

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ
KATEDRA APLIKOVANÉ EKOLOGIE



Svatava – vliv hornické činnosti na kvalitu vody

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vedoucí práce: doc. RNDr. Pecharová Emilie, Csc.
Zpracovala: Bc. Petra Míšková

2014

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra aplikované ekologie

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Míšková Petra

Regionální environmentální správa - kombinované Karlovy Vary

Název práce

Svatava - vliv hornické činnosti na kvalitu vody

Anglický název

Svatava - impact of mining activities on water quality

Cíle práce

Podrobné sezónní vyhodnocení ovlivnění vodoteče Svatava vypouštěním důlbích vod z oblasti Velké podkrušnohorské výsypky v oblasti Luhu na Svatavou. Návrh možných řešení pro zlepšení ekologického stavu vodoteče.

Metodika

S využitím multiparametrické sondy YSI provést podrobné proměření vodního toku v oblasti Luhu na Svatavou dle předem definované sítě. Monitorovány budou následující parametry: teplota vody, vodivost, pH, rozpuštěný kyslík, ORP. V předem definovaných profilech bude sledováno poměrné zastoupení bentických organismů.

Harmonogram zpracování

Duben – květen 2013: zpracování literární rešerše k problematice DP z české i zahraniční literatury

Květen – říjen 2013: terénní šetření (1x měsíčně)

Září – listopad 2013: zpracování dat a vyhodnocení dat

Prosinec 2013: předložení zpracovaných výsledků práce

Leden 2013: zpracování diskuse k DP

Únor 2013: první verze DP

working copy working copy working copy working copy working copy working copy working copy working copy working copy working copy

Rozsah textové části

40 stran

Klíčová slova

kvalita povrchových vod, důlní činnost, antropogenní ovlivnění toku, vodivost - rozpustěné látky

Doporučené zdroje informací

Schubert, A., Lellák, J. (1973): Život ve sladkých vodách .SPN Praha, 288 pp

Matoušková, M. (2008): Ekohydrologický monitoring vodních toků v kontextu evropské Rámcové směrnice o vodní politice 2000/60/ES - <http://web.natur.cuni.cz/geografie/vzgr/monografie/ekohydro/>

Plán oblasti povodí Ohře a Dolního Labe: http://www.poh.cz/VHP/pop/D/1_TEXTOVA_CAST/OH_Kapitola_D.pdf

Pitter Pavel: Hydrochemie [online]. Version 1.0. Praha : VŠCHT Praha, 2009 [cit. 2013-04-12]. P.0001. Available from [www: <http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_isbn-978-80-7080-701-9/pages-img/0001.html>](http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_isbn-978-80-7080-701-9/pages-img/0001.html). ISBN 978-80-7080-701-9

Hezina, T. (2001): Vliv rekultivačních prací na koncentrace železa a manganu ve výsypkových vodách a oživení malých vodních nádrží na Velké podkrusnohorské výspě. Dizertační práce. ZF JU České Budějovice.

Vedoucí práce

Pecharová Emilie, doc. RNDr., CSc.

Konzultant práce

Ing. Paver Richter

Elektronicky schváleno dne 19.11.2013

Elektronicky schváleno dne 18.12.2013

prof. Ing. Jan Vymazal, CSc.

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Vedoucí katedry

Děkan fakulty

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: **Svatava – vliv hornické činnosti na kvalitu vody** vypracovala samostatně pod vedením vedoucí diplomové práce Doc. RNDr. Emilie PECHAROVÉ, CSc., s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

V Radošově dne 17.4.2014

.....

Poděkování:

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucí své diplomové práce doc. RNDr. Emilii Pecharové, Csc. za odborné vedení a za poskytnutí podnětných informací a čas, který mi věnovala. Dále chci poděkovat paní RNDr. Ivaně Kašparové Ph.D. za poskytnutí dat pro práci v GIS a v neposlední řadě bych chtěla poděkovat své sestře Markétě Míškové, Bc. Miroslavě Pelantové a Martinu Bedrníkovi za jejich čas a spolupráci při provádění vlastních měření.

V Radošově dne 17.4.2014

.....

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá sledováním ovlivnění řeky Svatavy vodou vytékající z oblasti Velké podkrušnohorské výsypky v blízkosti malé osady Luh nad Svatavou. Vybrané území se nachází v Podkrušnohorské pánvi, která je velmi ovlivněna hornickou činností. Již od pohledu je zřejmé, že zde dochází k vysrážení sloučenin železa, v bezprostřední blízkosti toku se nacházejí rezavé sraženiny. Na řece Svatavě byla předem definována síť, dle které probíhalo měření v jednotlivých obdobích (červen, červenec, říjen a prosinec). Sledovány byly hodnoty teplota, pH, vodivost, salinita, oxidačně redukční potenciál a rozpuštěný kyslík. Byly zjištěny stavy a průtoky řeky Svatava v jednotlivých dnech měření. Následně byly z naměřených dat vypočítány průměry, maxima a minima a současně byla data zpracována v programu ArcGIS 9.3.

Klíčová slova: kvalita povrchových vod, důlní činnost, antropogenní ovlivnění toku, vodivost – rozpuštěné látky

Abstract

This thesis deals about monitoring of river Svatava and her interference by water flowing out of the Velká podkrušnohorská dump near the small village Luh nad Svatavou. The selected area is located in Podkrušnohorská basin, which is highly affected by mining activities. Visually shows evident precipitation of iron compounds in the immediate vicinity of the flow are rusty precipitate. On the river Svatava was pre-defined network, under which were measured in different periods (June, July, October and December). The observed values were temperature, pH, conductivity, salinity, redox potential, and dissolved oxygen. Were identified states and flows of the river Svatava in test days. Subsequently, the measured data was calculated (averages, maximum and minimum), and after data has been processed in the ArcGIS 9.3.

Keywords: quality of surface water, mining activity, anthropogenic influence on river, conductivity - solute

Obsah

1 Úvod.....	9
2 Cíle práce.....	10
3 Rešerše literatury.....	11
3.1 Těžba na Sokolovsku	11
3.1.2 Výsypky	12
3.2 Povrchové vody.....	13
3.2.1 Složení povrchových vod	14
3.2.2 Vodní toky.....	15
3.2.3 Malé vodní toky	15
3.2.4 Vybrané vlastnosti vod.....	15
3.2.5 Vybrané ukazatele a reakce.....	18
3.3 Důlní vody – vymezení pojmu	19
3.3.1 Charakteristika důlních vod	19
3.3.2 Čištění důlních vod.....	20
3.4 Jakost a monitoring vodních toků	23
3.4.1 Plánování v oblasti vod na území České republiky.....	23
3.4.2 Kvalita povrchových vod	23
3.4.3 Water Framework Directive 2000/60/EC	24
3.4.4 Ekohydrologické metody a přístupy	25
4 Metodika práce	27
4.1 Průběh měření	27
4.2 Popis úseku.....	28
5 Charakteristika zájmového území	29
5.1 Řeka Svatava	29
5.2 Velká podkrušnohorská výsypka	30
5.2.1 Vodní režim výsypky a její odvodnění	31
5.3 Přítok v blízkosti obce Luh nad Svatavou.....	31
5.4 Přírodní poměry vybrané oblasti	33
5.4.1 Klimatické poměry	33
5.4.2 Geomorfologie území.....	34
5.4.3 Geologie území	34
5.4.4 Hydrogeologie	35
5.4.5 Půdy.....	36
5.4.6 Využití území	38
5.4.6 Biogeografická specifikace	38
5.4.6.1 Lesní vegetační stupně	39
6 Výsledky.....	40
6.1 Přehled měření.....	40

První měření – 16.6.2013	41
Druhé měření – 21.7.2013.....	42
Třetí měření – 13.10.2013	43
Čtvrté měření – 22.12.2013.....	45
6.4 Shrnutí naměřených výsledků	46
7 Diskuse	48
7.1 Návrhy možných řešení.....	49
8 ZÁVĚR.....	51
Použité zdroje	52
Literatura	52
Internetové zdroje.....	56
Legislativa	56
Seznamy	57
Seznam obrázků	57
Seznam fotografií	57
Seznam tabulek	57
Seznam grafů.....	57
Seznam příloh.....	57
Přílohy	58

1 Úvod

Již od samého počátku existence lidstva dochází k ovlivňování krajiny antropogenní činností, která souvisí s nároky společnosti na uspokojování svých stále vzrůstajících potřeb. Těžba hnědého uhlí je významnou činností, které je ovlivňována nároky státního hospodářství na suroviny a energii. V důsledku těchto nároků dochází k výraznému ovlivňování krajiny.

Největší zásoby hnědého uhlí se nacházejí na severozápadě České republiky. Tato krajina byla v minulosti významně narušována povrchovou těžbou. Povrchová těžba uhlí je ekonomicky výhodnější než těžba hlubinná (složitá doprava horníků a vytěženého materiálu, odvětrávání, odvádění důlní vody, atd.) a současně je při jejím využití možné čerpat až 90% zásob. Při tomto druhu těžby je na rozdíl od hlubinné těžby možné využít vyšší mechanizace a z hlediska těžebních postupů je též bezpečnější (u hlubinné těžby se vyskytuje riziko zatopení, závalu, požárů, výbuchu důlních plynů apod.) (Neužil, 1998).

Nejvýznamnějším problémem při tomto způsobu těžby je devastace území a likvidace celého ekosystému, ke které dochází plošným odstraněním půdního krytu a přesypáváním tohoto materiálu na takzvané výsypky. Při tomto procesu dochází k promíchání původních vrstev hornin. Mimo jiné je také významně ovlivňován vodní cyklus, který je narušován přímo samotnou těžbou, nebo potřebným odvodněním dané oblasti, kde je nutné při povrchové těžbě uměle snižovat hladinu podzemních vod. Tímto procesem dochází k odtoku vod do přirozených vodotečí, kde následně probíhá mísení těchto vod s vodami v řekách nebo potocích a současně dochází k jejich negativnímu ovlivňování (Neužil, 1998; Pecharová, 2004). Tato práce se zabývá ovlivněním řeky Svatavy hornickou činností v blízkosti malé obce Luh nad Svatavou.

2 Cíle práce

Hlavním cílem práce je podrobné sezónní vyhodnocení ovlivnění vodoteče Svatava vypouštěním důlních vod z oblasti Velké podkrušnohorské výsypky v oblasti obce Luh nad Svatavou a návrh možných řešení pro zlepšení stavu vodoteče.

