

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
FAKULTA PEDAGOGICKÁ

Centrum biologie, geověd a envigogiky

Studijní program: Bakalářský

Studijní obor: Geografie se zaměřením na vzdělávání

Katedra: Centrum biologie, geověd a envigogiky

Vedoucí katedry: doc. RNDr. Michal Mergl, CSc.

**Dynamika sedimentů v bobří aktivitou ovlivněném  
segmentu Kateřinského potoka**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí bakalářské práce: RNDr. Václav Stacke, Ph.D.

Autor: Petr Plecháč

Plzeň, červen 2015

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a zdrojů informací.

Plzeň 30. června 2015

.....  
vlastnoruční podpis

Rád bych poděkoval vedoucímu bakalářské práce RNDr. Václavu Stacke, Ph.D. za jeho ochotu pomoci a správné nasměrování v mých nesnázích. Dále bych rád poděkoval všem studentům, kteří mi byli nápomocni při terénních pracích, často v nehostinném počasí. Také bych rád poděkoval svým rodičům za vynaložené úsilí při pomoci v terénních pracích a za celkovou podporu při psaní bakalářské práce.

## Obsah

1	Úvod.....	7
2	Cíle práce.....	8
3	Rešerše literatury.....	9
3.1	Charakteristika bobra evropského.....	9
3.1.1	Základní popis bobra evropského.....	9
3.1.2	Obydlí a strava bobra evropského.....	9
3.2	Vliv bobra evropského na krajinu a charakter vodního toku.....	10
3.3	Výskyt bobří populace.....	11
3.4	Chod sedimentů ve vodním toku.....	12
4	Charakteristika území.....	14
4.1	Prostorové vymezení a hydrologické poměry.....	14
4.2	Geologická a geomorfologická charakteristika území.....	23
4.3	Pedologické poměry.....	24
4.4	Klimatické poměry.....	24
4.5	Land Cover.....	27
5	Metody.....	29
5.1	Terénní metody.....	30
5.1.1	Terénní mapování vodního toku a bobřích hrází a určování jejich relativního stáří	30
5.1.2	Tvorba podélného profilu toku.....	33
5.1.3	Odběr sedimentů na vytipovaných lokalitách.....	34
5.2	Laboratorní výzkum.....	37
5.2.1	Popis jednotlivých částí odebraných sedimentárních jader.....	37
5.2.2	Granulometrická analýza odebraných sedimentárních vzorků (sítová granulometrie).....	37
5.3	Zpracování získaných dat.....	38

5.4	SL index (stream length).....	39
5.5	Rozbor hydrologických poměrů .....	43
5.6	Objem zadržovaných sedimentů bobřími hrázemi .....	43
5.7	Typické jevy bobří aktivity odhalené při zkoumání lokality formou rekognoskační pochůzky.....	46
6	Výsledky.....	47
6.1	Mapování bobřích staveb .....	47
6.2	Popis jednotlivých částí odebraných sedimentárních jader .....	49
6.3	Zrnitostní analýza .....	50
6.3.1	Výsledky BH .....	50
6.3.2	Výsledky BH2 .....	51
6.3.3	Výsledky BH3 .....	53
6.4	Podélné profily.....	57
6.5	SL index .....	60
6.6	Objem zadržovaných sedimentů bobřími hrázemi .....	65
6.7	Rychlost usazování sedimentů v bobřím jezírku .....	65
6.8	Typické jevy bobří aktivity odhalené při zkoumání lokality formou rekognoskační pochůzky.....	66
7	Diskuze výsledků .....	69
7.1	Zahraniční výzkum .....	69
7.2	Mapování bobřích staveb .....	69
7.3	Hydrologické poměry .....	70
7.4	Přesné zaměření podélného profilu segmentu Mrtvého potoka.....	71
7.5	SL index .....	72
7.6	Zachycení sedimentů bobří hrázi a obtékání bobřích hrází .....	73
7.7	Sedimentologická analýza .....	76
7.8	Objem zadržovaných sedimentů bobřími hrázemi .....	77
7.9	Rychlost usazování sedimentů.....	78

7.10	Oprava bobří hráze na 860 m.....	79
7.11	Změna koryta toku.....	80
8	Závěr.....	82
9	Souhrn.....	83
10	Summary.....	84
11	Seznam použité literatury.....	85
12	Datové zdroje.....	89
13	Seznam obrázků a tabulek.....	90
14	Přílohy.....	93

## 1 Úvod

Tato bakalářská práce vzniká z důvodu absence podobné práce a výzkumu provedeného v Čechách. Dále jako ověření výsledků výzkumů provedených v zahraničí a navázání na tyto výzkumy publikované ve vědeckých člancích.

Práce je součástí širšího výzkumu aktivity bobra evropského na území CHKO Český les vedeného na ZČU v Plzni na centrum biologie, geověd a envigogiky (CBG). Výzkumná lokalita byla vybrána z důvodu zjištěné aktivity bobra evropského na tomto území a z důvodu dalších výzkumů prováděných v dané lokalitě. Bobr evropský se ve zkoumané oblasti, která je dostatečně vzdálená lidským obydlím a vůbec kontaktu s lidmi, prokazatelně usídlil kolem roku 1990 (Zajíček a Vlašín, 1992). Zkoumaný segment Mrtvého potoka je vydlážděný, a proto se výzkum činnosti tohoto krajinnotvorného činitele (Vorel et al., 2013), především pak chodu a dynamiky sedimentů v toku, prováděl právě zde. Bobr je mnohdy reintrodukovan tam, kde je zapotřebí změny charakteru vodního toku ovlivněného především činností člověka (Levine a Meyer, 2013). Jedná se o snížení sklonu vodního toku, zadržování sedimentů či meandrování vodního toku (Levine a Meyer, 2013).

## **2 Cíle práce**

Hlavním cílem této práce je zhodnocení dynamiky sedimentů v bobří aktivitou ovlivněném segmentu Kateřinského potoka.

Podnětem pro tuto práci byla absence úplného či alespoň částečného výzkumu této problematiky v České republice. K dosažení hlavního cíle bylo použito i několik dílčích cílů:

1. Přesné zaměření podélného profilu toku.
2. Mapování bobřích hrází a mocnosti sedimentů.
3. Zjištění objemu zadržovaných sedimentů a jejich sedimentologická analýza.



### 3 Rešerše literatury

Vypracoval jsem rešerši literatury zabývající se především charakteristikou bobra evropského a jeho vlivu na charakter vodního toku a dynamiku sedimentů.

#### 3.1 Charakteristika bobra evropského

##### 3.1.1 Základní popis bobra evropského

Bobr evropský (*Castor fiber*) je řazen do řádu hlodavců (*Rodentia*) a do čeledi bobrovitých (*Castoridae*). Je naším největším hlodavcem, dosahuje délky až 100 cm, hmotnosti až 30 kg a dožívá se až 20 let. Srst je zbarvená do světle hnědé až černé. Typickým znakem bobra je jeho plochý šupinatý ocas a samozřejmě i jeho přední čelisti přizpůsobené k ohlodávání kmenů stromů (Zajíček a Vlašín, 1992). V období mezi 17. – 18. stoletím byl na území Čech a Moravy zcela vyhuben. Byl velmi oblíbený pro svou kůži, ale i kosti, zuby, sádlo, maso a další. Ve voňavkářství se hojně využíval i jeho sekret produkovaný žlázou, někdy také zvaný „bobří stroj“. K jeho vyhubení přispěly také jím páchané škody na okolí, zejména s rozvojem rybníkářství a rozrušování stability rybníků (Zajíček a Vlašín, 1992). I když činnost bobra má svá pozitiva, především co se biologické stránky týče, ke konfliktům docházelo především mezi lidmi žijícími v této lokalitě, kteří vnímali jeho aktivitu za nežádoucí (Vorel et al., 2013).

Bobr patří mezi zvláště chráněné živočichy a spadá do kategorie kriticky ohrožených druhů (Záchranné programy, online). V Červené knize je řazen do kategorie zranitelný (Marková, 2014).

Základní informace o bobru evropském, především pak jeho popis, výskyt, historie, výživa, byly získány z díla „Návrat bobrů“ (Zajíček, Vlašín, 1992). Také díla od autorů Cehláriková P. (2007) a Kostkan V. (2000) poskytla informace, které byly využity pro napsání této práce. Dozvěděl jsem se například o počtu jedinců v bobří rodině i počtu jedinců v mém sledovaném území.

##### 3.1.2 Obydlí a strava bobra evropského

Bobrům nejvíce vyhovují malé potůčky, mrtvá ramena či jezera. Svá území si dovedou upravit k vlastním potřebám. V okolí se obvykle nacházejí listnaté stromy, které po skácení využívají jako stavební prvek a větve jako potravu. K vyhledávaným druhům dřevin patří například: osika, olše, bříza, topol a některé druhy vrb (Vorel et al., 2013).

Jako další vyhledávané plodiny můžeme jmenovat šťovík stěsnaný či kopřiva dvoudomá (Zajíček a Vlašín, 1992). Stromy (dřevo) nevyužívá bobr pouze ke stavění hrází a potravě, ale v nepříznivých podmínkách i ke stavbě vlastního obydlí. Toto obydlí nazýváme hrad a bobr si jej staví na místech, která mu neumožní stavbu podzemního obydlí (nory) (Zajíček a Vlašín, 1992).

### **3.2 Vliv bobra evropského na krajinu a charakter vodního toku**

Bobr evropský je významný krajinnotvorný činitel (Vorel et al., 2013). Jeho zákroky do vodních toků v podobě bobřích hrází, hloubení nor v okolí toku či přeměna okolní krajiny kácením stromů a tvorbou podmínek vhodnějších pro specifické druhy rostlin, jsou jen základním výčtem jeho zásahů (Zajíček a Vlašín, 1992). Považuji tedy za potřebné dozvědět se alespoň základní charakteristiky tohoto atypického savce, je-li výzkumná práce s ním spjata.

Bobří přehrady, jejichž stáří se pohybuje od méně než jednoho roku po desetiletí, prokazatelně ovlivňují vodní tok a pozměňují jeho charakteristiku. Především se jedná o zvyšování dna koryta toku usazováním sedimentů, které jsou zadržovány díky bobřím hrázím (Burchsted a Daniels, 2013).

Zvyšování dna koryta toku usazováním sedimentů může vést i ke zmírnění gradientu toku. Změny jsou takové, že šířka a hloubka toku se zvětšuje, naproti tomu sklon a rychlost toku se snižuje (Levine a Meyer, 2013). Hloubka toku se zvětšuje díky bobřím hrázím a nalepšením vodní hladiny. Nalepšením vodní hladiny ztrácí vodní tok v jisté míře svou unášecí schopnost a sedimenty se mohou lépe ukládat. Změny se projevují také na kvalitě vody a rozmanitosti vegetace (Butler a Malanson, 1995). Bobří jsou jako stabilizační činitel reintrodukováni především tam, kde došlo k velkému zaříznutí toku a k přílišnému prohloubení koryta toku (Levine a Meyer, 2013). Mrtvý potok, v dolní části vydlážděný a tím uměle napřímený, je dokonalou oblastí na zkoumání ukládání sedimentů vlivem bobřích hrází.

K vydláždění došlo pravděpodobně v období 70. – 80. let minulého století, kdy byly v území prováděny meliorace státními statky (Košnář, 2015).

Dnes lze na zkoumaném území nalézt začínající meandrování zkoumaného toku i velké množství usazených sedimentů.

Vlivem bobřích hrází se postupně začíná měnit okolní vegetace, bobří jezírka využívají i jiní živočichové (například žáby ke kladení vajíček), kteří by v napřímeném, rychle tekoucím toku takovou možnost neměli.



Obr. 1: Žabí vajíčka v bobřím jezírku pořízena na sousedním Kateřinském potoce

*Autor fotografie: Petr Kunc*

Vliv bobrů na charakter toku a okolní krajinu zkoumali Levine a Meyer (2013). Ti hodnotili i funkčnosti hrází, jejich aktivní místa a dopady na okolí při prolomení hrází a přetrvávání vlivu i po jejich prolomení.

### 3.3 Výskyt bobří populace

Kromě bobra evropského známe ještě bobra kanadského (*Castor canadensis*), žijícího např. v USA, Kanadě a jinde ve světě. Ten je méně snášenlivý k přítomnosti člověka. S bobrem evropským si je velmi podobný, pravděpodobně díky společnému předkovi, nemohou se však spolu křížit. Stejně jako bobr evropský byl v tamním prostředí téměř vyhuben a později došlo k reintrodukci (Levine a Meyer, 2013). Reintrodukce bobra začala ve druhé polovině 20. století, a to jak v Evropě, tak i v Severní Americe (Zajíček a Vlašín, 1992). Toto umělé „vysazování“ bobra probíhalo též v Rusku, u nás na jediném místě a to v CHKO Litovelské Pomoraví (Zajíček a Vlašín, 1992; Šafář, 2002).

Do Chráněné krajinné oblasti Český les v západních Čechách a zároveň do mého sledovaného území se bobr evropský dostal z Bavorska. Na Kateřinském potoce se prokazatelně

usídlil kolem roku 1990, o pět let dříve byli bobří zaznamenáni na řece Radbuze (Zajíček a Vlašín, 1992). Šafář (2002) se ve své práci zmiňuje o 80. letech 20. století jako o prvních známkách tohoto živočicha na našem území.

Kostkan V. (2000) píše, že jedna bobří rodina může obsahovat 5 – 15 jedinců, naproti tomu Celháríková P. (2007) při zkoumání počtu jedinců v jedné bobří rodině uvádí 5 – 6. Velikost populace bobra evropského je v Českém lese, v povodí Kateřinského potoka mezi obcemi Rozvadov, Svatá Kateřina a Železná odhadována na 37 rodin a 185 jedinců (Celháríková, 2010). To představuje v průměru 5 jedinců v jedné bobří rodině.

Vorel et al. (2011) odhaduje ve své práci „Kolik se k nám vejde bobrů?“ počet jedinců bobra evropského v České republice na 2500 – 3000 kusů.

V současnosti patří CHKO Český les k oblastem s nejvyšším počtem jedinců bobra evropského a oblasti Kateřinského a Nivního potoka byly vyhlášeny Evropsky významnou lokalitou.

Český les je od roku 2005 chráněnou krajinnou oblastí, na jehož území se rozkládá mnoho přírodních rezervací, přírodních památek a dalších chráněných území. Disponuje bohatou flórou i faunou a je domovem několika chráněných či vzácných druhů rostlin a živočichů (Český les, online).

### **3.4 Chod sedimentů ve vodním toku**

Pro potřeby práce je důležitá znalost podloží a hornin nacházející se v dané oblasti. Významnou horninou ve zkoumané oblasti je granit (žula). Pauk F. a Habětín V. (1979) ve své práci „Geologie pro zemědělce“ popsali, že granit je průměrně tvořen ze 70,18 % křemenem. V díle „Základy geologie pro geografů“ Kraft J. (1996) uvádí, že na Mohsově stupnici má křemen tvrdost číslo 7. Toto nám dokládá, že zkoumané území by nemělo být příliš náchylné k fluvialní erozi. Dalšími, kdo se zabývali horninovým prostředím, byli Kukul Z., Reichmann F. (2000) a to v díle „Horninové prostředí České republiky“, kde zkoumali radiačně zatížené okresy České republiky.

Usazováním sedimentů v bobřím jezírku se zabývala řada zahraničních odborníků. Z jejich výzkumů vyplývá, že rychlost usazování sedimentů je velmi proměnlivá a hodnoty se v každém výzkumu od sebe liší. Výpočty provedené v Kanadě, Ontariu, vedly k číslům 0,35 – 0,6 cm příbytku výšky usazených sedimentů za rok (Devito a Dillon, 1993). Jiné zdroje uvádějí naměřené hodnoty i kolem necelých 40 cm příbytku usazeného sedimentu za rok (Meentemeyer a Butler, 1999). Vždy záleží na vlastnostech bobří hráze a charakteru

vodního toku (Meentemeyer a Butler, 1999). Z vlastního měření vyplývá, že také místo měření v bobřím jezírku může být důležitým faktorem, i proto byla měření průměrována. Vliv na množství sedimentů v daném jezírku může mít i vlastní aktivita bobra evropského, snahou vyhrabat či upravit vodní kanál dotuje sedimenty v toku (Butler a Malanson, 1995).

Zajímavý výzkum SL indexu provedl Troiani et al. (2014). Výzkum SL indexu jsem taktéž aplikoval na svou zkoumanou oblast. Troiani et al. (2014) využil citlivosti SL detekovat otisky různých povrchových procesů. Dokázal tak identifikovat anomálie, v jeho případě odolnost povrchu vůči erozi v důsledku litologických rozdílů, otisk ledovcových procesů, či postižené oblasti sesuvem půd. SL index reaguje na změnu výšky sledovaného jevu v určitém měřeném úseku a dává tak najevo anomálie v terénu.

## 4 Charakteristika území

### 4.1 Prostorové vymezení a hydrologické poměry

Zkoumaným segmentem Kateřinského potoka byl zvolen Mrtvý potok z důvodu zjištěné aktivity bobra evropského a dostatečné velikosti daného území pro potřeby této bakalářské práce.

Mrtvý potok se nachází v západních Čechách v Plzeňském kraji a to mezi obcemi Hošťka, Žebráky a Nové Domky. Je jedním z pravostranných přítoků Kateřinského potoka, který teče do Německa. Tam přibližně 2,5 km protéká pod názvem Katharinabach a vlévá se do řeky Naab a dále do Dunaje. Mrtvý potok s délkou 3 775 m pramení v CHKO Český les (Geoportál, 2015). Terén byl v průběhu měření celý zmapován (formou rekognoskační pochůzky) a byly označeny aktivní zóny působení bobra. Délka segmentu Mrtvého potoka, kde převážně probíhalo měření z důvodu aktivity bobra evropského, je 1211 m. Oblast je zařazena do správy povodí Vltavy. Název této oblasti je dle hydrogeologické rajonizace krystalinikum Českého lesa v povodí Kateřinského potoka. Kateřinský potok řadíme do 3. řádu, Mrtvý potok do řádu číslo 4 (Vlček, 1984, Zítek, 1965, Zítek, 1967). Mrtvý potok pramení v nadmořské výšce 665 m n. m. a vlévá se do Kateřinského potoka v nadmořské výšce 525 m n. m.

Souřadnice studovaného území jsou: 49°41'57" – 49°43'3" s.š. a 12°31'50" – 12°34'33" v.d.

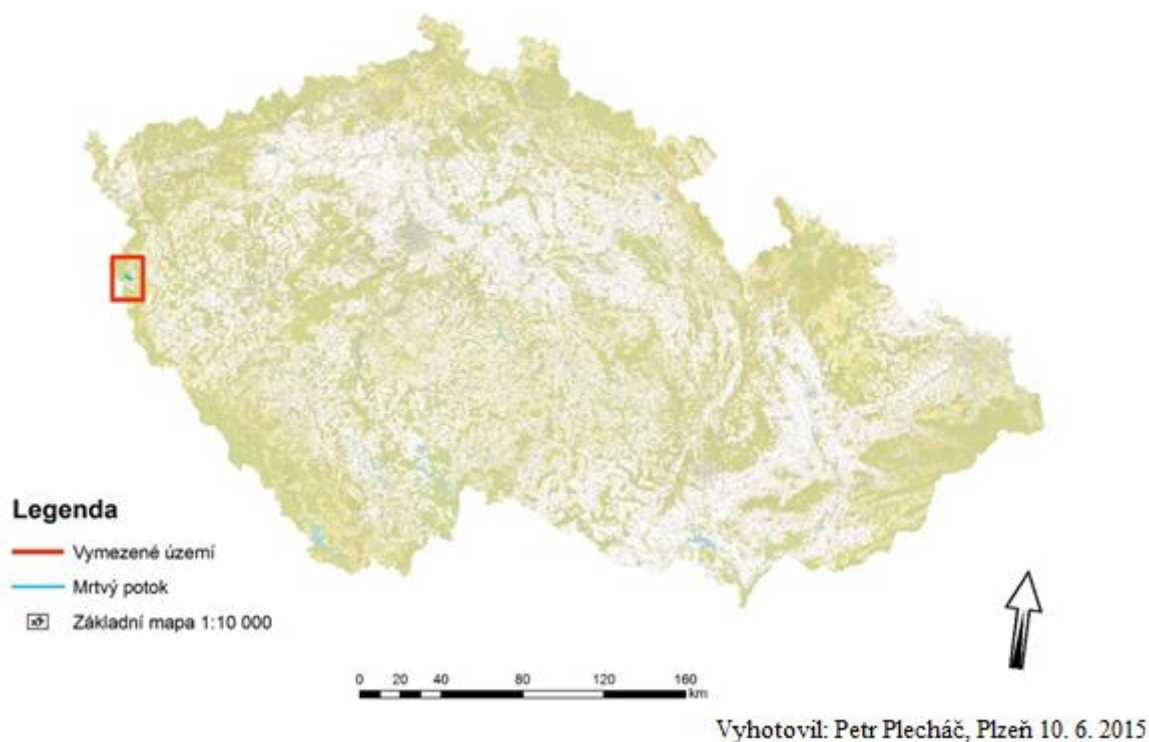


### Legenda

	Mrtvý potok s pravostranným přítokem		Polní a lesní cesta neudržovaná		Rokle, výmol
	Vodní toky		Mohyla, pomník, náhrobek		Skupina balvanů
	Směr vodního toku		Kříž, sloup kulturního významu		Kótovaný bod
	Vodní plocha		Osamělý strom		Sídlo nad 50 m <sup>2</sup>
	Močál, bažina		Silnice III. třídy		Vrstevnice základní
	Louka a pastvina		Obecní hranice		Vrstevnice zdůrazněná
	Lesní půda se stromy		Hranice katastrálního území (územně technické jednotky)		Vrstevnice doplňková
	Stromořadí, úzký pruh lesa		Jáma, terénní stupeň, násep, zářez, srázný břeh - do 15 m šířky		Spádovka
	Polní a lesní cesta udržovaná nebo hlavní spojovací cesta				

Vyhotovil: Petr Plecháč, Plzeň 10. 6. 2015

Obr. 2: Mapa území s vyznačením Mrtvého potoka a jeho pravostranného přítoku. Podkladová data: ČÚZK (2015)



Obr. 3: Mapa České republiky s vymezeným územím a Mrtvým potokem. Podkladová data: ČÚZK (2015)

Na Mrtvém potoce, ani dále po proudu na potoce Kateřinském se nenachází žádná hydrologická stanice. Až v Německu ve městě Waidhaus – Pfremsch se podařilo nalézt relevantní hydrologickou stanici, která může poskytnout cenné údaje pro účely bakalářské práce. Jedná se především o výšku vodního stavu a velikost průtoku, a to v různých časových obdobích (týden, měsíc, rok atp.). Všimnout si můžeme především zvýšených vodních stavů či průtoků a vztáhnout tyto údaje k funkčnosti bobřích hrází v různých obdobích.

Název hydrologické stanice: Pfremsch / Pfreimd

Tato stanice se nachází 19,3 km po proudu od zkoumaného území.

Příslušný úřad: vodohospodářství Weiden

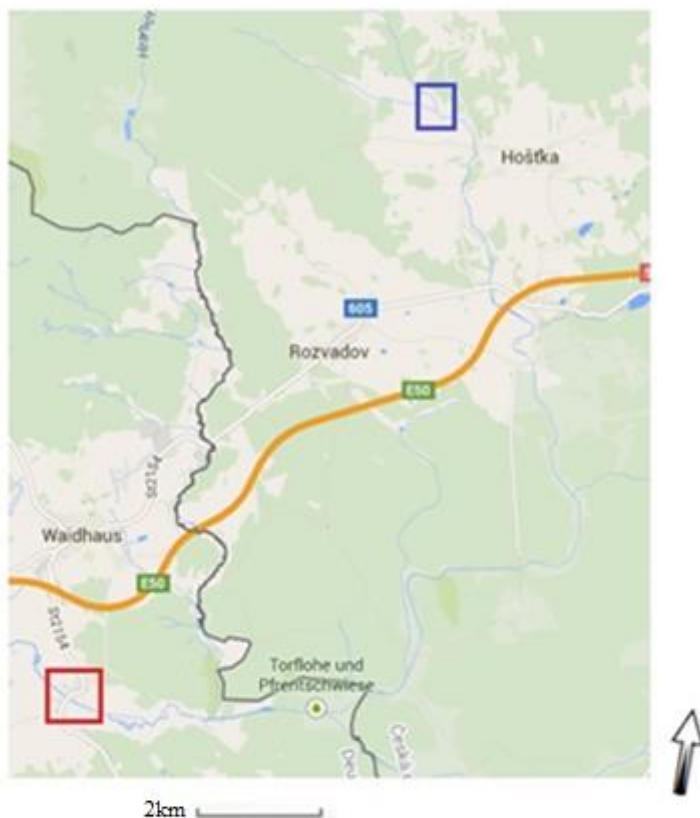
Číslo měřicí stanice: 14361206

Spádová oblast dané hydrologické stanice: 226,70 km<sup>2</sup>








Říční kilometr: 49,70 km

Dno vodního toku ve výšce: 490,49 m n. m. (*HND.BAYERN.DE, 2015*)





### Legenda

- |   |  |
|---|--|
|  Umístění hydrologické stanice               |  Evropská silnice E50 |
|  Soutok Mrtvého potoka s Kateřinským potokem |  Státní hranice       |
|  Urbanizované území                          |  Vodní toky           |
|  Lesní plocha                                |  Vodní plochy         |

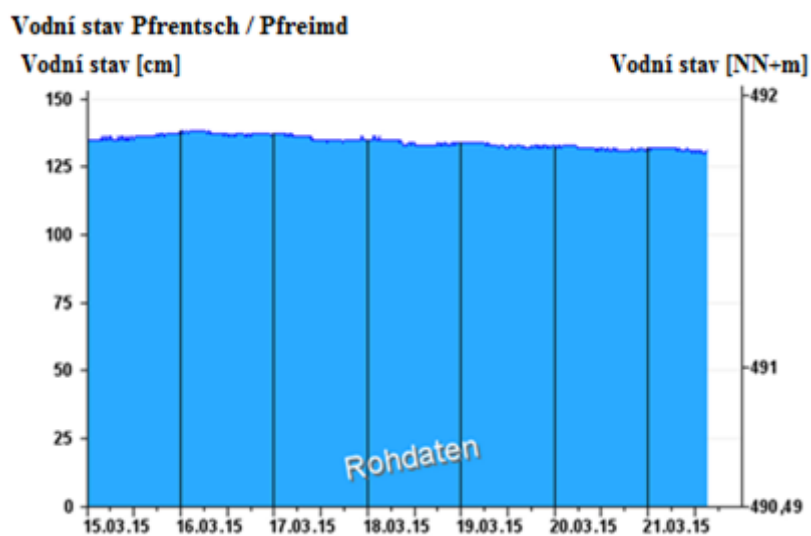
Vyhotovil: Petr Plecháč, Pízeň 10. 6. 2015

Obr. 4: Mapa znázorňující soutok Mrtvého potoka s Kateřinským potokem. Ten v Německu pod názvem Pfreimd protéká hydrologickou stanicí. Podkladová data: Google, mapy (2015)

Na obr. 4 modrý čtverec značí místo soutoku Mrtvého potoka s Kateřinským potokem, červený čtverec značí místo výskytu hydrologické stanice.

