků			

Oblast 4 – Změny říčního koryta

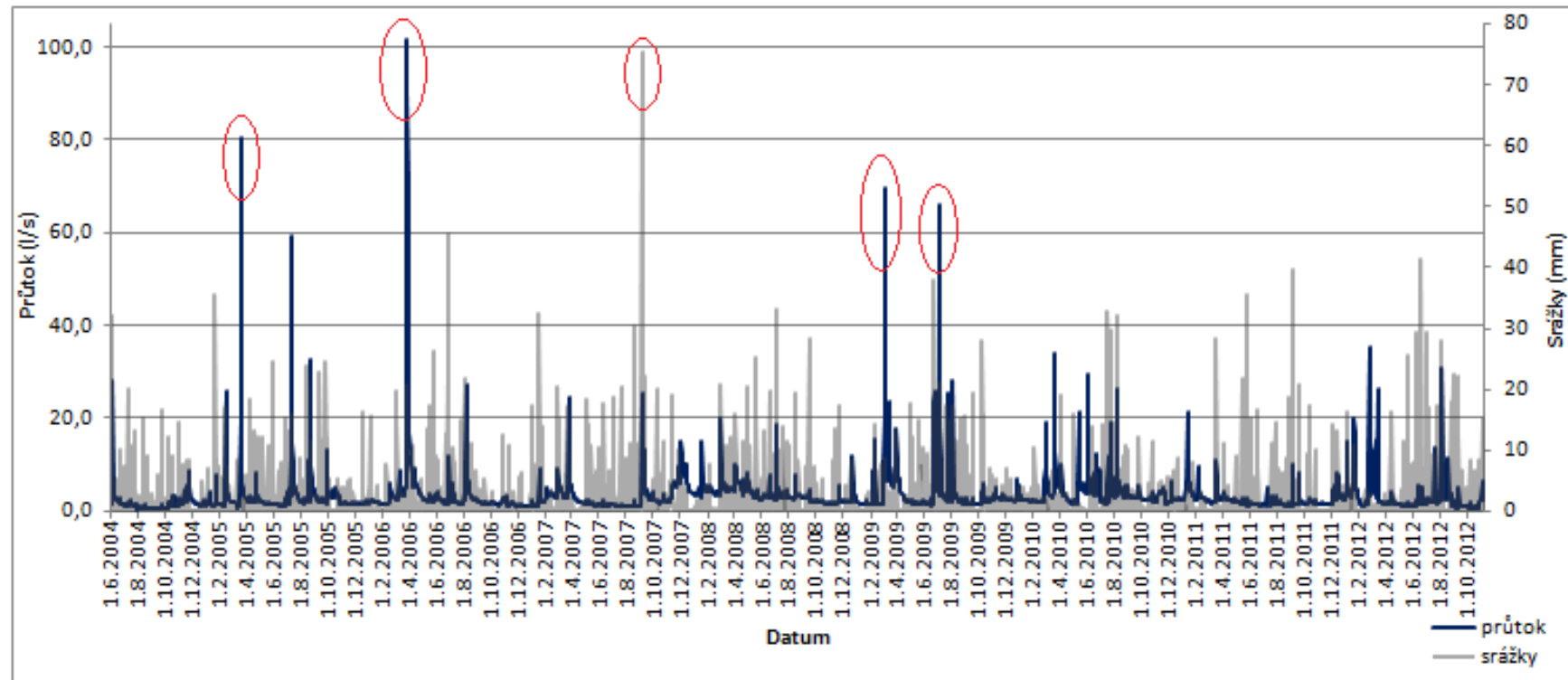
HODNOCENÍ OBLASTI 4		
POČET BODŮ	TEXT	
25	Nezměněné, původní, případně vhodně revitalizované říční koryto	
10	Změněné říční koryto, dílčí úpravy, biotechnická stabilizace břehů	
5	Koryto modifikováno nespojitými tvrdými strukturami, místní technická stabilizace, nevhodně změněná terasa	
0	Kanalizovaná řeka, tuhé opevnění na obou březích, betonové (kamenné) opěrné nábrežní zdi ...	
KOREKCE	TEXT	
+ 5	Místní stabilizované příbřežní nánosy porostlé rákosinami, vrbinami	
-5	Říční dno s tvrdými strukturami, stabilizačními prahy	
až -10	Příčné stavby v korytě, především vzdouvací objekty (ovlivní hod sedimentů, migraci vodních organismů)	
CELKOVÉ VÝSLEDNÉ HODNOCENÍ – STANOVENÍ INDEXU ŘÍČNÍ KVALITY QBR		
TEXT	BODY	BAREVNÉ ZNAČENÍ
Neporušený břehový biotop	> 95	Modrá
Dílčí narušení, kvalitní biotop	75 – 90	Zelená
Značné narušení, dostačující kvalita biotopu	55 – 70	Žlutá
Velké změny v korytě, narušený biotop	30 – 50	Oranžová
Extrémní změny, velmi špatná kvalita biotopu	<25	Červená

Navržené opatření je především návrh nové trasy potoka, zejména odtrubnění pramene a revitalizace drenážního systému. Tato revitalizace zahrnuje obnovení pravého přítoku Jenínského potoka, zaústění do tohoto toku stále funkční sběrné drény a návrh retenční nádrže.

6. Výsledky a diskuze

6.1 Porovnání průtoků a koncentrací

Graf č.1: Průtok a srážky

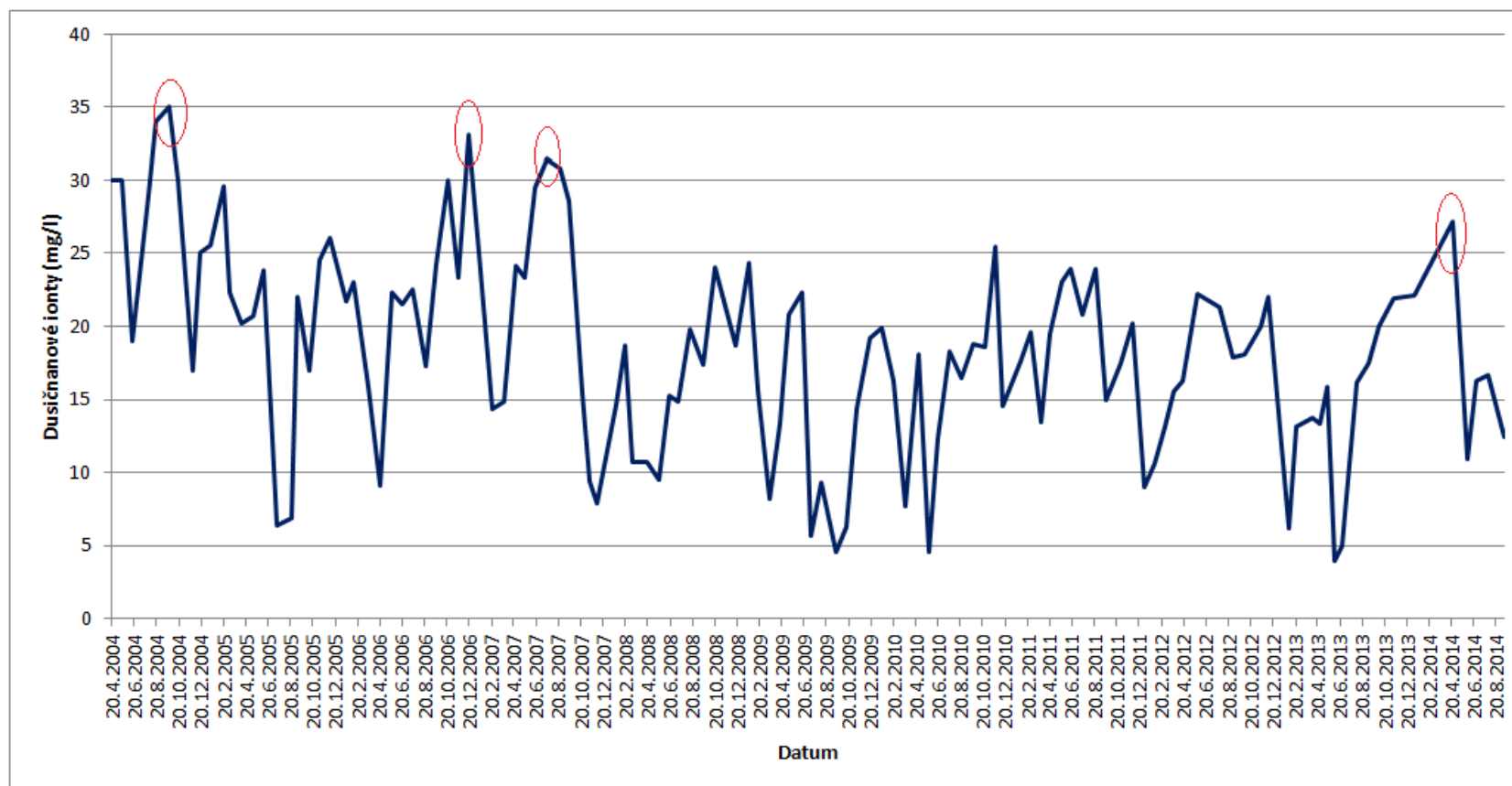


Tento graf znázorňuje spadlé srážky na povodí a průtok vody v toce od června roku 2004 do října 2012.

Naměřené hodnoty se většinou pohybovaly od 1 do 5 l/s, někdy překročily 20 l/s a extrémní průtoky dosahovaly hodnot přes 60 l/s. Nejnížší a nejběžnější hodnoty vyjadřují obvyklý průtok v korytě za klidné situace. Hodnoty mezi 10 – 20 l/s byly většinou naměřeny v jarních a letních měsících. Z grafu je zřejmé, že v letních měsících byly příčinou srážky, které v tutéž dobu dosahovaly vyšších hodnot. V jarních měsících jsou vysoké průtoky, ale nízké nebo žádné naměřené srážky, čehož je příčinou tání sněhové pokrývky díky nárůstu teplot.

Srážky se nejběžněji pohybují mezi 5 – 10 mm, extrémní srážky kolem 30 mm a ojediněle i více. Reakce průtoku na vyšší srážky není tak velká, to přisuzují zatravnění celého povodí a zpomalení tak odtoku vody do toku.

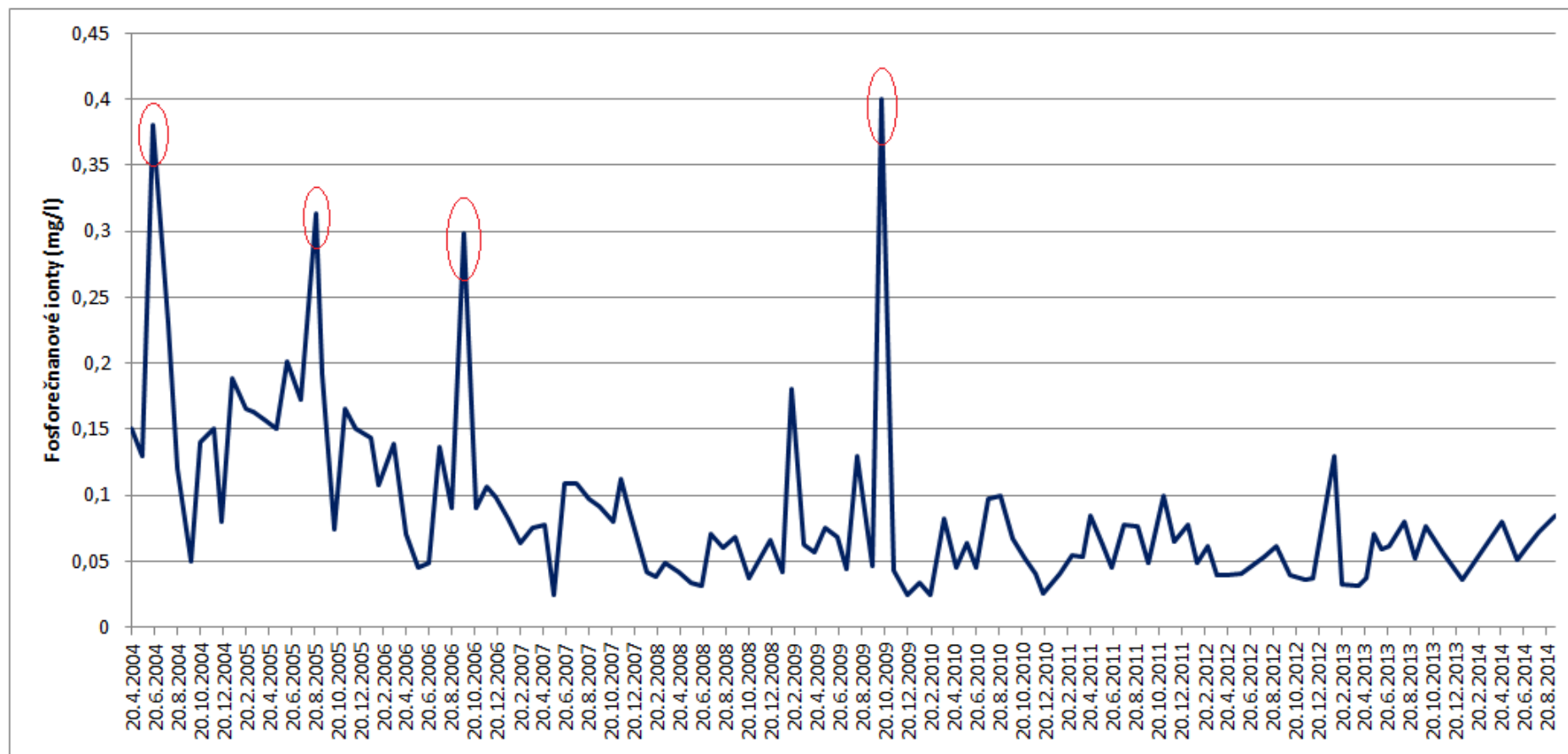
Graf č.2.: Dusičnanové ionty



Dusičnanové ionty se běžně vyskytují v jednotkách až desítkách miligramu v litru. Z grafu je zřejmé, že naměřené hodnoty na Jenínském potoce se pohybují v přijatelném rozmezí. Hodnoty na Jenínském potoce se obvykle pohybují mezi 10 a 25 mg/l, průměrně 18,4 mg/l. Velké kolísání naměřených hodnot je způsobeno především srážkami, které způsobují velké výplachy z půdy do toku. V půdách jsou pozůstatky dusíku z hnojiv používaných na původní orné půdě a dnes k tomu přispívá rozklad výkalů dobytka. K těmto velkým a poměrně rychlým výplachům dusičnanů z půdy značně přispívá odvodňovací systém na povodí, který vodu přivádí přímo do koryta toku. Přispívá taky aktivita rostlin a živočichů, tedy doba, kdy je dusík spotřebováván nebo narůstá díky vegetačnímu klidu ve vodě i v půdě. Zvýšení koncentrace se tedy projeví i v jarních měsících, kdy spolu s táním sněhové pokrývky dochází k výplachu dusíku z půdy, ve které je ho větší množství právě po nárůstu během vegetačního klidu. S přispěním nějaké srážky je toto navýšení razantnější.

Koncentrace dusičnanů je velmi proměnlivá a pohybuje se ve velkém rozmezí, od 4 do 35 mg/l. Dlouhodobé koncentrace se pohybují v průměru okolo hodnoty 18 mg/l, oproti tomu jsou extrémní koncentrace maximálně dvounásobné. Tyto situace byly zjištěny v létě roku 2004, na podzim roku 2006, v létě roku 2007 a po delším poklesu hodnot na jaře roku 2014, kdy hodnoty dosáhly půlnásobku průměru hodnot koncentrace v toku.

Graf č.3: Fosforečnanové ionty



Koncentrace fosforečnanových iontů se obvykle pohybuje v rozmezí 0,05 – 0,1 mg/l. To je koncentrace, která se ve vodách vyskytuje běžně. Fosfor se do vody dostává především uvolňováním z podloží. Vysoké koncentrace přisuzují velkým výplachům z půdy zapříčiněným vysokými srážkami nebo táním sněhu v jarních měsících. Rychlý transport z půdy do toku způsobuje, stejně jako u koncentrace dusičnanů, odvodňovací systém.

Extrémní hodnoty koncentrace fosforečnanů dosahují až osminásobku běžných hodnot v toku. Tyto extrémní situace nastaly na jaře roku 2004, v létě roku 2005, na podzim roku 2006 a na podzim roku 2009, kdy byly hodnoty nejvyšší za celou dobu měření s hodnotou 0,4 mg/l. Hodnoty koncentrace fosforečnanů se rapidně zvýšily, především díky velkému výplachu půdy, která v tu dobu byla velmi obohacená.

6.2 Popis toku

Jenínský potok je pravým přítokem Rybnického potoka s číslem hydrologického pořadí 1-06-01-1380-0-00 a rozlohou 49 km².