Dílčí cíle

Stanovení předem definované sítě, dle které bude prováděno měření přímo v řece Svatava.

Podrobné proměření části toku Svatava multiparametrickou sondou YSI (přístroj Professional Plus řady 6-series) včetně měření hodnot důlní vody v přítoku.

Zpracování naměřených dat do mapového výstupu v programu ESRI ArcMap 9.3.

3 Rešerše literatury

3.1 Těžba na Sokolovsku

Oblast Sokolovské pánve vynikala svým přírodním bohatstvím již od nepaměti. Z počátku se v této oblasti těžila zejména cínová ruda. První zmínky o existenci uhlí v této oblasti pocházejí již z 16. století. Následně v souvislosti s rozvojem průmyslu na konci 18. století stoukala potřeba uhlí. Uhlí se začalo využívat ve sklárnách a v porcelánkách k topení a následně i v dalších odvětvích. V okolí těžby vznikalo nemálo přidružených podniků, což mělo za důsledek výraznou přeměnu krajiny (Dimitrovský, 2001). V současnosti je tedy pro tuto oblast významná a v krajině výrazná těžba hnědého uhlí povrchovým způsobem.

V důsledku těžby hnědého uhlí má krajina Sokolovské pánve výrazně změněný terénní reliéf. To je zapříčiněno zahlubováním těžebních jam a nasypáváním vnějších výsypek, kde se dno v provozovaných lomech nachází místy až na úrovních 290 m.n.m. a nejvyšší patra vnější Podkrušnohorské výsypky se pohybují okolo 600 m.n.m. (Svoboda, 2003). Předpoklad ukončení těžby hnědého uhlí na Sokolovsku je rok 2036 (Leitgeb, 2010).

Obecně lze v souvislosti s těžbou hnědého uhlí charakterizovat změny v krajině takto (Štýs, 2001, Vráblíková a kol., 2008):

- Transformace reliéfu a geomorfologická přeměna v území
- Změny petrografických, fyzikálně chemických, fyzikálně mechanických a technologických vlastností ukládaných hmot do nových útvarů
- Výrazné narušení hydrologických poměrů území
- Degradace pedosféry
- Ovlivnění atmosféry a kvality ovzduší
- Narušení biosféry

V návaznosti na těžbu hnědého uhlí dochází k výraznému ovlivnění vodního cyklu. Je zde zapotřebí umělé snižování hladiny podzemních vod a současně dochází ke snižování povrchových vod. Dle Kříže (1983) dochází změnami reliéfu v důsledku těžby k ovlivnění infiltrace vod a současně je ovlivňován i její pohyb v horninovém prostředí. S procesem těžby uhlí vznikají různé typy vod. Dle Příkryla

(2003) mohou mít tyto vody trvalý i dočasný charakter. Mezi typy vod trvalého charakteru řadí deprese na výsypkách, zbytkové jámy, poldry, jezírka na neurovnaných površích výsypek, propadliny po hlubinné těžbě, nádrže v patách výsypek, různé rekultivace na výsypkách a v průběhu těžby například plaviště popílku a různé technologické nádrže. Naopak louže na dnech lomů, různé odvodňovací příkopy a strouhy, které jsou přemíst'ovány v průběhu sypání, nebo těžby a jezírka řadí Příkryl (2003) do typu vod dočasného charakteru, kde i tyto plní ekologickou funkci. Vypouštěním důlních vod v těžebních oblastech dochází k výraznému zatěžování vodních toků, zhoršení jakosti vod v dané oblasti a nevratnému poškozování vodotečí. U těchto vod je typický nárůst pH (Pecharová, 2004).

3.1.2 Výsypky

Název výsypka se používá pro uložení nadložních hornin a zemin, které jsou skrývány při lomovém dobývání nerostů. Jedná se o navážku sypkého materiálu, který je nazýván hlušinou nebo skrývkou. Na místo je tento materiál dopravován obvykle nákladními vlaky nebo pomocí pásových dopravníků. Tento materiál vzniká těžební činností jako odpad a je ukládán do krajinných novotvarů. Skládá se z nepravidelně sypaných zemin a hornin, kde při vlastním sypání dochází k mísení nadložních a podzemních vrstev skrývek těžených v lomech nebo v hlubinných dolech. Dle místa uložení materiálu dělíme výsypky na vnější a vnitřní. U vnitřních výsypek dochází k sypání skrývaného materiálu do vnitřních prostorů lomu (do již vytěžené části lomu). Naopak vnější výsypka, jak již název vypovídá, je umíst'ována mimo těžební prostor na původních zemědělsky a lesnický využívaných půdách (Vráblíková a kol., 2008, Štýs).

Vody se do tělesa výsypky dostávají v podobě vsakujících se dešťových srážek. Ve styku s horninami v tělese se složení této vody výrazně mění. Jak uvádí informační tabule č. 2 naučné stezky po Velké Podkrušnohorské výsypce, pohybují se koncentrace minerálních látek okolo 4 g/l, místy lze najít vody s koncentracemi solí v rozmezí 10 – 20 g/l. V souvislosti s oxidací siřníků se ve vodě uvolňují ve zvýšených koncentracích sloučeniny železa a manganu (Hevianková a kol., 2011).

3.1.2.1 Vodní režim výsypek a odvodnění tělesa

Podstatnou součástí těles výsypek je úprava vodního režimu, na kterou musí být brán zřetel již při jejich zakládání. Celý systém odvodnění se navrhuje na základě hydrogeologického průzkumu. Nestabilita provzdušněných a propustných zemin v tělese výsypky je způsobována zejména zvodněním tělesa výsypky. Z tohoto důvodu je velmi potřebné zajištění odvodňovacích prvků a systémů. Obvykle se využívají prvky z ocelových děrovaných trub o průměru 300 mm a vyšší, které jsou obsypány kamenivem nebo se též využívají drenáže tvořené pouze kamenivem nebo štěrkem, různé pramenné jímky, odvodňovací žebra s děrovaným potrubím nebo bez potrubí, různé kamenné trativody apod. Bez těchto důležitých úprav by docházelo k nepředpokládaným výronům vod, sesuvům, skluzům apod. (Leitgeb, 2010, Dimitrovský, 2001).

Současně na tělese výsypky také dochází k regulaci povrchových vod, kde dochází k tvorbě nové hydrologické sítě s funkcí (Dimitrovský, 2001):

- Odváděcí (odvedení srážkové vody tak, aby nedocházelo k erozi tělesa)
- Regulační (zajištění optimálního zpoždění vody v tělese a zajištění maximální vodnosti recipientů)
- Samočisticí (je nutné brát zřetel na to, že jsou vypouštěny vody z podloží tělesa a tudíž jsou tyto vody obohaceny o vyluhované látky)

Součástmi hydrologické sítě jsou předčišťovací nádrže, vodní mokřady a nádrže a recipienty (cestní a záchytné příkopy, hlavní a vedlejší odvodňovací kanály). Návrhy těchto hydrologických sítí ale musejí být vždy specifické pro konkrétní těleso a musejí vycházet z vodohospodářských a melioračních potřeb a požadavků dotčených orgánů (Leitgeb, 2010).

3.2 Povrchové vody

Povrchové vody jsou charakterizovány jako všechny vody vyskytující se přirozeně na zemském povrchu. Tyto vody se dělí na vodu mořskou a vodu kontinentální, kde se tyto vody dále rozdělují na vody tekoucí (vodní toky) a vody stojaté (jezera, nádrže, rybníky) (Pitter, 1999). Dle zákona o vodách (zákon č. 254/2001 Sb. v platném znění) tyto vody nejsou předmětem vlastnictví a současně nejsou součástí ani příslušenstvím pozemku, na kterém se tyto vody nacházejí. Práva k těmto vodám upravuje zákon.

3.2.1 Složení povrchových vod

Složení povrchových vod je dle Pittera (1999) a Langhammera (2002) ovlivňováno:

- Geologickou skladbou podloží
- Hydrologickými poměry
- Půdně-botanickými poměry
- Antropogenní činností
- Příronem podzemních vod

3.2.1.1 Látky ve vodách

Voda v krajině obsahuje rozpuštěné a nerozpuštěné organické a anorganické látky a rozpuštěné plyny. Část těchto látek se do vody dostává již při procesu jejího zkapalnění v atmosféře. Dále je voda též ovlivňována prostředím, kterým protéká a složení vod je také významně ovlivňováno antropogenní činností, kde se látky do povrchových vod dostávají ze znečištěného ovzduší a z průmyslových a splaškových odpadních vod.

Látky obsažené ve vodách je možno rozdělit na látky rozpuštěné a nerozpuštěné. Tyto látky se od sebe oddělují filtrací (po vysušení filtru je výsledkem obsah nerozpuštěných látek), následně zahříváním na teplotu 105°C dojde k odpaření vody a vzniku tzv. sušiny, ve které se nacházejí rozpuštěné látky (Pitter, 1999).

Rozpuštěné látky mají původ v atmosférických srážkách a plynech, ve vyluhovaných horninách a v podzemních a povrchových zdrojích vod (Lellák a Kubíček, 1991). Obsah rozpuštěných látek udává celkovou mineralizaci vody (Pitter, 1999).

Nerozpuštěné látky Jejich množství udává obsah organických a anorganických látek suspendovaných (jemně rozptýlených) ve vodě. Může také docházet k jejich sedimentaci (usazování) (Pitter, 1999).

Nejběžněji vyskytující kationty ve vodách jsou Ca, Mg, Na, K, NH_4^+ anionty HCO_3^- , SO_4^- , Cl^- , NO_3^- a PO_4^- (Pitter, 1999).

3.2.2 Vodní toky

Povrchové vody oproti vodám podzemním obsahují dle Pittera (1999) vyšší koncentrace rozpuštěného kyslíku, nerozpuštěných látek a sloučenin fosforu a dusíku a nižší koncentrace CO, Fe a Mn. Jsou tedy výrazně méně mineralizované.