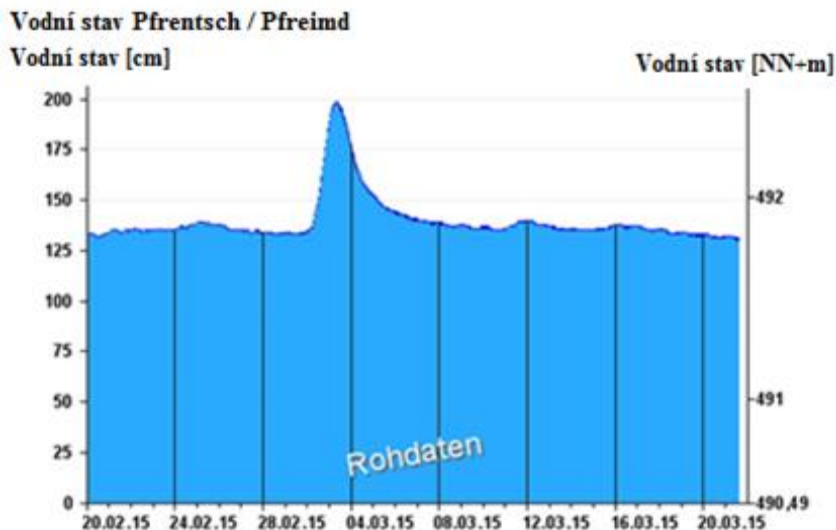
## Hydrologická stanice Pfrentsch / Pfreimd

V obrázcích pojem Rohdaten znamená surová (hrubá) data.



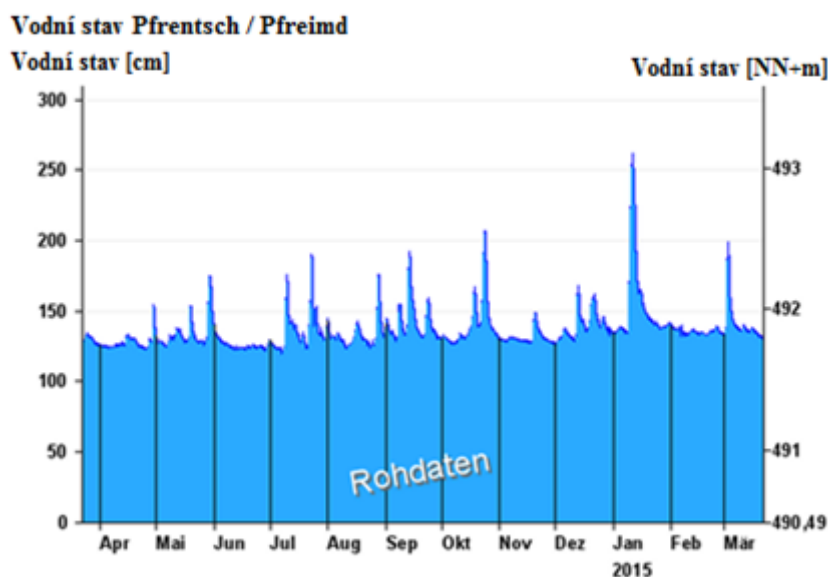
Obr. 5: Vodní stav v jednom sledovaném týdnu, poslední čtení 21. 3. 2015 v 15:00 činí 131 cm. Zdrojová data: HND.BAYERN.DE (2015)

Ve sledovaném týdnu nebyla zaznamenána žádná výrazná změna (výkyv) vodního stavu. Za takového stavu pravděpodobně dochází k normálnímu chodu sedimentů.



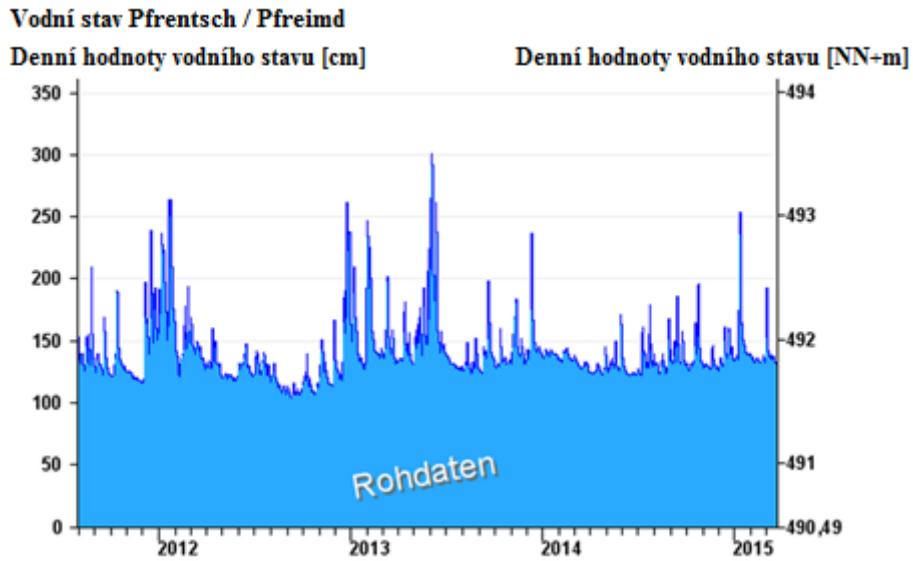
Obr. 6: Vodní stav za jeden sledovaný měsíc. Zdrojová data: HND.BAYERN.DE (2015)

Na obr. 6 je patný výkyv vodního stavu na přelomu února a března roku 2015. Příčinou bylo zřejmě zvýšení teplot a tání sněhu, které zapříčinilo zvýšení vodního stavu.



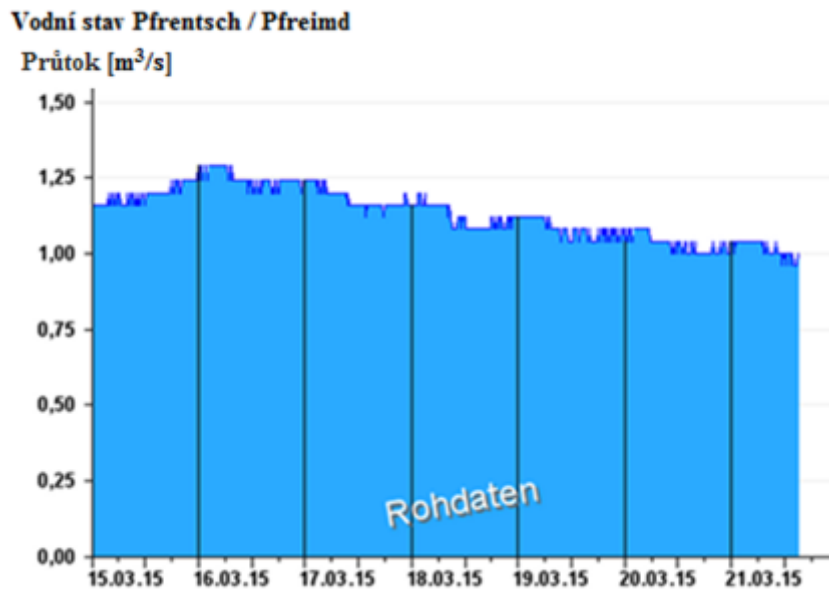
Obr. 7: Vodní stav od posledního měření rok zpětně. Zdrojová data: HND.BAYERN.DE (2015)

Na obr. 7 je několik znatelných výkyvů, největší na začátku ledna (Jan) 2015. Lze předpokládat, že se v tomto případě jedná o větší míru tání napadaného sněhu a tím zvýšení vodního stavu. Ten byl několik dní i dvakrát větší než za stavu normálního.



Obr. 8: Vodní stav za celé dostupné sledované období. Zdrojová data: HND.BAYERN.DE (2015)

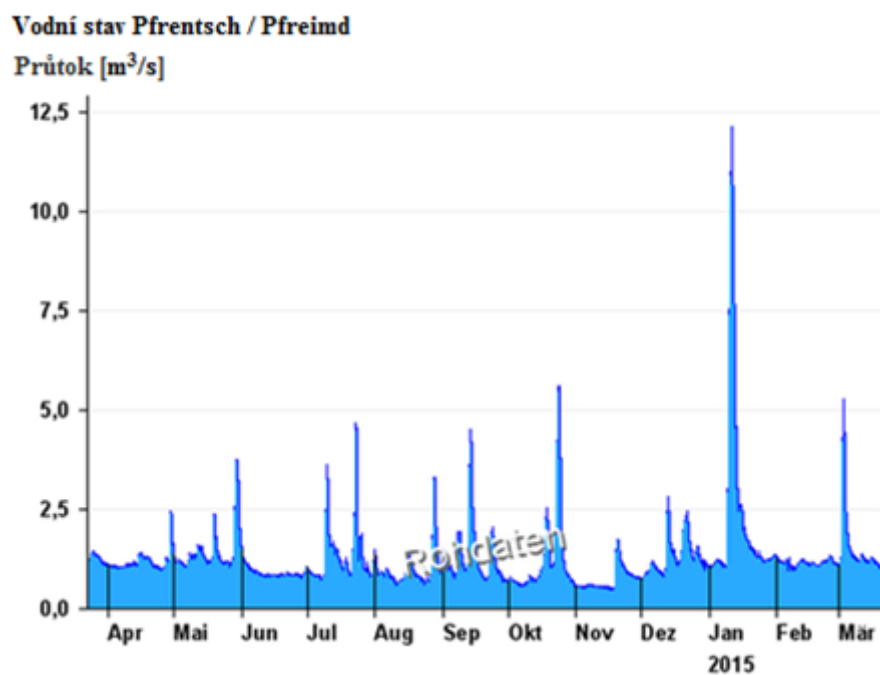
Na obr. 8 jsou patrná období enormního zvýšení vodního stavu krátkého časového trvání, především v období konce zimy daného roku.



Obr. 9: Průtok vody v metrech krychlových za vteřinu v jednom sledovaném týdnu. Zdrojová data: HND.BAYERN.DE (2015)

Průtok vody je vyjádřen m<sup>3</sup>/s. Hodnoty průtoku vody informují, jaký objem vody za určitý

čas protekl měřícím úsekem dané hydrologické stanice. Ve sledovaném týdnu průtok vody mírně klesal, nejednalo se však o žádné výrazné změny a neobvyklé chování.

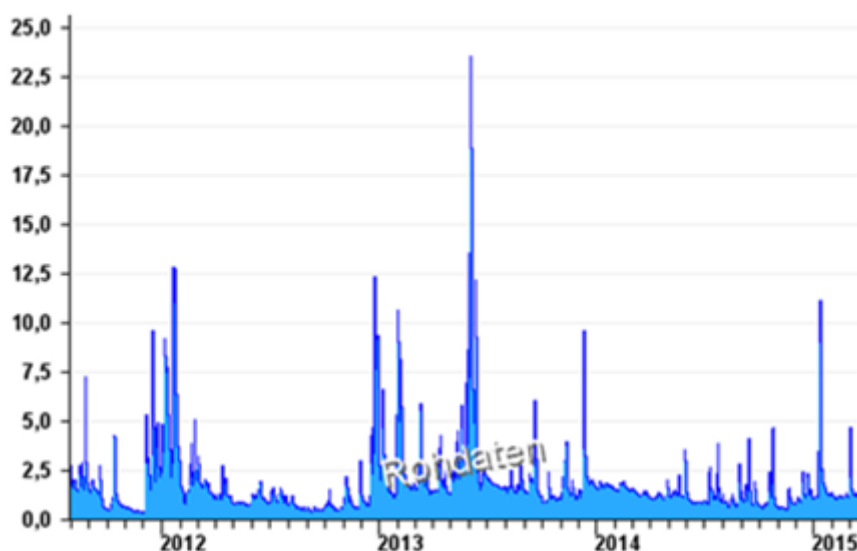


Obr. 10: Průtok vody v metrech krychlových za vteřinu za poslední rok. Zdrojová data: HND.BAYERN.DE (2015)

Zvýšené hodnoty na obr. 10 představují především náhlé zvýšení průtoku vody zapříčiněné zásahem člověka nebo změnou počasí (intenzita srážek, tání sněhu ad.).

### Vodní stav Pfrentsch / Pfreimd

Denní hodnoty průtoku [m<sup>3</sup>/s]



Obr. 11: Průtok vody v metrech krychlových za vteřinu za celé dostupné sledované období. Zdrojová data: HND.BAYERN.DE (2015)

Na obr. 11 jsou patrné extrémní hodnoty v květnu v roce 2013. Tento extrémní výkyv lze spojit s velkými povodněmi v Čechách, které přišly po několikadenním dešti (CHMU, 2013).

Všechny výše vložené obrázky mohou dopomoci k tvorbě uceleného obrazu o chování a změnách vodního toku Mrtvého potoka. Především extrémní hodnoty vymykající se normálu jsou pro sledování důležité a lze je brát jako potenciální zkreslující činitele při zkoumání bobřích hrází či usazování sedimentů ve vodním toku. Jedná se především o zvíření již usazených sedimentů či protrhnutí bobří hráze a splavení usazených sedimentů. Data o vodní hladině a průtoku vody měřené v hydrologické stanici informují o změnách počasí, ale také o zásahu člověka, například vypuštěním přehrady či rybníka.

Sedimentární režim je nejvíce ovlivněn právě vodou. Každá změna charakteru toku ovlivňuje chod sedimentů.

Extrémní hodnoty jsou zobrazeny především na začátku roku, zřejmě z důvodu tání napadlého sněhu. Sníh, který taje ve vyšších nadmořských výškách až později, na přelomu března – dubna, se ve zkoumaném území výrazně neprojevil.

Největší naměřený průtok vody ve sledovaném období byl zaznamenán v polovině ledna 2015. Průtok dosahoval přibližně 5 krát větší hodnoty než obvykle.

## 4.2 Geologická a geomorfologická charakteristika území

Zkoumaná oblast se nachází v Hercynském systému, v subsystému Hercynská pohoří, provincii Česká vysočina a subprovincii Šumavská soustava, podsoustava je zvaná Českoleská. Kateřinský potok i jeho přítok Mrtvý potok se nachází v podcelku Kateřinská kotlina.

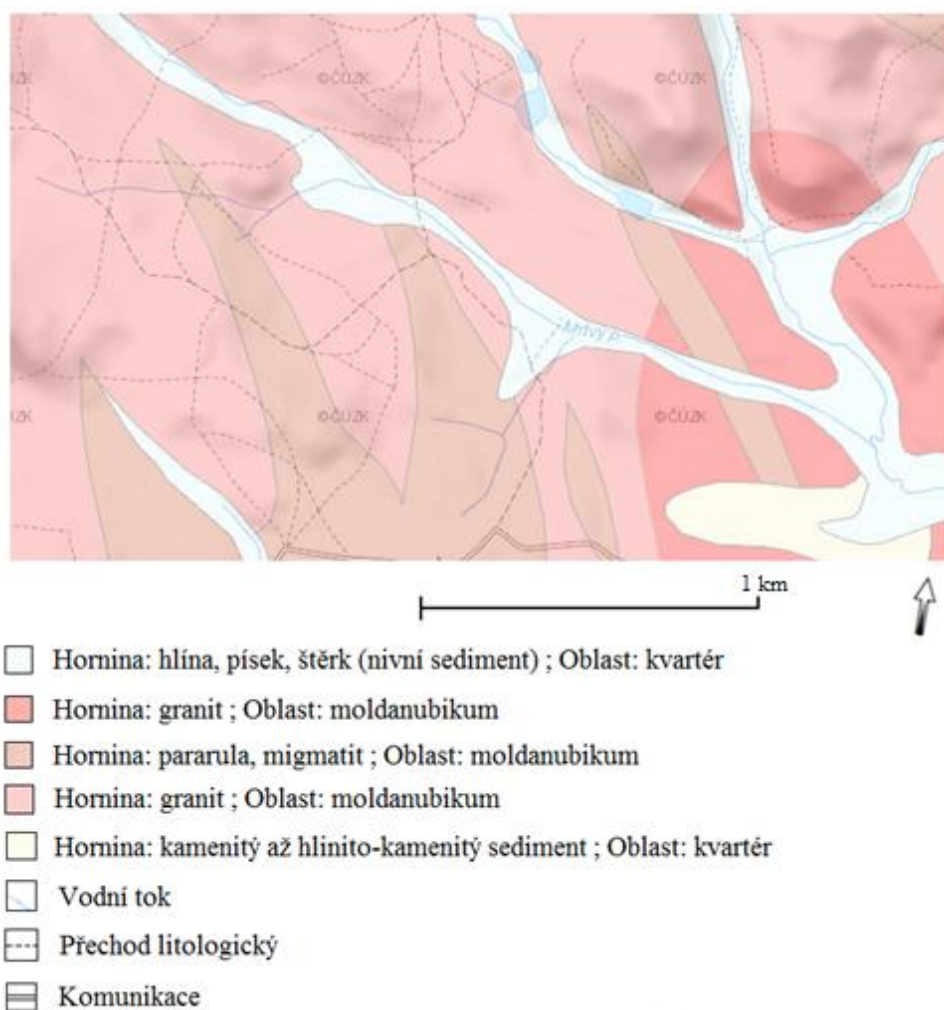
Nejvyšším vrcholem Šumavské subprovincie je kopec Plechý (1 378 m), nejvyšším bodem Českoleské oblasti je kopec Čerchov (1 041,8 m) v Českém lese (Krajský úřad Plzeňského kraje, 2009). V podcelku Kateřinská kotlina je nejvyšším bodem kopec Bukáč (570,5 m) (Český les, online).

Z elektronické geologické mapy ČR v měřítku 1 : 50 000 je patrné, že podél zkoumaného toku se nachází nezpevněný nivní sediment, který může být také zdrojem sedimentů v toku (ČGS, online). Vlivem obtékání hrází, výlevu vody z koryta toku a erozí břehů může nivní sediment tvořit nezanedbatelnou část usazených sedimentů v toku.

Z geomorfologického hlediska se jedná o tektonicky podmíněný a erozně denudační reliéf (Suda, 2005). Povrch Českého lesa, který byl vyzvednut nad své okolí díky saxonským tektonickým pohybům, byl výrazně ovlivněn mrazovým zvětráváním v minulosti (Suda, 2005).

Území spadá do oblasti moldanubické, s metamorfovanými horninami prekambriického a paleozoického stáří (Chlupáč, 2002), s rozsáhlými tělesy variských hlubinných vyvřelin (Kraft, 1996). Podloží Českého lesa je tvořeno tzv. českým křemenným valem (Kraft, 1996). Vyskytují se zde horniny jako: granit (žula), typický pro okrajová pohoří, dále metamorfované, jemně až hrubě zrnité horniny (pararula, migmatit) (Kraft, 1996). V tomto úseku se nenachází žádná významná geologická lokalita. V této oblasti se také můžeme setkat s pojmem krystalinikum Českého lesa, což není nic jiného, než komplex krystalických hornin jako metamorfít či magmatit (Geology, online). Právě díky těmto dvěma typům hornin se oblast Tachovska, kam také patří zkoumaná lokalita, řadí mezi nejvíce radiálně zatížené okresy v ČR (Kukal a Reichmann, 2000).

V povodí Kateřinského potoka dochází ke srážko-odtokovým (povodňové vlny) a koryto-tvorným procesům (tvorba zákrutů).



Vyhotovil: Petr Plecháč, Plzeň 14. 6. 2015

Obr. 12: Geologická mapa zkoumaného území. Podkladová data: geologická mapa 1:15 000 (2015)

### 4.3 Pedologické poměry

Půdní mapa ČR v měřítku 1 : 250 000 dokládá, že se ve sledovaném území nachází půdy ze skupiny kambisolů, půdního typu kambizemě (Kozák, 2009). Specifická pro tuto oblast je tzv. kambizem kyselá a kambizem districká, především v horní části toku. Ta typicky vzniká z přemístění zvětralých žul a rul. Nachází se zde i tzv. glejosoly v důsledku provlhlčení podzemní i povrchovou vodou (Kozák, 2009).

### 4.4 Klimatické poměry

Meteorologická stanice Přimda ležící přibližně ve vzdálenosti 9 km od místa zkoumání, poskytuje přesná a věrohodná data, která byla využita při hodnocení klimatických poměrů a jejich dopadu na zkoumanou oblast. Přestože se stanice Přimda nachází na kopci



a zkoumaná oblast v údolí, k výraznému zkreslení získaných dat s větší pravděpodobností nedochází.



Obr. 13: Meteorologická stanice Přimda. Zdrojová data: převzato z CHMI (2015)

Důležité informace jsou tabulkově shrnuty níže (tab. 1).

Za zajímavý byl pokládán ukazatel výskytu bouřek, neboť ty mohou mít destruktivní účinek pro mnohé bobří hráze. Zkoumaná oblast spadá do zóny, kde se bobr evropský a jeho „stavby“ setkají průměrně se 27 bouřkami za rok (Tolasz, 2007).

Podle Quittovy klasifikace se zkoumaná lokalita nachází v klimatické oblasti MW4, která se řadí mezi oblasti mírně teplé. Dále ji lze zařadit do okrsku B5, který značí oblast mírně vlhkou, vrchovinovou, s výškou do 1 000 m n. m. (Tolasz, 2007). Podrobné charakteristiky jsou tabulkově shrnuty níže (tab. 2).

Tabulka 1: Data z meteorologické stanice Přimda

<b>Meteorologická stanice Přimda: 49°40 ' sš a 12°40 ' vd</b>	
Datum zřízení	1954
Nepřetržitý provoz od roku	1987
Roční průměr teploty vzduchu	5,8°C
Roční průměr úhrnu srážek	698,4 mm
<i>Zdrojová data: CHMI (2015)</i>	

Tabulka 2: Charakteristika klimatické oblasti MW4 dle Quittovy klasifikace (1975)

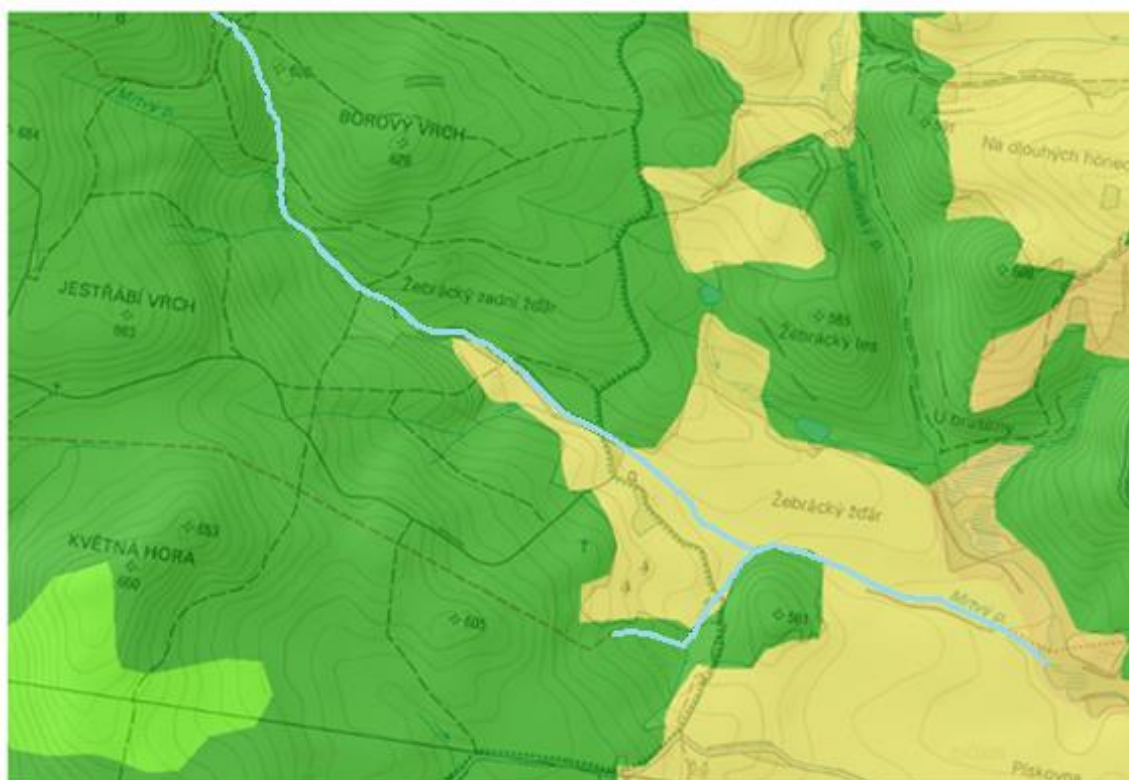
Oblast	Quittova klimatická klasifikace	
MW4	Počet letních dní	20 - 30
	Počet dní s průměrnou teplotou 10°C a více	140 - 160
	Počet dní s mrazem	110 - 130
	Počet ledových dní	40 - 50
	Průměrná lednová teplota	-2 - -3°C
	Průměrná červencová teplota	16 - 17°C
	Průměrná dubnová teplota	6 - 7°C
	Průměrná říjnová teplota	6 - 7°C
	Průměrný počet dní se srážkami 1 mm a více	110 - 120
	Suma srážek ve vegetačním období	350 - 450 mm
	Suma srážek v zimním období	250 - 300 mm
	Počet dní se sněhovou pokrývkou	60 - 80
	Počet zatažených dní	150 - 160
	Počet jasných dní	40 - 50
<i>Zdrojová data: Quitt (2015)</i>		

## 4.5 Land Cover

Land Cover, jinými slovy krajinný pokryv, informuje o tom, co se na povrchu Země nachází. Může se jednat o obytné plochy, zemědělskou půdu, lesy, vodní plochy ad. (EPA, 2015).