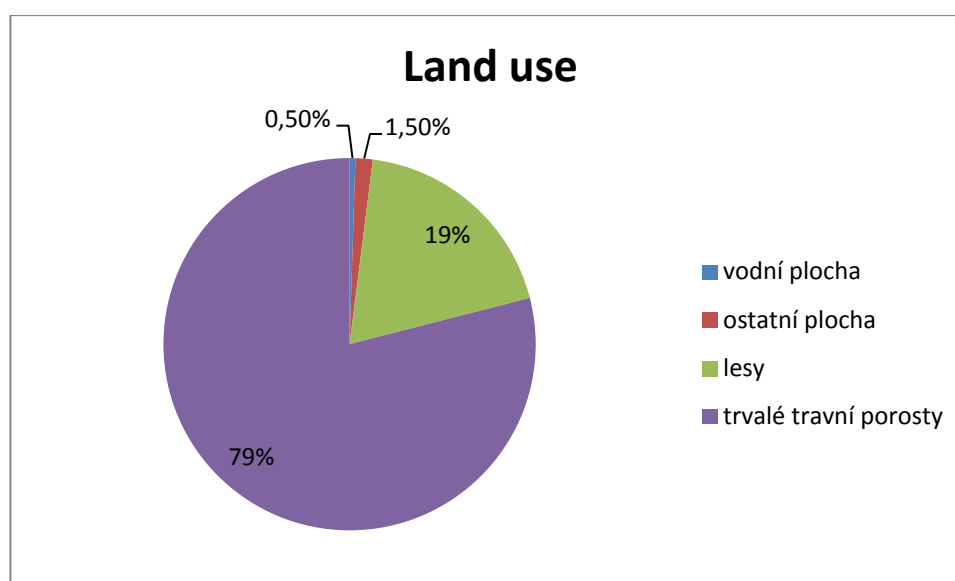
Jenínský potok téměř po celé jeho délce obklopuje lesní porost, jen v jeho polovině se v blízkosti nachází zástavba. V první části je potok ve 180 m zatrubněn, jinak je ponechán přirozenému vývoji.

Na území je nanejvíce zastoupená plocha pastvin. Na druhé pozici jsou lesní porosty. Dále se na území nachází zahrady, cesty, zástavba, vodní plochy, z toho 3 nádrže a nejmenší podíl zaujímá železnice.

Tab. č.1: Zastoupení kultur

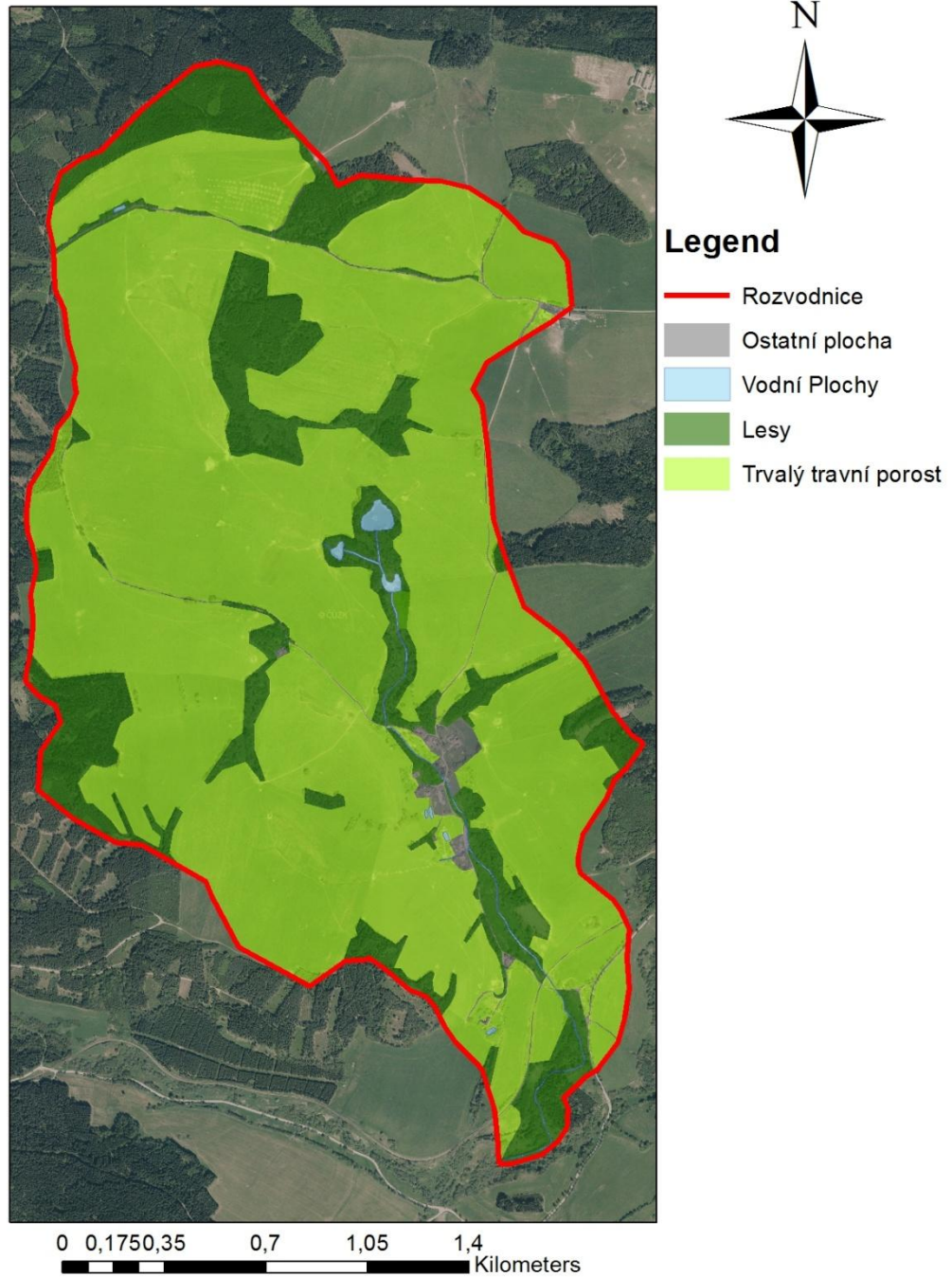
Kultura	m ²
Vodní plocha	23977
Ostatní plocha	78764,97
Lesy	972336
Trvalé travní porosty	3918717

Graf č.4: Land use



Obr. č.3: Land use

LAND USE

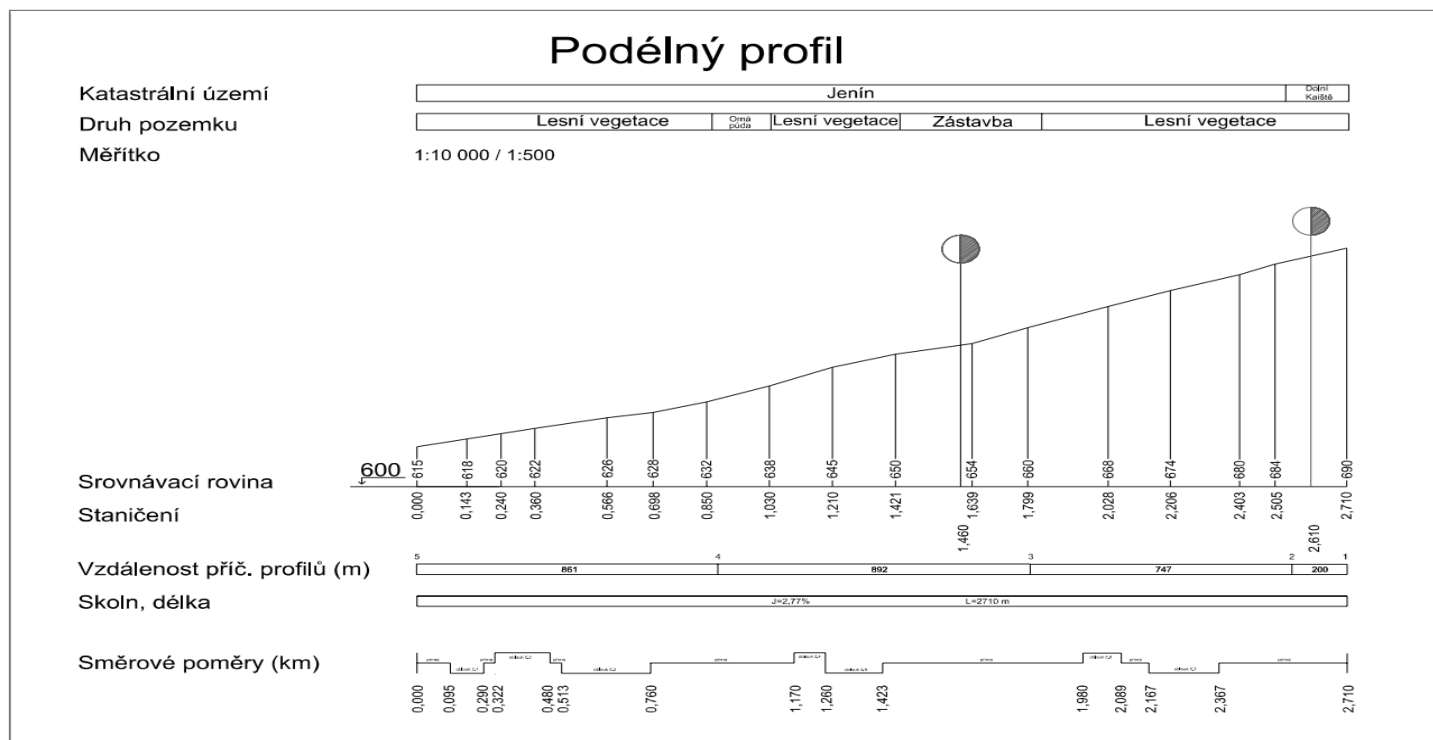


Podkladová mapa: Ortofoto

Číselný popis povodí

Délka toku	2,71 km.
Výšková poloha prameniště	690 m n. m.
Výšková poloha ústí toku	615 m n. m.
Délka údolí	2,3 km
Střední šířka povodí	2 km
Absolutní spád povodí	255 m
Sklon údolnice	3,23 %
Průměrný sklon povodí	12 %
Absolutní spád toku	75 m
Sklon toku	2,76 %
Typ povodí	$\alpha=0,86 \Rightarrow$ vějířovité povodí
Gravelliův koeficient	1,41
Koef. protáhlosti povodí	0,62

Obr. č.5: Podélný profil



Podélný profil znázorňuje výškový průběh koryta toku Jenínského potoka. Srovnávací rovina podélného profilu byla zvolena na 600 m n. m. Z výkresu je vidět, jakým druhem pozemku potok protéká a v jakém katastrálním území jsou znázorněny přítoky toku, průběh toku, příčné profily a délka toku.

6.3 QBR hodnocení říční kvality

Oblast 1 – Celková kvalita břehového krytu

Dřevěné porosty zaujímají více než 80% březního krytu -> 25 bodů

Zapojení porostů při konektivitě 50% -> + 5 bodů

Celkové skóre je 30 bodů, tedy 25 bodů.

Oblast 2 – Struktura břehového krytu

50 – 75% stromy, nebo 25 – 50% stromy, 25% keře – zapojený porost
->10 bodů

25 – 50% břehové zóny porostlé halofyty, břehy pak skupinami keřů
-> 5 bodů

Celkové skóre je 15 bodů.

Oblast 3 – Kvalita porostu

Tvar a sklon břehu	Levý	Pravý
--------------------	------	-------

Sklon břehu 20 – 45%	2	2
----------------------	---	---

Ostrovy v toku

Žádné se v toku nevyskytují	0
-----------------------------	---

Procento tvrdých substrátů, ve kterých rostliny nezakoření pravý břeh	Souhrnně levý i
--	-----------------

20 – 30%	2
----------	---

Stanovení geomorfologického typu dle součtu = 6

Typ 2 – Říční biotopy především horního a středního toku, větší lesní celky i v galeriích, parky, biotechnická stabilizace břehu

Počet původních druhů >2 -> 25 bodů

Kontinuální stromový porost břehů zabírajících

75% břehového území, podrost druhů keřů

-> + 5 bodů

Celkové skóre je 30 bodů.

Oblast 4 – Změny říčního koryta

Změněné říční koryto, dílčí úpravy, biotechnická stabilizace břehů

-> 10 bodů

Místní stabilizované příbřežní nánosy porostlé rákosinami, vrbinami

-> 5 bodů

Celkové skóre je 15 bodů.

Výsledné hodnocení indexu říční kvality QBR po sečtení bodů činí 85 bodů. Tento počet bodů spadá do druhé kategorie v rozmezí 75 – 90 bodů s barevným označením zelené barvy. Tato kategorie je charakterizována dílčími narušeními toku a jeho okolí. Podle metody hodnocení pomocí indexu QBR je povodí Jenínského potoka kvalitní biotop.

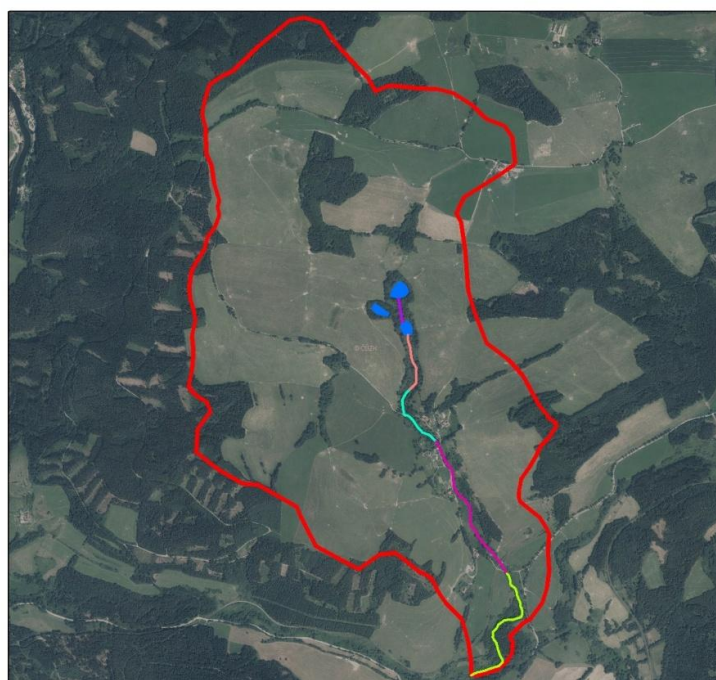
6.4 Jednotlivé úseky toku a nádrže

Pro hodnocení Jenínského potoka byl tok rozdělen na pět jednotlivých úseků, které byly hodnoceny samostatně. Měřena byla délka úseku, šířka koryta, délka břehů a výška hladiny vody. Hodnoceno bylo opevnění břehů, okolí toku, čistota vody a objekty ve vodě.

Nádrže na toku byly hodnoceny z hlediska čistoty vody, objektů ve vodě, rostlin a živočichů ve vodním prostředí a v okolí nádrží a opevnění břehů.

Obr. č.6: Vyznačené úseky a nádrže

Vyznačené úseky a nádrže



Legend

- 5.úsek
- 4.úsek
- 3.úsek
- 2.úsek
- 1.úsek
- rozvodnice
- nádrž



0 0,25 0,5 1 1,5 2 Kilometers

Podkladová mapa: Ortofoto

6.4.1 Popis jednotlivých úseků

1. úsek

Délka prvního úseku je 200 m. Tento úsek začíná pramenem Jenínského potoka, respektive místem, kde Jenínský potok vytéká ze zatrubněné části na povrch. Tok protéká lesním porostem smíšeného lesa. Koryto je široké 266 cm, hluboké do 46 cm a výška hladiny dosahuje 22 cm. Stěny koryta jsou tvořeny vegetačním krytem, jen v prvních pár metrech jsou zpevněné kamennými dlaždicemi. Dno v tomto úseku je tvořeno kameny, kamínky a pískem.

Obr. č.7: Příčný profil 1. úseku a fotografie koryta

Měřítko 1:25

1.Úsek

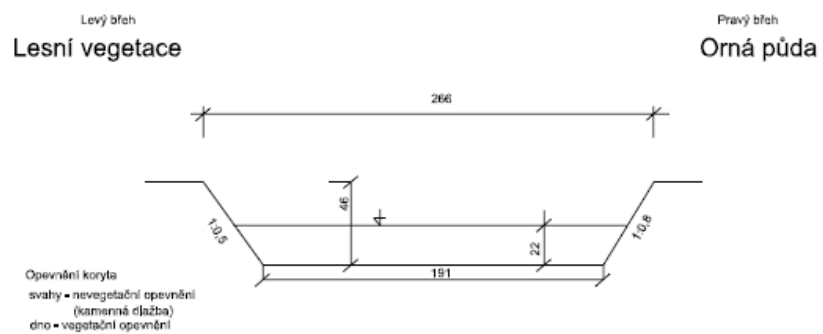


Foto: Veronika Lexová

2. Úsek

Tento úsek je dlouhý 747 m, protéká z většiny lesní vegetací, jen na konci úsek zasahuje do zástavby. V tomto úseku je opevnění koryta pouze přírodní, tvoří ho hlína, písek a jíl, na povrchu je spadané listí a větve. Dno je široké 146 cm, hluboké 25 cm a výška hladiny dosahuje 13 cm.

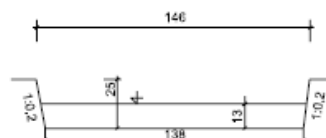
Obr. č.8: Příčný profil 2. úseku a fotografie koryta

Měřítko 1 : 25

2.Úsek

Lesní vegetace

Opevnění koryta
svahy, dno • vegetační opevnění



Lesní vegetace



Foto: Veronika Lexová

3. Úsek

Délka úseku činí 892 cm. Tok protéká zástavbou, lesní vegetací a z menší části i ornou půdou. Koryto je široké 230 cm, hluboké 36 cm a výška hladiny dosahuje 21 cm. Opevnění koryta je převážně vegetační. Co se týče zástavby, je opevnění někde i zpevněné, avšak z důvodu soukromého pozemku jsem se nedostala až ke korytu. Jinak jsou svahy tvořené travním porostem a dno je kamenité s hlínou. Koryto toku protékající lesní vegetací a pastvinami je přírodní. Dno je tvořeno jílem, písky a kameny, břehy jsou travnaté a zpevněné vegetací.