Pro vodní toky (vodoteče) je charakteristická velká dynamika v čase a prostoru, která se projevuje prohlubováním koryt toků, nebo naopak zanášením a vyrovnávání dna toků splaveným materiálem. Kutal a Reichmann (1999) uvádějí, že nánosy vznikající sedimentací mohou za několik let dosáhnout mnohametrových mocností. Dále na tocích probíhá rozšiřování příčného profilu, eroze, meandrování toků, atd. Přirozeně utvářené koryto je pro vodní toky charakteristické. Koryta mývají různou délku, různý příčný profil a různé průtoky. Tyto koryta však mohou být člověkem různě upravována. Současně také existují umělá koryta řek (kanály, náhony), které bývají budovány pro různé účely (Lellák a Kubíček, 1991).

3.2.3 Malé vodní toky

Malé vodní toky se vyznačují významnou krajinnotvornou funkcí. V případě, že se jedná o hustou, bohatě větvenou síť malých vodních toků s čistou vodou a vyrovnanými průtoky, má tato kladný vliv na hydrobiologii, ekologii, rekreaci i estetiku. Dle Jůvy a kol. (1984) jsou významné husté všestranně větvené sítě těchto malých vodních toků z důvodu stejnoměrného zásobování vodou přilehlého okolí, zrovnoměňování průtoků toků, do kterých tyto malé vodní toky ústí a současně udržují hladinu podzemních vod ve svém okolí. Dle Lelláka a Kubíčka (1991) je u řek typický vyrovnaný spád, kde se rychlost proudění vody v závislosti na délce toku mění pomalu. Naopak u drobných toků se častěji střídají peřejnaté úseky (dochází zde k turbulentnímu proudění a okysličování vody) a úseky klidné (dochází zde ke zpomalení toku a sedimentaci částic).

3.2.4 Vybrané vlastnosti vod

Organoleptické vlastnosti vody jsou takové vlastnosti vody, které jsou zjištělné smyslovými orgány. Řadí se mezi ně teplota, barva, zákal, pach a chuť (Pitter, 1999).

Teplota povrchových vod ovlivňuje celý proces samočištění (ovlivňuje rozpustnost kyslíku a rychlost biochemických procesů). Ke zpomalení biochemických procesů dochází při nízkých teplotách okolo 5°C. Dle Horákové a kol. (1986) je teplota

významným ukazatelem tepelného znečištění. Při vypouštění oteplených odpadních vod do vod povrchových může docházet k tzv. tepelnému znečištění, pokud teplota vody u toku přesáhne 26°C (Pitter, 1999).

Zbarvení vody může být způsobeno jak antropogenní činností, tak přírodními procesy. Rozlišujeme *skutečnou* barvu vody (pouze rozpuštěné látky) a barvu *zdánlivou* (rozpuštěné a nerozpuštěné látky). (Horáková a kol., 1986; Pitter, 1999). U přírodních vod je zbarvení způsobeno nejčastěji huminovými látkami, které vodu zbarvují do žluta až žlutohněda (Pitter, 1999). Z antropogenní činnosti pak zbarvení vody ovlivňují zejména průmyslové odpadní vody.

Zákal vody způsobují koloidně dispergované organické a anorganické látky. Tato vlastnost dává vodě nežádoucí vzhled, který se sleduje zejména u pitných a užitkových vod. Lze jej též definovat jako snížení transparence vody nerozpuštěnými látkami (jílovité materiály, oxidy železa a manganu, bakterie, plankton, atd.) (Pitter, 1999; Horáková, 2003).

Pach bývá projevem už stopového znečištění, což indikuje nezbytnost podrobného chemického rozboru (Langhammer, 2002; Horáková, 2003). *Primární* pach může být způsobován látkami, které se ve vodě vyskytují přirozeně (např. sulfan), látkami, které vznikají při odumírání mikroorganismů ve vodě a látkami z průmyslových odpadních vod nebo vod splaškových. *Sekundární* pach získává voda chlorací při její úpravě (Pitter, 1999).

Chuť vody je významně ovlivňována látkami, které ovlivňují také její pach. Je ovlivňována koncentracemi anorganických látek (např. vápník, hořčík, mangan, železo, zinek, měď, atd.). Vždy ale záleží na poměru všech těchto látek, protože vzájemně chuť vody ovlivňují. Pro chuť vody je také významná hodnota pH. Vhodné pH se pohybuje v rozmezí 6,5 – 7,5. Voda s pH nad hodnotu 8 získává již louhovitě mýdlovou příchut' (Pitter, 1999; Horáková, 2003).

Konduktivita neboli takzvaná měrná vodivost vody uvádí schopnost vody vést elektrický proud. Tato vlastnost vody bez možnosti sledování původu a druhu látek odpovídá koncentraci látek v daném roztoku (Lellák a Kubíček, 1991). Pitter (1999) definuje konduktivitu jako míru koncentrace ionizovatelných anorganických a organických součástí vody. Horáková (2003) uvádí konduktivitu jako převrácenou hodnotu odporu. Hodnota konduktivity závisí na mimo již uváděné koncentraci iontů

také na teplotě. Pohyblivost teploty v rozmezí 1°C zapříčiňuje změnu konduktivity nejméně o 2% (Pitter, 1999).

pH vody (v angličtině „potential of hydrogen“) vyjadřuje, zda voda reaguje kyselé nebo zásaditě. Lellák a Kubíček (1991) definují pH jako záporný dekadický logaritmus koncentrace vodíkových iontů. U destilované vody činí hodnota pH = 7 a její reakce je neutrální. Celkový rozsah stupnice pH je 1 až 14. Při hodnotách pod pH 7 se jedná o vody kyselé a naopak při hodnotách vyšších než pH 7 se jedná o vody alkalické (zásadité). U přirozených vod hodnota pH kolísá v rozmezí od pH 3 v rašelinných vodách s vysokým obsahem huminových kyselin do pH 10 u vod, které se obvykle vyznačují vodami s vysokým obsahem uhličitánů a bohatými porosty vegetace (Lellák a Kubíček, 1991). Jak je uvedeno v nařízení vlády č. 23/2011 Sb., je přípustná hodnota znečištění u těžby hnědého uhlí a lignitu hodnota pH v rozmezí 6-9.

Celková mineralizace je součtem hmotnostních koncentrací všech rozpuštěných anorganických tuhých látek přítomných ve vodě, obvykle vyjádřených v mg.l⁻¹ nebo g.l⁻¹ (Horáková, 2003). Pojem salinita se z většiny používá v oceánografii, kde se obvyklá udává v promilích. U mořské vody salinita průměrně dosahuje hodnoty 35‰ (Pitter, 1999).

Oxidačně redukční potenciál (ORP) neboli také redox potenciál charakterizuje oxidačně-redukční procesy probíhající ve vodách. Je to míra schopnosti látek, které se ve vodě nacházejí, vzájemně se oxidovat, nebo redukovat. Dle Pittera (1999) a Horákové (2003) je ORP obvykle definován koncentrací rozpuštěného kyslíku a v užitkových a přírodních vodách a pohybuje se v rozmezí hodnot cca -500 mV do 500 mV. Jedná se o veličinu, která definuje, zda je prostředí anaerobní (ORP < -50 mV), anoxické (-50 mV < ORP < 50 mV) nebo aerobní (ORP > 50 mV). Za anoxických podmínek se ve vodě nenachází rozpuštěný elementární kyslík, kde ale mikroorganismy mohou stále využívat kyslík vázaný například v dusitanech a v dusičnanech. Oxidačně redukční potenciál je hodnotou, která je ovlivňována řadou faktorů obzvláště v přírodních systémech (ovlivňování hodnotou pH, teplotou, řadou reakcí, ...), (Lellák a Kubíček, 1991; Pitter, 1999; Horáková, 2003).

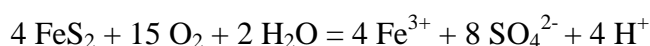
Rozpuštěný kyslík (DO) nebo také v angličtině dissolved oxygen. Dle Pittera (1999) koncentrace kyslíku v povrchových tocích kolísá v závislosti na neustálém

promíchávání vrstev. Kyslík se do vod dostává přímo při styku vody s atmosférou (přes vodní hladinu) a také při fotosyntéze vodních rostlin. Jeho rozpustnost je závislá na koncentraci rozpuštěných látek, kdy s touto koncentrací rozpustnost kyslíku klesá (Pitter, 1999). Současně může u povrchových vod docházet k přesycení vody kyslíkem, které může být zapříčiněno při zvýšených turbulencích vody a při intenzivních fotosyntetických asimilacích zelených organismů. Naopak ke spotřebě kyslíku ve vodách dochází jeho biochemickou spotřebou, dýcháním vodních organismů a také při biochemické oxidaci horních vrstev dnových sedimentů. Obsah kyslíku ve vodě patří k nejvýznamnějším indikátorům jakosti vod. Ovlivňuje životní podmínky organismů, odbourává organické znečištění a zároveň má vliv na biochemické reakce, které ve vodě probíhají (Langhammer, 2002; Pitter 1999; Lellák a Kubíček 1991).

3.2.5 Vybrané ukazatele a reakce

Pro tuto práci byly zvoleny ukazatele, které mívají obvykle původ ve znečištění způsobeným důlní činností. V oblastech zasažených těžbou a na výsypkách se vyskytují zejména vysoké koncentrace železa, manganu a síranů, které vznikají oxidací sulfidických rud (Hevianková a kol., 2011; Pitter, 1999; Richter a kol., 2013; Richter, 2011).

Oxidaci pyritu znázorňuje následující rovnice:



Dle Johnsona (2005) je oxidace pyritu vícestupňový proces, který zahrnuje také reakce nezávislé na kyslíku. V první fázi reaguje pyrit s kyslíkem a vodou. Následuje reakce závislá na pH, oxidace Fe^{2+} na Fe^{3+} . Další reakce odpovídá hydrolýze, kde Fe^{3+} s vodou tvoří hydroxid železitý. V důlních vodách se též vyskytují bakterie rodu acidophiles, které se svým metabolismem též podílejí na procesu oxidace pyritu (Hevianková a kol., 2011).

Sírany ve vodách vznikají stejně jako železo oxidací sulfidických rud, dalšími zdroji jsou horniny, průmyslové odpadní vody. Dalším významným zdrojem síranů v povrchových vodách jsou městské a průmyslové exhalace vznikající spalováním fosilních paliv, následně tyto látky pronikají do atmosférických vod, kde se oxid sírový a oxid siřičitý přeměňují na kyseliny a v podobě srážek (tzv. kyselý déšť) se dostávají do vod povrchových. Horáková (2003) uvádí, že sírany patří mezi hlavní

anionty přírodních vod. Současně také definuje koncentrace, kde u prostých vod se tyto pohybují v rozmezí desítek až stovek $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$, některé vody mohou obsahovat až tisíce $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$.