Sledováním změn krajinného pokryvu a následné změny využití půd je potřebné monitorovat z důvodu ovlivnění krajiny, vodního toku a chodu sedimentů.

Od roku 1990 se ve sledované oblasti větší část plochy využívala jako zemědělská, především jako orná půda. Ve třetím miléniu byla většina takovéto plochy přeměněna na louky a pastviny. V roce 2006 se ve sledovaném území nenacházela již žádná orná půda, pouze louky a pastviny, jehličnaté lesy a zemědělské oblasti s přirozenou vegetací, které si přes celé zmiňované období zachovaly svou původní rozlohu. Podle údajů z roku 2012 je patrná nulová změna.



### Legenda

	Jehličnaté lesy		Silnice III. třídy		Mohyla, pomník, náhrobek
	Listnaté lesy		Jáma, terénní stupeň, násep, zářez, srázný břeh - do 15 m šířky		Kříž, sloup kulturního významu
	Louky a pastviny		Rokle, výmol		Osamělý strom
	Zemědělské oblasti s přirozenou vegetací		Skupina balvanů		Vrstevnice základní
	Vodní toky		Kótovaný bod		Vrstevnice zdůrazněná
	Směr vodního toku		Polní a lesní cesta udržovaná nebo hlavní spojovací cesta		Vrstevnice doplňková
	Vodní plocha		Polní a lesní cesta neudržovaná		Spádovka
	Močál, bažina				
	Louka a pastvina				
	Lesní půda se stromy				

200 m



Vyhotovil: Petr Plecháč, Plzeň 10. 6. 2015

Obr. 14: Mapa zájmového území a CORINE Land Cover z roku 2006 s vyznačeným Mrtvým potokem. Podkladová data: Geoportál.gov (2015)

## 5 Metody

Pro výzkumné účely bylo zapotřebí multidisciplinárního přístupu. Byly provedeny jak terénní, tak i laboratorní práce. V terénu bylo většinou potřeba více osob na měření a odběry sedimentů, zato laboratorní výzkum vykonával pouze autor této bakalářské práce v prostorech ZČU v Plzni. Výčet použitých metod je následující:

1. Terénní mapování vodního toku a bobřích hrází a určování jejich relativního stáří.
2. Tvorba podélného profilu toku.
3. Odběr sedimentů na vytipovaných lokalitách.
4. Popis jednotlivých částí odebraných sedimentárních jader.
5. Granulometrická analýza odebraných sedimentárních vzorků.
6. Výpočet SL indexu pro segmenty vodního toku.
7. Rozbor hydrologických poměrů.
8. Výpočet objemu sedimentů zadržovaných bobřími hrázemi.
9. Zkoumání dotací sedimentů v toku vlivem bobří aktivity, přetrvání sedimentů a dynamika bobří hráze.

## 5.1 Terénní metody

### 5.1.1 Terénní mapování vodního toku a bobřích hrází a určování jejich relativního stáří

K terénnímu mapování byla kromě skládacího metru, svinovacího pásma a nivelační latě potřebná kovová tyč na měření mocnosti sedimentů. Kovová tyč měla upravenou koncovou část a vhodnou šířku (průměr 1 cm) nejen pro snadný průchod sedimentů, ale i pro zachování svého tvaru bez možnosti deformace zkreslující následné měření. Svinovací pásmo jsem použil pro zjištění vzdáleností mezi jednotlivými bobřími hrázemi a k přesnému určení bodu konkrétního měření na vodním toku. Nivelační lať jsem použil pro zjištění výšky vodního toku od hladiny sedimentů k vodní hladině, dále i ke zjištění výšek bobřích hrází. K měření výšek bobřích hrází jsem využil i skládací metr.

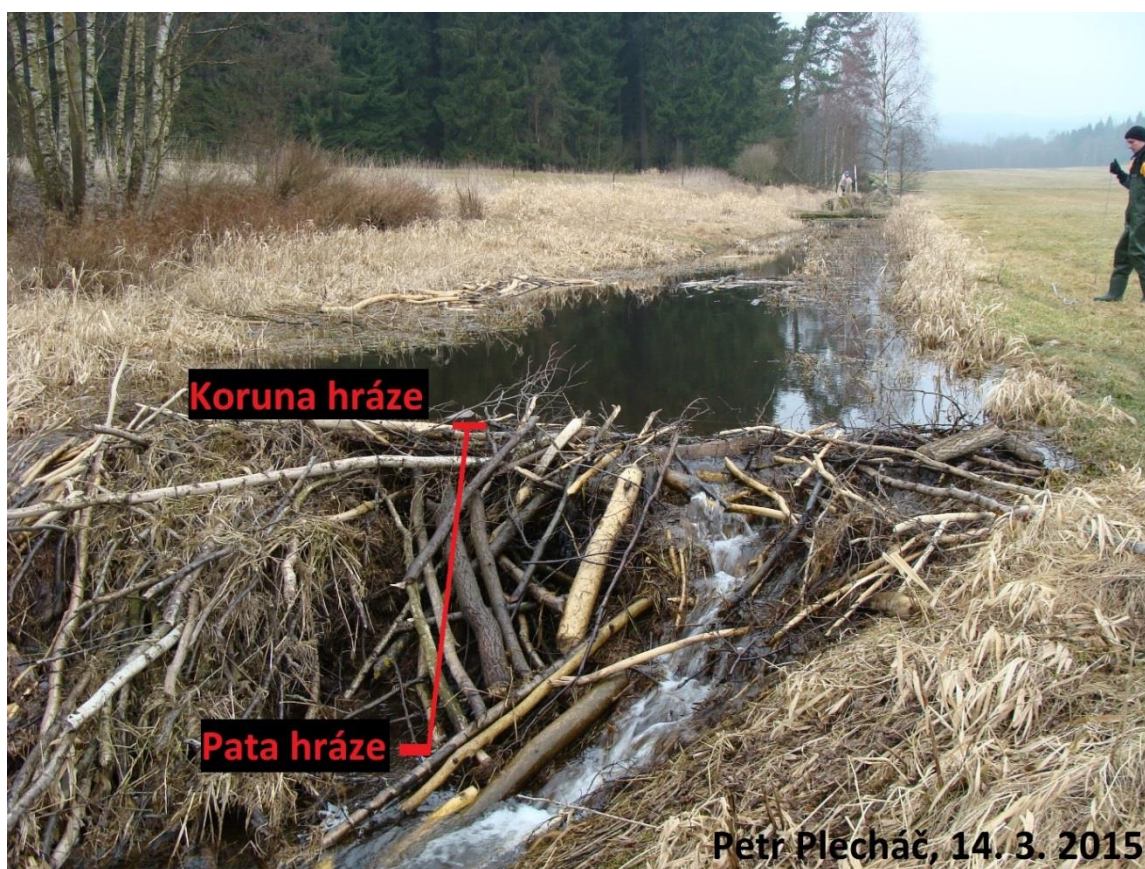
Zkoumaná oblast byla s měřičským náčiním navštívena celkem osmkrát:

Tabulka 3: Data zkoumání v dané lokalitě a prováděné činnosti

	4. 4. 2014	28. 7. 2014	7. 9. 2014	28. 9. 2014	11. 10. 2014	22. 12. 2014	14. 3. 2015	6. 6. 2015
<b>Podélný profil vodního toku - říjen 2014</b>	X				X			
<b>Podélný profil vodního toku - březen 2015</b>							X	
<b>Odebrání vrtných jader 1</b>						X		
<b>Odebrání vrtných jader 2</b>								X
<b>Terénní mapování vodního toku a bobřích staveb</b>	X	X	X	X	X		X	

Pro potřebu tvorby podélného profilu toku byla jeho délka měřena pomocí svinovacího pásma. Zkoumána byla především část segmentu toku se zřetelnou aktivitou bobra evropského. Během měření délky jsem dbal na přesné kopírování vodního toku, abych co nejvíce zamezil zkresleným údajům. Několikrát byl k měření vzdáleností využit laserový dálkoměr s integrovaným sklonoměrem a kompasem. Výška bobřích staveb se měřila buďto

pomocí nivelační latě, nebo pomocí skládacího metru. Výška se měřila od paty hráze po její vrchol (kolmo), za její vrchol byl brán průměr, nikoli přeпад nebo nejvyšší místo.



Obr. 15: Metoda měření výšky hrází, měřeno 14. 3. 2015

Výška hrází se dala odečíst i z dat pro měření podélného profilu, neboť se vždy měřilo nad hrází, na hrází i pod hrází. Výška vodní hladiny byla měřena nivelační latí tak, že se jedním koncem dotýkala sedimentů a u vodní hladiny se odečetla její výška. Výška sedimentů se měřila ve vhodné vzdálenosti od 1 do 3 m nad i pod hrází, dále na zvolených lokalitách, aby nedocházelo k velikým odstupům mezi jednotlivými měřeními. Upravená kovová tyč byla vsunuta do sedimentů až na dno. Vedle tyče byla postavena nivelační lať, jedním koncem na sedimentech. Mocnost sedimentů byla změřena jako rozdíl kolmé vzdálenosti mezi hladinou a bází sedimentární výplně a kolmé vzdálenosti mezi hladinou a povrchem sedimentární výplně.

Vymezené území bylo navštíveno za účelem měření bobřích staveb, sedimentů a podélného profilu vícekrát. Pro zobrazení a srovnání stavu bobřích hrází a kvality zadržování sedimentů bylo vybráno měření z října roku 2014 a března roku 2015.

Za zničené hráze se považovaly vizuálně nedokonalé stavby, které již neměly mnoho společných vlastností s těmi funkčními. Tedy: voda protékala ve větší míře skrze hráz a přes hráz a nedocházelo k nalepšení vodní hladiny nad hrází.

Odhad relativního stáří bobřích hrází byl proveden na základě vizuální stránky hráze, obsahu zadržených sedimentů a porostu na hrázích. Formou rekognoskační pochůzky byly sledovány nové okusy dřeva, které jsou součástí bobřích hrází. Díky odhadu rychlosti usazování sedimentů nad bobří hrází v kapitole 6.7 a známé mocnosti sedimentů nad bobří hrází, můžeme určit relativní stáří dané hráze. Zarostlé bobří hráze jsou známkou snížené aktivity bobra evropského a většího relativního stáří bobří hráze.

Pro zobrazení bobřích staveb v prostředí GIS byla zvolena funkce „*Proportional symbols*“, aby bylo možné zhodnotit vzájemnou velikost bobřích staveb. Jako velikost staveb byla vzata hodnota výšky stavby.



### 5.1.2 Tvorba podélného profilu toku

Podélný profil toku byl měřen dvakrát z důvodu vzájemného porovnání zjištěných hodnot. Poprvé bylo použito svinovací pásmo na měření vzdálenosti, kovová tyč k měření mocnosti sedimentů a dále měrná lať a nivelační přístroj firmy Carl Zeiss (NI 025). Měrná lať sloužila k měření výšky vodní hladiny, ale především pro zaměřování nivelačním přístrojem. Nivelační přístroj se umístil do vhodné vzdálenosti od vodního toku tak, aby dokázal zabrat co největší úhel a tím i nejdelší možný úsek vodního toku, ale také aby hodnoty na měrné lati byly dobře čitelné a nedocházelo ke zkreslení výsledků. K tomuto měření bylo zapotřebí více lidí, minimálně dvou, lépe tří. Jeden člen měl za úkol práci s měrnou latí, pohyboval se na okraji, nebo bylo-li potřeba, opatrně v toku. Na povel měl za úkol přemísťovat měrnou lať na dno vodního toku (povrch sedimentů), na vodní hladinu a na bobří hráz. Druhý člen výzkumného týmu měl na starosti nivelační přístroj. Pomocí něj odečítal hodnoty zaměřené na měrné lati a diktoval je třetímu členovi týmu se zápisníkem. Nivelační přístroj se musel po určitém změřeném úseku toku přenášet, neboť se zhoršovalo odečítání hodnot na měrné lati vlivem přílišné vzdálenosti nebo vlivem terénních překážek. Přenášení probíhalo tím způsobem, že se na jednom místě změřila hodnota (například dno vodního toku), nivelační přístroj byl přepraven na nové stanoviště a z nového místa změřil ten samý bod. Hodnoty byly poté přepočteny. Před započtením samotného měření bylo důležité určení referenčního bodu. Ten měl sloužit pro pozdější korelaci s druhým měřením. Na tomto bodě byl využit i přístroj GPS pro zjištění přesných lokalizačních údajů. Začátek měření probíhal od referenčního bodu na mostku, ve vzdálenosti 663 m od soutoku Mrtvého potoka s potokem Kateřinským, směrem nahoru proti proudu vodního toku k příjezdové cestě.

První měření 1. podélného profilu (4. 4. 2014) toku vedlo od referenčního bodu směrem nahoru proti proudu.

Druhé měření 1. podélného profilu toku (11. 10. 2014) vedlo od referenčního bodu směrem dolů po proudu k soutoku s Kateřinským potokem.

Měření 2. podélného profilu toku probíhalo v březnu roku 2015. Byly využity stejné principy měření jako v předešlém případě.

V rámci přesného zaměřování podélného profilu Mrtvého potoka byly měřeny i mocnosti sedimentů. Ty se měřily 1 – 2 m nad i pod bobří hrází, dále v úseku 10 m nad bobří hrází v rozestupu 1 m mezi měřeními, pro možnost přesného modelování mocnosti sedimentů a objemu zadržovaných sedimentů. Mezi jednotlivými hrázemi byla mocnost sedimentů měřena v rozestupu přibližně 10 m mezi jednotlivými měřeními.

Podélné profily z období říjen 2014 i březen 2015 byly zpracovány v programu MS EXCEL a následně upraveny v programu CorelDraw X7.

### **5.1.3 Odběr sedimentů na vytipovaných lokalitách**

K práci byly použity nástroje stejné jako při měření podélného profilu toku s přidáním komorového vzorkovače firmy Eijkelkamp, pístového vzorkovače firmy Eijkelkamp a speciálního kladiva.

Na Mrtvém potoce se nacházejí hráze různých délek, šířek, vlastností a stářích. Pro odběr sedimentů byla zvolena největší hráz umístěná 860 m od ústí toku směrem nahoru proti proudu. Její dostatečná velikost, stáří i znalost mocnosti sedimentů z předešlých měření vedly k jejímu zvolení. Úkolem bylo získání co možná nejdelšího a nepoškozeného vrtného jádra.

Odběr 22. 12. 2014:

Pístovým vzorkovačem firmy Eijkelkamp jsem se mi nepodařilo odebrat kvalitní vrtné jádro.

Pomocí komorového vzorkovače firmy Eijkelkamp jsem odebral 25 cm dlouhé vrtné jádro. Práce s komorovým vzorkovačem byla následující: vzorkovač byl zabořen do sedimentů a pomocí vlastních sil nebo kladiva byla dosažena požadovaná hloubka. Otočením rukojeti o 360° se vrtné jádro uchovalo ve vzorkovači, ten byl kolmým směrem nahoru vytažen.

Vrtné jádro bylo na místě v celku zabaleno a uschováno pro pozdější laboratorní zpracování.

V laboratoři byl vzorek pro účely výzkumu a pro lepší manipulaci rozdělen na 2 části, jako kritérium byla brána podobnost složení, barva, konzistence vzorku a sousednost jednotlivých částí. Ty jsou blíže popsány v kapitole 6.2.

Pro více informací a pro porovnání charakteru sedimentů v různých částech povodí byla zvolena ještě druhá oblast odběru sedimentů. Tato oblast se nenacházela na Mrtvém potoce, ale na Kateřinském. Oblast byla vybrána díky znalostem a zmapování (v rámci širšího výzkumu na CBG) celého Kateřinského toku kvůli bobří aktivitě a poměrně stálým a ničím výrazně nerušeným sedimentárním pochodům. Oblast je mimo vystavení pravidelného kontaktu s člověkem a sedimenty se tak mohou postupně ukládat. Daná oblast se nachází v lese a oproti blíže zkoumanému úseku Mrtvého potoka by mohla poskytnout další informace především o zrnitostním složení usazených sedimentů.

Ve druhé lokalitě nad vytipovanou hrází Kateřinského potoka byly odebrány dva vzorky pomocí komorového vzorkovače firmy Eijkelkamp.

První vrt byl veden do hloubky 100 cm a jádro bylo o délce 50 cm neporušeně vytaženo a uschováno pro pozdější laboratorní práci. Tímto byl získán první vzorek z hloubky 50 – 100 cm. Druhý vrt byl veden z důvodu zasypání díry po prvním vrtu asi o půl metru vedle a odebralo se horních 50 cm. Tímto byl odebrán vzorek z hloubky 0 – 50 cm. Jádro bylo uchováno pro pozdější laboratorní práci.

Vrty byly umístěny ve vzdálenosti 0,5 m od sebe, tak bylo možné později oba dva vrty spojit v jeden, 100 cm dlouhý vrt.

Získaný vzorek z druhého měření o celkové délce 100 cm byl pro účely výzkumu a pro lepší manipulaci rozdělen na 6 částí, jako kritérium byla brána podobnost složení, barva, konzistence vzorku a sousednost jednotlivých částí. Ty jsou blíže popsány v kapitole 6.2.

Odběr 6. 6. 2015:

Z Mrtvého potoka bylo odebráno další sedimentární jádro o mocnosti 25 cm pro pozdější laboratorní zpracování a možnost porovnání s předešlými odběry.

V laboratoři bylo jádro rozděleno na 2 části podle viditelných rozdílů, rozhodovala barva, složení, vlastnosti a konzistence vzorku (viz. kapitola 6.2).

Vrty byly prováděny vždy 2 m nad danou bobří hrází.



Petr Plecháč, 9. 4. 2015

Obr. 16: Použité nářadí při odběru sedimentů (komorový a pístový vzorkovač, kladivo a kovová tyč)



Petr Plecháč, 13. 1. 2015

Obr. 17: Sedimentární jádro, součást vzorku BH2

## 5.2 Laboratorní výzkum

### 5.2.1 Popis jednotlivých částí odebraných sedimentárních jader

Jednotlivé části sedimentárního jádra byly popsány dle Miall (2006). Popisovány jsou sloučené části, které byly později analyzovány v kapitole 6.2.

### 5.2.2 Granulometrická analýza odebraných sedimentárních vzorků (sítová granulometrie)

Zrnitostní složení materiálu uloženého nad bobřími hrázemi a odebraného dle metodiky z kapitoly 5.1.3 bylo zjištěno pomocí metody sítové granulometrie mokrou cestou.

Pro potřeby této práce byl využit přístroj Retsch AS 200 basic, pomocí něhož byla provedena sítová granulometrie mokrou cestou. K dispozici byla síta o velikostech ok 10 000  $\mu\text{m}$ , 5 000  $\mu\text{m}$ , 2 000  $\mu\text{m}$ , 630  $\mu\text{m}$ , 200  $\mu\text{m}$  a 63  $\mu\text{m}$ . Síta byla naskládána na sebe v pořadí odspoda od nejjemnějšího po nejhrubší. Za pomoci třepačky byl vzorek rozdělen do jednotlivých velikostních frakcí. Zvolená metoda představovala třepání vzorku za přítomnosti vody s amplitudou výkyvu 2 mm po dobu 6 minut a po dobu 1 minuty bez přísunu vody s amplitudou 2 mm. Po vysušení vzorku při teplotě 80 °C následovalo druhé třepání na sucho s délkou 1 minuty a amplitudy 1 mm.

Před samotnou sítovou granulometrií byl vzorek důkladně vysušen při pokojové teplotě a byl za tohoto stavu zvážen.

Po 1minutovém prosítování suchých sedimentů byly zváženy i jednotlivé velikostní frakce, aby bylo možné zjistit zastoupení jednotlivých kategorií.

Pro potřeby práce byly zvoleny tři kategorie:

štěrk ( $> 2\,000\ \mu\text{m}$ ), písek (63  $\mu\text{m}$  – 2 000  $\mu\text{m}$ ), jíl a prach ( $< 63\ \mu\text{m}$ ) podle normy ČSN EN ISO 14688-2.



Obr. 18: Retch AS200 Basic v laboratorních prostorách ZČU v Plzni

### 5.3 Zpracování získaných dat

Většina dat byla zaznamenávána v terénu i v laboratoři na papír a poté přepsána do PC, nejčastěji do programu MS EXCEL. Zde byly vypočteny základní údaje a provedena jednoduchá grafická znázornění.

Dalším použitým programem byl GRADISTAT, excel verze 15.0 (Blott, 2000), ve kterém je možné grafické znázornění zrnitosti odebraných sedimentů, tedy podíl šterku, písku, prachu + jílu. Po zadání celkové hmotnosti vzorku a hmotnosti jednotlivých zadržovaných částí vzorku v sítích o určité velikosti (popsáno v síťové granulometrii) program vypočítal a graficky znázornil podíl jednotlivých složek ve zkoumaném vzorku. Díky tomu bylo možné graficky porovnat vzorky BH, BH2 a BH3 nebo jednotlivé části vzorku BH2 (viz. kapitola 6.3).

Pro kvalitní zpracování a vizualizaci výsledků granulometrické analýzy byl použit program CorelDraw X7. Pro znázornění podélných profilů byla nahrána jako podkladová data jednoduchá grafická znázornění podélných profilů z prostředí programu MS EXCEL. Pomocí funkcí a nástrojů programu CorelDraw X7 byla data převedena do výsledné podoby.

Využíván byl také Geografický informační systém (GIS) pro tvorbu map, počítání vzdáleností a tvorbu podélného profilu toku v prostředí GIS (ArcGIS 10.2).

#### 5.4 SL index (stream length)

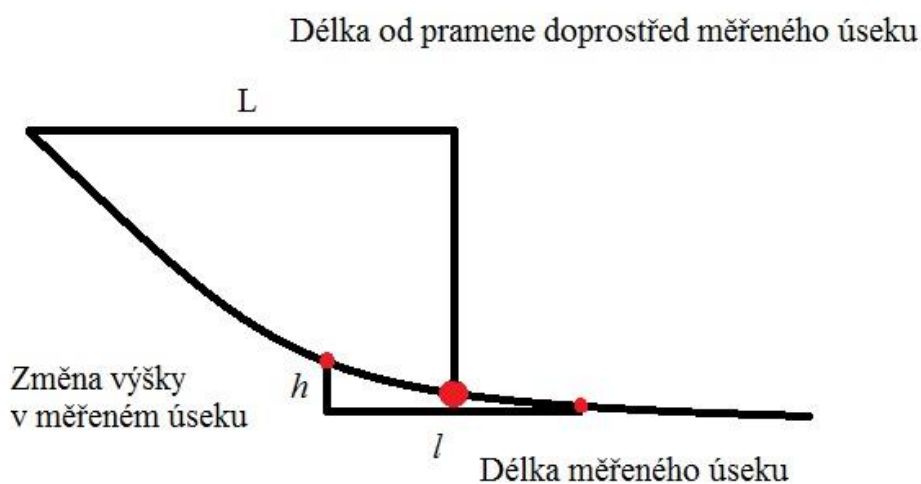
SL index slouží jako nástroj, který dokáže zachytit neobvyklé změny v říčním korytu.

Vzorec pro výpočet SL indexu:  $SL = (h / l) * L$ , (Hack, 1973), kdy:

$h$  = změna výšky

$l$  = změna délky

$L$  = celková délka od prvního měření po polovinu délky dílčího úseku.



Obr. 19: Znázornění výpočtu SL indexu. Zpracování dle Hacka 1973 (2015)

SL index byl vypočítán dle výše zmíněného vzorce na podélném profilu toku a graficky znázorněn v programu MS EXCEL. Před počítáním SL indexu je potřeba si zkoumanou oblast rozdělit na samostatné úseky. V práci byl SL index počítán dvěma způsoby: v prvním případě za využití známé výšky vodní hladiny a ve druhém případě ze známé výšky hladiny sedimentů. Tedy v jednom případě byla hodnota  $h$  brána jako změna výšky hladiny, ve druhém případě byla hodnota  $h$  brána jako změna výšky sedimentů.

Na ose x byly znázorněny hodnoty  $L$ , na ose y hodnoty  $SL$ .

Hodnota  $L$  se poté počítá jako délka od začátku (v této práci od pramene) do poloviny vyznačeného úseku. Hodnota  $h$  je změna výšky vyznačeného úseku. Hodnota  $l$  je změna délky vyznačeného úseku.