Obr. č.9: Příčný profil 3. úseku a fotografie koryta

Měřítko 1 :25

3.Úsek

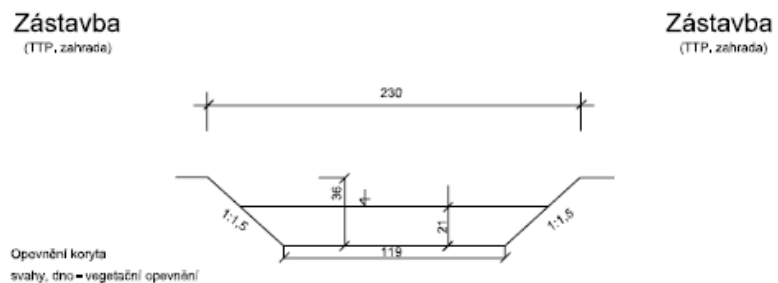


Foto: Veronika Lexová

4. Úsek

Čtvrtý úsek měří 861 m a protéká pouze lesní vegetací. Koryto je široké 233 cm, výška levého břehu je 42 cm a výška pravého břehu činí 20 cm. Hladina dosahuje výšky 17 cm. Koryto je opevněno vegetací, dno tvoří kameny, jíly, písek, listí a větve. Svahy jsou tvořeny travnatým porostem. Na konci toho úseku je přes tok postaven nový železniční mostek.

Obr. č.10: Příčný profil 2. úseku a fotografie koryta

Měřítko 1:25

4.Úsek

Levý břeh
Orná půda

Pravý břeh
Lesní vegetace

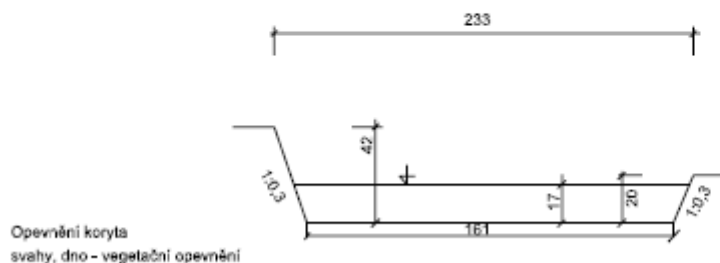


Foto: Veronika Lexová

5. Úsek - ústí

V posledním úseku se Jenínský potok vlévá do Rybnického potoka. Úsek je v lesní vegetaci. Koryto je široké 300 cm. Pravý břeh je vysoký 265 cm a levý břeh 226 cm. Výška hladiny dosahuje 8 cm. Dno koryta je tvořeno kameny a pískem. Svahy jsou písčité a porostlé nebo pokryté převislou trávou.

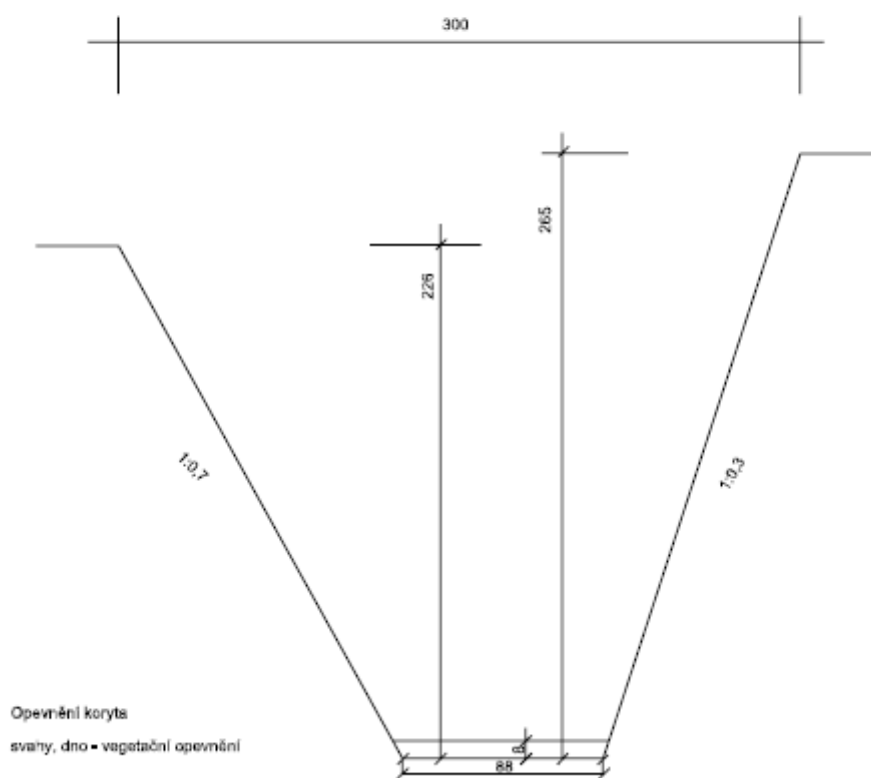
Obr. č.11: Příčný profil 5. úseku

Měřítko 1 :25

5.Úsek

Lesní vegetace

Lesní vegetace



Obr. č.12: Fotografie koryta 5. úseku



Foto: Veronika Lexová

6.4.2 Popis jednotlivých nádrží

V povodí se nachází tři nádrže, z toho dvě leží přímo na toku a jedna je na pravém přítoku Jenínského potoka, avšak je momentálně suchá z důvodu prasklé hráze. Nádrž na pravém přítoku je velká 1986 m², středem protéká potok a ostatní plocha je zarostlá trávou. Další nádrž je největší s rozlohou 8603 m². Nachází se v prostředí lesní vegetace a je průtočná. Voda je velmi zakalená a je v ní spadané listí, větve a tráva. V okolí jsou pastviny s dobyt看kem, z tohoto důvodu voda zapáchá a následně i zbytek potoka. Ve vodním prostředí žijí obojživelníci a ryby,

v okolí létají ptáci a hmyz. Třetí nádrž ve směru toku je velká 3067 m² a je celá zarostlá, dalo by se říct, že jí potok pouze protéká a celý prostor nádrže je zarostlý rákosem.

6.5 Návrh na nutná opatření a změny v povodí

Důležitým problémem toku je zatrubnění pramene a první části toku. Navrhovala bych likvidaci betonového zatrubnění a přivedení přirozeného prameniště na povrch.

Dále bych navrhla revitalizaci drenážního systému u bývalého pravého přítoku potoka. Tento přítok byl zahrnut do odvodnění a byl zatrubněn. Díky pohybu dobytka po pastvinách a působením jejich hmotnosti došlo k devastaci drenážního systému. Bylo by tedy vhodné bývalý potok, který je svodným drénem, uvést na povrch a zaústit do něj sběrné drény. Jako doplněk bych navrhla retenční nádrž, která by chránila vesnici před případnou velkou vodou.

Za další problém v povodí považuji zhoršení kvality vody v důsledku splachů z pastvin. Po rozhovoru s místním obyvatelem jsem se dozvěděla, že se v toce dříve vyskytovali i pstruzi a raci, ale jejich existence se rapidně snižuje. Zmínil také zápach vody, který s tímto znečištěním souvisí. Změny týkající se Jenínského potoka by měly být zaměřeny na čištění vody nebo omezení pastvy dobytka. To ale považuji za velmi složité, zejména z důvodu jednání s vlastníky pozemků.

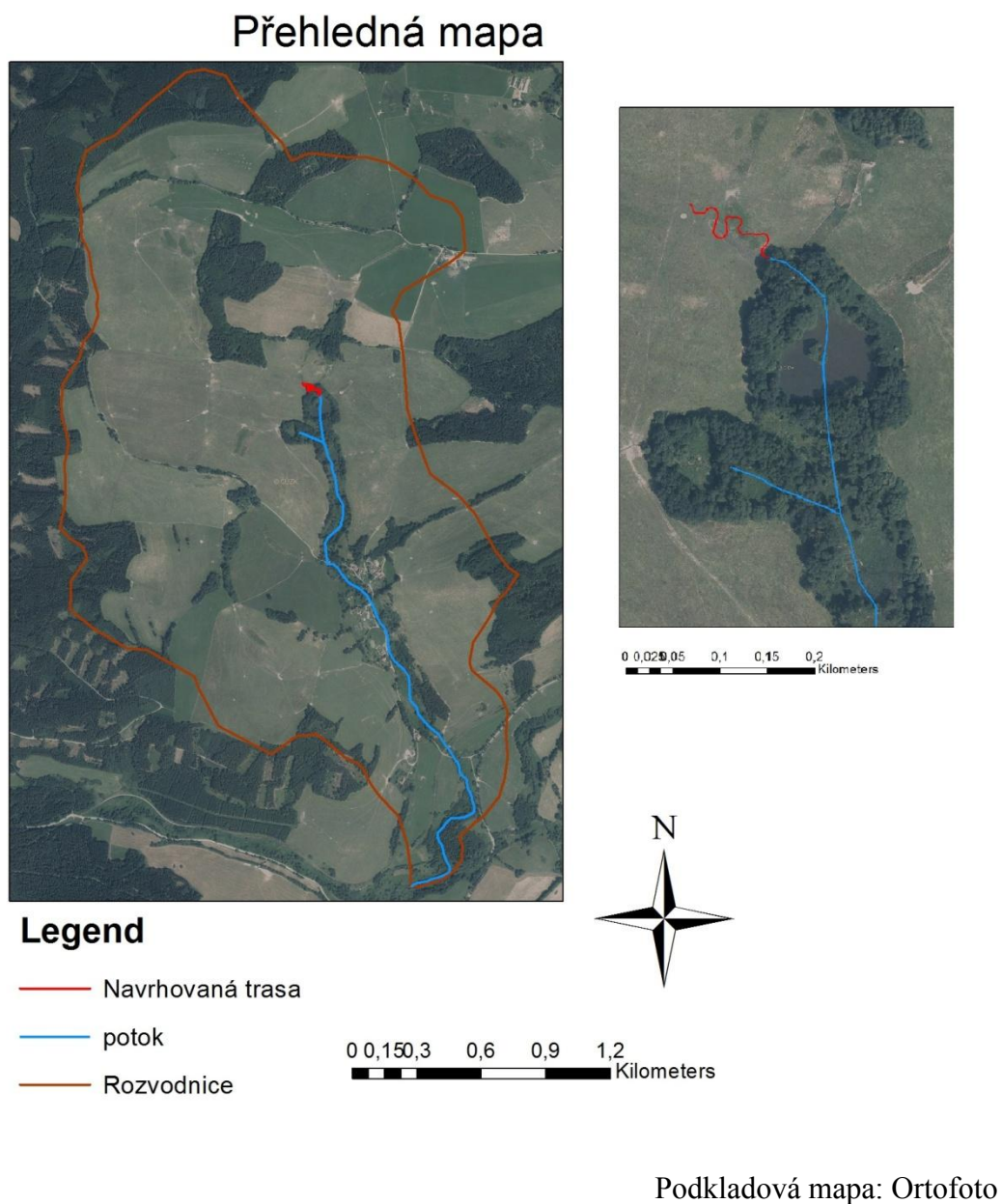
6.6 Trasování koryta vodního toku

Pro revitalizaci koryta Jenínského potoka byl zvolen úsek, kde potok pramení a je zatrubněn. Úkolem revitalizační akce je potok odtrubnit a vytvořit nové koryto na povrchu. Trasa koryta je navržena co nejpodobněji k trase (dle starých map), než byl potok zatrubněn. Tato trasa vede ornou půdou s trvalým travním porostem, smíšeným lesem a napojuje se koryto, které ústí do nádrže. Šířka koryta v přímém úseku je 1,2 m. Navrhovaný poloměr oblouků je 7,2 m, to odpovídá šestinásobku šířky koryta.

Díky malému sklonu toku a tím i nižší rychlosti vody, není potřeba velmi pevného opevnění koryta. Pro toto koryto je navrženo vegetační opevnění břehů

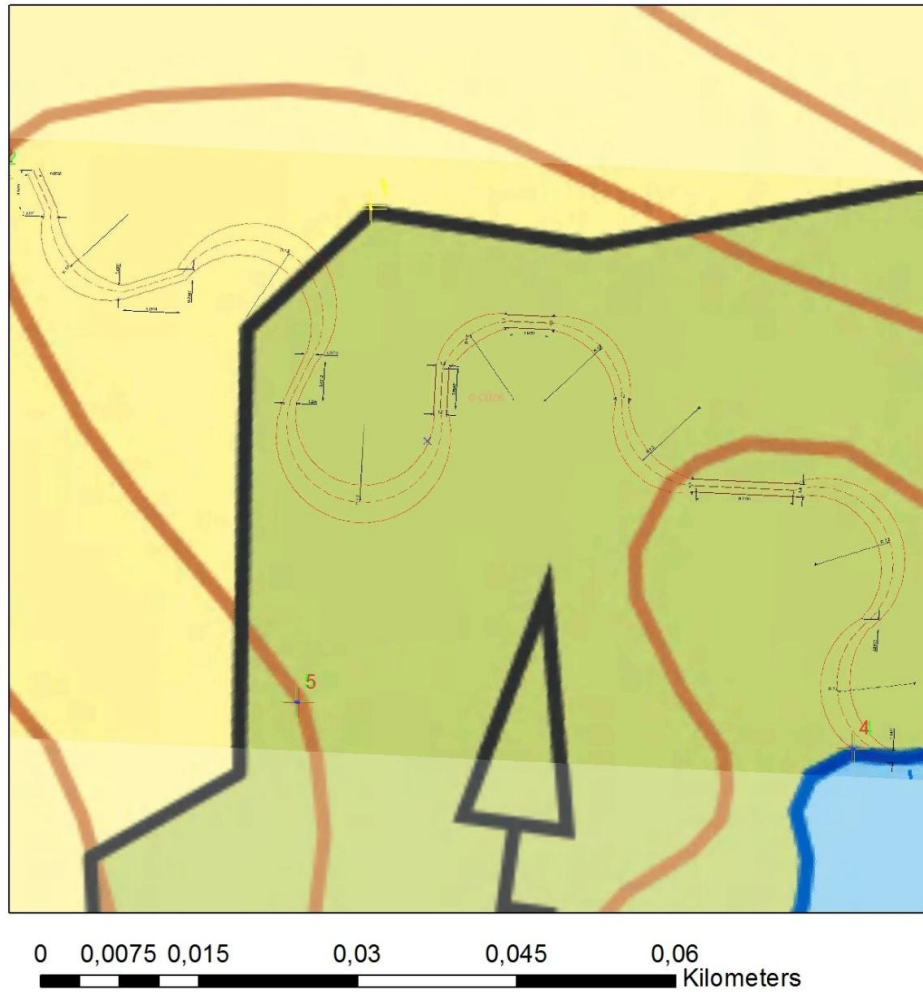
v podobě travnatého porostu, zpevnění břehů kořenovým systémem stromů a keřů. Dno koryta bude tvořeno převážně šterkopískem a oblázky.