Železo ve vodách vzniká oxidací sulfidických rud (nejčastěji oxidací pyritu - FeS_2). Jejich rozpouštění napomáhá oxid uhličitý a huminové látky (Pitter, 1999). Výše uvedená oxidace způsobuje uvolňování kyseliny sírové a vysoké koncentrace železa ve vodách (Pitter, 1999; Richter, 2011).

Mangan se ve vodách vyskytuje obvykle v doprovodu železných rud, do vod se ale také dostává z půd a sedimentů. Zdrojem manganu v povrchových vodách mohou být také odpadní průmyslové vody u průmyslových odvětví, které využívají ke svým procesům manganistan draselný (Pitter, 1999; Richter, 2011).

3.3 Důlní vody – vymezení pojmu

Jedním z důsledků těžby nerostných surovin v povrchových dolech je kontaminace podzemních a povrchových vod kovy a toxickými látkami. Důlní vody bývají ve světě nejčastěji označovány jako AMD neboli „Acid Mine Drainage“, což v překladu znamená kyselé důlní vody. Kyselé vody z výsypek jsou typickými pozůstatky hornické činnosti. Snaha tyto vody čistit a minimalizovat jejich dopady na životní prostředí je finančně i technologicky náročná (Johnson, 2005).

Dle zákona o ochraně a využití nerostného bohatství (zákon č. 44/1988 Sb. v platném znění) jsou důlními vodami všechny vody podzemní, povrchové a srážkové vody, které vnikly do hlubinných nebo povrchových prostorů bez ohledu na to, zda se tak stalo průsakem nebo gravitací z nadloží, podloží nebo boku nebo prostým vtékáním srážkové vody, a to až do jejího spojení s jinými stálými povrchovými nebo podzemními vodami. Důlními prostorami jsou chápána všechna důlní díla a prostory zavalené nebo založené v hlubinných dolech, po vytěžených ložiscích v lomech, hliništech, nebo po těžbě štěrků a písků z vody. Dle okolností jsou důlní vody buď povrchové, nebo podzemní. Nelze je definovat jako „spodní vodu“ (Pitter, 1999).

3.3.1 Charakteristika důlních vod

V důsledku vyluhování minerálů z okolních hornin se důlní vody vyznačují výraznou mineralizací. Na chemickém složení důlních vod se podílí více činitelů a to

vzájemné působení povrchových a srážkových vod, podzemní atmosféry a horninové prostředí. Významné je zejména složení půd a hornin, kterými tyto vody protékají a složení povrchových a srážkových vod v dané oblasti (Pitter, 1999). V případě, že jsou sulfidické rudy vystaveny atmosféře (chemická reakce v kapitole 3.1.3), dochází k jejich oxidaci a následnému uvolňování vysokých koncentrací síranů, železa a manganu do vod. Vysrážené železo je biogenním prvkem, je tedy nezbytné pro tvorbu živé hmoty. V podobě sraženin však pokrývá neživou hmotu i organismy a tím jim znesnadňuje dýchání. Škodlivost těchto sraženin i v nízkých koncentracích byla prokázána u lososovitých ryb a jejich jiker. Z tohoto důvodu nejsou vody bohaté na obsah železa osidlovány většími živočichy.

Tyto vody bývají obvykle silně kyselé. Kyselost těchto vod je způsobována protony H^+ , které vznikají právě oxidací pyritů na kyselinu sírovou. Dochází tak k výraznému okyselení vod a tyto vody následně louhují látky z hornin (zejména kovy), kterými protékají (Johnson, 2005).

Při určování složení důlních vod se většinou sleduje celková mineralizace vody, obsah a množství iontů a obsah a množství organických látek. Určuje se také vodivost a pH. Pitter (1999) uvádí, že u důlních vod vznikajících těžbou uhlí se pH pohybuje v rozmezí 2,6 – 6.

Tabulka č. 1: Běžné hodnoty fyzikálně chemických ukazatelů v povrchových vodách (Přikryl, 1999)

hodnota	Tekoucí vody			Výsypkové vody			Mimovýsypkové vody		
	min	max	ø	min	max	ø	min	max	ø
pH	5	9,5	7,7	8,2	8,5	8,3	6,4	7,2	6,8
vodivost	60	700	300	68 000	104 000	79 000	120	250	180
Fe (mg.l⁻¹)	0,05	0,5	0,2	2	3	2,8	0,3	0,9	0,5
Mn (mg.l⁻¹)	0	0,14	0,03	1,2	2	1,7	0,09	1,2	0,87

3.3.2 Čištění důlních vod

Čištění těchto vod obecně vyžaduje zejména úpravu pH, úpravu oxidačních a redukčních podmínek a stabilizaci znečištěného toku (Costello, 2003; Johnson, 2005). K ošetřování těchto vod jsou všeobecně stanoveny dva přístupy (Heviánková a kol., 2013; Johnson 2005):

- Aktivní přístup, který vyžaduje chemické upravování těchto vod
- Pasivní přístup, který umožňuje průběh přirozených chemických a biologických procesů

Aktivní systémy jsou založeny na ošetření důlních vod přidáním chemicko-neutralizačního činidla. Jeho přidáním do důlní vody se zvyšuje pH a tím se urychluje proces oxidace. V průběhu tohoto procesu se vysrážejí kovy, čímž vznikají kaly, které jsou bohaté na různé kovy v závislosti na chemickém složení důlních vod. Ve světě se jako činidla obvykle používají vápno, hašené vápno a uhličitan sodný. Nevýhodou tohoto způsobu čištění důlních vod jsou vysoké provozní náklady a problematika likvidace vzniklých kalů, které obsahují minimum sušiny (Johnson, 2005).

Pasivní přístup má oproti aktivnímu přístupu tu výhodu, že vyžaduje poměrně nízké náklady na údržbu. K čištění důlních vod se nejčastěji využívají 3 pasivní systémy.

Jsou to anoxické vápencové kanalizace, mokřady s horizontálním průtokem vody a mokřady s vertikálním průtokem vody (Porter a kol., 2010).

Cílem využívání anoxických vápencových kanalizací je zachování železa v redukované formě tak, aby se zabránilo oxidaci a srážení hydroxidu železitého na vápenec. Ačkoliv jsou tyto kanalizace méně nákladné než budování mokřadů, nejsou vhodné v situacích, kdy důlní voda obsahuje výrazné koncentrace rozpuštěného kyslíku, oxidu železitého a hliníku. Postupným usazováním sraženin se totiž snižuje propustnost těchto kanalizací (Johnson, 2005).

Vhodnější a méně nákladnější alternativou je využívání přirozených a umělých mokřadů. Umělé mokřady jsou budovány k čištění důlních vod s vysokými koncentracemi kovů a nízkým pH. U mokřadů s horizontálním prouděním se využívá chemické reakce, jako je oxidace a hydrolýza kovů. U mokřadů s vertikálním prouděním se na čistících procesech podílí bakteriální síranové redukce za anaerobních podmínek. Tyto systémy obsahují vrstvy organických materiálů, jako jsou hnojiva, kompost a vápenec. Dochází k vysrážení kovů, rozpouštění vápence a vzniku hydrogenuhličitanů. Kombinace těchto mokřadů jsou obecně definovány jako redukující a zásaditost produkující systémy (Porter, 2010).

Přítomnost rostlin zlepšuje oxidaci substrátu v kořenové oblasti. Aktivní reakční částí je kořenová zóna (rhizosféra), kde dochází k fyzikálně chemickým a biologickým procesům. Tyto procesy jsou způsobeny vzájemným ovlivňováním rostlin, mikroorganismů, půdy a znečišťujících látek. Pokud chceme dosáhnout

efektivního čištění, je potřeba znát účinnost různých druhů rostlin, kolonizační schopnosti různých druhů mikroorganismů, vzájemné působení různých znečišťovatelů a substrátu v kořenové čistírně odpadních vod (Stottmeister a kol. 2003). Naopak Luederitz a kol. (2001) ve svém článku tvrdí, že neexistují významné rozdíly mezi systémy, které jsou osázeny různými druhy rostlin.

Rozsáhlý přehled literatury a chemické a biochemické reakce těchto mokřadních ekologických systémů nabízí největší potenciál pro udržitelné zacházení s kyselými důlními vodami (Costello, 2003; Johnson, 2005; Kalin a kol., 2006, Porter, 2010). Dle studie Mc Cauleyho a kol. (2010) bylo prokázáno, že biochemické systémy mají značný potenciál ke zvýšení efektivity čištění důlních vod začleněním různých přísad, jako jsou škeble, borová kůra, úlomky dřeva a kompost zvyšují pH na 6 – 7 a při procesech v nich dochází k ukládání až 98,2% kovů.

3.4 Jakost a monitoring vodních toků

3.4.1 Plánování v oblasti vod na území České republiky

Plánování v oblasti vod je činnost, která je zajišťována státem. Jedná se o soustavnou koncepční činnost, která je tvořena plánem hlavních povodí České republiky a plány oblastí povodí. Plánování v oblasti vod na území České republiky vychází ze směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES ze dne 23. Října 2000 (MŽP, 2014).

3.4.1.1 Plán hlavních povodí

Plán hlavních povodí je základním strategickým dokumentem státní politiky v oblasti vod a je stanoven pro šestiletá období. Je tedy významným strategickým dokumentem pro podporu plánování v oblasti vod a stanovuje rámcové cíle v této oblasti (pro hospodaření s povrchovými a podzemními vodami, pro ochranu a zlepšování jejich stavu a vodních ekosystémů, apod.) (MŽP, 2014).

3.4.1.2 Plán oblasti povodí Ohře a Dolního Labe

Na základě zvoleného zájmového území této práce je významný Plán oblasti povodí Ohře a Dolního Labe, který byl vypracován ve spolupráci státního podniku Povodí Ohře, s dotčenými krajskými úřady (Ústecký, Karlovarský, Liberecký, Středočeský a Plzeňský krajský úřad) a ústředními vodoprávními úřady dle zákona č. 254/2001 Sb., o vodách (Plán oblasti povodí Ohře a dolního Labe, 2013).