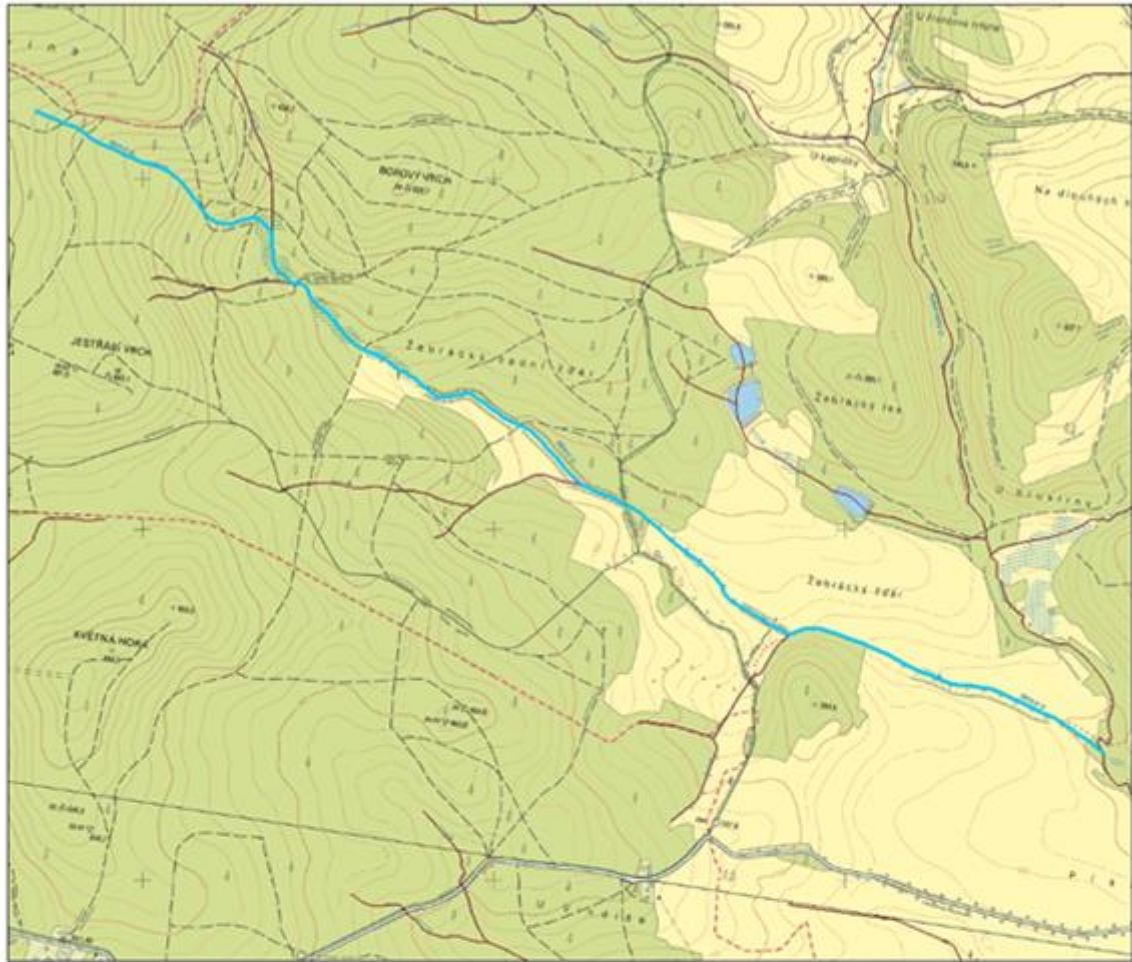
Pro tvorbu a znázornění SL indexu byly využity nástroje GIS pro tvorbu podélného profilu toku za pomoci dat DMR4G (Digitální model reliéfu 4. generace). DMR4G obsahuje výškopisná data v pravidelné síti výškových bodů o rozměrech 5 x 5 m. Garantovaná úplná střední chyba výšky generalizovaného modelu georeliéfu je 0,3 m v terénu bez souvislé vegetace a zástavby a 1 m v terénech pokrytých hustou vegetací (Geoportál.ČÚZK, 2012). DMR4G data byla převedena v prostředí GIS za pomoci nástrojů *ArcToolbox – 3D Analyst Tools – Conversion – From File – ASCII 3D to Feature Class*. Výsledná bodová vrstva byla převedena na TIN (nepravidelná trojúhelníková síť) pomocí nástrojů *ArcToolbox – 3D Analyst Tools – Data Management – TIN – Create TIN*. Po zvektorizování vodního toku Mrtvého potoka byla tato vrstva pomocí nástrojů *ArcToolbox – 3D Analyst Tools – Functional Surface – Interpolate Shape* převedena do 3D a bylo tak při jejím označení v režimu editování pomocí nástroje *Profile Graph* možné vygenerovat v prostředí GIS podélný profil toku.

Hodnoty SL nabývají určitých hodnot. Jestliže bychom měli všechna  $l$  stejně dlouhá, ovlivnila by hodnotu SL pouze  $h$ . Každá neobvykle vysoká  $h$  by tak vyvolala prudké zvýšení hodnoty SL.

V této práci nebyla aplikována stejná  $l$ , takže při výpočtu SL záleželo jak na hodnotě  $h$ , tak na hodnotě  $l$ . Čím vyšší  $h$  a nižší  $l$  zároveň, tím vyšší byla výsledná hodnota SL. Jednotlivé úseky ( $l$ ) nebyly stejně dlouhé z důvodu nepravidelných umístění bobřích staveb. V částech vodního toku s bobřími hrázemi byly krajní body jednotlivých úseků ( $l$ ), tedy jednotlivé segmenty zvoleny tak, aby bobří hráz byla mezi nimi. V částech vodního toku bez bobřích hrází byly měřené segmenty zvoleny tak, aby měly co nejvíce podobné velikosti.

SL index byl v této práci počítán z důvodu schopnosti zachycení anomálií na vodním toku. Vodní tok teče z výše položeného bodu do níže položeného bodu, a tak dochází k neustálým změnám výšky hladiny, když odmyslíme např. nalepšení vodní hladiny. SL index znázorňuje neobvyklé změny výšky (vodní hladiny a hladiny sedimentů) zapříčiněné působením bobra evropského. Předpokládalo se, že bobří hráze budou mít za následek výraznou změnu (zvýšení) hodnoty SL, která bude po grafickém zpracování patrná.





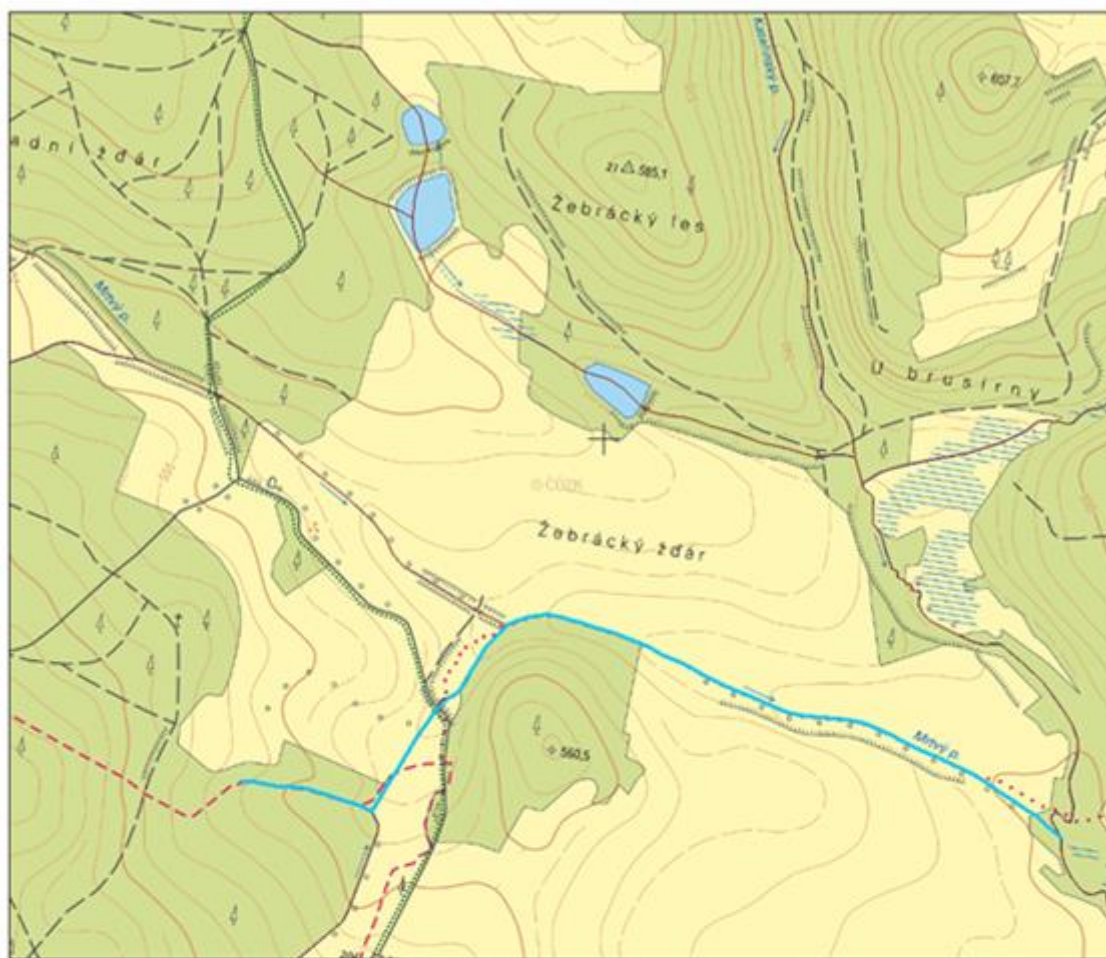
**Legenda**



- |   |  |                             |
|---|--|-----------------------------|
| Mrtvý potok   | Polní a lesní cesta neudržovaná                                | Rokle, výmol                |
| Vodní tok   | Mohyla, pomník, náhrobek                                       | Skupina balvanů             |
| Směr vodního toku   | Kříž, sloup kulturního významu                                 | Kótovaný bod                |
| Vodní plocha  | Osamělý strom  | Sídlo nad 50 m <sup>2</sup> |
| Močál, bažina   | Silnice III. třídy   | Vrstevnice základní         |
| Louka a pastvina  | Obecní hranice   | Vrstevnice zdůrazněná       |
| Lesní půda se stromy                                      | Hranice katastrálního území (územně technické jednotky)        | Vrstevnice doplňková        |
| Stromořadí, úzký pruh lesa                                | Jáma, terénní stupeň, násep, zářez, srázný běh - do 15 m šířky | Spádovka                    |
| Polní a lesní cesta udržovaná nebo hlavní spojovací cesta |  |                             |

Vyhotovil: Petr Plecháč, Plzeň 10. 6. 2015

Obr. 20: Mapa zkoumaného území s vyznačením Mrtvého potoka pro měření SL indexu od pramene po soutok s Kateřinským potokem. Podkladová data: ČÚZK (2015)



### Legenda

	Mrtvý potok		Polní a lesní cesta neudržovaná		Rokle, výmol
	Vodní tok		Mohyla, pomník, náhrobek		Skupina balvanů
	Směr vodního toku		Kříž, sloup kulturního významu		Kótovaný bod
	Vodní plocha		Osamělý strom		Sídlo nad 50 m <sup>2</sup>
	Močál, bažina		Silnice III. třídy		Vrstevnice základní
	Louka a pastvina		Obecní hranice		Vrstevnice zdůrazněná
	Lesní půda se stromy		Hranice katastrálního území (územně technické jednotky)		Vrstevnice doplňková
	Stromořadí, úzký pruh lesa		Jáma, terénní stupeň, násep, zářez, srázný běh - do 15 m šířky		Spádovka
	Polní a lesní cesta udržovaná nebo hlavní spojovací cesta				

Vyhotovil: Petr Plecháč, Plzeň 10. 6. 2015

Obr. 21: Mapa zkoumaného území s vyznačením Mrtvého potoka pro měření SL indexu od lokálního pramene po soutok s Kateřinským potokem. Podkladová data: ČÚZK (2015)

## 5.5 Rozbor hydrologických poměrů

Kvůli zkoumání chodu sedimentů je třeba sledovat i charakter odtoku. Data z hydrologické stanice Pfrentsch / Pfreimd byla zpracována a okomentována v jednotlivých částech práce. Z hydrologické stanice byla použita naměřená data průtoku vody a vodního stavu. Hydrologická stanice poskytuje naměřená data od srpna roku 2011.

## 5.6 Objem zadržených sedimentů bobřími hrázemi

Pro výpočet mokrého objemu sedimentů zadržených bobřími hrázemi bylo zapotřebí vypočítat hodnoty: šířka hladiny sedimentů, šířka dna sedimentů, mocnost sedimentů, délka měřeného úseku. Z těchto údajů byla vypočtena plocha vybrané části hladiny sedimentů a následně byl vypočítán objem sedimentů v měřeném úseku.

Pro výpočet mokrého objemu sedimentů byl jako tvar příčného řezu bobřího jezírka použit lichoběžníkový, takový byl zjištěn při terénním měření.

Bobří jezírko bylo rozděleno na několik úseků dle naměřených hodnot při terénním měření.

Dále v popisu měření objemu zadržených sedimentů používám pojem „sledovaný úsek“, tím je myšlen úsek vodního toku nad danou bobří hrází, kde byl proveden výpočet objemu zadržených sedimentů z dat naměřených v terénu.

Šířka hladiny sedimentů byla vypočtena ze známých údajů o šířce dna koryta toku ( $l_0$ ), které bylo zvoleno fixně 1 m a dále ze známé hodnoty šířky vodní hladiny ( $l_1$ ). Při předpokladu lichoběžníkového tvaru se šířka hladiny sedimentů dále vypočítala pravidlem podobnosti trojúhelníků ze známé mocnosti sedimentů v daném bodě ( $h_0$ ) a známé výšky vodní hladiny v daném bodě. Známou mocností sedimentů a výšky vodní hladiny v daném bodě známe také výšku ode dna koryta toku po vodní hladinu ( $h_1$ ).

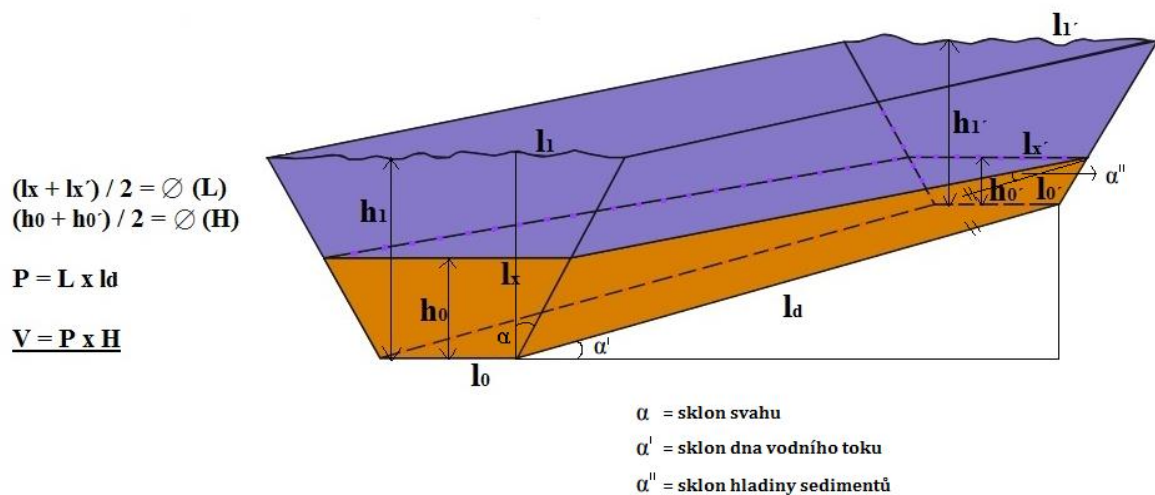
### Popis vzorce

První řádek – průměrem šířky hladiny sedimentů na začátku a na konci sledovaného úseku dostávám průměrnou šířku hladiny sedimentů v daném segmentu vodního toku ( $L$ ).

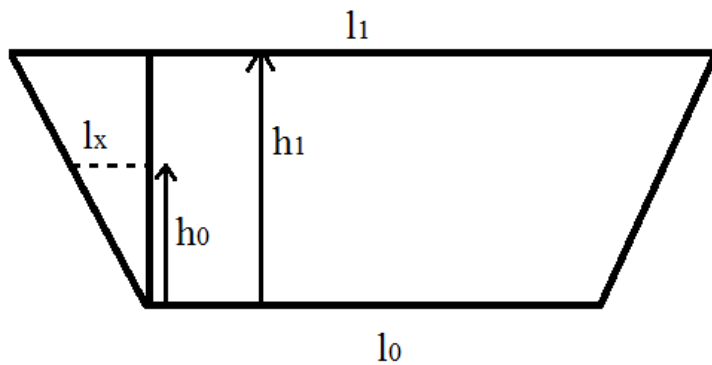
Druhý řádek – průměrem mocnosti sedimentů na začátku a na konci sledovaného úseku dostávám průměrnou mocnost sedimentů v daném segmentu vodního toku ( $H$ ).

Třetí řádek – plochu sedimentů ( $P$ ) jsem spočítal vynásobením průměrné šířky hladiny sedimentů ( $L$ ) s délkou segmentu vodního toku ( $l_d$ ).

Čtvrtý řádek – objem sedimentů ( $V$ ) jsem spočítal vynásobením plochy sedimentů ( $P$ ) s průměrnou mocností sedimentů v daném segmentu vodního toku ( $H$ ).



Obr. 22: Grafické a početní znázornění výpočtu průměrné šířky hladiny sedimentů a průměrné šířky vodní hladiny, plochy hladiny sedimentů a objemu zadržovaných sedimentů ve zkoumaném segmentu vodního toku nad bobří hrází (vzor)



$$l_x = \frac{h_0}{h_1} \cdot \frac{1}{2} (l_1 - l_0) \cdot 2 + l_0$$

Obr. 23: Znárodnění výpočtu šířky hladiny sedimentů v daném bodě

Šířku hladiny sedimentů jsem vypočetl pomocí vzorce na obr. 23. Nejprve byla šířka hladiny sedimentů vypočtena pro trojúhelník na jedné straně. Vynásobením dvěma a přičtením šířky dna ( $l_0$ ) jsem zjistil šířku hladiny sedimentů.

Pro potřeby této práce jsem rozdělil bobří hráze do dvou skupin dle velikosti.

Pro výpočet celkových zadržovaných sedimentů bobřími hrázemi byla velká hráz na 860 m při měření 2. podélného profilu toku zvolena jako zástupce velkých hrází (výška hráze nad 80 cm). Jako zástupce malých hrází (výška hráze pod 80 cm) byla zvolena hráz na 360 m při měření 2. podélného profilu toku.

Reprezentativní hráze byly zvoleny právě pro svou velikost.

Takto byly bobří hráze na Mrtvém potoce rozděleny do dvou kategorií (malé a velké) a byl tak vypočítán objem zadržovaných sedimentů bobřími hrázemi ve zkoumaném segmentu Mrtvého potoka.

Při terénním měření bylo zjištěno zvlnění hladiny sedimentů a to přibližně v rozmezí  $\pm 1$  cm. Při terénním měření mocnosti sedimentů uvažuji chybu měření do 1 cm (zjištěno v terénu při opakování stejného měření). Proto byly k vypočítané průměrné mocnosti sedimentů v daném úseku přičteny 2 cm a poté odečteny 2 cm. Tím jsem dostal extrémní

možné hodnoty průměrné mocnosti sedimentů v daném úseku a mohl vypočítat rozmezí hodnot objemu zadržovaných sedimentů.

K průměrné mocnosti sedimentů v měřeném úseku byly přičteny 2 cm a vynásobením s plochou sedimentů jsem vypočítal první část objemu zadržovaných sedimentů. Od průměrné mocnosti sedimentů v měřeném úseku byly odečteny 2 cm a vynásobením s plochou sedimentů jsem vypočítal druhou část objemu zadržovaných sedimentů. Tím jsem vypočítal rozmezí hodnot objemu zadržovaných sedimentů v daném úseku vodního toku.

### **5.7 Typické jevy bobří aktivity odhalené při zkoumání lokality formou rekognoskační pochůzky**

Při rekognoskační pochůzce jsem zaznamenával různé formy dotace sedimentů v toku formou poznámek a pořizování záznamů v podobě fotografií. Všímal jsem si obtékání vody bobřích hrází, které může zapříčinit déle trvající podmáčení okolní půdy. Obtékající voda se také může vrátit do vodního toku ihned pod bobří hrází. Druhý případ způsobuje velmi často erozi břehů a tím dotuje sedimenty v toku. Tento případ je uveden dále ve výsledcích v kap. 6.8. Eroze břehů je závislá na: zrnitosti sedimentů uložených podél vodního toku, délce působení stékající vody pod bobří hrází zpět do koryta toku a také na množství obtékající vody.

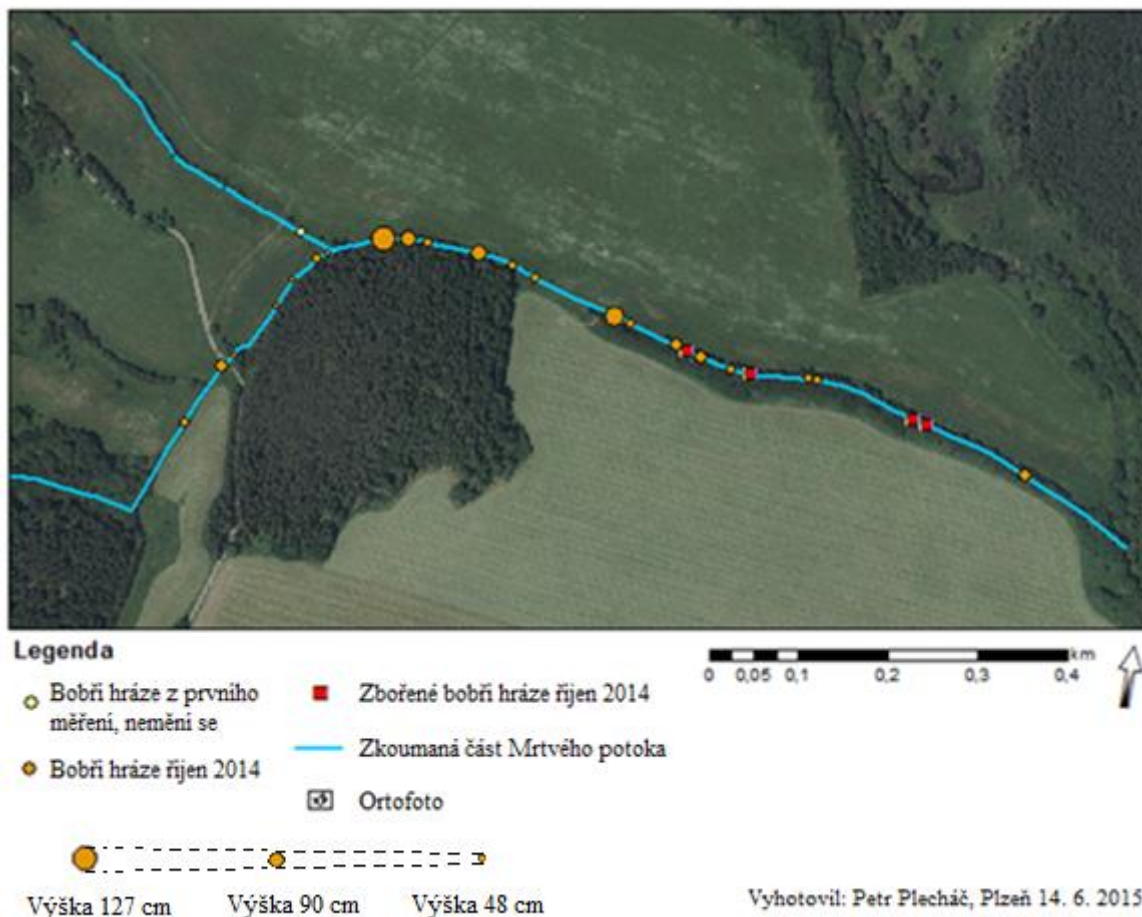
Podél Mrtvého potoka se nachází několik bobřích skluzavek, díky kterým se bobr evropský dostává z vodního toku nebo do něj. Tyto erozní formy byly zaznamenávány a diskutovány.

Velká pozornost byla věnována bobří hrázi, nad kterou byly odebrány vzorky BH a BH3 a u které se nachází bobří hrad. Tato hráz byla při každém měření ve sledované lokalitě pozorována. Bobr evropský ji neustále opravuje a přidává na ni nový materiál.

V průběhu výzkumu jsem měl možnost zjistit, zda po zboření bobří hráze sediment nad ní uložený zůstává na místě, nebo je odnesen pryč, až na vydlážděné dno koryta toku. Použitou metodou byl záznam formou textu do zápisníku či fotografie pořízené fotoaparátem v terénu při rekognoskační pochůzce.

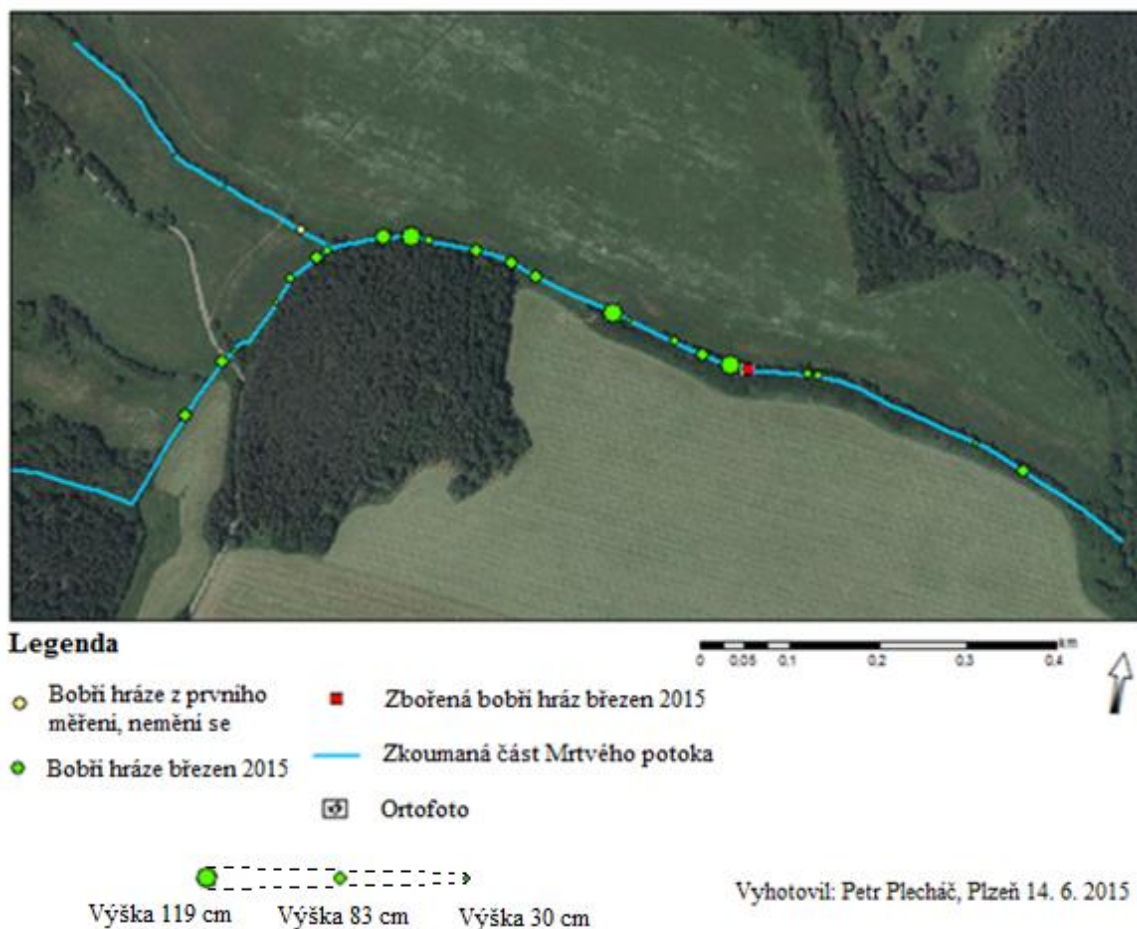
## 6 Výsledky

### 6.1 Mapování bobřích staveb



Obr. 24: Mapování bobřích hrází, říjen 2014. Podkladová data: ČÚZK (2015)

Na obr. 24 byly zaznamenány 4 zničené hráze. Na těchto bobřích stavbách nebyla měřena výška, a proto jsou na obrázku zobrazeny se statickou velikostí, u ostatních bobřích hrází značené kolečkem odpovídá velikost značky výšce hráze. Od jediného přítoku směrem nahoru do vyšších nadmořských výšek jsou zobrazeny 3 bobří stavby, které pro svou velikost a pozici nebyly do výsledné práce nijak zahrnuty. Významná je zde první hráz od sou-toku směrem po proudu, největší hráz, ve které byly později zkoumány sedimenty.