Obr. č.13: Přehledná trasa koryta



Obr. č.14: Návrhová trasa

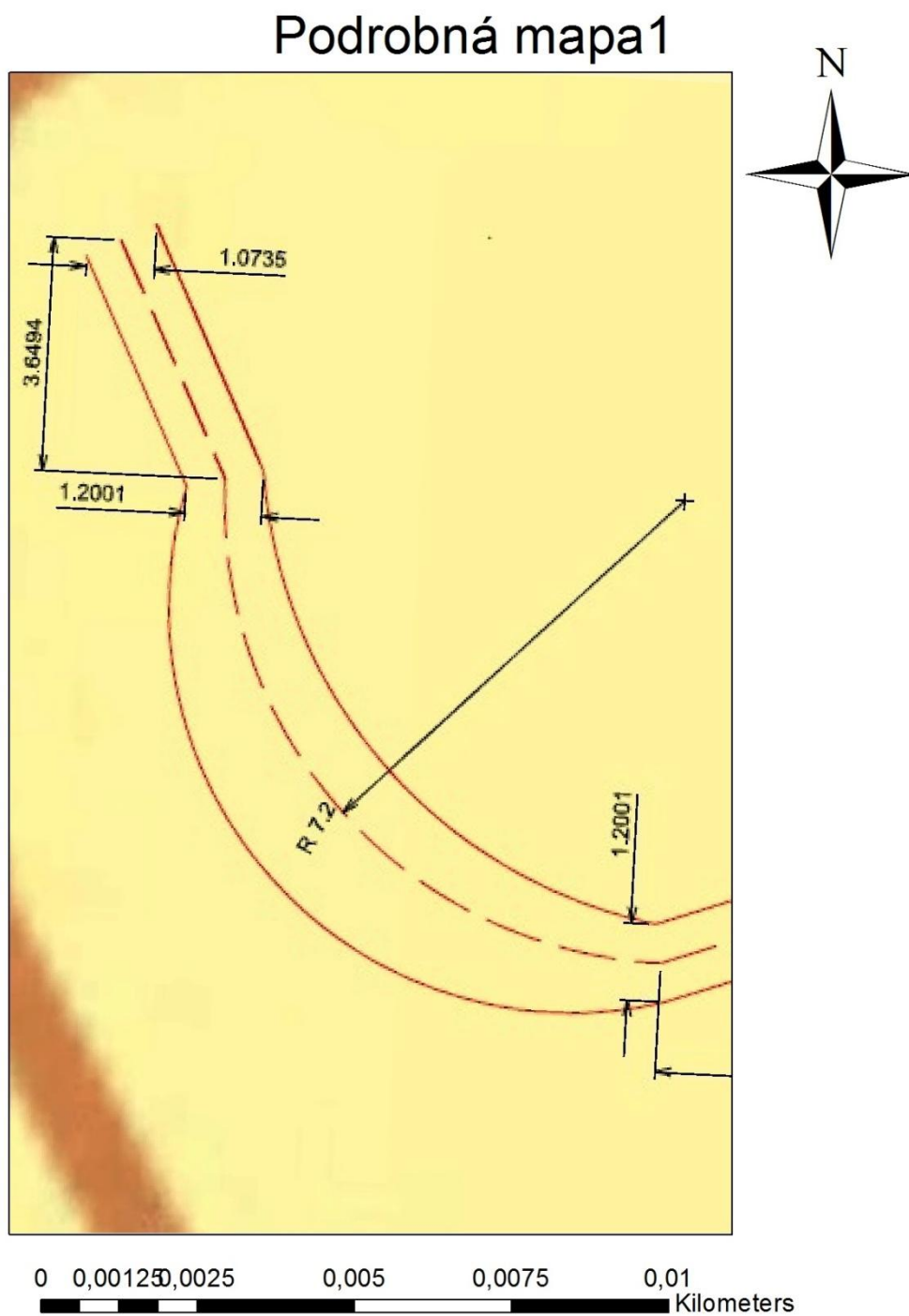
Navrhovaná trasa



Podkladová mapa: ZM 1:10 000

Navržená trasa se skládá z několika přímých úseků a kružnicových oblouků

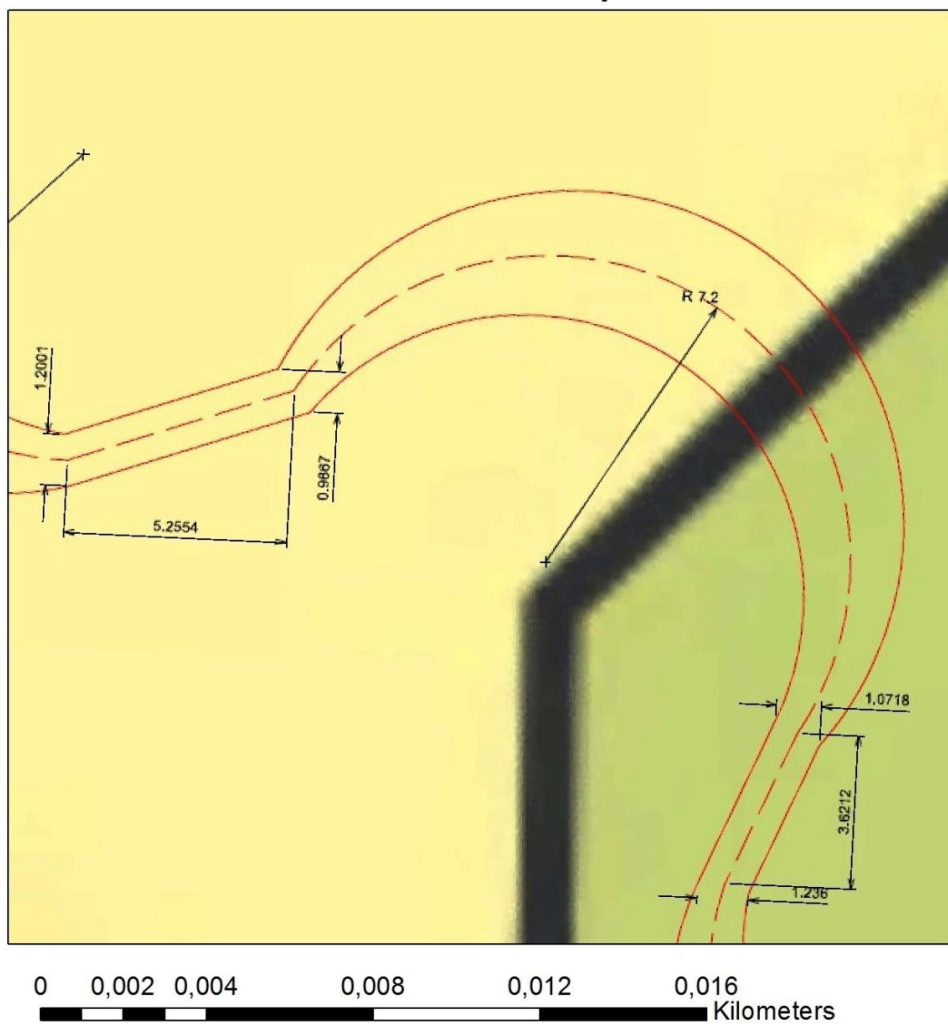
Obr. č.15.: Podrobná mapa 1



Podkladová mapa: ZM 1:10 000

První úsek začíná přímým úsekem dlouhým 3,6 m, který začíná od pramene Jenínského potoka a přechází do kružnicového oblouku s poloměrem 7,2 m.

Podrobná mapa2

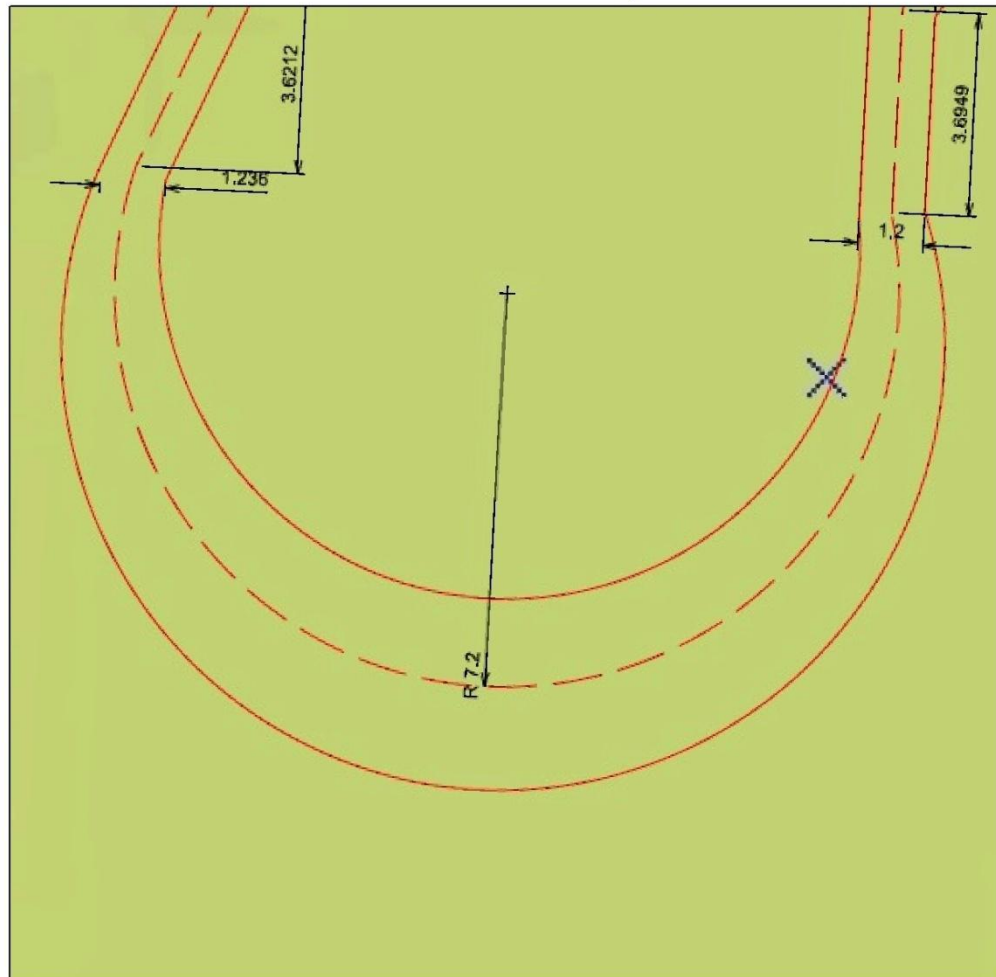


Podkladová mapa: ZM 1:10 000

Další část přechází do přímého úseku dlouhého 5,2 m, který se napojuje na oblouk a dále na přímý úsek s délkou 3,4 m.

Obr. č.17.: Podrobná mapa 3

Podrobná mapa3

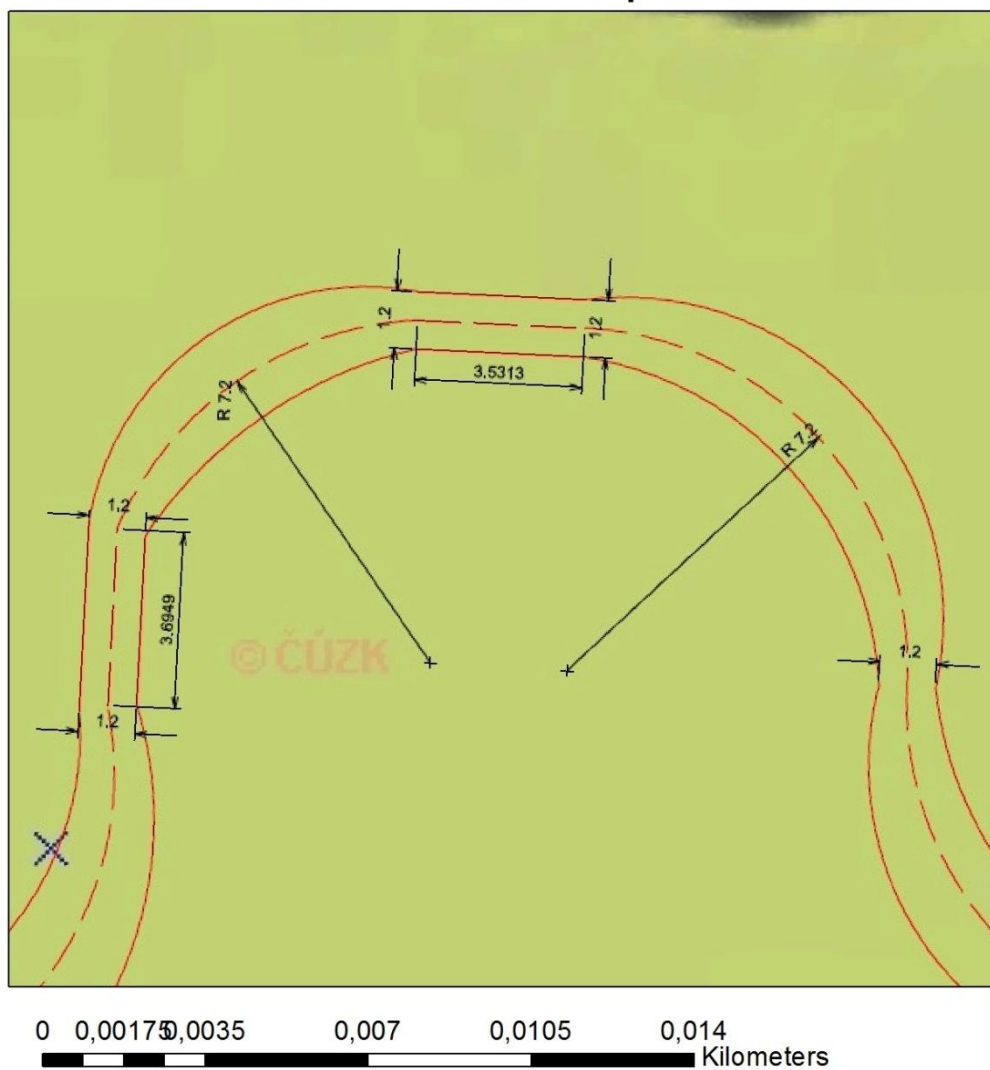


Podkladová mapa: ZM 1:10 000

Tuto část trasy tvoří velký kružnicový oblouk, který má poloměr 7,2 m.

Obr. č.18: Podrobná mapa 4

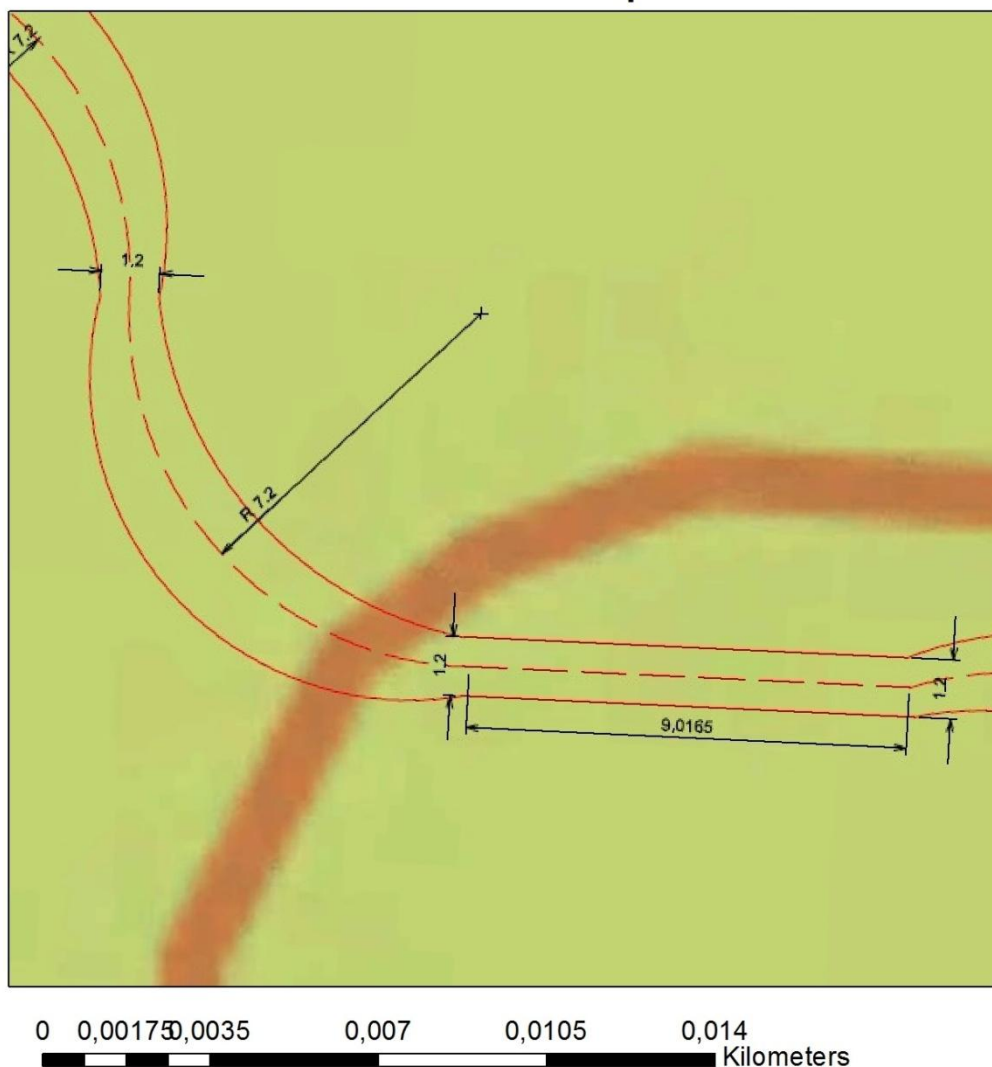
Podrobná mapa4



Podkladová mapa: ZM 1:10 000

Tento úsek se skládá ze dvou menších pravotočivých oblouků s přechodným přímým úsekem.

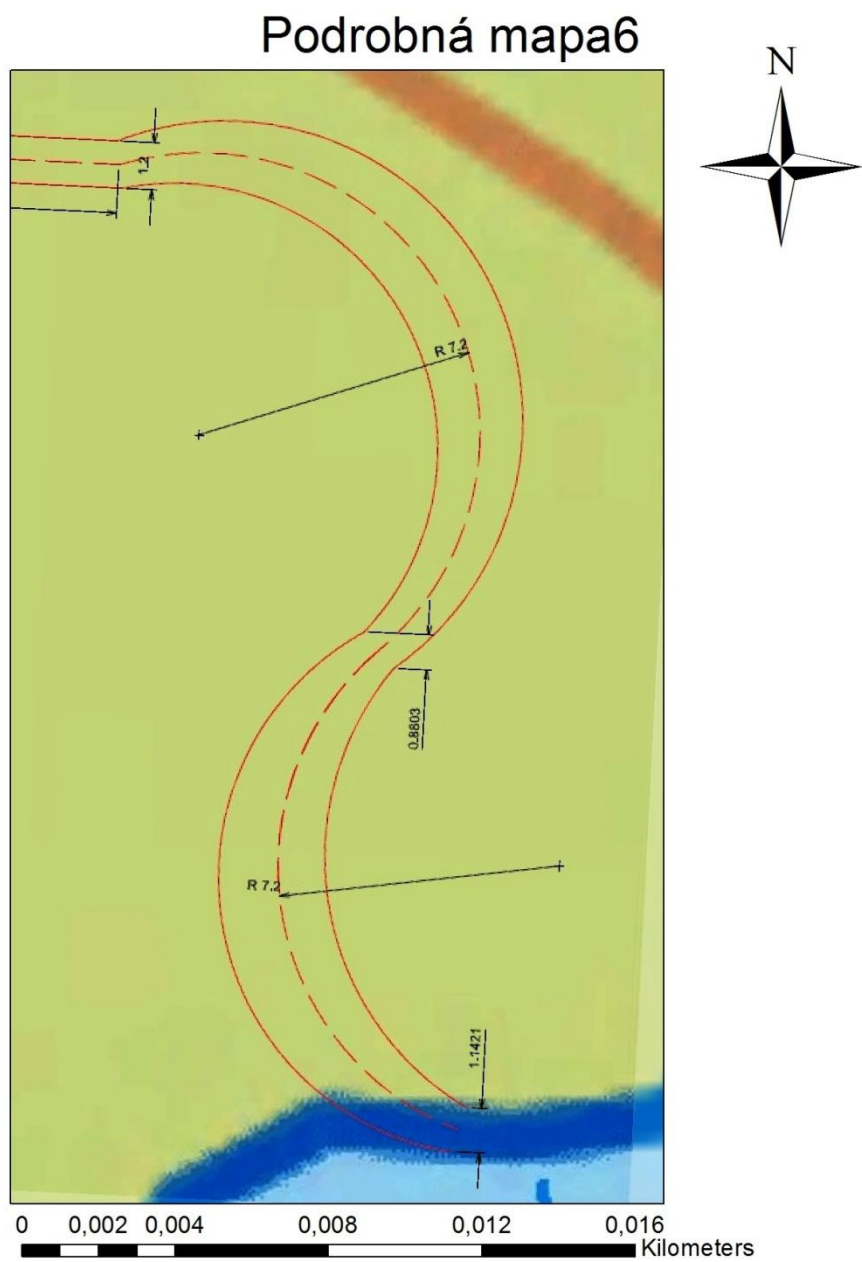
Podrobná mapa5



Podkladová mapa: ZM 1:10 000

V další části je navržen mírný oblouk s delším devíti metrovým přímým úsekem.