3.4.2 Kvalita povrchových vod

V České republice se k hodnocení kvality povrchových vod využívá norma ČSN 75 7221 „Klasifikace jakosti povrchových vod“. V normě jsou definovány skupiny jednotlivých ukazatelů a to:

- Obecné fyzikální a chemické ukazatele
- Specifické organické látky
- Kovy a metaloidy
- Biologické a mikrobiologické ukazatele
- Radiologické ukazatele

Na základě jednotlivých ukazatelů se pro obecnou informaci kvalita vody vyjadřuje v následujících pěti třídách jakosti vody:

- I. Třída – neznečištěná voda

- II. Třída – mírně znečištěná voda
- III. Třída – znečištěná voda
- IV. třída – silně znečištěná voda
- V. třída – velmi silně znečištěná voda

3.4.3 Water Framework Directive 2000/60/EC

Zkráceně WFD nebo v překladu Rámcová směrnice o vodní politice Evropské unie. Po vstupu České republiky do Evropské unie bylo nutné plnit požadavky zakotvené v evropské legislativě mimo jiné také v oblasti ochrany vod. V této směrnici jsou definovány základní principy ekohydrologického hodnocení vodních toků a současně je zde stanoveno splnění minimální podmínky dobrého ekologického stavu u všech vodních toků do konce roku 2015. V této směrnici je ekologický stav vodních toků stanovován za pomoci hydromorfologických, hydrochemických a hydrobiologických ukazatelů. Mezi všeobecné cíle této směrnice patří (ES 60):

- Rozšířit oblast činností zaměřených na ochranu vod o všechny formy přirozeně se vyskytujících vod
- Zlepšení stavu vodních ekosystémů a zabránit dalšímu zhoršování
- Podpora trvale udržitelného využívání vod
- Zavedení specifických opatření na kontrolu znečišťování vod
- Eliminace znečištění podzemních vod
- Zmírnění účinku povodní a období sucha
- Provedení opatření vedoucích k dosažení dobrého stavu vod během stanoveného časového horizontu

3.4.3.1 Referenční stav vodních toků

Referenční stav je Rámcovou směrnicí definován jako velmi dobrý stav povrchových vod, které nejsou ve významné míře ovlivněny antropogenní činností. Slouží jako srovnávací ukazatel, který je porovnáván s aktuálním ekologickým stavem vybrané části daného toku (ES 60; Matoušková, 2008).

3.4.3.2 Ekologický stav vodních toků

Základními složkami vyjadřující ekologický stav vodních toků jsou biologické, hydromorfologické a chemické ukazatele. Jedná se tedy o základní

prostorovou jednotku hodnocení, na které se podílí hodnocení jejích dílčích složek. Tento stav je rozdělen do pěti stupňů – velmi dobrý stav, dobrý stav, střední stav, poškozený stav a zničený stav (ES 60).

3.4.4 Ekohydrologické metody a přístupy

Základními složkami ekohydrologického monitoringu jsou dle Matouškové (2008) hodnocení jakosti vody, analýza hydromorfologických poměrů v korytě vodního toku, vyhodnocení stavu břehové a doprovodné vegetace, analýza krajinného pokryvu a analýza retenčního potenciálu pobřežní zóny.

Jak uvádí Matoušková (2008), existuje značné množství ekohydrologických metod a přístupů k hodnocení ekologického stavu vod.

- Mapování jakostních struktur vodních toků podle Otta
- Ekologické hodnocení dle Neihoffa
- LAWA – Overview Survey (celoplošný průzkum hydromorfologických struktur)
- LAWA – Field Survey (detailní kontinuální terénní průzkum)
- Metoda Rivers Habitat Survey (RHS)
- RBPs – severoamerický přístup pro hodnocení habitatů vodních ekosystémů
- PERLA
- EcoRivHab

3.4.4.1 EcoRivHab

Jak je uvedeno výše, metoda EcoRivHab je metodou ekomorfologického hodnocení kvality habitatu vodních toků, které je také jejím cílem. Tato metoda tvoří komplexní hodnocení habitatu vodního toku. Výstupem je zhodnocení vybraného úseku, kde jsou referenční úseky hodnoceny dle 31 parametrů. Je to nástroj pro hodnocení vodních toků v extravilánech i intravilánech. Tato metoda je založena v první fázi na zpracování distančních dat a následně na terénním průzkumu daného toku. Monitoring se vztahuje na celé povodí (distančně), údolní nivu (distanční i terénní průzkum) a terénní mapování příbřežní oblasti a vlastností koryta toku. Výsledkem je kvantitativní hodnocení a interpretace výsledků v rozsahu pětistupňové hodnotící stupnice ekomorfologických stupňů, kde jsou definovány hodnoty I. ES – přírodní stav, II. ES – mírně antropogenně ovlivněný, III. ES – středně antropogenně

ovlivněný, IV. ES – silně antropogenně ovlivněný a hodnota V. ES – velmi silně antropogenně ovlivněný stav (Matoušková, 2008).

Matoušková (2008) definuje hlavní hodnotící kritéria takto:

- Morfologie údolí a koryta
- Charakter proudění
- Kvalita vody
- Výskyt živočichů
- Výskyt vodní a doprovodné vegetace

4 Metodika práce

Informace a data potřebné k vypracování této diplomové práce jsem v průběhu jejího zpracování získávala několika postupy. Prvním z těchto postupů byl sběr informací z knih, publikací, odborných prací a článků uveřejněných na různých informačních webových portálech a databázích poskytovaných dotčenými společnostmi. Současně mi byla poskytnuta potřebná data podnikem Povodí Ohře, s.p. a Sokolovská Uhelná, a.s.

Vlastní měření a sběr dat probíhalo v zájmovém území, tedy v místě přítoku vybrané vodoteče do řeky Svatavy v blízkosti osady Luh nad Svatavou. Následovalo stanovení sítě, dle které byla data měřena (příloha č. 3 této práce). Aby při každém měření byla tato předem stanovená síť stejná, byly jako orientační body zvoleny stromy na břehu řeky Svatava. Vlastní měření bylo prováděno za pomoci multiparametrické sondy YSI (přístroj Professional Plus řady 6-series), která mi byla zapůjčena Zemědělskou univerzitou v Praze. Na řece Svatavě a v prostoru přítoku a pod jeho vyústěním byly měřeny vybrané hodnoty (teplota vody, pH, vodivost, salinita, rozpuštěný kyslík a oxidačně redukční potenciál).

Následně probíhalo zpracování velkého množství naměřených dat. Důležité bylo zvolit správný postup tak, aby veškeré výstupy uváděné v této práci dávaly smysl.

4.1 Průběh měření

Měření bylo vždy prováděno za účasti druhé osoby z důvodu pomoci při zapisování naměřených hodnot (vlastní měření probíhalo přímo v toku), bezpečnosti při vyšších stavech a průtocích toku, při ztížených klimatických podmínkách a z důvodu pomoci při přenášení potřebných pomůcek po břehu. Současně byla také za pomoci pásma změřena šíře koryta řeky Svatavy. V letních měsících byl zvolen letní oděv a vhodná obuv vzhledem ke kamenitému dnu vodoteče, naopak při zhoršených klimatických podmínkách v říjnu a prosinci byly zvoleny neoprenové kalhoty, bunda a vysoké rybářské holínky, tzv. brodáky. Při zvýšených stavech a průtocích byl pohyb po kamenitém dnu problematický.

Za účelem rychlé stabilizace hodnot při vlastním měření byl využíván kbelík, do kterého byla voda z toku nabrána a následně probíhalo měření za pomoci sondy a zapisování hodnot.

4.2 Popis úseku

Vzhledem k tomu, že se jedná o levobřežní přítok řeky Svatavy, kde se ve vybraném úseku nacházejí strmé svahy, které jsou ve vzdálenosti cca 75 m od přítoku stále strmější a zarostlejší, je tím velice ztížen přístup do vodoteče z jejího levého břehu. V horní části úseku, v okolí přítoku je dno koryta kamenité a je zde výraznější proudění toku. V místě přítoku byla naměřena šíře koryta řeky Svatava 16,5 m.

Na úseku Sokolov – Svatava – Oloví, kde se nachází zájmové území této práce, je dno převážně bez opevnění. Na svazích břehů tvoří opevnění přirozená vegetace, místy kamenný pohoz a zához. V blízkosti komunikací, jezů a mostů je opevnění tvořeno nábrežními zdmi. V zájmovém území v oblasti obce Luh nad Svatavou je opevnění tvořeno přirozenou vegetací (Povodí Ohře, s.p.).

V těsné blízkosti přítoku (v rozsahu 1,5 – 3 m ve vzdálenosti od levého břehu, v délce cca 20 m v různé šíři) byla morfologií toku a pravděpodobně i částečně antropogenní činností vytvořena nízká ale poměrně široká podélná hráz z kamení, která mimo vlastní proudění vody udržuje tekoucí vodu znečištěnou přítokem při nižších stavech toku při levém břehu řeky. Tato skutečnost byla znatelná zejména při nižších stavech řeky. Naopak při stavech vyšších vlivem zvýšeného ředění vody již tato hranice nebyla pohledově tak zřejmá. Ve spodní, vzdálenější části úseku od přítoku vod dochází ke zklidnění a zpomalení toku, vyvěrá zde minerální pramen přímo ze svahu a ve vodoteči v blízkosti tohoto pramene se nachází hlubší tůň. Dno zde již začíná být písčité až bahnité.