Obr. 25: Mapování bobřích hrází, březen 2015. Podkladová data: ČÚZK (2015)

Na obr. 25 byla zaznamenána pouze jedna zničená hráz, u které nebyla měřena výška a velikost její značky je statická. U ostatních bobřích hrází značené kolečkem odpovídá velikost značky výšce hráze. Velikosti jednotlivých hrází se změnily, největší hráz již netvoří první hráz od přítoku zprava, ale hráz druhá. Velikosti jednotlivých značek jsou vypočteny pouze z hodnoty výšky hráze, nikoli však kolik sedimentů daná hráz zadrží nebo jaký rozliv vody do okolí zapříčiní.

Bobří hráze dosahovaly v průběhu sledování dané lokality výšky od 16 do 127 cm.



## 6.2 Popis jednotlivých částí odebraných sedimentárních jader

Vzorek BH (obr. 26) rozdělen na 2 části.

Vrchní část vzorku BH 0 – 11 cm se světle šedou barvou, se známkou bioty a obsahem menších kamínků. Sediment zapáchal.

Spodní část vzorku BH 11 – 25 cm se jevila jako tmavě šedá, písčítá a mazlavá, se znatelným obsahem hrubého materiálu. Sediment zapáchal.

Vzorek BH2 (obr. 27) rozdělen na 6 částí.

Vrchní část vzorku BH2 0 – 18 cm, značená číslicí 3 (obr. 27) se světlejší barvou materiálu než v nadcházející části (4), velmi písčité a nemazlavé s patrnou organikou, kousky dřeva a kůry, uvnitř materiál světlejší než na povrchu.

Část vzorku BH2 18 – 31 cm, značená číslicí 4 (obr. 27) s patrnou organikou, větvičky, uvnitř tmavé a mazlavé. Část obsahovala jemnější materiál než v nadcházející části (5).

Část vzorku BH2 31 – 50 cm, značená číslicí 5 (obr. 27) se světlejší barvou sedimentů, písčítá, vizuálně bez organiky, uvnitř s šedým zabarvením, místy kamínky (0,5 cm).

Část vzorku BH2 50 – 70 cm, značená číslicí 6 (obr. 27) s patrnou biotou. Přítomny byly i větší kusy organického materiálu. Daná část se jevila více písčítá s menšími zrny než v nadcházejících částech (7 a 8). Místy byl materiál velmi jemný a mazlavý, uvnitř černý a na okrajích světlejší.

Část vzorku BH2 70 – 84 cm, značená číslicí 7 (obr. 27) obsahovala hrubý materiál, uvnitř měla černou barvu, na okrajích světlejší.

Spodní část vzorku BH2 84 – 100 cm, značená číslicí 8 (obr. 27), mazlavá se světlejší barvou do šeda. V dané části byly patrné bílé kamínky a hrubý materiál s menšími zrny než v předešlé části.

Vzorek BH3 (obr. 28) rozdělen na 2 části.

Vrchní část vzorku BH3 0 – 12 cm s tmavě šedou barvou a patrným obsahem hrubého materiálu. V sedimentu byla jasně viditelná značná biotická složka.

Spodní část vzorku BH3 12 – 25 cm se jevila jako tmavě šedá až černá, písčítá, nemazlavá, se znatelným až nadprůměrným obsahem hrubého materiálu. V sedimentu byla patrná značná biotická složka.

## 6.3 Zrnitostní analýza

### 6.3.1 Výsledky BH

Pro odběr vzorku BH byl použit komorový vzorkovač. Odběr byl proveden 22. 12. 2014.

Hmotnost získaného vzorku představovala 202 g a délku 25 cm.

Tabulka 4: Rozbor vzorku BH

<b>Vzorek BH</b>	<b>První část</b>	<b>Druhá část</b>	<b>Celkem</b>
<b>0 cm = hladina, 25 cm = dno</b>	0 - 11 cm	11 - 25 cm	25 cm
<b>Hmotnost</b>	115 g	87 g	202 g
<b>Obsah prachu + jílu</b>	12 g (10,4 %)	9 g (10,3 %)	21 g (10,4%)
<b>Obsah písku</b>	76 g (66,1 %)	60 g (69 %)	136 g (67,3 %)
<b>Obsah štěrku</b>	27 g (23,5 %)	18 g (20,7 %)	22,3 g (22,3 %)

Na obr. 26 představuje tyto dvě části vzorek BH. Pomocí vizualizace lze vidět velmi podobné složení horní a dolní části odebraného vzorku. Nejmenší objem zaujímá prach a jíl, největší podíl má písek a zhruba 1/5 představuje štěrk.

### 6.3.2 Výsledky BH2

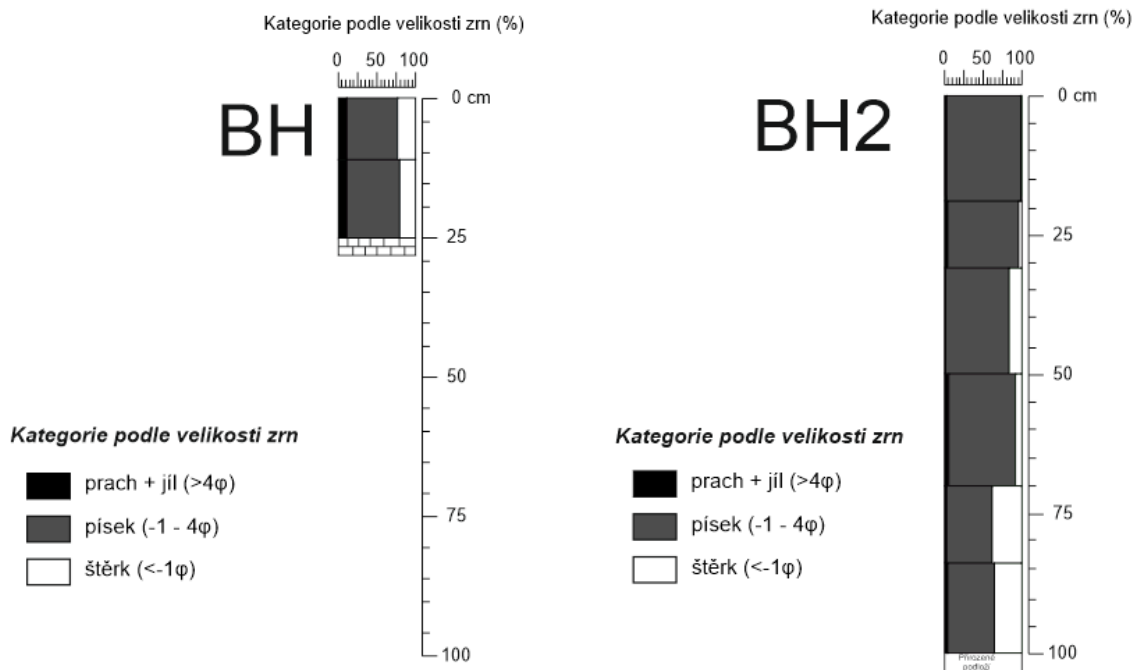
Pro odběr vzorku BH2 byl použit komorový vzorkovač. Odběr byl proveden 22. 12. 2014.

Hmotnost získaného vzorku představovala 1 354 g a délka 100 cm.

Tabulka 5: Rozbor vzorku BH2

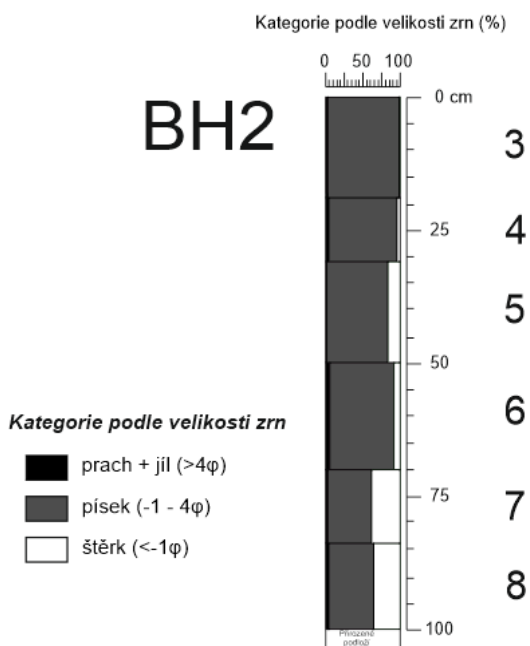
Vzorek BH2	První část	Druhá část	Třetí část	Čtvrtá část	Pátá část	Šestá část	Celkem
<b>0 cm = hladina</b> <b>100 cm = dno</b>	0 - 18 cm	18 - 31 cm	31 - 50 cm	50 - 70 cm	70 - 84 cm	84 - 100 cm	100 cm
<b>Hmotnost</b>	159 g	194 g	275 g	226 g	225 g	275 g	1 354 g
<b>Obsah prachu + jílu</b>	5 g (3,1%)	9 g (4,6%)	4 g (1,5%)	13 g (5,8%)	6 g (2,7%)	12 g (4,4%)	49 g (3,6%)
<b>Obsah písku</b>	152 g (95,6%)	178 g (91,8%)	226 g (82,1%)	194 g (85,8%)	131 g (58,2%)	165 g (60%)	1 046 g (77,3%)
<b>Obsah šterku</b>	2 g (1,3%)	7 g (3,6%)	45 g (16,4%)	19 g (8,4%)	88 g (39,1%)	98 g (35,6%)	259 g (19,1%)

Na obr. 26 představuje těchto šest částí vzorek BH2.



Obr. 26: Profily zrnitosti dvou odebraných sedimentárních jader. Poloha míst odběru viz obr. 29

Obr. 27 slouží k zobrazení procentuálního rozložení jednotlivých tříd v jednotlivých dílčích částech odebraného jádra. Na první pohled je patrné větší množství štěrku ve spodních částech odebraného vzorku s postupným růstem a přibýváním podílu písku, který v horní části dosahoval téměř 96 % z celkového objemu.



Obr. 27: Značení částí sedimentárního vzorku BH2, kde část 8 je nejnižše položená část vrtu (báze) a část 3 je nejvýše položená část vrtu

Vzorek BH2 je značen číslicemi 3 – 8 (obr. 27), kde 3 je vzorek měřený nejvýše (u hladiny) a vzorek 8 je báze (měřeno nejbližše dna) celého vzorku BH2. Vzorek 3 proto obsahuje především písek a vzorek 8 obsahuje veliké množství štěrku.

Rozložení hodnot 3 – 8 kopíruje přechody mezi nejspodnější vrstvou sedimentů tvořené ve velkém množství štěrku, až po nejsvrchnější vrstvy sedimentu, tvořené především a ve velké míře pískem.

### 6.3.3 Výsledky BH3

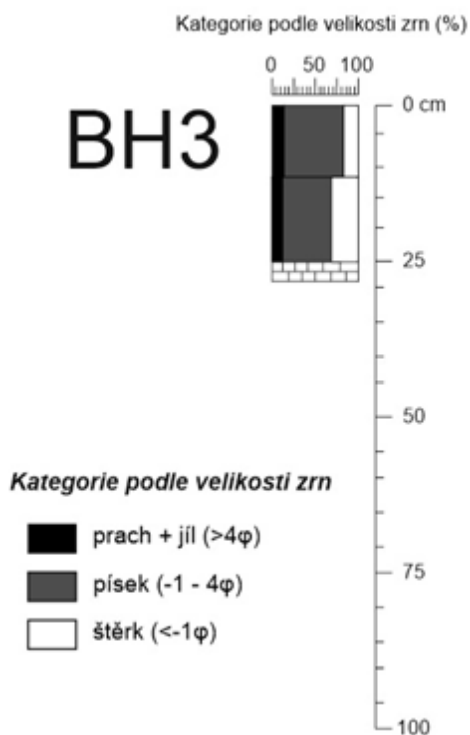
Pro odběr vzorku BH3 byl použit komorový vzorkovač. Odběr byl proveden 6. 6. 2015.

Hmotnost získaného vzorku představovala 232 g a délka 25 cm.

Tabulka 6: Rozbor vzorku BH3

<b>Vzorek BH3</b>	<b>První část</b>	<b>Druhá část</b>	<b>Celkem</b>
<b>0 cm = hladina, 25 cm = dno</b>	0 - 12 cm	12 - 25 cm	25 cm
<b>Hmotnost</b>	98 g	134 g	232 g
<b>Obsah prachu + jílu</b>	13 g (13,3 %)	13 g (9,7 %)	26 g (11,2%)
<b>Obsah písku</b>	68 g (69,4 %)	77 g (57,5 %)	145 g (62,5 %)
<b>Obsah štěrku</b>	17 g (17,3 %)	44 g (32,8 %)	61 g (26,3 %)

Na obr. 28 představuje tyto dvě části vzorek BH3. Pomocí vizualizace lze vidět větší obsah štěrku ve spodní části sedimentárního jádra, nežli v horní části.



Obr. 28: Profil zrnitosti vzorku BH3

Na obr. 28 můžeme vidět vzorek obsahující větší podíl štěrku ve spodní části, než tomu bylo při prvním měření, viz obr. 26 vzorek BH.

Vzorek BH3 obsahuje také větší procentuální podíl štěrku v rámci celého vzorku, nežli vzorek BH. Obě sedimentární jádra jsou stejně dlouhá (25 cm) a největší podíl v nich zaujímá písek.



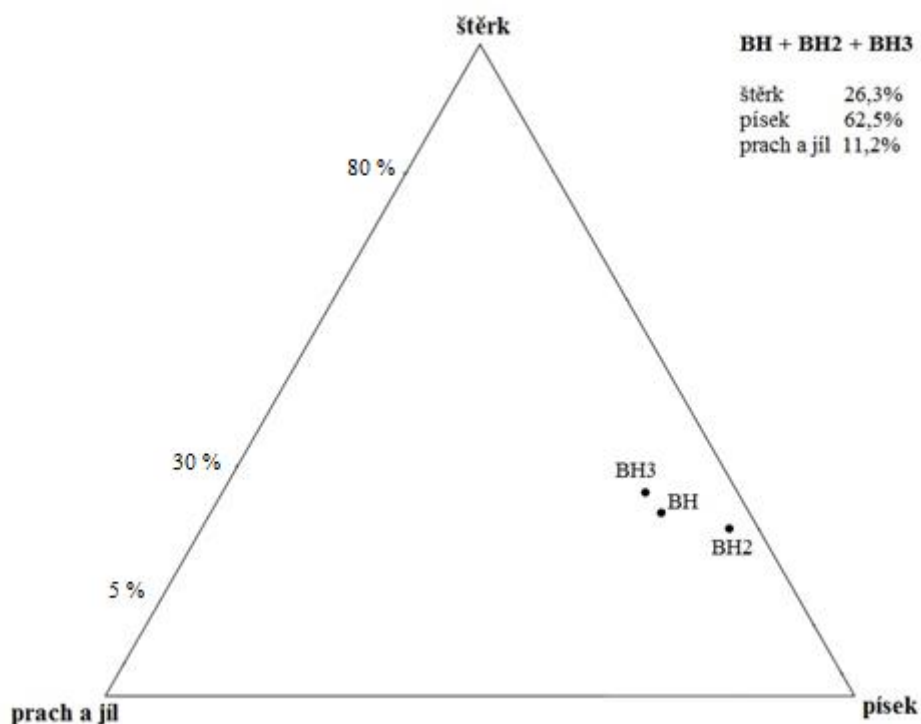
### Legenda



Vyhotovil: Petr Plecháč, Plzeň 10. 6. 2015

Obr. 29: Mapa zkoumaného území s vyznačenými místy odběrů. Podkladová data: ČÚZK (2015)

Obr. 29 znázorňuje zkoumanou část Mrtvého potoka od pramene po soutok s Kateřinským potokem a přítok zprava od lokálního pramene po soutok s Mrtvým potokem. Proč byl vybrán právě tento segment Mrtvého potoka, bylo popsáno v kapitole 4.1. Vzorky BH, BH2 a BH3 byly odebrány nad vytipovanými hrázemi, 2 m od koruny hráze.



Obr. 30: Granulometrická analýza vzorků BH, BH2 a BH3

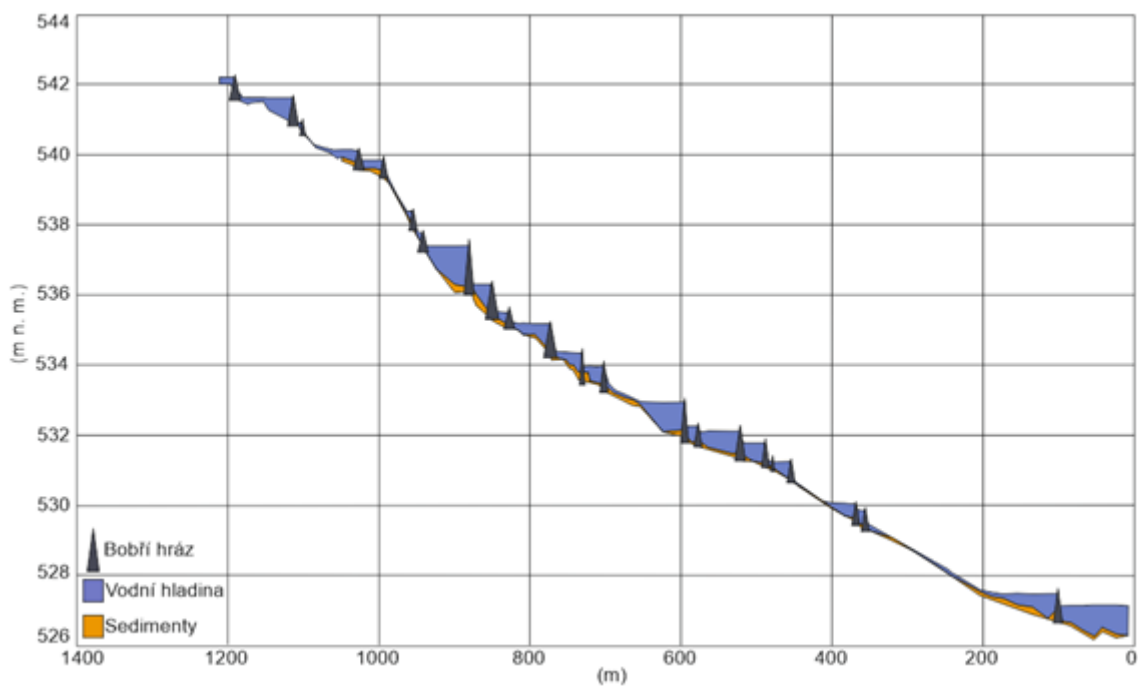
Obr. 30 poskytuje grafické znázornění zrnitosti vzorků BH, BH2 a BH3. Pozornost byla zaměřena především na poměr mezi štěrkem, pískem a prachem + jílem. Nejvíce štěrku obsahuje vzorek BH3, nejvíce písku zase vzorek BH2.



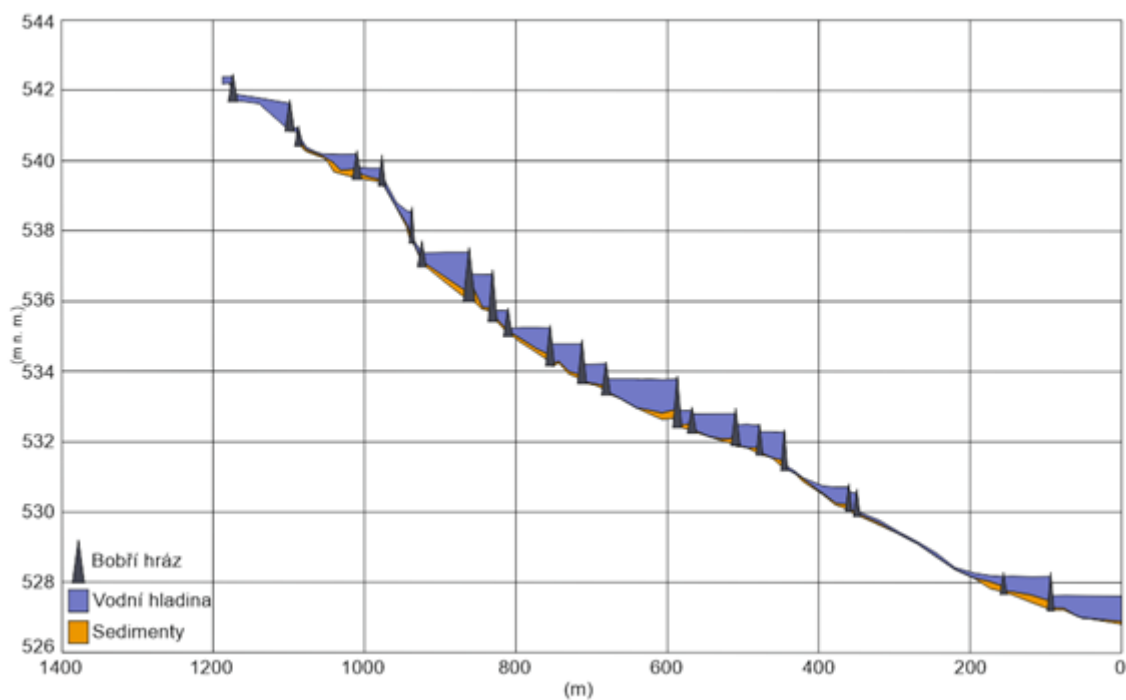
## 6.4 Podélné profily

Na obrázcích 31 a 32 můžeme vidět bobří hráze, vodní tok a sedimenty, to vše v určité nadmořské výšce a vzdálenosti od ústí Mrtvého potoka do potoka Kateřinského. Všimnout si můžeme především množství vody a sedimentů, které každá hráz zadržuje. Dále nalepšení vodní hladiny, které jednotlivé hráze zapříčiňují. Tímto máme představu, jak moc vodní tok v daném místě ztrácí unášecí schopnost a má větší možnost k ukládání sedimentů. Porovnat můžeme částí toku s množstvím bobřích hrází (450 – 600 m) a částí toku bez bobřích hrází (200 – 350 m). Z grafického znázornění jsme dále schopni vyčíst, o jaký sklon vodního toku se v určitých částech jedná.

Podélný profil změřený v říjnu 2014 zobrazuje změnu nadmořské výšky a celkovou délku vybrané části Mrtvého potoka. Na přibližně 860 m je zobrazena největší hráz co do výšky hráze, množství zadržovaného sedimentu a výšky vodní hladiny. Vysoké množství sedimentu zadržuje také hráz poslední (u soutoku s Kateřinským potokem).



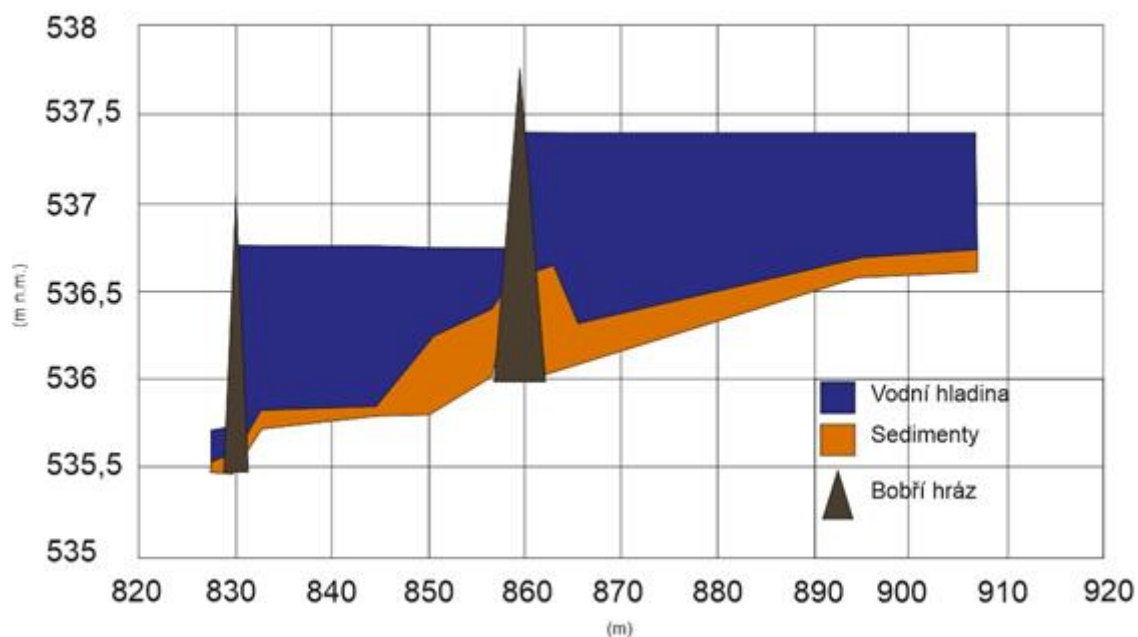
Obr. 31: Podélný profil vybrané části Mrtvého potoka v období říjen 2014



Obr. 32: Podélný profil vybrané části Mrtvého potoka v období březen 2015

Podélný profil změřený v březnu 2015 zobrazuje jednu z největších hrází kolem 600 m, a to především díky množství zadržované vody a délce nalepšení. Předchozí největší hráz (dle výšky) byla nahrazena hrází následující (v pořadí velikosti).