Obr. č.20: Podrobná mapa 6



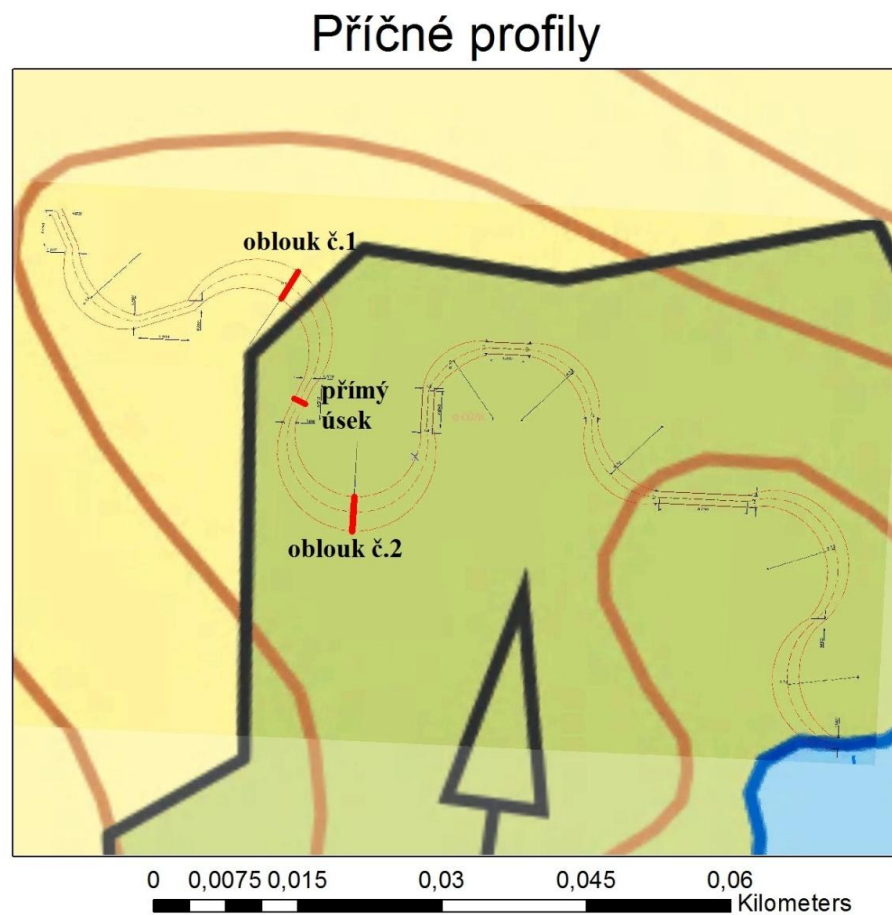
Podkladová mapa: ZM 1:10 000

Poslední úsek tvoří dva na sebe navazující oblouky s poloměrem 7,2 m a zaústěním do nádrže.

6.6.1 Podélný a příčný profil koryta

V rámci návržení trasy koryta toku byly navrženy příčné profily v pravotočivém i levotočivém kružnicovém oblouku a v přímém úseku.

Obr. č.21: Vyznačení příčných profilů na mapě



Legend

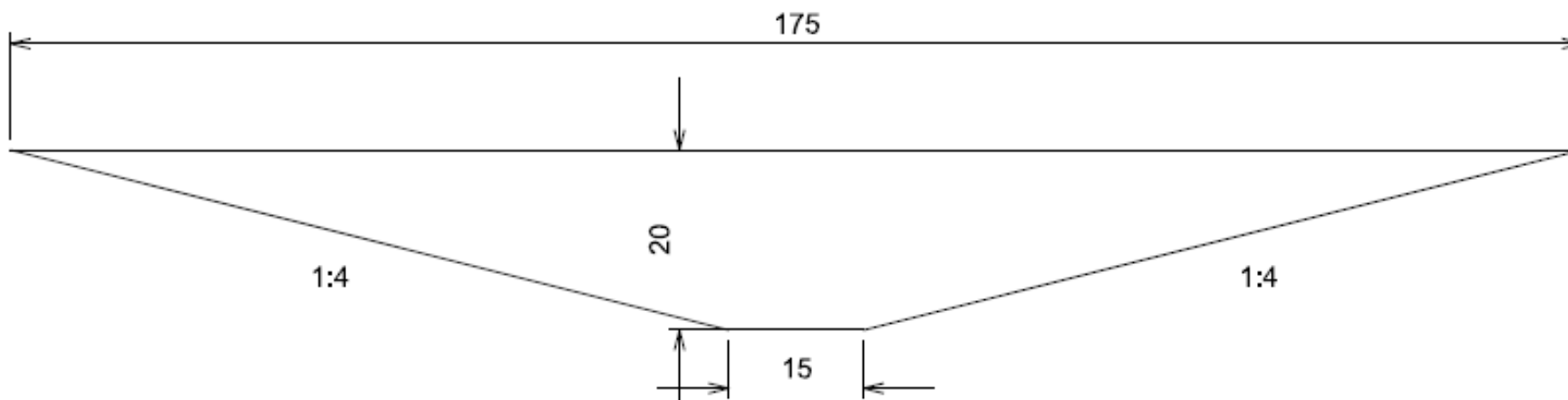
— Příčný profil



Podkladová mapa: ZM 1:10 000

Obr. č.22: Příčný profil přímého úseku

Měřítko 1:50

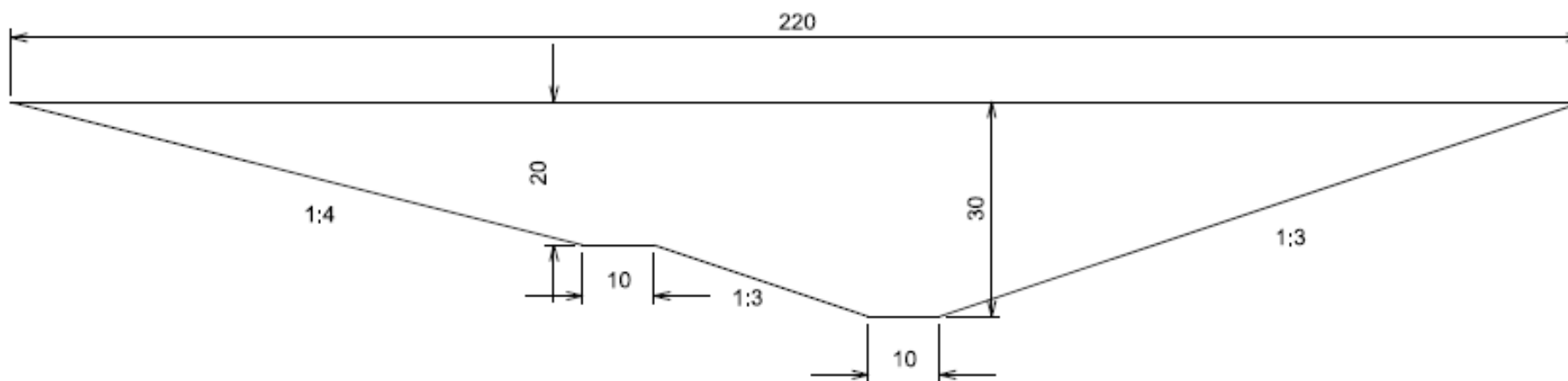


69

Příčný profil v přímém úseku je navržen na šířku 15 cm ve dně koryta. Ve výšce 20 cm je koryto široké 175 cm a poměr sklonů břehů činí 1:4.

Obr. č.23: Příčný profil ooblouku 1

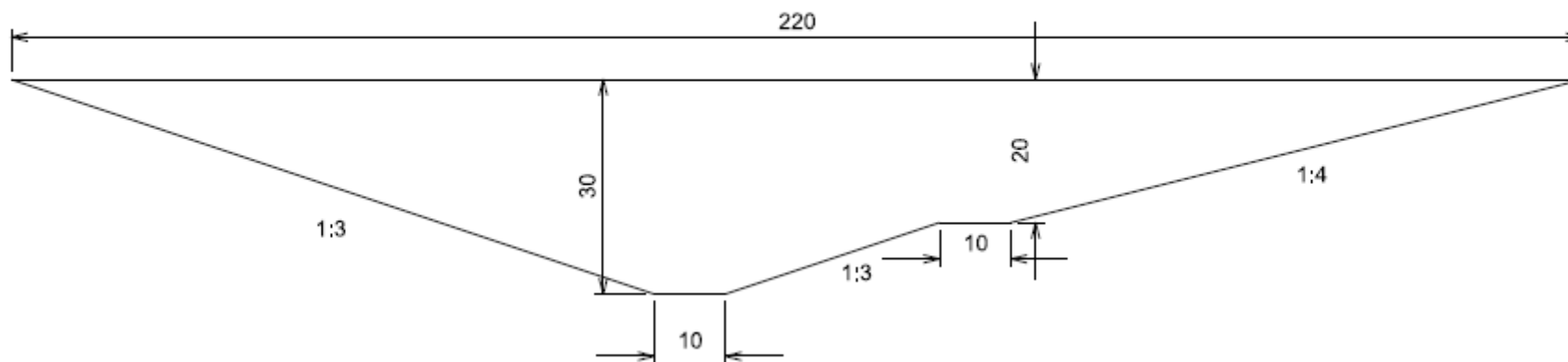
Měřítko 1:50



Příčný profil levotočivého oblouku je složený, lichoběžníkového tvaru. V prohloubené (konkávni) i v mělčí mělčí (konvexní) části je dno široké 10 cm. Z konvexní části dna přechází dno do konkávni části sklonem v poměru 1:3. Výška koryta v nejhlubší části je 30 cm a sklon břehu je v poměru 1:3. Výška koryta v mělčí části je 20 cm a sklon břehu činí poměr 1:3. Celková šířka koryta činí 220 cm.

Obr. č.24: Příčný profil oblouku 2

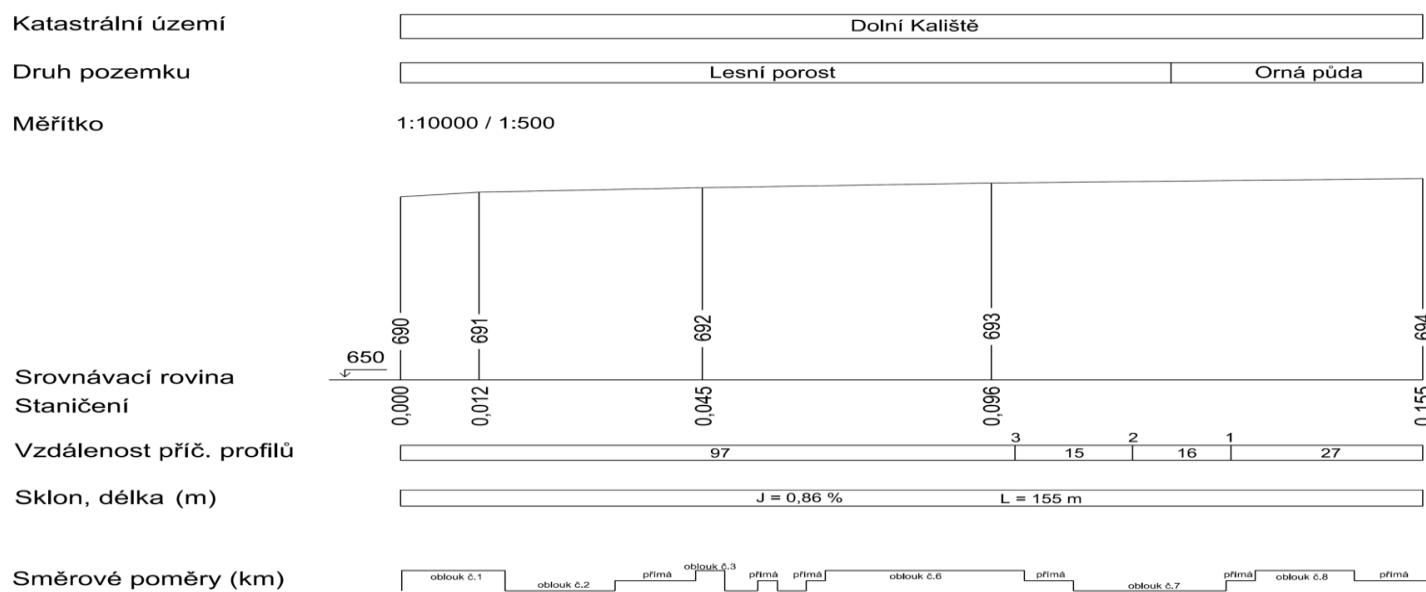
Měřítko 1:50



Příčný profil pravotočivého oblouku je složený, lichoběžníkového tvaru. V konkávní i konvexní části je dno široké 10 cm. Z konvexní části dna přechází dno do konkávní části sklonem v poměru 1:3. Výška koryta v nejhlubší části je 30 cm a sklon břehu je v poměru 1:3. Výška koryta v mělké části je 20 cm a sklon břehu činí poměr 1:4. Celková šířka koryta činí 220 cm.

Obr. č.25: Podélný profil

Podélný profil

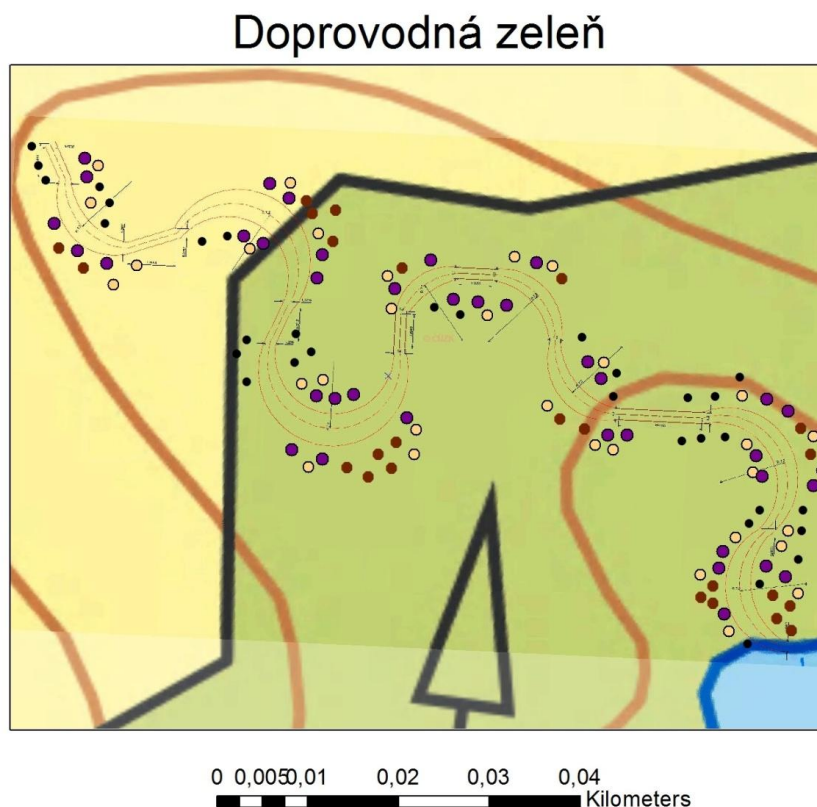


72

Podélný profil navrženého koryta kopíruje stávající terén. Navržená trasa koryta toku je dlouhá 155 m se sklonem 0,86% a prochází trvalým travním porostem a lesem. Koryto nemá žádné přítoky.