Fotografie č. 1: fotografie přítoku a zmiňovaného valu v řece Svatava

5 Charakteristika zájmového území



Obrázek č. 1: Zájmové území – širší vztahy (zdroj dat: CENIA, heis.vuv.cz, vlastní zpracování)

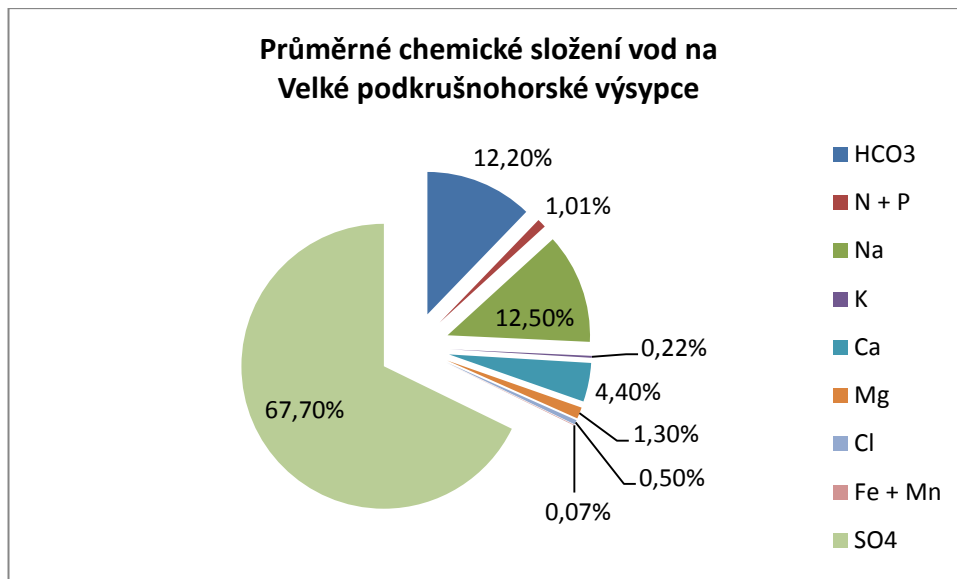
5.1 Řeka Svatava

Řeka Svatava náleží do povodí Ohře a jedná se o vodní tok III. řádu. Je levobřežním přítokem řeky Ohře. Pramení jižně od německé obce Schöneck v Sasku (SRN) ve výšce 770 m.n.m., kde se ještě nazývá německy Zwota a následně protéká obcí Hraničná, Kraslicemi, Olovím, Svatavou a Sokolovem, kde ústí do řeky Ohře v ř.km 202,960. Celková délka toku činí dle evidence Povodí Ohře s.p. 41,685 km, na území České republiky pak 30,330 km. Celková plocha povodí je 296,74 km², z toho cca 90 m² v Sasku. Na soutoku s řekou Ohří je průměrný roční průtok 3,67 m³/s. Na území ČR je výškový rozdíl 137 m na 30,330 km délky toku (Povodí Ohře, s.p.). Podél řeky vede již od hranice České republiky s Německem železniční trať, která řeku šestkrát překračuje. Řeka Svatava je lemována strmými svahy až právě k obci Luh nad Svatavou, kde se tyto strmé svahy postupně otevírají. V těsné blízkosti obce Luh nad Svatavou je levý břeh stále ještě lemován strmějšími svahy, naopak po pravém břehu se nachází právě „osada“ Luh nad Svatavou, pod kterou se rozléhá louka.

V okolí Kraslic byla údolní niva řeky Svatavy z počátku osidlována hledači železných rud, kteří vodu z řeky využívali k dobývání rud a také k vlastní spotřebě. V této době sloužila řeka Svatava současně k odvádění důlních vod. Docházelo tak k prvním úpravám řeky Svatavy a jejích přítoků (Kotěšovec, 2006).

5.2 Velká podkrušnohorská výsypka

Velká podkrušnohorská výsypka je jedním z důsledků těžby hnědého uhlí v Sokolovské pánvi. Je vnější výsypkou povrchového dolu Jiří a nachází se v západních Čechách 3 km severovýchodně od města Sokolov, východně od zájmové oblasti v blízkosti Luhu nad Svatavou mezi obcemi Lomnice a Vintířov. Vznikla postupným sloučením několika menších samostatných výsypek, a to Pastviny, Týn, Boucí, Matyáš, Vintířovská výsypka a Lomnická výsypka. Její rozloha činí 1957,06 ha (Frouz a kol., 2007) a je jedním z největších výsypkových těles na území České republiky (Pecharová, 2004). Těleso Velké podkrušnohorské výsypky je převážně tvořeno cyprisovými jíly a jílovci, uhelnými jíly, uhlím, podsypovými materiály (Pecharová, 2004) a zbytky pyritů. Na jihu území Velké podkrušnohorské výsypky se vyskytují tufitické jílovce (skrývka dolu Medard – Libík), které jsou přesypané právě cyprisovými jíly a jílovci. Právě díky tomuto specifickému složení (cyprisové jíly a jílovce izolují toxické látky pocházející z tufitických jílovců (Frouz, 2001)) se její vody svým složením výrazně liší od vod na jiných výsypkách vzniknuvších při těžbě hnědého uhlí. Cyprisové jíly jsou pojmenovány podle přítomnosti fosilií *Cypris Angusta*, který pochází z období miocénu (Prach, 2010). Z hlediska půdotvorného procesu patří cyprisové jíly k příznivým substrátům (Frouz, 2001). Dle Broumové a kol. mají vody na Velké podkrušnohorské výsypce až třicetkrát vyšší množství rozpuštěných látek, než běžné povrchové vody na území České republiky. Vyskytují se zde zvýšené koncentrace zejména těchto látek: Na, Ca, Mg, Fe, Mn, $\text{NH}_4\text{-N}$, SO_4^{2-} a HCO_3^- (graf č. 1). To je zapříčiněno jak vlivem vymývání půd v důsledku horních činností, tak vlivem podloží Velké podkrušnohorské výsypky a mineralizací výsypkových substrátů. V důlních vodách uhelných dolů se obsah síranů pohybuje zpravidla v hodnotách nad 50%. Další látky tvoří kovy v různém procentuálním zastoupení, které se liší dle jednotlivých těžebních oblastí (Broumová a kol.).



Graf č. 1: Průměrné chemické složení vod na Velké podkrušnohorské výsypce (Broumová a kol.) – vlastní zpracování

5.2.1 Vodní režim výsypky a její odvodnění

Na tělese Velké podkrušnohorské výsypky je mnoho sezónních a trvalých vodních toků. Jejich povaha a princip víceméně odpovídají plánu rekultivace společnosti Sokolovská uhelná, a.s. V rámci rekultivací jsou zde budovány různé nádrže a odvodňovací strouhy. Naopak některé přirozené deprese v povrchu tělesa jsou zachovávány za účelem přirozeného naplnění srážkovou a povrchovou vodou. Tyto vody se z tělesa výsypky dostávají povrchovým odtokem, nebo se naopak do tělesa vsakují. Vody, které z Velké podkrušnohorské výsypky odtékají, obsahují vysoké koncentrace rozpuštěných látek (Dvořák a Jelínková, 2012), dochází tak k nevratnému poškozování vodotečí, do kterých tyto potoky ústí (Pecharová, 2004).

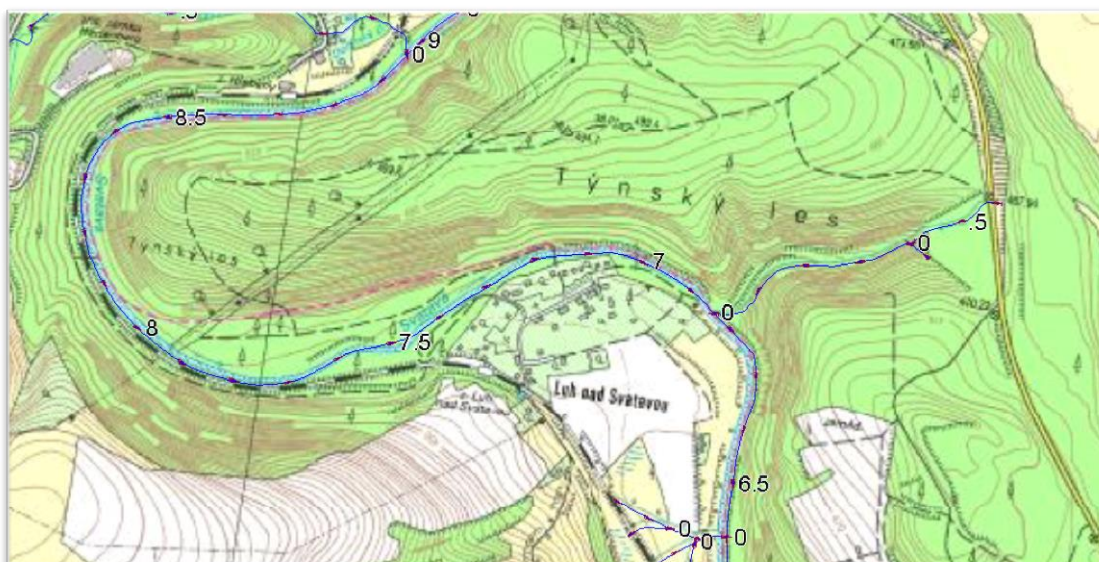
Přirozená sukcese zde probíhá pozvolna vlivem nepříznivého prostředí, které je způsobeno fyzikálními a chemickými procesy skrývkových materiálů (Dvořák a Jelínková, 2012, Broumová a kol.). Současně je sukcese podporována také člověkem v podobě rekultivací právě za účelem zmírnění důsledků hornické činnosti na místní ekosystém.

5.3 Přítok v blízkosti obce Luh nad Svatavou

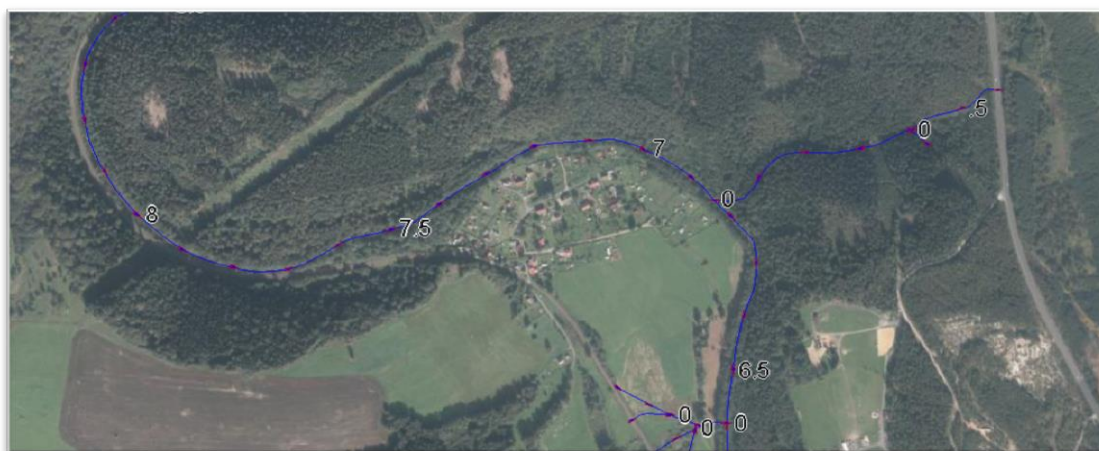
V daném místě vtoku dochází k mísení vody v řece Svatava s vodou z výsypky. Obě tyto vody (jak voda v řece Svatavě, tak voda v přítoku) jsou ovlivňovány kyselými důlními vodami z dolu Jiří (Richter, 2011).