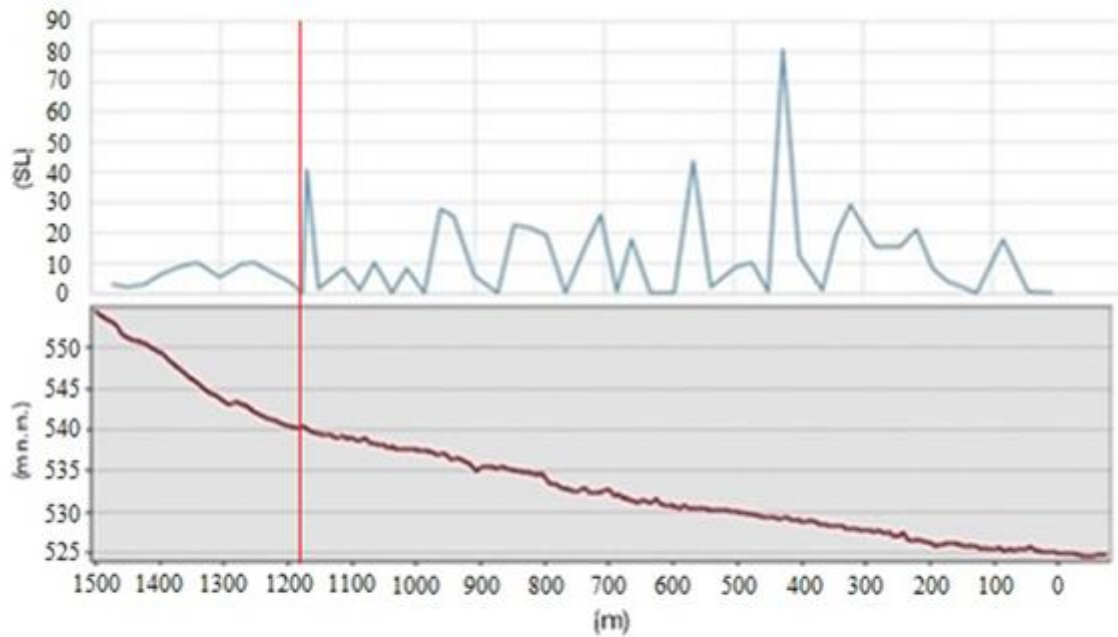
Tyto jsou podrobněji zobrazené na obr. 33. Horní hráze kolem 1000 m zadržují již více sedimentů než při předchozím měření.




Obr. 33: Podélný profil vybraného úseku Mrtvého potoka

Na obr. 33 jsou znázorněny dvě největší hráze. V bobřím jezírku, které se nachází nad hrází na 860 m, byly odebrány vzorky pro sedimentologickou analýzu. Je patrné, jak bobří hráz zadržuje velké množství sedimentů. Překvapivě veliké množství sedimentů se nachází také pod danou hrází, tento stav je spíše atypický. Pravděpodobně byla hráz na 860 m na nějaký čas zničena a sedimenty byly splaveny níže.

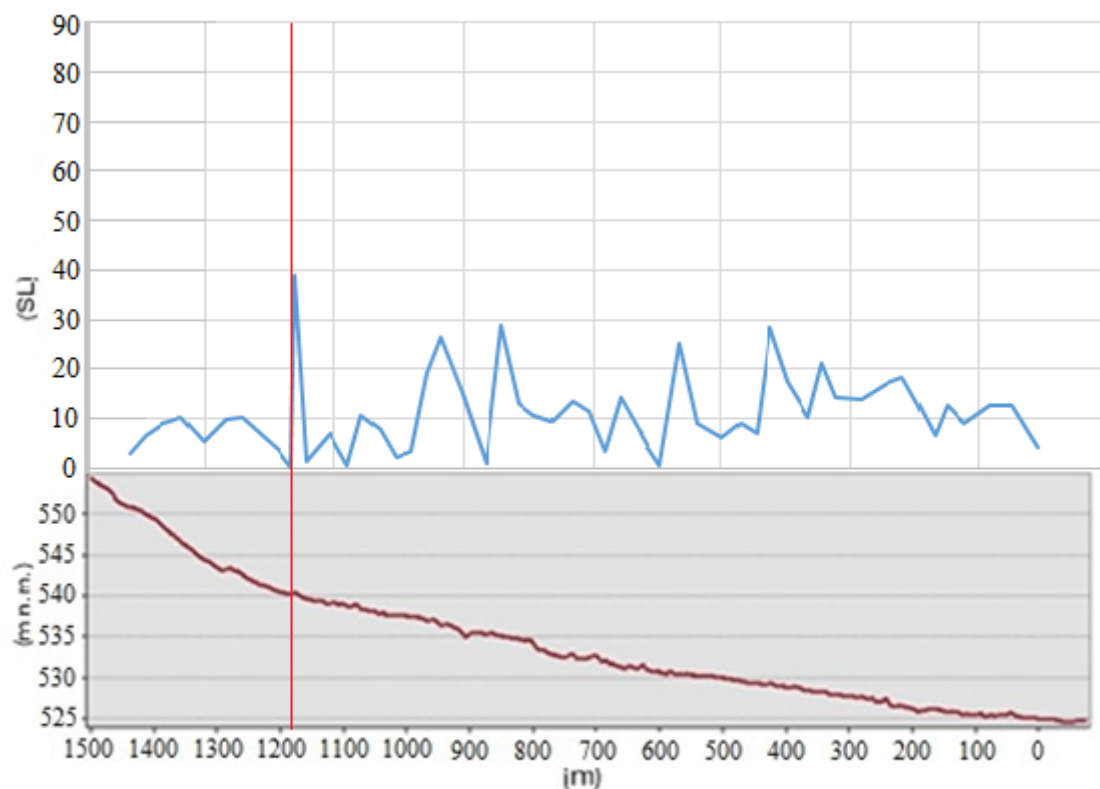
## 6.5 SL index



### Legenda

 Nalevo od linie se jedná o DMR4G data, napravo se jedná o data z terénního měření.

Obr. 34: SL index pro část Mrtvého potoka (obr. 21), hodnota SL byla vypočtena z naměřených výšek vodní hladiny. Podkladová data: DMR4G (2015)



### Legenda

Nalevo od linie se jedná o DMR4G data, napravo se jedná o data z terénního měření.

Obr. 35: SL index pro část Mrtvého potoka (obr. 21), hodnota SL byla vypočtena z naměřených výšek povrchu usazených sedimentů. Podkladová data: DMR4G (2015)

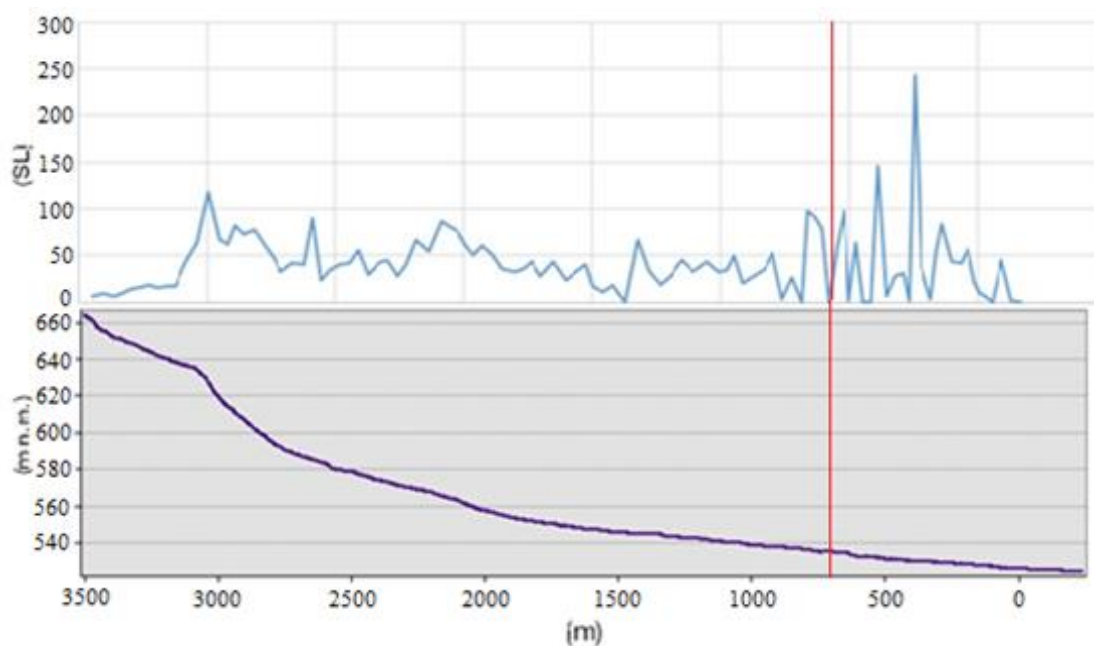
Na obr. 34 a obr. 35 jsou znázorněny hodnoty SL indexu pro vybranou část Mrtvého potoka. Ve spodní části obrázku byl celý podélný profil toku vygenerován v programu GIS z DMR4G. Od lokálního pramene přítoku byla využita lidarová data po první zmapované hrázi, od té chvíle byla využita data z terénního měření (přibližně od 1190 m znázorněné na obr. 34 a obr. 35).

Na obr. 34 byla pro výpočet SL indexu použita data z naměřených výšek hladin, čili jako  $h$  (změna výšky) byla využita právě data z naměřených výšek hladin.


Na obr. 35 byla pro výpočet SL indexu použita data z naměřených výšek sedimentů.

Lze si všimnout, že maximální hodnota SL je na obr. 34 dvojnásobná oproti maximální hodnotě SL na obr. 35. Změna výšky hladiny je tedy oproti změně výšky sedimentů mnohem více znatelná. Tento jev je však logický, neboť vodní hladina je vždy výše než hladina sedimentů (vyplývá z měření v terénu). SL index nám nezobrazí pouze bobří hráze, ale

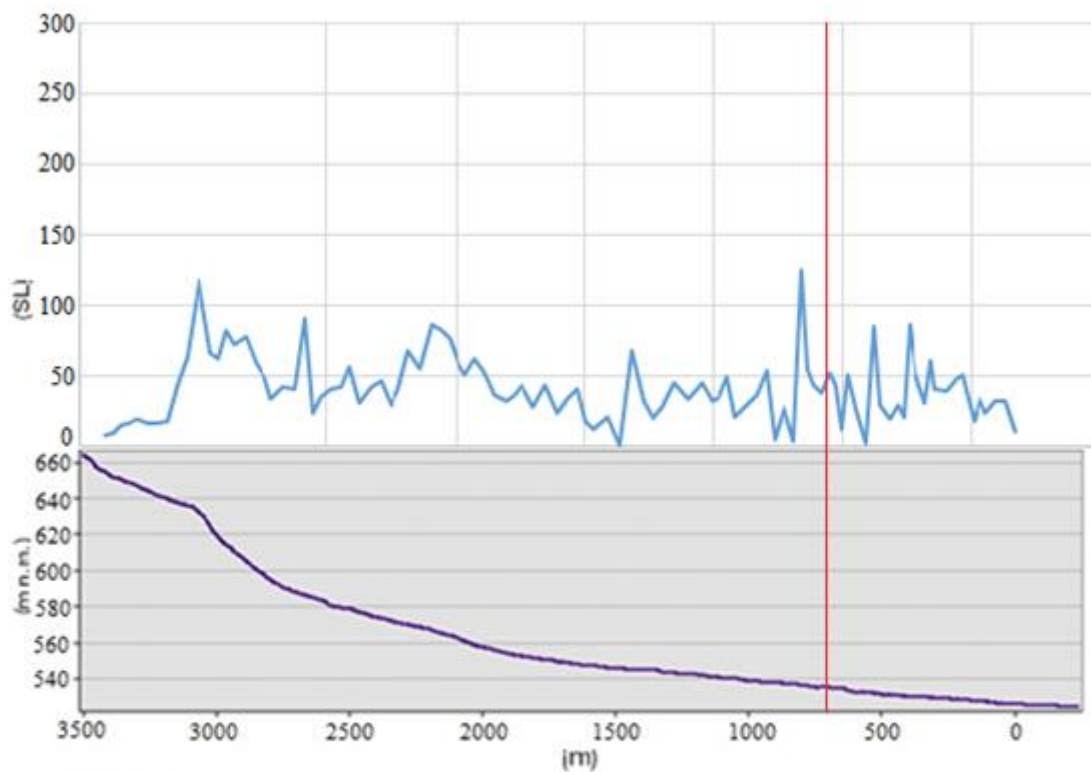
každou neobvyklou změnu výšky v daném toku. Při měření výšky vodní hladiny (obr. 34) se může jednat o vodní přepady vlivem morfologie terénu.




#### Legenda

 Nalevo od linie se jedná o DMR4G data, napravo se jedná o data z terénního měření.

Obr. 36: SL index pro Mrtvý potok od pramene po soutok s Kateřinským potokem (obr. 20), hodnota SL byly vypočtena z naměřených výšek vodní hladiny.  
Podkladová data: DMR4G (2015)



### Legenda

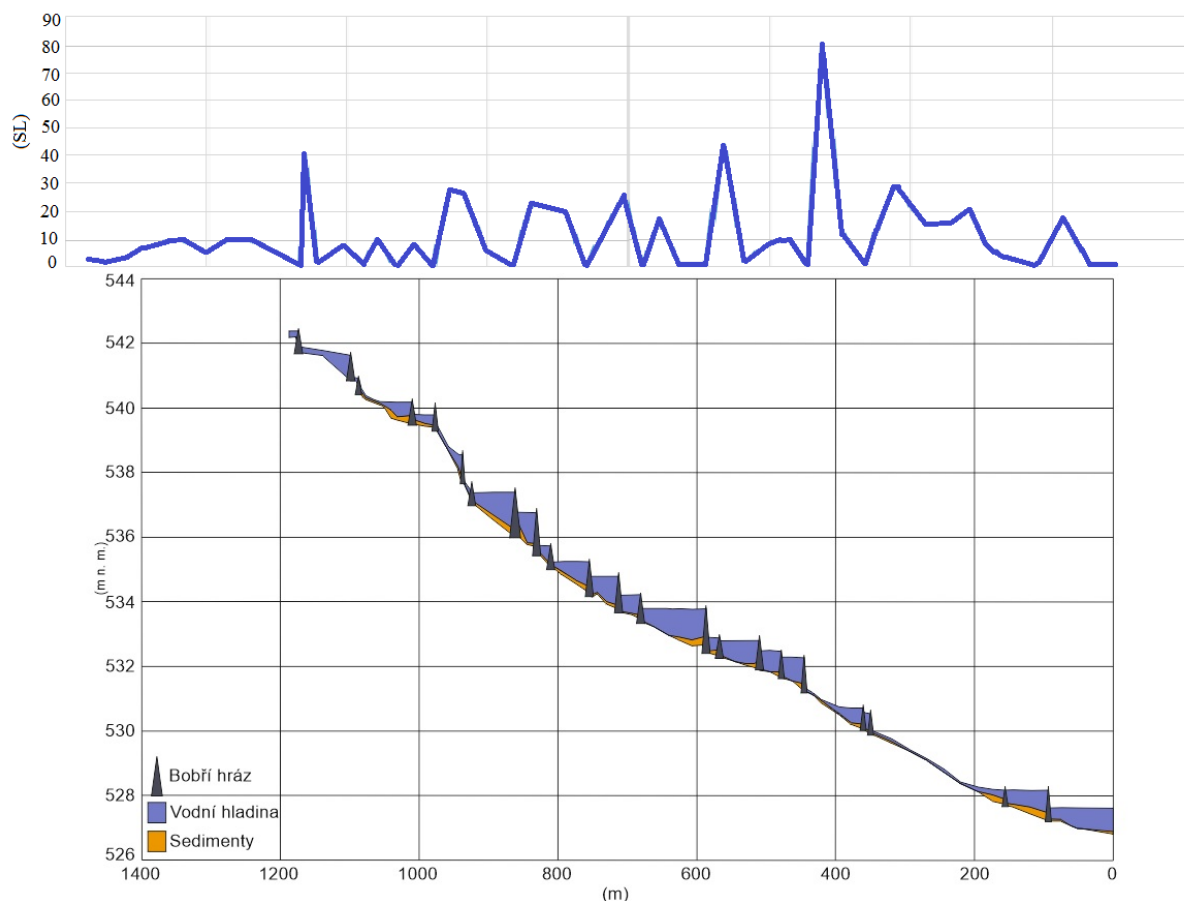
 Nalevo od linie se jedná o DMR4G data, napravo se jedná o data z terénního měření.

Obr. 37: SL index pro Mrtvý potok od pramene po soutok s Kateřinským potokem (obr. 20), hodnota SL byla vypočtena z naměřených výšek povrchu usazených sedimentů. Podkladová data: DMR4G (2015)

Na obr. 36 a obr. 37 jsou znázorněny v horní části obrázků hodnoty SL indexu, ve spodní části je poté celý podélný profil vygenerován z prostředí GIS za využití dat z DMR4G a příslušných nástrojů. V tomto případě se jedná o data pro celý vodní tok Mrtvého potoka. Od pramene po první změřená data při terénním výzkumu byla využita data DMR4G, dále pak byla využita vlastní naměřená data. Na obrázcích 36 a 37 jsou terénně naměřená data od 700 m.

Na obr. 36 byla pro výpočet SL indexu použita data z naměřených výšek hladin, čili jako  $h$  (změna výšky) byla využita právě data z naměřených výšek hladin.

Na obr. 37 byla pro výpočet SL indexu použita data z naměřených výšek sedimentů. Oba dva SL indexy přehledně znázorňují náhlou změnu výšky ve vodním toku zvýšením a opětovným snížením hodnoty SL (osa y).



Obr. 38: SL index vypočtený z naměřených výšek hladin přiřazený k podélnému profilu toku z března 2015

Na obr. 38 jsou v horní části znázorněny zvýrazněné hodnoty SL indexu vypočítané z výšek hladin, ve spodní části je znázorněný podélný profil části Mrtvého potoka z března 2015. SL index přehledně znázorňuje změnu výšky hladiny, a tak informuje o možném výskytu bobří hráze. Ty jsou zobrazeny v podélném profilu. Úsek toku mezi 200 m a 350 m bez bobří hráze vykazuje také zajímavé hodnoty SL. Tedy i bez přítomnosti bobří hráze může SL nabývat podobných hodnot. Nezáleží vždy jen na změně výšky hladiny, ale také na délce segmentu, kde jsme měřili změnu výšky a také na vzdálenosti od první měřené hodnoty. Největší hodnoty SL dosahuje hráz na 450 m od ústí Mrtvého potoka do potoka Kateřinského. Takto vysoké hodnoty nabyt SL index z důvodu neobvykle velké změny výšky vodní hladiny naměřené nad a pod bobří hrázi. Příčinou je absence bližší bobří hráze. Další hráz je příliš vzdálená a sklon toku příliš veliký, aby došlo k nalepšení vodní hladiny a tedy k mírnější hodnotě SL.



## 6.6 Objem zadržovaných sedimentů bobřími hrázemi

Nad hrází o výšce 85 cm (zástupce kategorie velké hráze - viz metodika kap. 5.6) na 860 m při měření 2. podélného profilu (březen 2015) bylo zjištěno, že daná hráz zadržuje v délce 63 m celkem 12,49 – 15,88 m<sup>3</sup> sedimentů. Délka 63 m byla zvolena z důvodu toho, že v této vzdálenosti byla naměřena minimální mocnost sedimentů a končilo zde nalepšení vodní hladiny způsobené bobří hrází.

Nad hrází o výšce 62 cm (zástupce kategorie malé hráze - viz metodika kap. 5.6) na 360 m při měření 2. podélného profilu (březen 2015) bylo zjištěno, že daná hráz zadržuje v délce 35 m celkem 1,75 – 1,91 m<sup>3</sup> sedimentů. Délka 35 m byla zvolena z důvodu toho, že v této vzdálenosti byla naměřena minimální mocnost sedimentů.

Velkých hrází se na Mrtvém potoce nachází 7, malých hrází 15.

Objem zadržovaného sedimentu 7 velkými hrázemi je 87,43 – 111,16 m<sup>3</sup>.

Objem zadržovaného sedimentu 15 malými hrázemi je 26,25 – 28,65 m<sup>3</sup>.

Celkový odhadovaný mokrá objem zadržovaných sedimentů bobřími hrázemi na Mrtvém potoce je 113,68 – 139,81 m<sup>3</sup>.

## 6.7 Rychlost usazování sedimentů v bobřím jezírku

Prokázáný výskyt bobra v dané lokalitě se datuje k roku 1990. V reprezentativním bobřím jezírku, jež se nachází u bobřího hradu, je funkční bobří hráz, která byla v průběhu práce a navštěvování stále opravována. V této bobří hrází byl po několika měřeních zaznamenán v průměru 50 cm mocný sediment (měřeno 1,5 m od hráze). Uvažované stáří, tedy přibližně od 1990 do 2015, činí 25 let.

Mocnost sedimentu 50 cm, délka období 25 let: rychlost usazování sedimentů = 2 cm za rok.

Při uvažování, že daná hráz nezadržuje kontinuálně sedimenty již od roku 1990, ale její stáří je nižší, provedu další odhady.

Stáří hráze 1 rok: rychlost usazování sedimentů = 50 cm za rok

Při uvažovaném stáří hráze jsem nepočítal s možností většího stáří dané hráze, neboť příchod bobra byl na našem území sledován, a proto se domnívám, že zaznamenané datum 1990 je opravdu datum příchodu a usazení bobra evropského v dané lokalitě.

Při vzetí extrémních hodnot, máme rozmezí rychlosti usazování sedimentů v daném bobřím jezírku od 2 do 50 cm za rok.

Při realističtějším odhadu a vzetí stáří dané bobří hráze alespoň 5 let, dostáváme se na rozmezí od 2 do 10 cm za rok.

V daném segmentu Mrtvého potoka se nachází objem 113,68 – 139,81 m<sup>3</sup> mokrých sedimentů. Při předpokladu zadržování sedimentů již od roku 1990 se každým rokem usadí 4,55 – 5,59 m<sup>3</sup> sedimentů.

### **6.8 Typické jevy bobří aktivity odhalené při zkoumání lokality formou reko- gnoskační pochůzky**



Obr. 39: Obrázek zničené bobří hráze a pozůstatek sedimentů, 11. 10. 2014

Situace na obr. 39, kdy po protržení hráze zůstávají některé sedimenty na místě.



Obr. 40: Bobří hráz a obtékání vody přes zemědělskou půdu, 4. 4. 2014

*Autor fotografie: RNDr. Václav Stacke, Ph.D.*

Na obr. 40 je jednoduchou šipkou značeno obtékání hráze přes zemědělskou půdu, kolečkem je značeno místo, kde eroduje břeh, a zdvojenou šipkou je značeno místo, kde dochází k akumulaci hrubého materiálu.



Obr. 41: Viditelné cestičky (skluzavky) bobra evropského, 14. 3. 2015

Dotace sedimentů v toku tvorbou bobřích skluzavek.

Dynamika „velké“ bobří hráze (její oprava a úprava) je společně s časovým záznamem diskutována v kap. 7.10.

## 7 Diskuze výsledků

### 7.1 Zahraniční výzkum

Výsledky jsou komentovány, diskutovány a vztahovány především k výzkumu provedenému v potoce Odell Creek, Centennial Valley, Montana, USA. Tento článek, zabývající se bobřími přehradami a dynamikou sedimentů v potoce, odpovídal svými parametry (předmětem zkoumání byla dynamika sedimentů) zadání této bakalářské práce, a proto z něj bylo čerpáno značné množství dat.

Bobří hráze se vlivem počasí, stáří nebo vlivem člověka mohou zborit. Během měření se naskytla možnost zkoumání vlivu zboření hráze na sediment nad ní. Dle terénního měření se zjistilo, že zboření hráze nemá za důsledek úplné vymizení již usazeného materiálu. Ke stejnému závěru došli i výzkumníci z Odell Creek (Levine a Meyer, 2013). Není ovšem vyloučené, že protržení enormně velké hráze nemůže mít za důsledek sled dalších protržení a způsobení dominového efektu, nahromadění vysokého objemu vody a následně zvýšený odnos sedimentů (i hrubého materiálu). Ve výzkumu Butlera a Malansona (2004) v Montaně, bylo od roku 1984 zaznamenáno vlivem protržení bobřích hrází 13 případů lidského úmrtí a mnoho případů zranění. Na Mrtvém potoce se nevyskytují nadměrně (> 1,5 m) vysoké hráze, které by mohly podobnou destrukci způsobit, a proto i po zboření některé hráze bylo možné sledovat, jak sediment, nacházející se v minulosti nad ní, zůstal povětšinou na místě (nejjemnější materiál byl pravděpodobně odnesen) (obr. 39).

### 7.2 Mapování bobřích staveb

Na zkoumané území se bobr evropský dostal z Německa přes Kateřinský potok (v Německu Pfreimd – Katharinabach). Mrtvý potok byl zmapován od pramene po soutok s Kateřinským potokem a byly vyznačeny všechny bobří hráze. Bobr postavil veškeré své hráze na Mrtvém potoce do 1 km vzdušnou čarou od soutoku s Kateřinským potokem. Převážně pak poblíž stavebního materiálu (dřeva), jak si lze všimnout na obr. 24 a 25 se zobrazenými bobřími hrázemi. Bobr byl schopen využít v jednom případě i velký balvan, který doplnil dřevem a bahnem. Balvan tam pravděpodobně sám nedopravil. Bobří v průběhu měření jejich velikost měnili přidáváním materiálu a tím je zvětšovali. Některé hráze z neznámých důvodů chátraly a nebyly opravovány. Stáří hrází nebylo datováno, byly provedeny pouze odhady na základě vizuální stránky hráze, obsahu zadržovaných sedi-

mentů a porostu na hrázích. Z výsledků měření této práce nelze prohlásit, že bobr staví hráze po pravidelných úsecích.