6.6.2 Vegetační doprovod

Obr. č.26: Doprovodná zeleň



Legend

- Bez černý (*Sambucus nigra*)
- Dub letní (*Quercus robur*)
- Vrba křehká (*Salix fragilis*)
- Bříza bělokorá (*Betula pendula*)



Podkladová
mapa: ZM 1:10 000

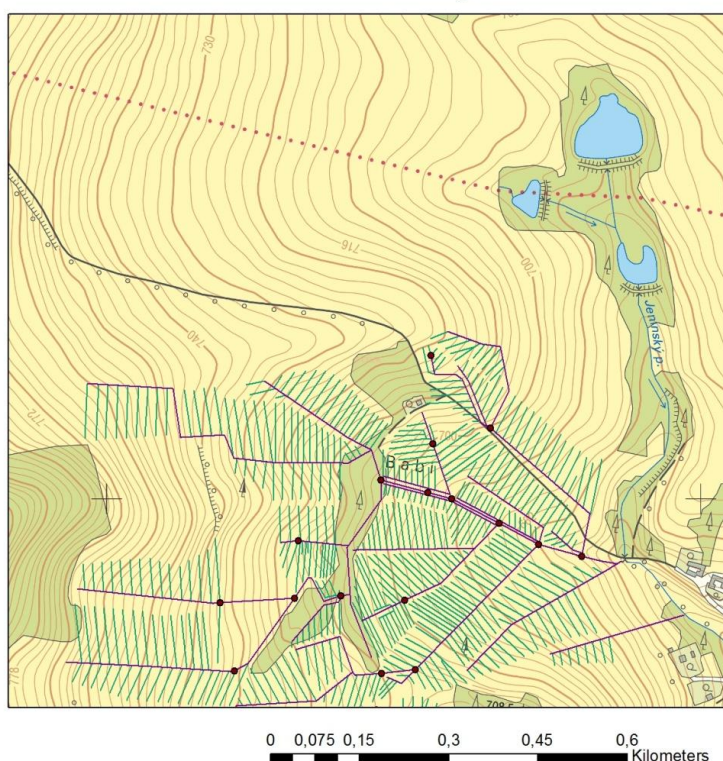
Hlavní doprovodnou dřevinou je zvolen dub letní (*Quercus robur*), který je dominantní dlouhověkou zpevňující dřevinou. Jako doprovodná dřevina bude vysazena rychle rostoucí vrba křehká (*Salix fragilis*). Bříza bělokorá (*Betula pendula*) a bez černý (*Sambucus nigra*) jsou dřeviny zvolené pouze jako doplnění ozelenění. Všechny tyto dřeviny snášej alespoň částečné zaplavení, proto nebudou poškozeny v případě vyběžení koryta.

6.7 Revitalizace drenážního systému a vybudování retenční nádrže

Drenážní systém je v současném stavu na většině území plně funkční. Jen na místě, kde býval pravý přítok Jenínského potoka, tedy v údolí, je drenážní systém poničený – zatrubněný potok, sběrné i svodné drény.

Obr. č.27: Drenážní systém

Drenážní systém



Legend

- Sachtice_EN
- Svodny dren_EN
- Sberny dren_EN



Podkladová mapa: ZM 1:10 000

Zničený drenážní systém se již projevuje viditelným lokálním zamokřením, respektive se tvoří koryto zatrubněného potoka.

Obr. č.28: Zamokření pozemku

Zamokření

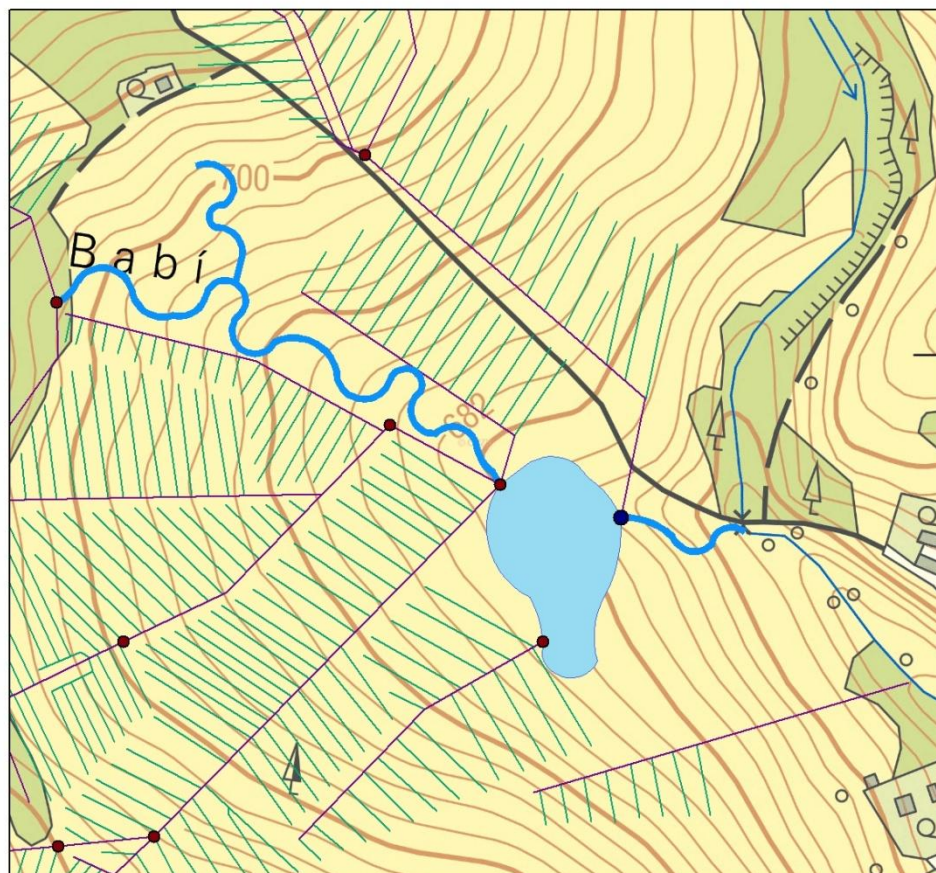


Podkladová mapa: Ortofoto

Z důvodu využívání pozemků k pastvě dobytka je, dle mého uvážení, neúčelné revitalizovat odvodňovací systém tak, že bude vybudován nový. Navrhuji obnovit koryto vodního toku a porušené drény zlikvidovat. Dále navrhuji vybudovat jako doplněk retenční nádrž, před zaústěním do Jenínského potoka. Všechny výustě, jak zavedení svodného drénu do potoka nebo nádrže, tak výpusť nádrže, budou opatřeny regulačním systémem pro ovládání množství vody, která bude vypouštěna do následující části tohoto vodního systému.

Obr. č.29: Návrh revitalizace odvodnění a nová opatření

Revitalizace drenážního systému a nová opatření



Legend

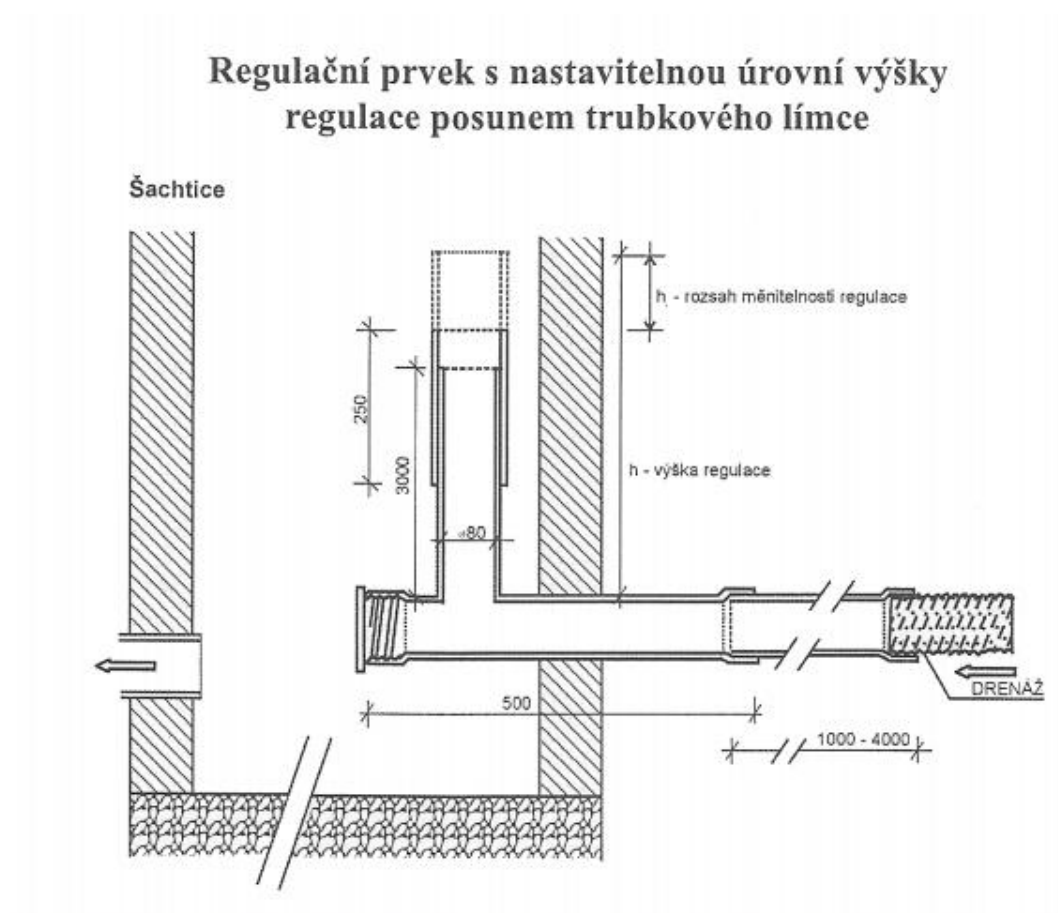
- Výpusť nádrže
- Šachtice
- Trasa toku
- Svodný dren
- Sběrný dren
- Retenční nádrž

0,025 0,05 0,1 0,15 0,2
Kilometers



Podkladová mapa: ZM 1:10 000

Obr. č.30: Šachtice s regulačním systémem



Tímto regulačním systémem budou opatřeny tři šachtice – vyústění svodného drénu do vodního toku a dvě výústě svodných drénů do nádrže.

6.7.1 Retenční nádrž

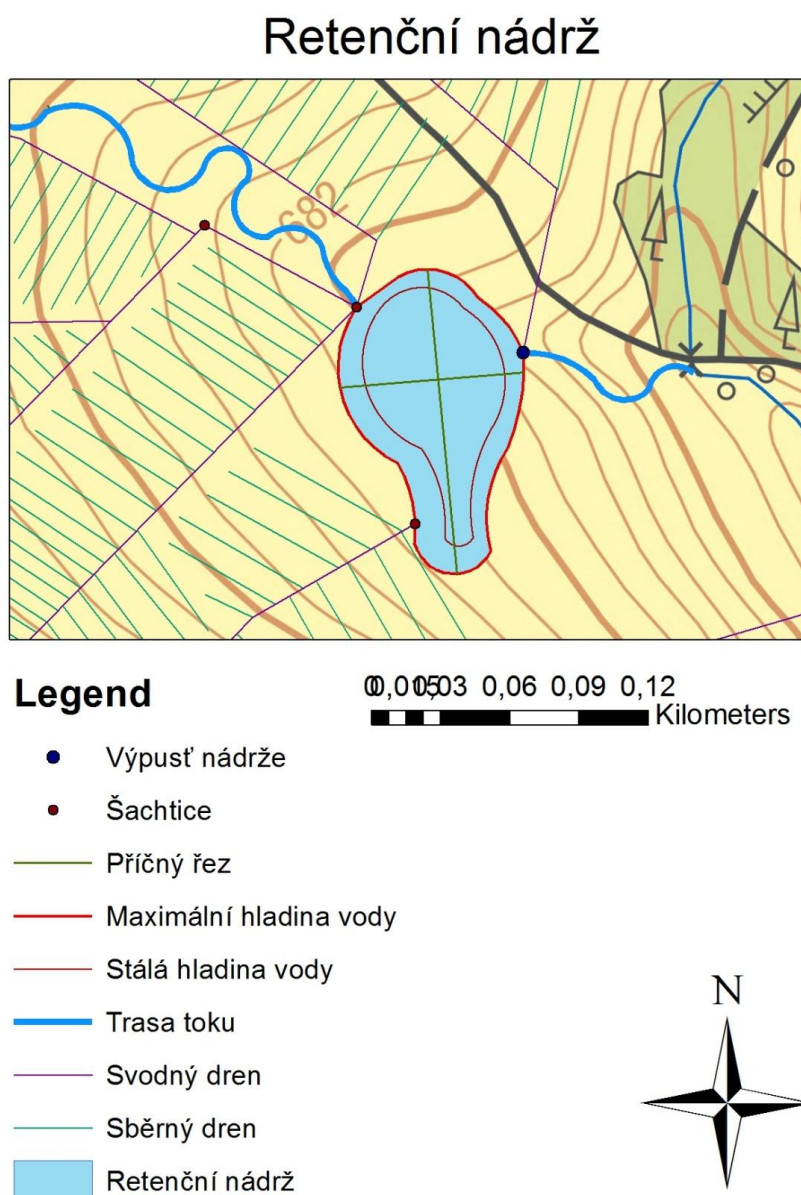
Retenční nádrž bude dimenzována na 5554 m³ akumulované vody s retenčním prostorem 3304 m³. Celkem je nádrž navržena na 8858 m³. Podloží nádrže je písčito-hlinité až hlinito-písčité.

Hráz nádrže je navržena na výšku 3 m s homogenním sypaným materiálem. Sklon na návodní straně bude 1:3 a na straně vzdušné 1:2.

Výpusť nádrže bude navržen otevřený požerák s dvojitou dlužovou stěnou, který umožňuje odběr vody od hladiny, ale i ode dna. V případě odběru vody ode dna je v dolní části první dlužové stěny osazena místo dluží česlová stěna, jejíž rám je zasunut do drážek pro dluže. Voda protékající česlovou stěnou stoupá

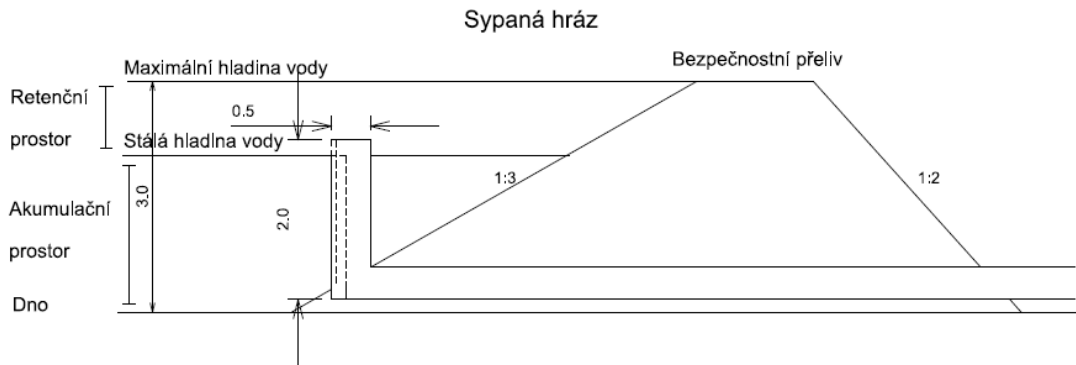
vzhůru a přepadá přes horní hranu druhé česlové stěny. V případě potřeby využití retenčního prostoru je možné uzavřít i horní výpust požeráku. Abychom zamezili průsaku mezi jednotlivými dlužemi (snížili ztrátu vody ze zásobního prostoru), je možno prostor mezi dlužovými stěnami vyplnit těsnícím materiálem (jíl, mech), který ztráty průsakem sníží nebo zcela odstraní.