Daný tok je ve správě státního podniku Lesy ČR, s.p.. Jeho délka činí 0,583 km. Jedná se o útvar přirozených, tekoucích, povrchových vod. Zájmové zemí se nachází v ekoregionu Centrální vysočina a nadmořská výška se zde pohybuje v rozmezí 200 – 500 m.n.m. Jedná o lososové vody jak v přítoku, tak v řece Svatavě (heis.vuv.cz, 2014).

Příkryl (1999) uvádí, že ve sledované oblasti se důlní vody od ostatních důlních vod liší svým pH, které je mírně zásadité až neutrální. Dle Heviankové a kol. (2011) tyto vody obsahují sírany, ionty kovů (Fe, Mn) a mají nízké pH. Již na přítoku je znatelné, že zde dochází k vysrážení železa za vzniku nápadné hnědočervené sraženiny.



Obrázek č. 2: Luh nad Svatavou – řeka Svatava a její přítok (zdroj: Povodí Ohře, s.p.)



Obrázek č. 3: Luh nad Svatavou – řeka Svatava a její přítok (zdroj: Povodí Ohře, s.p.)



Fotografie č. 2: Přítok do řeky Svatavy (únor 2013)

5.4 Přírodní poměry vybrané oblasti

Vodní tok ovlivňují přírodní podmínky, které mají značný vliv na hydrologické poměry toku. Hlavními faktory jsou vliv zemského povrchu, povětrnostní vlivy a změny v krajině.

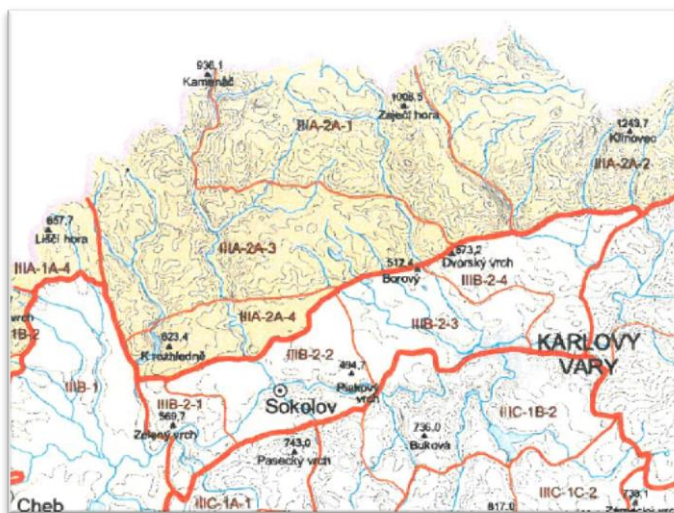
5.4.1 Klimatické poměry

Vybraná oblast v blízkosti obce Luh nad Svatavou se dle klimatického členění ČR (Quitt, 1971) nachází v mírně teplé oblasti, podoblasti MT3. Tato oblast je charakterizována krátkým, mírným až mírně chladným suchým až mírně suchým létem, mírným jarem a mírným podzimem. Zima je běžně dlouhá, mírná až mírně chladná, suchá až mírně suchá s normálním až krátkým trváním sněhové pokrývky.

Dle Českého hydrometeorologického ústavu (2014) se ve vybrané oblasti pohybuje průměrná roční teplota vzduchu za období 1961-1990 v rozmezí 6 – 7 °C a průměrný roční úhrn srážek za stejné období je 600 – 700 mm. Průměrná roční teplota za rok 2013 ve vybrané oblasti činila 6 – 7 °C a průměrný roční úhrn srážek za rok 2013 činil 700 – 800 mm (ČHMÚ, 2014).

5.4.2 Geomorfologie území

Z hlediska geomorfologického členění se zájmové území nachází v krušnohorské soustavě, na jihozápadním okraji podcelku klínovecká hornatina v okrsku Krajkovská pahorkatina. Jedná se o členitou pahorkatinu o ploše 57 km², střední výšce 519,7 m (Demek a kol., 2006).



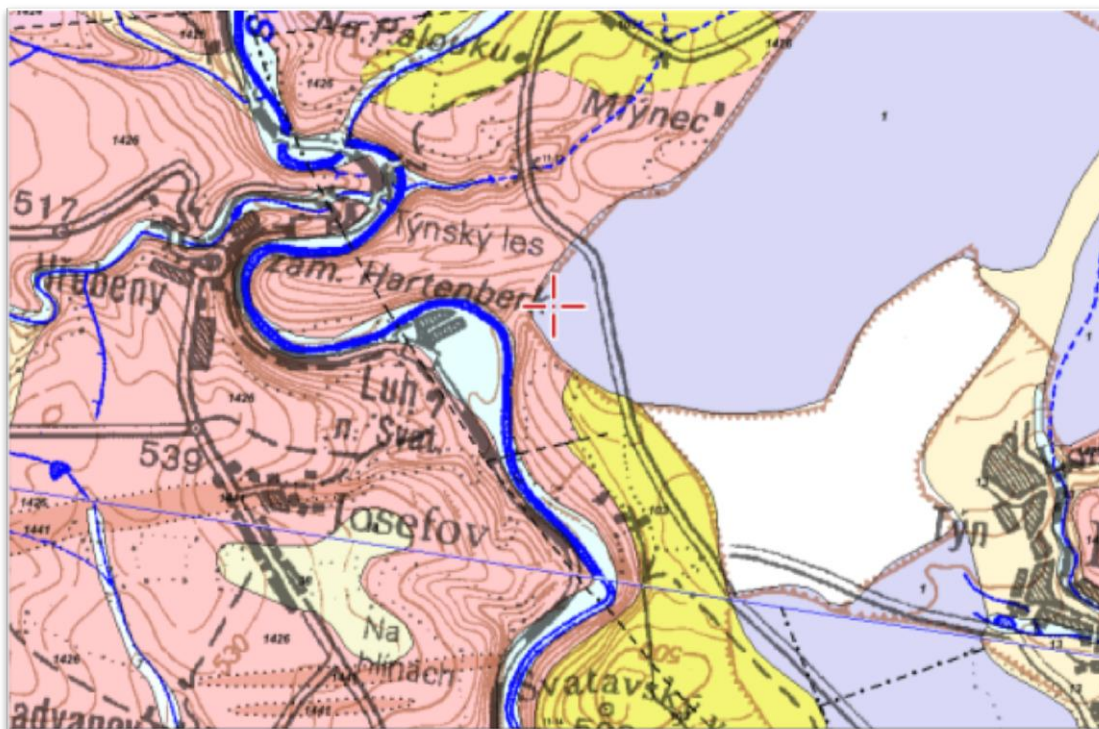
Legenda:

- III – Krušnohorská soustava
- IIIA – Krušnohorská hornatina
- IIIA-2 – Krušné hory
- IIIA-2A-1 – Klínovecká hornatina
- IIIA-2A-4 Krajkovská pahorkatina

Obrázek č. 4: Geomorfologie území (zdroj: Demek a kol., 2006)

5.4.3 Geologie území

Horninové prostředí ovlivňuje biosféru. Zvětráváním horninového podloží vzniká půda a tou je následně ovlivňována také hustota a typ vegetace (Kutal a Reichmann, 1999). Dle plánu oblasti povodí Ohře a Dolního Labe se vybraná oblast zájmového území a oblast v okolí přítoku z Velké podkrušnohorské výsypky nachází v oblasti hornin s velmi vysokým rizikem acidifikace, kde jsou nejrizikovější skupinou písky, pískovce, granity a ryolity. Geologické podloží je křemité (Plán oblasti povodí Ohře a Dolního Labe, A).



- nivní sediment** (útvár: kvartér, oddělení: holocén, horniny: hlína, písek, štěrk)
- navážka, halda, výsypka, odval** (útvár: kvartér, oddělení: holocén, typ hornin: sediment)
- svory** (útvár: neoproterozoikum, spodní paleozoikum, horniny: svor, typ hornin: metamorfít)

Obrázek č. 5: Geologická mapa 1:50 000 (zdroj: www.geology.cz)

5.4.4 Hydrogeologie

Vybrané zájmové území se nachází na rozmezí dvou hydrogeologických rajónů, které od sebe v tomto místě odděluje řeka Svatava. Na levém břehu řeky Svatavy se jedná o Sokolovskou pánev, které se rozkládá na ploše 302,32 km², náleží do skupiny rajónů terciérních a křídových sedimentů podkrušnohorských a jihočeských pánví a patří do geologické jednotky terciérních a křídových sedimentů pánví, kde se mezi hlavní sedimenty řadí pískovce a slepence. Mineralizace se zde pohybuje od 0,3 do 1 g/l a mezi nejčastější chemické typy zde patří Ca, Na, HCO₃ a SO₄. Druhým hydrogeologickým rajonem, nacházejícím se na pravém břehu řeky Svatavy je krystalinikum Smrčin a západní části Krušných hor o rozloze 700,83 km². Tento rajón náleží do skupiny krystalinika krušnohorské soustavy a do geologické jednotky hornin krystalinika, proterozoika a paleozoika. Převažují zde zejména metamorfity. Mineralizace je zde nižší než 0,3 g/l a mezi nejčastější chemické typy se řadí Ca, Mg, HCO₃ a SO₄ (heis.vuv.cz).