Ze srovnání obr. 24 a obr. 25 vyplývá, že bobr mezi jednotlivými měřeními stavěl nové hráze. Ty byly následně při druhém měření ohodnoceny nebo byly neznámou dobu před tím zničeny. Nelze prohlásit, že bobří stavby mají tendenci se zmenšovat (snižovat) nebo naopak zvětšovat (zvyšovat). Zajímavá je především změna největší bobří hráze ze 127 cm na 87 cm od paty po korunu hráze.

### **7.3 Hydrologické poměry**

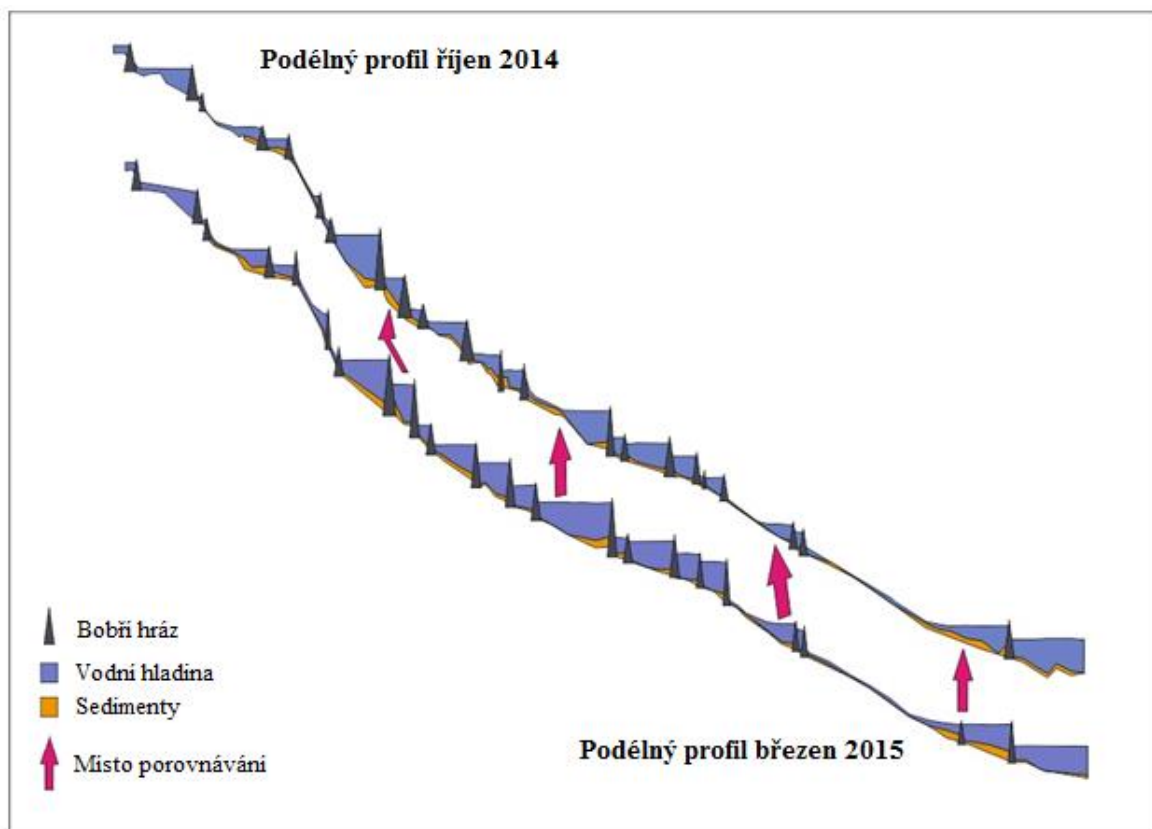
Do rozvodí Kateřinského potoka spadá několik rybníků. Jedním z nich je Žebrácký rybník. Po konzultaci s tachovskými rybáři bylo zjištěno, že Žebrácký rybník je vypouštěn každý rok nebo jednou za dva roky. Tento jev může zapříčinit náhlé výkyvy v chodu toku, ty jsou poté změřeny hydrologickou stanicí ve městě Pfrentsch.

Z hodnot vodního stavu lze s určitou přesností rozpoznat období sucha, či období s nadměrným množstvím srážek.

V teplých měsících je v korytě toku méně vody vlivem vypařování i menšího množství srážek, tento stav se odráží i na chodu sedimentů v toku. Tok nemá takovou unášecí sílu a sedimenty se mohou lépe usazovat. Naopak za zvýšeného vodního stavu či průtoku vody se snadněji sedimenty rozvíří a dochází spíše k erozi a transportu materiálu, než k jeho sedimentaci.

Největší naměřený průtok vody ve sledovaném období (obr. 10) byl pravděpodobně zapříčiněn změnou počasí, konkrétně táním sněhu. Tento zvýšený průtok vody mohl způsobit škody na bobřích hrázích, rozvířit sedimenty a zasáhnout tak do jejich přirozeného chodu.

## 7.4 Přesné zaměření podélného profilu segmentu Mrtvého potoka



Obr. 42: Proložení dvou zaměřených podélných profilů Mrtvého potoka

Proložení dvou podélných profilů, nahoře z října 2014, dole z března 2015, získáváme další pohled na změnu charakteru vodního toku a dynamiku sedimentů. V obr. 42 jsou zobrazeny čtyři zajímavé změny, které se během jednotlivých měření udály. První šipka zprava informuje o nově vytvořené bobří hrázi. Druhá šipka zprava poukazuje na viditelnou změnu výšky vodní hladiny a navýšení mocnosti zadržovaných sedimentů. Třetí šipka zprava zobrazuje výraznou dynamiku sedimentů zadržovaných danou hrází. Také výška vodní hladiny a délka nalepšení vodní hladiny je oproti předešlému měření výrazně vyšší. To je pravděpodobně způsobeno zvětšením či opravením dané hráze. Čtvrtá šipka zprava představuje bobří hráz, která svou výškou předstihla nejvyšší hráz z října 2014. Dříve nejvyšší bobří hráz mohla být snížena a poničena vlivem činnosti člověka nebo zásahy přírody, naopak druhou hráz mohl bobr opravit a zvětšit její výšku. Daná hráz zadržuje dle terénního měření a výše zobrazeného grafického zpracování více vody než při předešlém měření. Tyto údaje můžeme porovnat s obr. 24 a 25 (mapování bobřích hrází), kde máme možnost sledovat změny výšky bobřích hrází.

Proložením dvou podélných profilů Mrtvého potoka jsme schopni říci, že aktivita bobra evropského v dané lokalitě sílí. Bobr své hráze opravuje a ty mají stále trvajících a v mnoha případech zlepšené schopnosti nalepšení vodní hladiny a zadržování sedimentů.

## 7.5 SL index

SL index ukáže prudkou změnu výšky ( $h$ ) ve vodním toku a vyznačí ji náhlým vzrůstem hodnoty SL (osa  $y$ ) a jejím opětovným poklesem. SL index vypočtený z vodní hladiny (obr. 36) vykazuje hodnotově větší změny než druhý SL index (obr. 37) vypočtený z výšky sedimentů. To je dáno velkou změnou mezi měřeními nad hrází a pod hrází, kde výška vodní hladiny může klesnout i o výšku celé hráze (ta může mít i kolem 127 cm).

Druhý SL index (obr. 37) vypovídá o výskytu možné bobří hráze zvýšením sedimentů nahromaděných nad hrází a následným poklesem pod hrází. Jedná-li se o vydlážděnou část Mrtvého potoka, pak výkyvy zobrazené SL indexem na obrázku 37 jsou pravděpodobně zapříčiněné zvyšujícím se ukládáním sedimentů nad hrází.

Na obr. 38 je v horní části znázorněn SL index vypočítaný z výšek hladin, ve spodní části je znázorněn podélný profil části Mrtvého potoka z března 2015. SL index přehledně znázorňuje změnu výšky hladiny, a tak informuje o možném výskytu bobří hráze. Nezahrnuje v sobě však další ukazatele a parametry, takže hráze, které zadrží nejvíce vody (velké nalepšení vodní hladiny) a nejvíce sedimentů, nemusí v tomto měření SL indexu na základě změny výšky vodní hladiny vynikat.

Na obr. 36 jsou data od 700 m stejná s daty použitými v obr. 34 a 35, hodnoty SL jsou však jiné. To je dáno hodnotou  $L$  použitou ve vzorci dle Hacka (1973). Na obr. 36 si lze všimnout hodnoty SL na 3000 m od ústí Mrtvého potoka, která činí přibližně 120 a hodnoty SL na 400 m od ústí Mrtvého potoka, která činí přibližně 250. To však nekoresponduje s vygenerovaným podélným profilem v prostředí GIS, kde si lze naopak všimnout veliké výškové změny na hodnotě 3000 m od ústí Mrtvého potoka a jen mírné výškové změny na hodnotě 400 m od ústí Mrtvého potoka do potoka Kateřinského. Je zřejmé, že bobří hráz způsobuje daleko větší změny v charakteru vodního toku než samotný reliéf. Graf SL indexu na obr. 36 byl vytvořen ze známých výšek hladin. Na obr. 37, kde byly použité mocnosti sedimentů, je hodnota SL na 3000 m od ústí Mrtvého potoka velmi podobná hodnotám SL na konci sledovaného úseku, kde byla použita primární data z terénu.



Změna výšky sedimentů má tedy mnohem blíže k přirozeným změnám výšek v terénu, naopak změna výšky hladiny, vlivem bobřích hrází, je mnohem výraznější, o čemž jsme se přesvědčili použitím metody SL index.

## 7.6 Zachycení sedimentů bobří hrází a obtékání bobřích hrází

Z měření vyplývá, že bobří hráze dokážou zachytit prach + jíl, písek a štěrky, starší hráze vykazují větší množství zachycených sedimentů a díky tvorbě bobřích jezírek se ukládá i nejjemnější materiál (Levine a Meyer, 2013). Nejvíce materiálu je zadržováno bezprostředně nad bobří hrází, dále proti proudu záleží především na sklonu vodního toku a velikosti jezírka. Pod hrází se ve většině případů nachází minimum usazených sedimentů. Výjimkou byla hráz, nad kterou byl odebrán vzorek sedimentů BH a BH3. Pod touto hrází bylo nahromaděné vysoké množství sedimentů (mocnost až 40 cm). Příčinou mohlo být v minulosti zboření takto velké hráze nebo nahromadění sedimentů v důsledku obtékání ve větší míře bobří hráze a dotací materiálu ze zemědělské půdy. Tyto situace jsou zobrazeny na obrázcích 43 – 46. Voda, která obtéká hráz, může okamžitě za hrází natéct zpět do koryta toku a odnést ze zemědělské půdy materiál, kterým může dotovat sedimenty v toku. Odnesen je také půdní kryt, který může překrýt starší sedimenty toku. Vylitá voda při zvýšených vodních stavech či nenadálých situacích, které vedou ke zvýšení výšky vodní hladiny, může zůstat delší dobu mimo koryto toku a zaplavovat tak okolní břehy. I vlivem tohoto chodu vodního toku může docházet k erozi břehů.



Obr. 43: Bobří hráz a obtékání vody přes zemědělskou půdu, 7. 9. 2014



Obr. 44: Bobří hráz a obtékání vody přes zemědělskou půdu, 7. 9. 2014

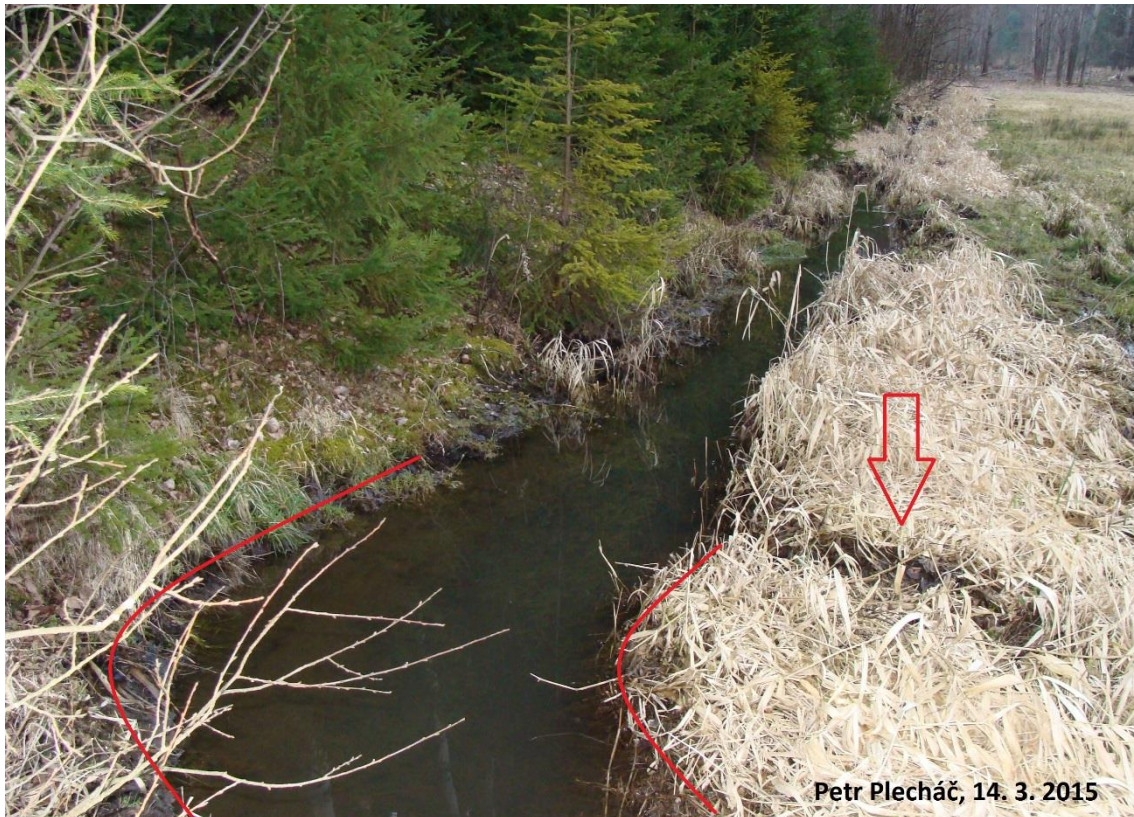


Obr. 45: Bobří hráz a obtékání vody přes zemědělskou půdu, 14. 3. 2015



Obr. 46: Bobří hráze a obtékání vody přes zemědělskou půdu, 14. 3. 2015

Po zboření hráze lze vidět na obrázku 39 vymleté břehy, které mohly být způsobené činností bobra. Ten při stavění bobřích hrází nevyužívá jen dřevo, ale v některých případech i bahno. Další možnou dotací sedimentů jsou skluzavky bobra evropského, kterými se dostává z koryta toku ven nebo zpět do koryta. Ty jsou k vidění na mnoha místech na březích toku, příkladem obr. 47. Vodní tok nemá pouze transportační a akumulaci vlastnosti, ale sám eroduje, a to zařezáváním do dna koryta nebo rozšiřováním koryta boční erozí. Boční eroze je patrná na některých částech toku vznikajícím meandrováním, v tomto stádiu spíše zákruty toku. Tento jev může také zapříčinit dotování sedimentů v toku (obr. 47).



Obr. 47: Vyznačené zákruty na Mrtvém potoce a vyhloubená bobří skluzavka

Výzkum v USA prokázal, že uprostřed bobřích jezírek je více jemného materiálu a u hráze je materiál hrubší (Butler a Malanson, 1995). Bobřími hrázemi velmi často protéká voda, a proto může být jemnější materiál v blízkosti bobřích hrází odplaven touto cestou.

Na podélném profilu toku (obr. 31, obr. 32) je v úseku přibližně 200 - 350 m patrné, že absence bobřích hrází způsobuje téměř nulové usazování sedimentů, zrychluje proud toku a zmenšuje výšku vodní hladiny.

### 7.7 Sedimentologická analýza

Vzorky BH a BH3 odebrané v bobřím jezírku na Mrtvém potoce i vzorek BH2 odebraný v Kateřinském potoce obsahují vysoký podíl písku, méně štěrku a nejméně prachu + jílu. Tento předpokládaný scénář byl podložen zahraničním výzkumem provedeným vědci Bigler et al. (2013), kde nebyli schopni nalézt žádnou zákonitost v zrnitostním složení sedimentů ve vztahu ke stářím bobřích hrází ani poloze hrází. Stejně jako autory článku i touto prací bylo potvrzeno, že starší hráze zadržují více sedimentů.

Na obr. 27 (vzorek BH2) můžeme zaznamenat klesající podíl štěrku směrem od báze (dna)

směrem k hladině. Vysvětlení bychom mohli hledat v příchodu bobra evropského, postavení hráze a nalepšení vodní hladiny. Nalepšením vodní hladiny ztratí vodní tok určitou část své unášecí schopnosti a v daném jezírku se mají možnost jemně zrnité frakce lépe usazovat. To by znamenalo, že se nám podařilo odebrat i část sedimentů ještě před příchodem bobra evropského. Příchod a aktivita bobra je velmi dobře pozorovatelná v sedimentech, neboť ty obsahují více organického materiálu. V kap. 6.2 rozebírám vzorek BH2 a můžeme si všimnout, že se v popisovaných spodních částech vzorku nezmiňují o žádném organickém materiálu, o něm se zmiňují až u vyšších partií sedimentárního jádra, konkrétně se jedná o část BH2 50 – 70 cm.

Z dostupných údajů můžeme prohlásit, že bobe evropský přišel na danou lokalitu v určitém období, které se nám podařilo zachytit na obr. 27 vzorku BH2 50 – 70 cm jako část značnou číslicí 6.

Při porovnání vzorků BH a BH3 ze stejného bobřího jezírka na Mrtvém potoce vidíme větší podíl šterku u vzorku BH3 a téměř totožný podíl prachu + jílu u obou vzorků. Oba dva vzorky mají stejnou délku 25 cm, vzorek BH3 je o 30 g těžší (větší podíl šterku).

## **7.8 Objem zadržovaných sedimentů bobřími hrázemi**

Bobří hráze zadržují nejvíce sedimentů těsně nad hrází, se vzdáleností od hráze mocnost sedimentů klesá. Zvolená měřená hráz byla pro lépe vypovídající hodnotu rozdělena na několik úseků dle provedených terénních měření.

Průměrná výška hráze při měření 2. podélného profilu toku byla 69,14 cm.

Průměrná výška hráze 69,14 cm byla ovlivněna vyšším počtem nižších hrází.

Změřená velká hráz zadržuje téměř 8 krát více sedimentů než změřená malá hráz. Hodnoty zadržovaného objemu mokrého sedimentu uvedené v kapitole 6.6 mohou být ovlivněné nepřesností ve výpočtu příčného řezu bobřího jezírka a průměrováním naměřených a vypočítaných hodnot. Objem mokrého sedimentu se svou velikostí značně liší od objemu suchého sedimentu. Zrnitostní složení odebraných sedimentárních jader, kde byl vypočten objem zadržovaného mokrého sedimentu, je zobrazeno na obr. 26 (vzorek BH) a obr. 28 (vzorek BH3).

## 7.9 Rychlost usazování sedimentů

Sedimenty byly měřeny opakovaně nad i pod hrází a v pravidelných úsecích mezi hrázemi. Graficky jsou změny vidět při porovnání prvního podélného profilu z října 2014 a druhého podélného profilu z března 2015 (obr. 42). Výrazná změna v množství zadržených sedimentů bobřími hrázemi v Mrtvém potoce může pravděpodobně vzniknout především kvůli náhlým zásahům, ať už se jedná o zvýšení vodní hladiny a průtoku vlivem tání sněhu, či vypouštěním rybníků spadajícího do povodí Mrtvého potoka, popřípadě zásahem člověka v podobě ničení hrází a škozením bobrům, což je v České republice zakázáno.

Daná hráz byla poprvé zaznamenána v dubnu roku 2014 a naposledy v červnu roku 2015. Její stáří je tedy jistě větší než 1 rok. Jelikož se jedná o vydlážděný segment Mrtvého potoka a mocnost sedimentů je v tomto bobřím jezírku 50 cm, bobří hráz působí funkčně, ale relativně staře. Bobr ji udržuje, přidává nový materiál. Skutečnost, že se na daném potoku nachází přibližně 22 funkčních hrází, které bobr jistě stavěl delší dobu, mi dává informace, že daná hráz bude starší než jeden rok. Hráz je také v blízkosti bobřího hradu, a tak se domnívám, že byla postavena jako jedna z prvních hrází na Mrtvém potoku.

Při konzultaci s majitelem pozemku, kde se daný segment Mrtvého potoka nachází, jsem se dozvěděl, že bobr evropský přišel na Mrtvý potok již po revoluci (1990). Sám je majitelem pozemků od roku 2004 a bobří hráze tam při koupi pozemku již byly, bohužel si o bobřích hrázích nevedl žádné záznamy až do loňského roku (2014). Při úvaze, že stáří bobří hráze je 11 let (od 2004), vychází rychlost usazování sedimentů přibližně na 4,5 cm za rok.

Butler a Malanson citují ve svém článku výzkumníky Devita a Dillona (1993), kteří změřili rychlost usazování 0,35 – 0,6 cm za rok. Sami provedli výzkum a naměřili hodnoty 3 – 6,5 cm za rok (Butler a Malanson, 2004). Mnou provedený výzkum rychlosti usazování sedimentů s výsledkem 2 – 50 cm za rok je tak zřejmě velmi hrubě odhadnut. Při realističtější odhadu stáří hráze na minimálně 5 let je rychlost usazování sedimentů vypočtena od 2 – 10 cm za rok, tak se dostáváme velmi blízko výsledkům Butlera a Malanona (2004). Do provedeného výpočtu vstupuje několik nejasností. Bylo provedeno pouze zjištění relativního stáří bobřích hrází a není jisté, jak přesně dlouho zde daná hráz stojí. S každým přidaným nebo odebraným rokem by se vypočtená rychlost sedimentace změnila. Dá se však předpokládat, že daná bobří hráz je spíše mladší než 25 let a nestojí zde již od roku 1990, kdy se bobr evropský na zkoumaném území prokazatelně usídlil. Do výpočtu vstupují i další faktory, jako například již usazený materiál na dně koryta toku ještě před příchodem bobra evropského.

Z terénního měření je zjištěno, že v úsecích toku Mrtvého potoka bez bobří hráze, s vydlážděným dnem, se nachází minimum sedimentů (do 2 cm).

Z přečtených článků se nepodařilo zjistit, přesně v jaké vzdálenosti od koruny hráze výzkumníci měřili mocnost sedimentů k provádění odhadu rychlosti usazování. Tu může ovlivnit také horninové složení v dané lokalitě a míra jeho eroze.

### **7.10 Oprava bobří hráze na 860 m**

Podle provedených měření bobr evropský své hráze udržuje, především pak ty, které má v blízkosti svého bobřího hradu. Nové kusy dřeva na takovýchto hrázích byly zaznamenány při každém měření od dubna 2014 do června 2015.



Obr. 48: První bobří hráz pod bobřím hradem, 28. 7. 2014



Obr. 49: První bobří hráz pod bobřím hradem s vyznačením nového materiálu, 28. 9. 2014



Obr. 50: První hráz pod bobřím hradem s vyznačením nového materiálu, 14. 3. 2015

### 7.11 Změna koryta toku

I když uložené sedimenty nemusí mít stálé trvání (především jemné sedimenty), bobří činností může být tok ovlivněn na delší časové období (Levine a Meyer, 2013). Vodní tok s bobřími hrázemi, se zmenšenou rychlostí proudu a sklonu, může a ve většině případů začíná meandrovat. Meandry se časem mohou tzv. „zaškrtit“ a vznikají slepá ramena (Chábera, 1996). Bobr svým chováním mění charakter vodního toku a ten začíná meandrovat. Přírodním vývojem meandru je slepé rameno, které se v budoucnu může na Mrtvém potoku objevit. Levine a Meyer (2013) na Odell Creek zaznamenal i tvorbu více vlákněného kanálu, kdy byl vodní tok nucen najít si nové přesbřehové kanály při obtékání některých



hrází. Tento úkaz je velmi podobný úseku Mrtvého potoka na obr. 46 v období března 2015. Zde k tvorbě více vláknenného kanálu nedošlo z důvodu malého sklonu terénu.

## 8 Závěr

Monitoring oblasti Mrtvého potoka probíhal od dubna roku 2014 do června roku 2015. Během osmi měření byla zaznamenána lokace a výška bobřích hrází, mocnost sedimentů zadržovaných nad bobřími hrázemi, výška hladiny v korytu toku i zajímavé poznatky o chování bobra evropského. Tyto údaje, rozprostřené v čase, posloužily k pochopení jeho vlivu na krajinu, především na charakter vodního toku. Pro terénní i laboratorní výzkum byly použity odborné nástroje. Pro terénní výzkum: komorový a pístový vzorkovač, nivelační přístroj, laserový dálkoměr a pro laboratorní výzkum a zpracování dat: GIS, GRADISTAT. Dá se předpokládat, že ve sledovaném úseku působila pouze jedna rodina s neurčitým počtem členů. Dle výzkumu Markové (2014) přibližně 5.

Přesným zaměřením podélného profilu bylo dokázáno nalepšení vodní hladiny a snížení sklonu toku vlivem bobřích hrází.

Sedimentologickou analýzou byla zjištěna shoda se zahraničními výzkumy ve složení sedimentů a jejich diferenciaci v toku a bobřím jezírku. Sedimenty zůstávají ve větší míře na svém místě po zboření hráze, nejedná se tedy pouze o dočasně zadržené sedimenty. Vzorek BH2, odebraný na Kateřinském potoce, který sloužil pro porovnání chodu sedimentů se vzorky BH a BH3 odebranými na Mrtvém potoce, svým složením podpořil sedimentologickou analýzu vzorku ze sledovaného území. Průměr procentuálního zastoupení tří sledovaných složek ze vzorků BH a BH3 je 10,8 % prachu + jílu, 64,8 % písku a 24,4 % štěrku.

Mapováním a měřením bobřích staveb bylo zjištěno, že bobr své stavby opravuje, po zbourání staví hráze nové, velmi blízko té zbourané. Výška hrází se mění vinou jejich chátrání (zmenšování) či jejich opravou a přidáváním nového materiálu (zvyšování). Počty hrází se mění, při posledním měření 14. 3. 2015 bylo na Mrtvém potoce zaznamenáno 22 funkčních hrází.

Celkový odhadovaný mokrý objem zadržovaných sedimentů bobřími hrázemi na Mrtvém potoku je 113,68 – 139,81 m<sup>3</sup>.