Obr. č.31: Retenční nádrž

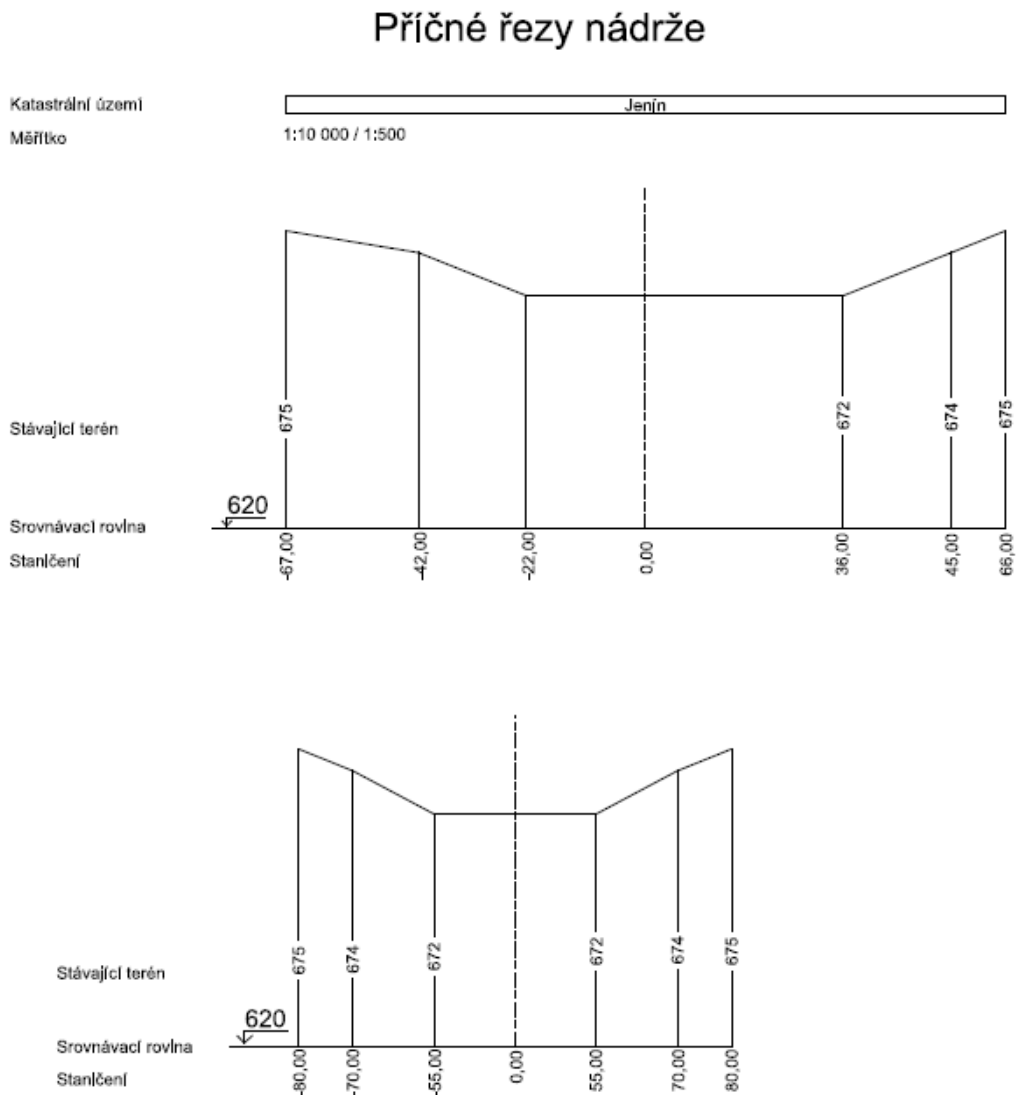


Podkladová mapa: ZM 1:10 000

Obr. č.32: Sypaná hráz



Obr. č.33: Příčné řezy nádrže

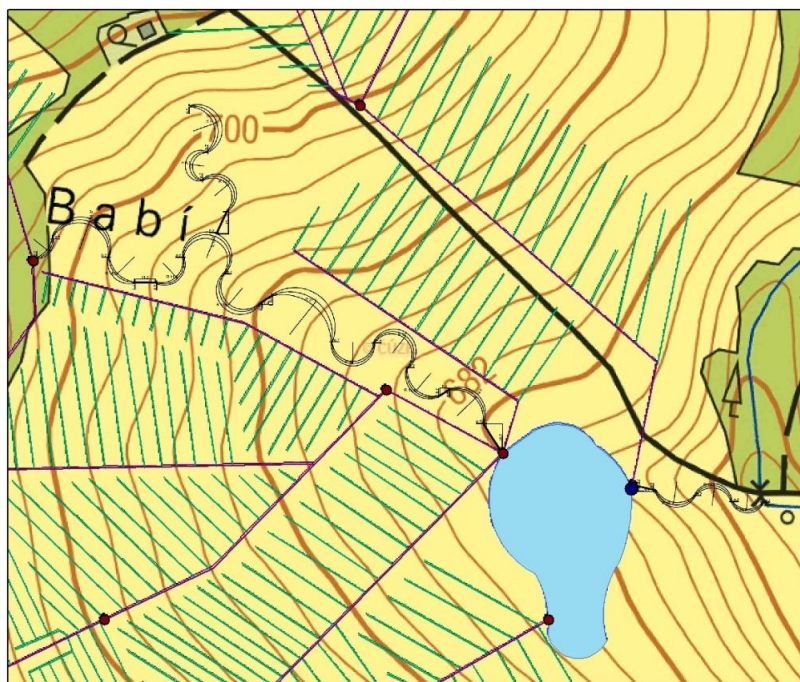


6.7.2 Trasování koryta

Trasa koryta je navržena v místě, kde původně protékal pravý přítok Jenínského potoka. Trasa je napojena na svodný dren odvodňovacího systému, který tvoří soustavu nad navrženým korytem. V místech porušených sběrných drenů je navržen levý přítok navrženého koryta.

Obr. č.34 Trasování koryta

Trasování koryta



Legend

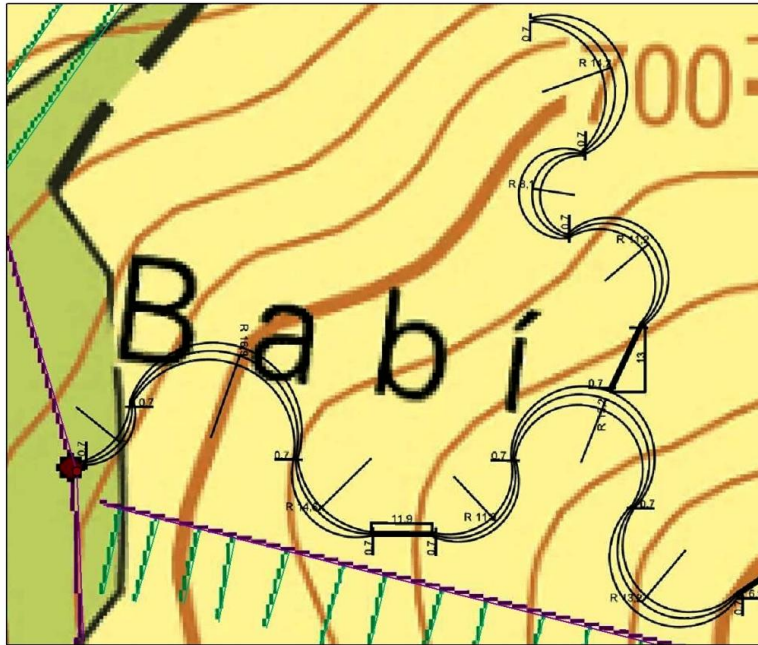
- Výpusť nádrže
- Šachtice
- Svodný dren
- Sběrný dren
- Retenční nádrž

00,02,04 0,08 0,12 0,16
Kilometers



Podkladová mapa: ZM 1:10 000

Podrobná mapa 1



Legend

- Šachtice
- Svodný dren
- Sběrný dren

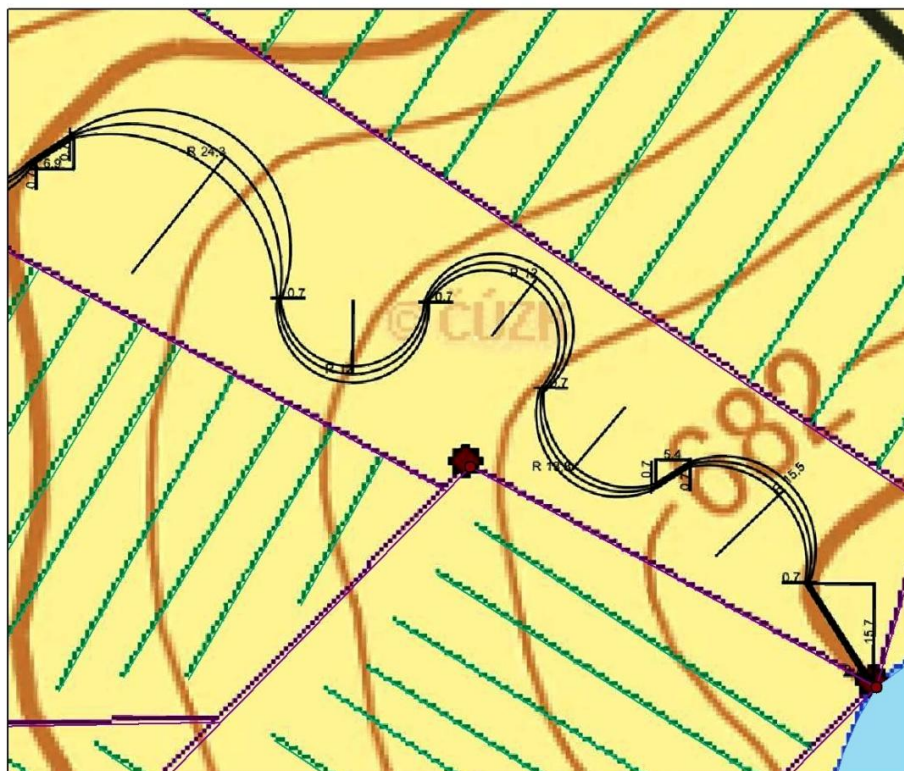
0,00,05,10,020,030,04
Kilometers



Podkladová mapa: ZM 1:10 000

Navržená trasa začíná napojením na drenážní šachtici ze svodného drénu pozvolným levotočivým obloukem a přechází ve velký pravotočivý oblouk s poloměrem 17 m. V další části jsou dva mírnější pravotočivé oblouky spojené přímým úsekem dlouhým 12 m. Následuje pravotočivý kružnicový oblouk, do kterého je zaústěn navržený levý přítok skládající se ze třech kružnicových oblouků a jednoho přímého úseku. Po tomto oblouku následuje další oblouk s poloměrem 13 m.

Podrobná mapa 2



Legend

- Šachtice
- Svodný dren
- Sběrný dren
- Retenční nádrž

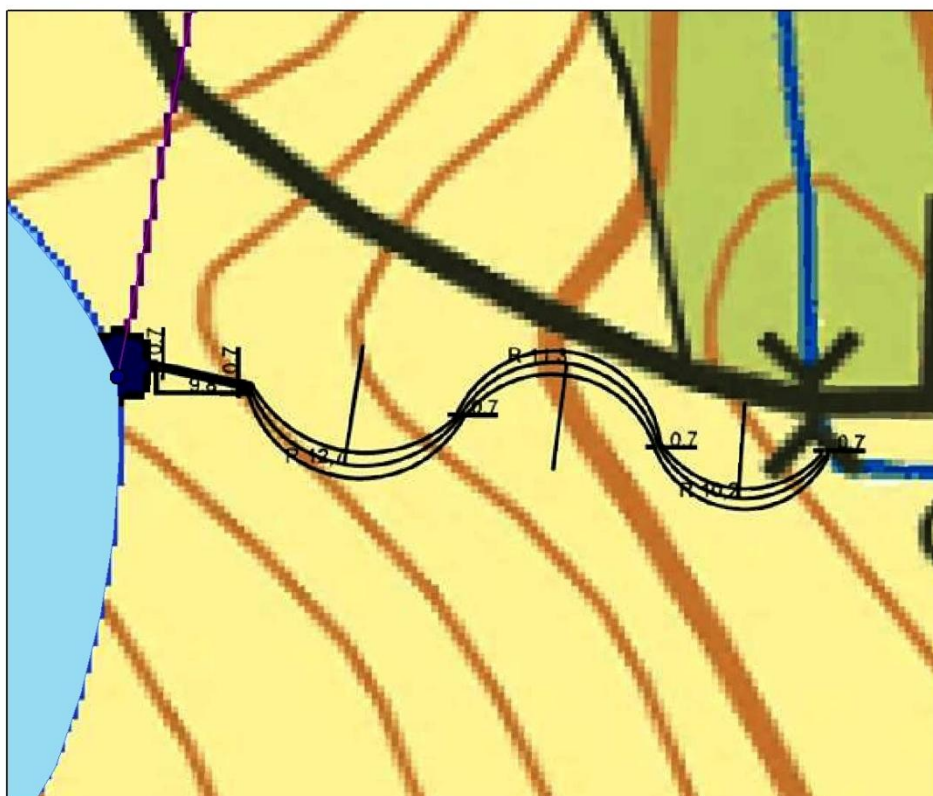
0,00,010,020,030,04
Kilometers



Podkladová mapa: ZM 1:10 000

Na předchozí oblouk navazuje přímý úsek, který přechází v pět následujících oblouků. Na konci je přímý úsek dlouhý 15 m, který je zaústěn do navržené retenční nádrže.

Podrobná mapa 3



Legend

- Výpusť nádrže
- Šachtice
- Svodný dren
- Sběrný dren
- Retenční nádrž

0,0045 0,0090 0,0180 0,0270 0,036
Kilometers

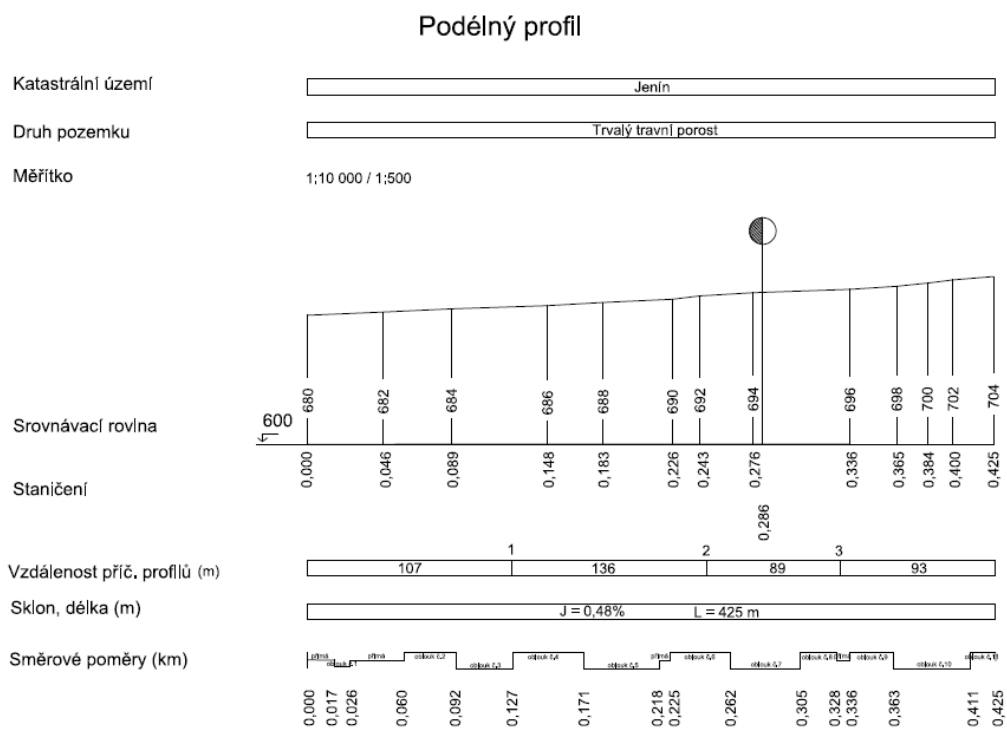


Podkladová mapa: ZM 1:10 000

Z výustě navržené retenční nádrže je navržen přímý úsek toku, který přechází do tří pozvolných oblouků. Poslední oblouk je zaústěn do Jenínského potoka a tvoří tak jeho pravý přítok.

Podélný profil znázorňuje výškový průběh navrženého koryta, který jen kopíruje stávající terén. Je v něm znázorněn navržený levý přítok toku, druh pozemku a katastrální území, kterým proudí, příčné profily, sklon a délka koryta.

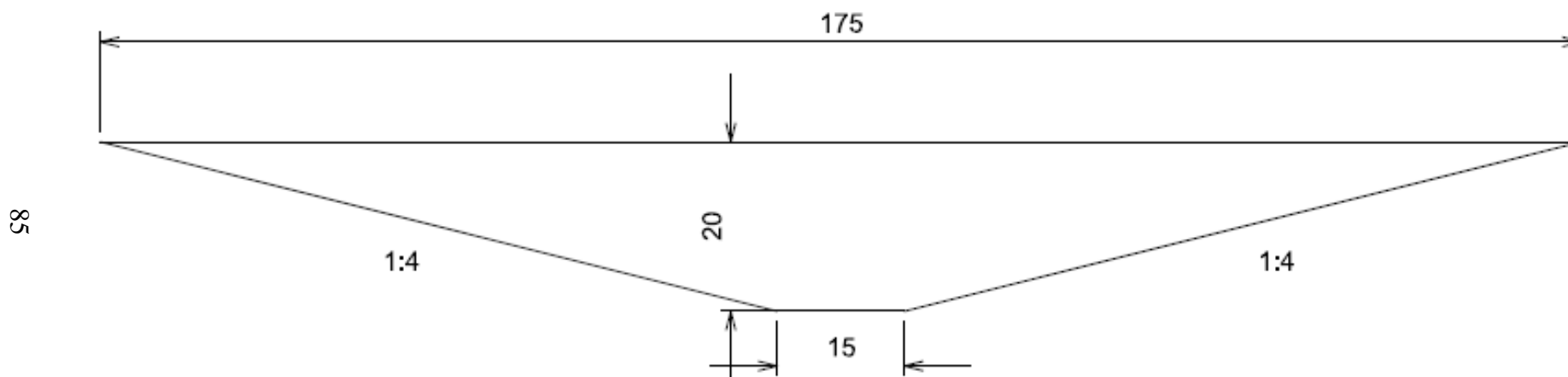
Obr. č.38: Podélný profil



Příčný profil je navržen pro levotočivý i pravotočivý oblouk a přímý úsek toku. Znázorňuje šířku koryta ve dně a v maximální výšce, maximální výšku a poměry sklonů břehů.

Obr č.39: Příčný profil – přímý úsek

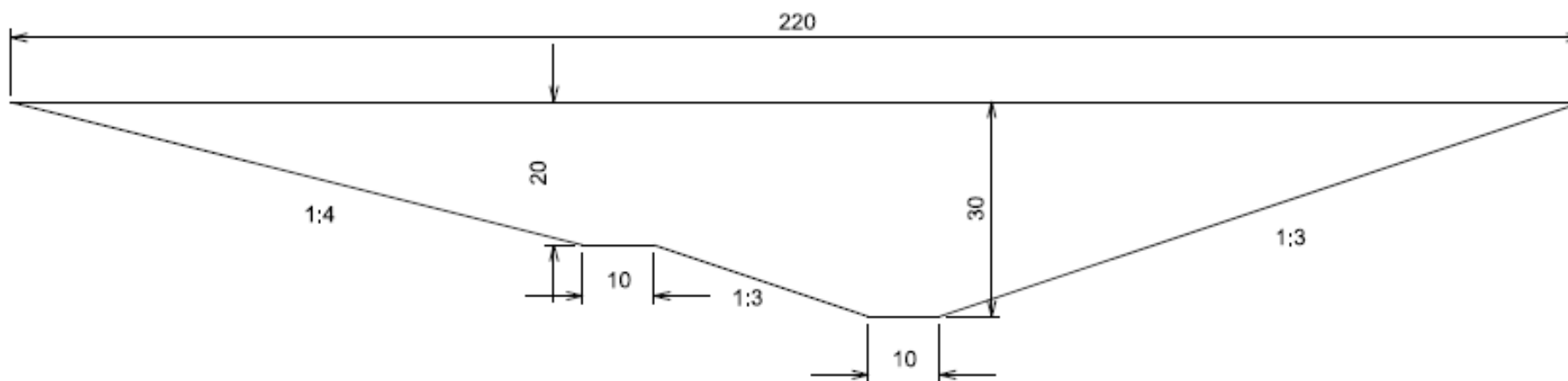
Měřítko 1:50



Příčný profil v přímém úseku je navržen na šířku 15 cm ve dně koryta. Ve výšce 20 cm je koryto široké 175 cm a poměr sklonů břehů činí 1:4.