Rychlost sedimentace na Mrtvém potoku je 4,55 – 5,59 m<sup>3</sup> sedimentů za rok.

## 9 Souhrn

Cílem práce bylo zkoumání dynamiky sedimentů v bobří aktivitou ovlivněném segmentu Kateřinského potoka. Monitoring se později zúžil na segment Mrtvého potoka, kde bylo možné sledovat změny charakteru toku vlivem působení bobra evropského a provádět dílčí výzkumy od dubna roku 2014 do června roku 2015. Bobří hráze se nacházely převážně na úseku Mrtvého potoka do 1 km vzdušnou čarou (1 230 m po vodním toku) od soutoku s Kateřinským potokem. Jejich počet se v průběhu času měnil, při každém měření bylo zaznamenáno přibližně 22 hrází různých délek, výšek, stáří a funkčnosti. Bobří populace byla aktivní ve všech ročních obdobích, při každém měření byly zaregistrovány nové okusy dřeva pro tvorbu či opravu stávajících hrází, nebo na potravu.

Výsledky sedimentologické analýzy byly porovnány s měřeními na Kateřinském potoce i s měřeními publikovanými v podobě zahraničních odborných článků.

V období bezprostředně před zahájením terénního měření byla studována cizojazyčná literatura s danou problematikou.

V okolí Mrtvého potoka se vyskytuje aktivní populace bobra evropského a dochází k zadržování a usazování sedimentů. Důsledkem toho se plní koryto toku sedimenty (převážně v úsecích nad bobřími hrázemi), dochází k vylévání toku z koryta a jejímu následnému vracení zpět, přičemž jistou měrou dochází k erozi břehu a ovlivnění dynamiky sedimentů.

Klíčová slova: bobr evropský, CHKO Český les, dynamika sedimentů, Kateřinský potok, Mrtvý potok

## 10 Summary

The aim of the work was to examine the sediment dynamics in the segment of the Kateřinský stream influenced by beaver activity. Monitoring was later limited to the segment of the Mrtvý stream area where it was possible to monitor the changes in the flow caused by the influence of European Beaver and carry out partial research from April 2014 to June 2015. Beaver dams were found mainly in the section of Mrtvý stream up to 1 kilometre air distance (1230 m on the water bed) from the confluence with Kateřinský stream. Their number was changing during the course of time, and at each measurement approximately 22 dams were recorded of various length, height, age and functionality. Beaver population was active in all seasons, at every measurement new wood cutting were noticed for building or repairing the existing dams or for food provision.

The results of sediment analysis were compared to the measurements on the Kateřinský stream as well as with measurements published in articles in foreign journals.

In the period preceding the field measurements foreign literature was studied dealing with the given topic.

In the surroundings of the Mrtvý stream active population of European beaver can be found and retaining and embedding of sediments occur. As a result the stream bed is filled with sediments (mainly in the sections above beaver dams), spillways and passage ways change, which causes certain bank erosion and changes in sediment dynamics.

Key words: European beaver, protected landscape area Český les, sediment dynamics, Kateřinský stream, Mrtvý stream

## 11 Seznam použité literatury

- 1) Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky: *Správa CHKO Český les*. [online]. [cit. 2015-04-04]. Dostupné z: <http://ceskyles.ochranaprirody.cz/zakladni-udaje-o-chko/geomorfologie/>
- 2) Antonín Košnář. *E-mail* [online]. 12 března 2015; 07:30 [cit. 2015-04-03]. Dostupné z: Internet.
- 3) Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky: *Správa CHKO Český les*. [online]. [cit. 2015-04-04]. Dostupné z: <http://ceskyles.ochranaprirody.cz/zakladni-udaje-o-chko/fauna/>
- 4) BEIER, Paul a BARRETT. *Beaver habitat use and impact in truckee river basin, California*. 1987, s. 794 - 799.
- 5) BIGLER, Wendy, David R. BUTLER a Richard W. DIXON. *Beaver pond sequence morphology and sedimentation in northwestern Montana*. Taylor & Francis. 2013, s. 531 - 540.
- 6) BURCHSTED, D., DANIELS, M.D., 2014. *Classification of the alterations of beaver dams to headwater streams in northeastern Connecticut, U.S.A.*. *Geomorphology* 205, s. 36-50.
- 7) BUTLER, D.R., MALANSON, G.P., 1995. *Sedimentation rates and patterns in beaver ponds in a mountain environment*. *Geomorphology* 13 (1-4), s. 255-269.
- 8) BUTLER, D.R., MALANSON, G.P., 2004. *The geomorphic influences of beaver dams and failures of beaver dams*. *Geomorphology* 71 (1-2), s. 48-60.
- 9) BUTLER, D.R., 2006. *Human-induced changes in animal populations and distributions, and the subsequent effects on fluvial systems*. *Geomorphology* 79 (3-4), s. 448-459.
- 10) CELHÁRIKOVÁ P. (2010): *Bobr evropský (Castor fiber) v západních Čechách*. In: Brabec J. (ed.): *Přírodní fenomény a zajímavosti západních Čech*. Občanské sdružení Mezi lesy, Prostiboř, s. 111 – 127.
- 11) ČESKÁ GEOLOGICKÁ SLUŽBA. *Geologická mapa 1: 50 000* [online]. [cit. 2015-04-04]. Dostupné z: [http://mapy.geology.cz/geocr\\_50/](http://mapy.geology.cz/geocr_50/)
- 12) ČESKÁ GEOLOGICKÁ SLUŽBA. *Hydrogeologická rajonizace* [online]. [cit. 2015-04-04]. Dostupné z: [http://mapy.geology.cz/hydro\\_rajony/](http://mapy.geology.cz/hydro_rajony/)

- 13) Český hydrometeorologický ústav: *Meteorologická stanice Přimda*. In: [online]. 2010, 2015 [cit. 2015-04-04]. Dostupné z:<http://pr-asv.chmi.cz/opssapp/stanice.php?ukazatel=primda>
- 14) Český hydrometeorologický ústav: *Předběžné hydrometeorologické shrnutí průběhu povodně v červnu 2013*. [online]. 2013. [cit. 2015-06-14]. Dostupné z: [http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/news\\_130627\\_usneseni\\_povodnove\\_komise/\\$FILE/OTM\\_CHMU\\_20130627.pdf](http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/news_130627_usneseni_povodnove_komise/$FILE/OTM_CHMU_20130627.pdf)
- 15) Český rybářský svaz: *MO Tachov*. [online]. [cit. 2015-04-04]. Dostupné z: <http://cesky-rybarsky-svaz-tachov.sluzby.cz/>
- 16) DEVITO, K.J. and DILLON, P.J., 1993. *Importance of runoff and winter anoxia to the P and N dynamics of a beaver pond*. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 50: s. 2222-2234.
- 17) Elektronický taxonomický klasifikační systém půd ČR. [online]. [cit. 2015-04-04]. Dostupné z:<http://klasifikace.pedologie.cz/>
- 18) EPA: *Land Use Land Cover* [online]. [cit. 2015-06-20]. Dostupné z: <http://www.epa.ie/soilandbiodiversity/soils/land/#.VYV9uvntmko>
- 19) ESRI. 2010. ArcGIS 10.2 for Desktop
- 20) Geomorfologické celky: *Lexikon tvarů reliéfu České republiky*. [online]. 2010 [cit. 2015-04-03]. Dostupné z:<http://geography.upol.cz/soubory/studium/e-ucebnice/Smolova-2010/lexikon/fluvialni/meandr.html>
- 21) Geoportál: *Mapy*. [online]. 2015. [cit. 2013-04-03]. Dostupné z: <http://geoportal.gov.cz/web/guest/map?q=Brni%C5%A1t%C4%9B>
- 22) Geoportál ČÚZK, Základní mapa ČR 1 : 10 000/barevná bežešvá. Dostupné z: [http://geoportal.cuzk.cz/\(S\(5wxw1ewudssl0v32txxdguwx\)\)/Default.aspx?head\\_tab=sekce-01-gp&mode=Mapa&menu=11&news=yes&side=prohlizet#](http://geoportal.cuzk.cz/(S(5wxw1ewudssl0v32txxdguwx))/Default.aspx?head_tab=sekce-01-gp&mode=Mapa&menu=11&news=yes&side=prohlizet#)
- 23) GOOGLE. *Maps*. [online]. 2015. [cit. 2015-04-03]. Dostupné z:<https://www.google.cz/maps/@49.6680449,12.5717668,12z?hl=cs>
- 24) HACK, J. T., 1973, Stream – profile analysis and stream – gradient index: U. S. Geol. Survey Jour. Research, v. 1, no. 4, p. 421 - 429
- 25) CHÁBERA, Stanislav. *Geomorfologie*. Vyd. 1. České Budějovice: Jihočeská univerzita, 1996, s. 151 ISBN 80-7040-208-3.
- 26) CHLUPÁČ, Ivo. *Geologická minulost České republiky*. Vyd. 1. Praha: Academia, 2002, s. 436. ISBN 80-200-0914-0.
- 27) KRAFT, Jaroslav. *Základy geologie pro geografy*. Vyd. 1. Plzeň: Vydavatelství ZČU, 1996, s. 125. ISBN 80-7082-298-8.

- 28) KRAJSKÝ ÚŘAD PLZEŇSKÉHO KRAJE. *Český les – jih*, analytická část. 2009, s. 117. Dostupné z: <http://www.plzensky-kraj.cz/cs/article/uzemni-studie-cesky-les-jih>
- 29) KUKAL, Zdeněk a REICHMANN, František. *Horninové prostředí České republiky. Jeho stav a ochrana*. Vyd. 1. Praha: Český geologický ústav, 2000, s. 192. ISBN 80-7075-413-00
- 30) Kontaminace: Cenia. NIKM. [online]. [cit. 2015-04-03]. Dostupné z: <http://kontaminace.cenia.cz/>
- 31) KOSTKAN V. (2000): *Ekologická nika bobra evropského (Castor fiber L.) v CHKO Litovelské Pomoraví*. Katedra ekologie, PŘF UP Olomouc. Disertační práce, nepubl.: s. 1 – 100.
- 32) KOZÁK, Josef a kolektiv. *Atlas půd České republiky*. 2., upr. vyd. Praha: ČZU Praha, 2009, 150 s. ISBN 978-80-213-2008-6.
- 33) KVĚTOŇ, V., ZAHRADNÍČEK, J., ŽÁK, M., 2004. *Kontrola kvality a digitalizace ombrogramů v Českém hydrometeorologickém ústavu*. Meteorologické Zprávy, roč. 57, 4. 2, s. 47 – 52.
- 34) LEVINE, R., MEYER, G.A., 2014. *Beaver dams and channel sediment dynamics on Odell Creek, Centennial Valley, Montana, USA*. *Geomorphology* 205, s. 51-64.
- 35) LOŽEK, Vojen. *Zrcadlo minulosti. Česká a slovenská krajina v kvartéru*. Vyd. 2. Praha: Dokořán, 2007, s. 198. ISBN 978-80-7363-340-0.
- 36) MARKOVÁ, Kateřina. *Populace bobra evropského (Castor fiber) v CHKO Český les*. České Budějovice, 2014. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Vedoucí práce doc. RNDr. Ing. Josef Rajchard, Ph.D.
- 37) MEENTEMEYER, R. K., BUTLER, D.R., 1999, *Hydrogeomorphic effects of beaver dams in Glacier National Park, Montana*. *Physical Geography* 20, s. 436 – 446.
- 38) Miall, A.D., 2006. *The geology of fluvial deposits: sedimentary facies, basin analysis and petroleum geology*. Springer-Verlag, Berlin. s. 582.
- 39) NYSSSEN, J., J. PONTZEELE a P. BILLI. *Effect of beaver dams on the hydrology of small mountain streams: :Example from the Chevral in the Ourthe Orientale basin, Ardennes, Belgium*. *Geomorphology* 205. 2011, s. 92 - 102.
- 40) PAUK, František a Vladimír HABĚTÍN. *Geologie pro zeměpisce*. 1. vydání. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, n. p., v Praze, 1979, s. 224

- 41) Pegel im Donaugebiet: Pfrentsch / Pfreimd. HND BAYERN. [online]. [cit. 2015-04-03]. Dostupné z:  
[http://www.hnd.bayern.de/pegel/stammdaten/pegel\\_stammdaten.php?pgnr=14361206&standalone=](http://www.hnd.bayern.de/pegel/stammdaten/pegel_stammdaten.php?pgnr=14361206&standalone=)
- 42) PETRÁNEK, Jan. *Geologická encyklopedie*: On-line. In: [online]. 2007 [cit. 2015-04-04]. Dostupné z:  
<http://www.geology.cz/aplikace/encyklopedie/term.pl?krystalinikum>
- 43) SEZNAM. *Mapy*. [online]. 2015. [cit. 2015-04-03]. Dostupné z:  
<http://www.mapy.cz/zakladni?x=12.5688744&y=49.6708497&z=13&q=ho%C5%A1%C5%A5ka>
- 44) STACKE, Václav. *Holocenní vývoj údolních niv v předpolí Západních Beskyd: na příkladu řeky Bečvy*. Ostrava, 2013. Disertační práce. Ostravská univerzita v Ostravě. Vedoucí práce doc. RNDr. Tomáš Pánek, PhD.
- 45) SUDA, J., 2005. *Geomorfologie*. In DUDÁK, V., (ed): *Český les: příroda – historie - život*. Baset, Praha. 25-38 s.
- 46) ŠAFÁŘ, J. (2002): Novodobé rozšíření bobra evropského (*Castor fiber* L., 1758) v České republice. *Příroda (AOPK ČR)* 13: s. 161 – 19.
- 47) TOLASZ, Radim. *Atlas podnebí Česka: Climate atlas of Czechia*. Vyd. 1. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 2007, s. 255. ISBN 978-80-86690-26-1.
- 48) TROIANI, Francesco, Jorge P. GALVE, Daniela PIACENTINI, Marta Della SETA a Jesús GUERRERO. Spatial analysis of stream length-gradient (SL) index for detecting hillslope processes: A case of the Gállego River headwaters (Central Pyrenees, Spain). *Geomorphology*. 2014, s. 183 - 197.
- 49) TRUPL, J., 1958. *Intenzity krátkodobých dešťů v povodí Labe, Odry a Moravy*. Práce a studie, seš. 97. Praha: VÚV. s. 76
- 50) VANĚČKOVÁ, Lenka. *Vliv bobřích hrází na hydromorfologické podmínky toků Kateřinské kotliny*. Plzeň, 2012. Bakalářská práce. ZČU v Plzni. Vedoucí práce RNDr. Jan Kopp, Ph. D.
- 51) VLČEK, V. 1984. *Vodní toky a nádrže*. Zeměpisný lexikon ČSR, 1. vyd. Praha: Academia. s. 316
- 52) VOREL, A., BARTÁK, V., ŠÍMOVÁ, P., KORBELOVÁ, J., HAMŠÍKOVÁ, L. (2011): Kolik se k nám vejde bobrů? - potenciální kapacita populace bobra evropského v ČR. In: *Sborn. Zoologické dny, Brno 2011*. Sborník abstraktů z konference 17. – 18. února 2011, s. 250.



- 53) VOREL, A., ŠÍMA, J., UHLÍKOVÁ, J., PELTÁNOVÁ, A., MINÁRIKOVÁ, T., ŠVANYGA, J. (2013): Program péče o bobra evropského v České republice. AOPK a MŽP ve spolupráci s ČZU v Praze Fakulta životního prostředí, nepubl.
- 54) ZAJÍČEK, Roman a VLAŠÍN, Mojmír. *Návrat bobrů*. Brno: EkoCentrum, 1992, s. 23
- 55) Záchrané programy ohrožených druhů: *Bobr evropský (castor fiber)*. [online]. 2007 [cit. 2015-04-04]. Dostupné z: <http://www.zachraneprogramy.cz/index.php?docId=6811&parentId=6806&spec=zivocichove>
- 56) Zeměměřičský úřad vojenský, geografický a hydrometeorologický úřad. *Technická zpráva k digitálnímu modelu reliéfu 4. generace (DMR 4G)*. [online]. 2010, 2012 [cit. 2015-04-08]. Dostupné z: [http://geoportal.cuzk.cz/Dokumenty/TECHNICKA\\_ZPRAVA\\_DMR\\_4G\\_15012\\_012.pdf](http://geoportal.cuzk.cz/Dokumenty/TECHNICKA_ZPRAVA_DMR_4G_15012_012.pdf)
- 57) ZÍTEK, J. *Hydrologické poměry ČSSR: Díl I*. Text. Praha: HMÚ, 1965, s. 414
- 58) ZÍTEK, J. *Hydrologické poměry ČSSR: Díl II*. Text. Praha: HMÚ, 1967, s. 558
- 59) II. vojenské mapování: Františkovo. *Laboratoř geoinformatiky* [online]. [cit. 2015-04-03]. Dostupné z: [http://oldmaps.geolab.cz/map\\_root.pl?z\\_height=70&lang=cs&z\\_width=0&z\\_newwin=0&map\\_root=2vm](http://oldmaps.geolab.cz/map_root.pl?z_height=70&lang=cs&z_width=0&z_newwin=0&map_root=2vm)

## 12 Datové zdroje

1. Prohlížeč služba WMS – Ortofoto. Geoportál. ČÚZK
2. Prohlížeč služba WMS – ZM 10. Geoportál ČÚZK
3. ArcČR500. Geoportál. ČÚZK

### 13 Seznam obrázků a tabulek

Obr. 1: Žabí vajíčka v bobřím jezírku pořízena na sousedním Kateřinském potoku .....	11
Obr. 2: Mapa území s vyznačením Mrtvého potoka a jeho pravostranného přítoku. Podkladová data: ČÚZK (2015).....	15
Obr. 3: Mapa České republiky s vymezeným územím a Mrtvým potokem. Podkladová data: ČÚZK (2015).....	16
Obr. 4: Mapa znázorňující soutok Mrtvého potoka s Kateřinským potokem. Ten v Německu pod názvem Pfreimd protéká hydrologickou stanicí. Podkladová data: Google, mapy (2015).....	17
Obr. 5: Vodní stav v jednom sledovaném týdnu, poslední čtení 21. 3. 2015 v 15:00 činí 131 cm. Zdrojová data: HND.BAYERN.DE (2015).....	18
Obr. 6: Vodní stav za jeden sledovaný měsíc. Zdrojová data: HND.BAYERN.DE (2015)	19
Obr. 7: Vodní stav od posledního měření rok zpětně. Zdrojová data: HND.BAYERN.DE (2015) .....	19
Obr. 8: Vodní stav za celé dostupné sledované období. Zdrojová data: HND.BAYERN.DE (2015) .....	20
Obr. 9: Průtok vody v metrech krychlových za vteřinu v jednom sledovaném týdnu. Zdrojová data: HND.BAYERN.DE (2015).....	20
Obr. 10: Průtok vody v metrech krychlových za vteřinu za poslední rok. Zdrojová data: HND.BAYERN.DE (2015) .....	21
Obr. 11: Průtok vody v metrech krychlových za vteřinu za celé dostupné sledované období. Zdrojová data: HND.BAYERN.DE (2015).....	22
Obr. 12: Geologická mapa zkoumaného území. Podkladová data: geologická mapa 1:15 000 (2015) .....	24
Obr. 13: Meteorologická stanice Přimda. Zdrojová data: převzato z CHMI (2015).....	25
Obr. 14: Mapa zájmového území a CORINE Land Cover z roku 2006 s vyznačeným Mrtvým potokem. Podkladová data: Geoportál.gov (2015).....	28
Obr. 15: Metoda měření výšky hrází, měřeno 14. 3. 2015 .....	31
Obr. 16: Použité nářadí při odběru sedimentů (komorový a pístový vzorkovač, kladivo a kovová tyč) .....	36
Obr. 17: Sedimentární jádro, součást vzorku BH2 .....	36
Obr. 18: Retch AS200 Basic v laboratorních prostorách ZČU v Plzni .....	38
Obr. 19: Znázornění výpočtu SL indexu. Zpracování dle Hacka 1973 (2015) .....	39

Obr. 20: Mapa zkoumaného území s vyznačením Mrtvého potoka pro měření SL indexu od pramene po soutok s Kateřinským potokem. Podkladová data: ČÚZK (2015) .....	41
Obr. 21: Mapa zkoumaného území s vyznačením Mrtvého potoka pro měření SL indexu od lokálního pramene po soutok s Kateřinským potokem. Podkladová data: ČÚZK (2015) ..	42
Obr. 22: Grafické a početní znázornění výpočtu průměrné šířky hladiny sedimentů a průměrné šířky vodní hladiny, plochy hladiny sedimentů a objemu zadržovaných sedimentů ve zkoumaném segmentu vodního toku nad bobří hrází (vzor) .....	44
Obr. 23: Znázornění výpočtu šířky hladiny sedimentů v daném bodě.....	45
Obr. 24: Mapování bobřích hrází, říjen 2014. Podkladová data: ČÚZK (2015).....	47
Obr. 25: Mapování bobřích hrází, březen 2015. Podkladová data: ČÚZK (2015).....	48
Obr. 26: Profily zrnitosti dvou odebraných sedimentárních jader. Poloha míst odběru viz obr. 29.....	52
Obr. 27: Značení částí sedimentárního vzorku BH2, kde část 8 je nejnižše položená část vrtu (báze) a část 3 je nejvýše položená část vrtu .....	52
Obr. 28: Profil zrnitosti vzorku BH3 .....	54
Obr. 29: Mapa zkoumaného území s vyznačenými místy odběrů. Podkladová data: ČÚZK (2015) .....	55
Obr. 30: Granulometrická analýza vzorků BH, BH2 a BH3 .....	56
Obr. 31: Podélný profil vybrané části Mrtvého potoka v období říjen 2014.....	58
Obr. 32: Podélný profil vybrané části Mrtvého potoka v období březen 2015 .....	58
Obr. 33: Podélný profil vybraného úseku Mrtvého potoka.....	59
Obr. 34: SL index pro část Mrtvého potoka (obr. 21), hodnota SL byla vypočtena z naměřených výšek vodní hladiny. Podkladová data: DMR4G (2015).....	60
Obr. 35: SL index pro část Mrtvého potoka (obr. 21), hodnota SL byla vypočtena z naměřených výšek povrchu usazených sedimentů. Podkladová data: DMR4G (2015)...	61
Obr. 36: SL index pro Mrtvý potok od pramene po soutok s Kateřinským potokem (obr. 20), hodnota SL byly vypočtena z naměřených výšek vodní hladiny. Podkladová data: DMR4G (2015).....	62
Obr. 37: SL index pro Mrtvý potok od pramene po soutok s Kateřinským potokem (obr. 20), hodnota SL byla vypočtena z naměřených výšek povrchu usazených sedimentů. Podkladová data: DMR4G (2015).....	63
Obr. 38: SL index vypočtený z naměřených výšek hladin přiřazený k podélnému profilu toku z března 2015.....	64
Obr. 39: Obrázek zničené bobří hráze a pozůstatek sedimentů, 11. 10. 2014.....	66

Obr. 40: Bobří hráz a obtékání vody přes zemědělskou půdu, 4. 4. 2014.....	67
Obr. 41: Viditelné cestičky (skluzavky) bobra evropského, 14. 3. 2015 .....	68
Obr. 42: Proložení dvou zaměřených podélných profilů Mrtvého potoka .....	71
Obr. 43: Bobří hráz a obtékání vody přes zemědělskou půdu, 7. 9. 2014.....	73
Obr. 44: Bobří hráz a obtékání vody přes zemědělskou půdu, 7. 9. 2014.....	74
Obr. 45: Bobří hráz a obtékání vody přes zemědělskou půdu, 14. 3. 2015.....	74
Obr. 46: Bobří hráz a obtékání vody přes zemědělskou půdu, 14. 3. 2015.....	75
Obr. 47: Vyznačené zákruty na Mrtvém potoce a vyhloubená bobří skluzavka.....	76
Obr. 48: První bobří hráz pod bobřím hradem, 28. 7. 2014 .....	79
Obr. 49: První bobří hráz pod bobřím hradem s vyznačením nového materiálu, 28. 9. 2014 .....	80
Obr. 50: První hráz pod bobřím hradem s vyznačením nového materiálu, 14. 3. 2015 .....	80
Tabulka 1: Data z meteorologické stanice Přimda .....	25
Tabulka 2: Charakteristika klimatické oblasti MW4 dle Quittovy klasifikace (1975).....	26
Tabulka 3: Data zkoumání v dané lokalitě a prováděné činnosti .....	30
Tabulka 4: Rozbor vzorku BH .....	50
Tabulka 5: Rozbor vzorku BH2 .....	51
Tabulka 6: Rozbor vzorku BH3 .....	53

## 14 Přílohy



Obr 1: Největší hráz, 28. 7. 2014



Obr. 2: Vedoucí práce RNDr. Václav Stacke, Ph.D. a první hráz pod mostkem, 28. 7. 2014



Obr. 3: Velká bobří hráz, kde probíhal 22. 12. 2014 odběr vzorku BH, 7. 9. 2014



Obr. 4: Velká bobří hráz, kde probíhal 22. 12. 2014 odběr vzorku BH, 28. 9. 2014



Obr. 5: Měření pod „Velkou bobří hrází“, 28. 9. 2014



Obr. 6: Nedokonalé okusy, 28. 9. 2014



Obr. 7: Mostek a referenční bod, 28. 9. 2014



Obr. 8: Pokácený strom, dokonalý okus, 28. 9. 2014





Obr. 9: Lokální pramen Mrtvého potoka, autor práce, 28. 9. 2014



Obr. 10: Nivelační přístroj a natažení pásma, 10. 11. 2014



Obr. 11: Bobří hrad, 14. 3. 2015



Obr. 12: Velká bobří hráz, kde probíhal 22. 12. 2014 odběr vzorku BH, 14. 3. 2015



Obr. 13: Velká bobří hráz, kde probíhal 22. 12. 2014 odběr vzorku BH, 14. 3. 2015 (2)



Obr. 14: První hráz pod mostkem s referenčním bodem, 14. 3. 2015



Obr. 15: Aktivita bobra, 14. 3. 2015



Obr. 16: Bobrem dokonale zpracovaný velký kus dřeva, 14. 3. 2015



Obr. 17: Vydlážděná část toku bez bobří hráze, 14. 3. 2015