Obr. č.40: Příčný profil oblouku 1

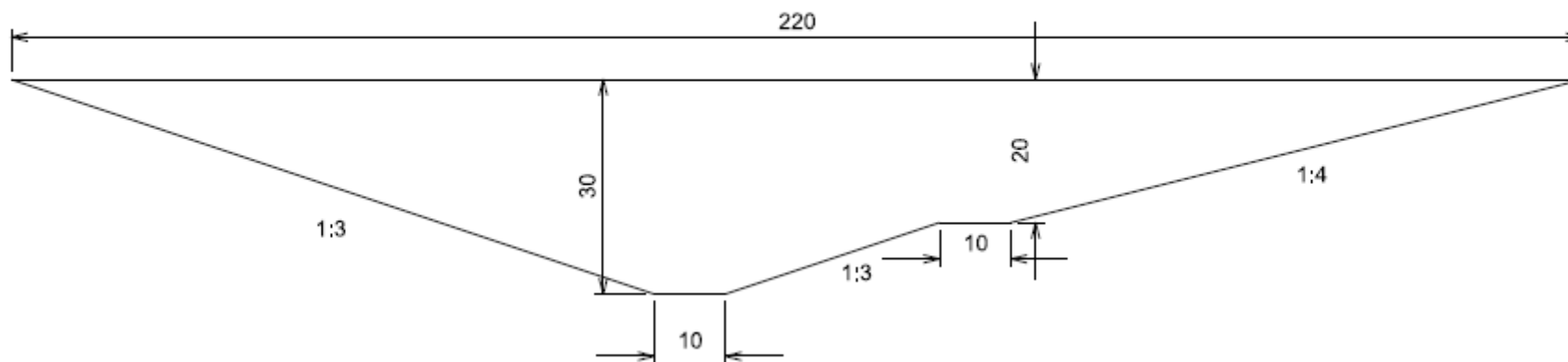
Měřítko 1:50



Příčný profil levotočivého oblouku je složený, lichoběžníkového tvaru. V prohloubené (konkávni) i v mělčí mělčí (konvexní) části je dno široké 10 cm. Z konvexní části dna přechází dno do konkávni části sklonem v poměru 1:3. Výška koryta v nejhlubší části je 30 cm a sklon břehu je v poměru 1:3. Výška koryta v mělčí části je 20 cm a sklon břehu činí poměr 1:3. Celková šířka koryta činí 220 cm.

Obr. č.41: Příčný profil oblouku 2

Měřítko 1:50



Příčný profil pravotočivého oblouku je složený, lichoběžníkového tvaru. V konkávní i konvexní části je dno široké 10 cm. Z konvexní části dna přechází dno do konkávní části sklonem v poměru 1:3. Výška koryta v nejhlubší části je 30 cm a sklon břehu je v poměru 1:3. Výška koryta v mělčí části je 20 cm a sklon břehu činí poměr 1:4. Celková šířka koryta činí 220 cm.

7. Závěr

Cílem této práce byla revitalizace povodí Jenínského potoka zejména z pohledu na vodní režim krajiny. V prvním kroku po místním šetření bylo zhodnocení povodí. K hodnocení byla použita metoda hodnocení indexu říční kvality QBR. Podle této metody je povodí Jenínského potoka považován za kvalitní biotop s dílčím přerušením.

V rámci hodnocení povodí byly měřeny srážky a dále analyzována voda v toce. Konkrétně byl měřen průtok a koncentrace dusičnanů a fosforečnanů v toce.

Faktor, který nejvíce ovlivňuje průtok a koncentrace v toku, jsou srážky. Naměřené hodnoty srážek se průměrně pohybují mezi 5 a 10 mm s extrémními hodnotami nad 30 mm s četností alespoň jednou za rok. Míra ovlivnění srážek je nejvíce viditelná na naměřených hodnotách průtoku, kdy pravidelně dojde ke zvýšení průtoku po dlouhodobém nebo vydatném dešti. Průtoky se ale také zvyšují bez přispění srážek a to při tání sněhové pokrývky v jarních měsících. Průtok se běžně pohybuje do 5 l/s oproti tomu extrémní hodnoty dosahují 80 l/s. Nejvyšší naměřený průtok dosáhl až dvaceti násobku klidného stavu – 100 l/s.

Voda v Jenínském potoce není nijak znečištěná dusičnany. Naměřené hodnoty jsou velmi proměnlivé, pohybují se ve velkém rozmezí, od 4 do 35 mg/l. Dlouhodobé koncentrace se pohybují v průměru okolo hodnoty 18 mg/l, oproti tomu jsou extrémní koncentrace maximálně dvounásobné. Ovlivňujícím faktorem kromě srážek je činnost organismů, které dusík spotřebovávají a tím se hodnoty snižují. Oproti tomu v klidovém období koncentrace vzrůstá, s přispěním srážek nebo tání sněhu je zvýšení viditelnější. Kolísání hodnot způsobují také zbytky hnojiv, které byly aplikovány na půdu v době, kdy byla v povodí převážně orná půda.

Koncentrace fosforečnanů se pohybuje do 0,1 mg/l, což je koncentrace běžná ve vodách. Voda v Jenínském potoce je z pohledu fosforečnanů dlouhodobě neznečištěná. Výskyt fosforečnanů ve vodě je závislý především na uvolňování z podloží, tedy z půdy. Do vody se pak dostanou výplachem půdy

podpovrchovým odtokem. Zrychlení transportu fosforečnanů do toku způsobuje odvodňovací systém v povodí. Tento jev je zaznamenán vždy po dlouhodobém nebo vydatném dešti, kdy byly dosaženy extrémní koncentrace fosforečnanů v toku.

Prameniště Jenínského potoka je v rámci odvodnění zatrubněno. V rámci této diplomové práce byla navržena revitalizace prameniště přesněji odtrubnění. Revitalizace zahrnuje návrh nového koryta včetně návrhu vysazení doprovodných rostlin.

Okolí Jenínského potoka je odvodněno drenážními systémy. Z důvodu využití pozemků na povodí k pastvě dobytka je odvodňovací zařízení působením tlakových sil zničeno. Důkazem je zamokření pastviny v místě, kde býval pravý přítok Jenínského potoka. Tok byl v rámci odvodňovacího systému použit jako svodný drén a zatrubněn. Nyní je tento svodný drén zničen a voda zamokřuje pozemek, kde je téměř viditelné koryto vytvořené proudem vody. Rekonstrukce drenáží je z důvodu stálé pastvy dobytka bezpředmětná, proto byla navržena revitalizace koryta bývalého pravého přítoku Jenínského potoka. Pro lepší zadržení vody v krajině byla navržena retenční nádrž. Šachtice vyústující ze svodných drénů do koryta toku a do nádrže a výúst' nádrže jsou opatřeny zařízením regulujícím odtok vody.

Obě tyto revitalizační akce zvýší zadržení vody v povodí, zpomalí odtok vody (oproti napřímenému zatrubněnému toku), zlepší biodiverzitu a retenční nádrž zpomalí případnou povodňovou vlnu díky svému retenčnímu prostoru. Tato opatření také pomohou ke zpomalení transportu dusičnanů a fosforečnanů do toku. K úplnému zpomalení, a tím zadržení v půdě by ovšem došlo až po zrušení celého odvodňovacího systému v povodí. Navržená opatření pomohou ke zlepšení vodního režimu v povodí Jenínského potoka.

8. Seznam literatury

1. ÁVILA, A., PINOL, J., RODÁ, F., NEAL, C., 1992, Storm solute behaviour in a montane Mediterranean forested catchment, *Journal of Hydrology*, 140, 143–161
2. ARHEIMER, B., ANDERSSON, L., LEPISÖ, A., 1996, Variation of nitrogen concentration in forest streams-influences of flow, seasonality and catchment characteristics, *Journal of Hydrology* 179, 281–304
3. BERNAL, S., BUTTURINI, A., SABATER, F., 2002, Variability of DOC and nitrate responses to storms in a small Mediterranean forested catchment, *Hydrology and Earth Sciences* 6, Barcelona, 1031 - 1041
4. BIRON, P.M., ROY, A.G., COURSCHESENE, F., HENDERSHOT, W.H., COTÉ, B., FYLES, J., 1999, The effects of antecedent monture conditions on the relationship of hydrology to hydrochemistry in a small forested watershed, *Hydrological Process.*, 13, 1541–1555
5. BUCHTELE, J., 1972, Kategorizace povodňového režimu na tocích Vltavské kaskády, *Sborník prací ČHMÚ*, Praha, 1972, 18 s.
6. BUCKLEY, B., HOPKINS, E. J., WHITAKER, R., 2006, Počasí, velký obrazový průvodce, Rebo Productions, Dobřejovice, 304 s.
7. ČERVENÝ. J., BÖHM, B., BUBENÍČKOVÁ, L., BUCHTELE. J., ČULÍK. J., DAŇKOVÁ. H., FRIGA. J., HLADNÝ. J., KRÍŽ. V., KURPELOVÁ. M., NEDELKA. M., ŠEBEK. O., ŠKULEC. Š., VÍNÍČEK. K., VITOSLAVSKÝ. J., ZÁVODSKÝ. D., 1984, Podnebí a vodní režim ČSSR, Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 416 s.
8. ČHMÚ, 1997, Hydrologická ročenka České republiky 1996, Český hydrometeorologický ústav, Praha, 183 s.
9. DEMEK, J., 1965., Geomorfologie českých zemí, Nakladatelství Československé akademie věd, Praha, 335 s.

10. EVANS, C. D., DAVIES, T. D., 1998, Causes of concentration/ discharge hysteresis and its potential as tool for analysis of episode hydrochemistry, *Water Resources Research*, 34, 129–137.
11. HASÍK, O., 1972, Vodohospodářská výstavba a životní prostředí, Československá akademie věd, Praha, 381
12. HETEŠA, J., KOČKOVÁ, E., 1997, *Hydrochemie*, Brno, 95 s.
13. HINTON, M. J., SCHIFF, S. L., ENGLISH, M. C., 1997, The significance of storms for the concentration and export of dissolved carbon from two Precambrian Shield catchments, *Biogeochemistry*, 36, 67–88
14. HOLÝ, M., DVOŘÁK P., HÁLEK, V., ŠOLTÉSZ, J., 1984, Odvodňovací stavby, Vydavatelství technické a ekonomické literatury, Bratislava, 472 s.
15. HRÁZKÝ, Z., ŠAFARČÍKOVÁ, S., 2006, Živiny v krajině: dusík, fosfor, eutrofizace půdy a vody, indikace dusíku, DAPHE ČR- Institut aplikované ekologie, 16 s.
16. JUST, T., MATOUŠEK, V., DUŠEK, M., FISCHER, D., KARLÍK, P., 2005, Vodohospodářské revitalizace a jejich uplatnění v ochraně před povodněmi, 3. ZO ČSOP Hořovicko, Praha, 359 s.
17. JŮVA, K., HRABAL, A., TLAPÁK, V., 1984, *Malé vodní toky*, Praha, 253 s.
18. JŮVA. K., 1957, *Odvodňování půdy*, Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 526 s.
19. KEMEL, M., 1994, *Hydrologie*, České vysoké učení v Praze, Praha, 222 s.
20. KEMEL, M., 1996, *Klimatologie, meteorologie, hydrologie*, České vysoké učení technické v Praze, Stavební fakulta, 289 s.
21. KEŠL, J., 2001, *Hydrologie*, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Brno, 128 s.

22. KOPÁČEK, J., BEDNÁŘ, J., 2005, Jak vzniká počasí, Karolinum, Praha, 268 s.
23. KUDRNA, K., 1987, Využití melioračních soustav, Státní zemědělské nakladatelství v Praze, Praha, 400 s.
24. KULHAVÝ, Z., ČMELÍK, M., ŠTIBINGER, J., MACEK, L., ŠKRIPKO, J., 2015, Rekonstrukce staveb odvodnění s uplatněním principu regulace drenážního odtoku, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., Praha, 58
25. KULHAVÝ, Z., ŠTIBINGER, J., KŘOVÁK, F., KASL, M., PELÍŠK, I., SOUKUP, M., MACEK, L., JAKOUBEK, J., PAVLÍČEK, T., 2015, Opatření k posílení infiltračních procesů v krajině, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., Praha, 232
26. KVÍTEK, T., BYSTRICKÝ, V., PETERKOVÁ, J., ŽLÁBEK, P., MORAVCOVÁ, J., 2012, Dynamika koncentrací a interakce odnosu dusičnanů a fosforu na malých zemědělsko-lesních subpovodích v povodí VN Švihov na Želivce, Vodní hospodářství 6, 198 – 203
27. KVÍTEK, T., 2012, Modelování vlivu využívání půdy v geomorfologických zónách na odtok vody a koncentraci dusičnanů, VÚMOP, Praha, 89 s.
28. KÍTEK, T., GERGEL, J., ONDR, P., ZÁMIŠOVÁ, K., 2006, Zemědělské meliorace, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, České Budějovice, 165 s.
29. MAYEWSKI, P. A., LYONS, W. B., SPENCER, M. J., TWICKLER, M., BUCK, C. F., WHITLOW, S., 1990, An ice-core record of atmospheric response to anthropogenic sulphate and nitrate, Nature, 378, 355–359
30. MANAHAN, S. E., 2010, Environmental chemistry, Includes bibliographical references and index, New York, 755 s.
31. MATOUŠEK, V., 2010, Poznávání odtokových vlastností malých povodí za regionálních dešťů, Praha, 103 s.

32. MCCLAIN, M. E., 2004, Biogeochemical hot spots and hot moments at the interface of terrestrial and aquatic ecosystems, *Ecosystems* (N. Y.,Print), 6, 301– 312.
33. MCDOWELL. R. W., SHARPLEY. A. N., 2001, Approximating Phosphorus Release from Soils to Surface Runoff and Subsurface Drainage, *Journal of Environmental Quality* 30, 508-520
34. CORRELL, D. L., JORDAN, T. E., WELLTER, D. E., 1999, Transport of nitrogen and phosphorus from Rhode River watersheds during storm events, *Water resources research* 35, 2513-2521
35. MULHOLLAND, P. J., 1981, Organic carbon flow in a swamp-stream ecosystem, *Ecological Monography* 51, 307–322.
36. PAČES, T., 1982, *Voda a Země*, Academia, Praha, 174 s.
37. PAASONEN-KIVEKÄS, M., KOIVUSALO, H., KARVONEN, T., UUSITALO, R., ALAKUKKU, L., NUUTINEN, V., HINTIKKA, S. 2003, Contribution of surface drainage and surface runoff on nutrient losses in a clay soil, 9th Int. Drainage Workshop, Utrecht, The Netherlands, September 10-13, 2003, Int. Commision of Irrigation and Drainage; Int. Institute for Land Reclamation and Improvement/ILRI, pp. 1-11
38. PITTER, P., 1990, *Hydrochemie*, Nakladatelství technické literatury, Praha, 568 s.
39. QUITT, E., 1971, *Klimatické oblasti ČSSR*, *Studia geographica*, Brno
40. ROŽNOVSKÝ, J., 2013, *Voda, půda a rostliny*, Nakladatelství Českého hydrometeorologického ústavu, Praha, 47 s.
41. SEIFERT, V., 1987, *Rozumíme počasí?*, Artia, Praha, 192 s.
42. STARÝ, M., 2005, *Hydrologie*, Vysoké učení technické v Brně, Stavební fakulta, 213 s.

43. ŠILAR, J., 1996, Hydrologie v životním prostředí, Vysoká škola Báňská – Technická univerzita Ostrava, 138 s.
44. TÖLGYESSY, J., BETINA, V., FRANK, V., FUSKA, J., LESNÝ, J., MONCMNOVÁ, A., PALATÝ, J., PIATRIK, M., PITTEK, P., PROUSEK, J., 1989, Chémia, biológia a toxikológia vody a ovzduší, Veda vydavateľství Slovenské akademie vied, Bratislava
45. UDAWATTA, R. P., MOTAVALLI, P. P., GARRETT, H. E., KRSTANSKY, J. J., 2006, Nitrogen losses in runoff from three adjacent agricultural watersheds with claypan soils, *Ecosystems and Environment* 117, 39-48 s.
46. VESECKÝ, A., PETROVIČ, Š., BRIEDOŇ, V., KARSKÝ, V., 1958, Atlas podnebí Československé republiky, Ústřední správa geodesie a kartografie, Praha
47. VITOUŠEK, P. M., 1977, The regulation of element concentrations in mountain streams in the north-eastern United States, *Ecol. Monogr.*, 47, 65–87
48. ZACHAR, D., JÚVA, K., 1987, Využití a ochrana vod v ČSSR, Academia, nakladatelství Československé akademie věd, Praha, 568 s.