6111 Krystalinikum Smrčín a západní části Krušných hor
 2120 Sokolovská pánev

Obrázek č. 6: Hydrogeologická rajonizace zájmového území (zdroj: generováno z http://mapy.geology.cz/hydro_rajony/)

5.4.5 Půdy

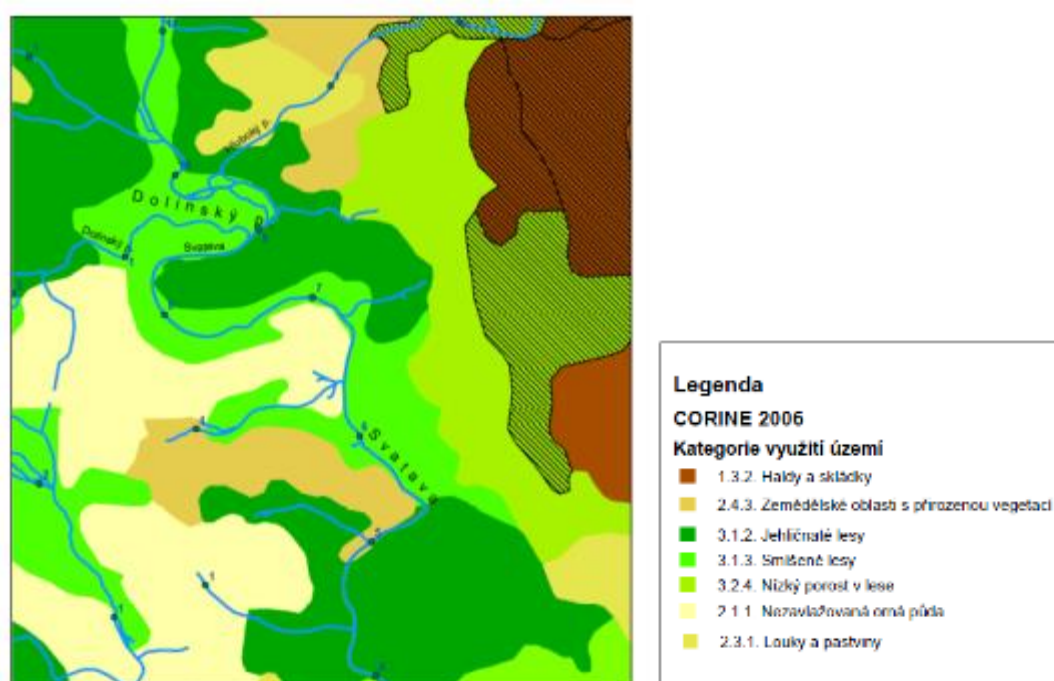
Na území vybrané oblasti se dle Tomáška (2003) vyskytují tři typy půd, a to pseudogleje s hnědými půdami oglejenými, hnědé půdy kyselé a hnědé půdy silně kyselé (obr. č. 7). Dle klasifikace půdních typů dle taxonomického klasifikačního systému půd (geoportal.gov.cz, CENIA) je řeka Svatava, včetně jejího vybraného přítoku ovlivňována zejména antropogenními půdami, neboli antroposoly, které vznikají v důsledku těžby hnědého uhlí v sokolovské oblasti (příloha č. 1).

Antropogenní půdy (antroposoly). Vznik těchto půd může být zapříčiněn významnou modifikací půdních horizontů různými melioračními a kultivačními opatřeními, překrýváním původních půdních horizontů, nebo také půdy, které vznikly přemístováním a kupením materiálů, které jsou získávány při stavebních a těžebních činnostech (Elektronický taxonomický klasifikační systém půd ČR, 2014).

Pseudogleje se nejčastěji vyskytují ve středních výškových stupních, vznikají v terénních depresích, nejobvykleji v údolích řek. Substrát se skládá ze sprašových hlín, hlinitých a jílovitých uloženin, svahovin a jílu. Tyto půdy se vyznačují procesem oglejení, který probíhá na periodicky zamokřovaných a vysušovaných

5.4.6 Využití území

V zájmovém území se dle mapy corine 2006 (Cenia, heis.vuv.cz, data zpracována v ArcMap) vyskytují následující kategorie využití území: Smíšené lesy, které se vyskytují v blízkosti toku řeky Svatava. Po jejím pravém břehu se vyskytuje nezavlažovaná orná půda a část vybraného přítoku se nachází také v oblasti jehličnatých lesů (obr. č. 8). Dle aktuálnějšího a podrobnějšího schématu využití území z roku 2010 se ve vybraném zájmovém území nacházejí po pravém břehu řeky Svatavy nad obcí Luh nad Svatavou smíšené lesy, po jejím levém břehu lesy jehličnaté, severně nad Luhem nad Svatavou pak lesy listnaté. Luh nad Svatavou je definován jako roztroušená zástavba vesnického typu, kde ve směru toku Svatavy se pod obcí nachází vlhká a podmáčená louka - příloha č. 2 této práce.



Obrázek č. 8: Využití území zájmové oblasti (zdroj: CENIA, heis.vuv.cz, vlastní zpracování)

5.4.6 Biogeografická specifikace

Vybrané území spadá Chebsko – Sokolovského bioregionu, který je označován číslicí 1.26, který je tvořen převážně kyselými písky a jíly. Tato oblast biogeograficky navazuje na bioregiony Krušné hory, Slavkovský les a Doupovské hory. Vegetaci tvoří především acidofilní doubravy, podél toků se vyskytují luhy, na podmáčených lokalitách olšina a podmáčené smrčiny přecházející až do borů. Typické je zastoupení subatlantských druhů, dále boreokontinentálních. Fauna je

hercynská se západními vlivy, v tocích pásma pstruhová až parmová. Vegetační stupeň je suprakolinní (Culek, 1996).

5.4.6.1 Lesní vegetační stupně

Vegetační stupně vyjadřují druhové složení bioty, kde je toto složení závislé na změnách klimatu (v závislosti na nadmořské výšce a expozici). Dle Zlatníka (1976) se na našem území vyskytuje deset vegetačních stupňů, které jsou pojmenovány dle převládajícího zastoupení dřevin.

V dané oblasti se díky vlhkému klimatu a vlhčím půdám vyskytují zejména dva vegetační stupně a to jedlobukový a bukový.

U **jedlobukového vegetačního stupně** jsou hojně zastoupeny jedle v doprovodu buků a smrků, v podrostech jsou již hojně zastoupeny také horské druhy, a to třtina chlopkatá a vrbina hajní. Zcela zde chybí dub. Průměrná roční teplota se zde pohybuje v rozmezí 5,5 °C – 6,0 °C, průměrný roční úhrn srážek je 800 – 900 mm a obvykle se vyskytuje v nadmořských výškách 600 – 700 m.n.m.

Bukový vegetační stupeň se vyskytuje obvykle v nadmořských výškách v rozmezí 550 – 600 m.n.m., průměrná roční teplota se pohybuje mezi 6° C až 6,5 °C, průměrný roční úhrn srážek je 700 – 800 mm. Nejvíce je zde zastoupen buk lesní a dále jedle bělokorá.

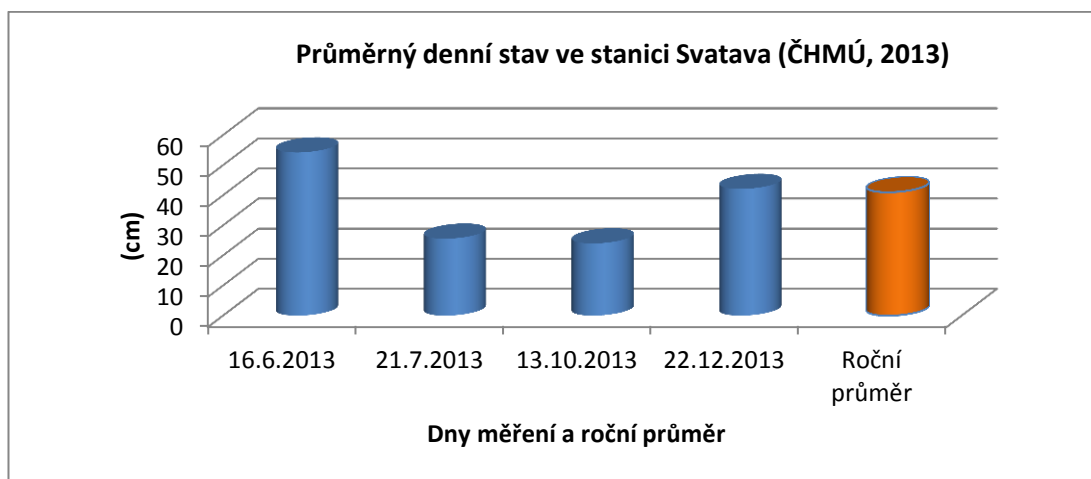
6 Výsledky

6.1 Přehled měření

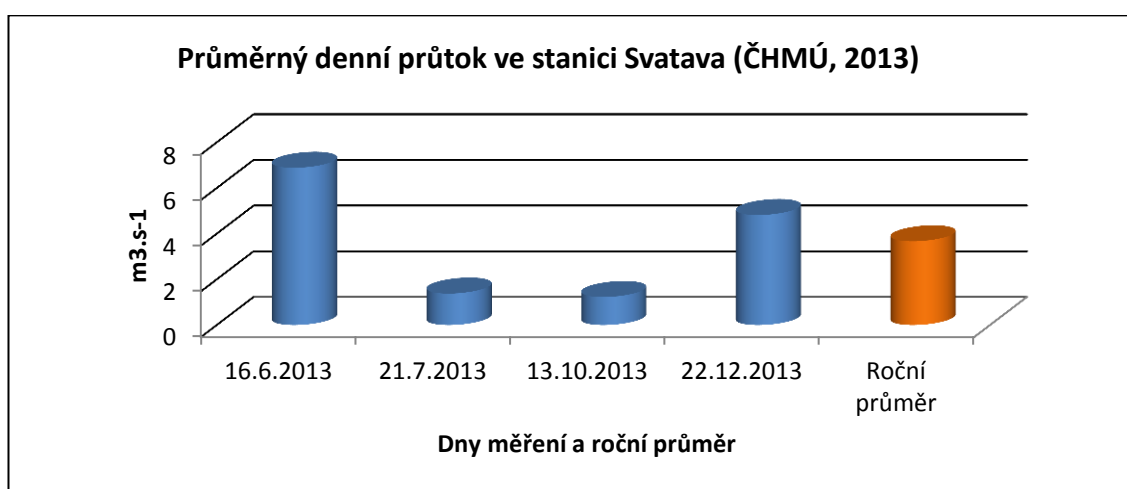
První měření v terénu proběhlo dne 16.6.2013 v dopoledních hodinách (8 – 11 hod) za účasti vedoucí práce. Toto měření probíhalo těsně po deštivém období za zvýšeného stavu vody řeky Svatavy. Na webových stránkách Českého hydrometeorologického ústavu byla získána data z předchozích dnů. Dne 10.6.2013, tedy šest dní před měřením, byl naměřen stav řeky Svatavy ve stanici Svatava 95 cm a průtok $18,9 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ proti průměrnému ročnímu stavu 41 cm a průměrnému ročnímu průtoku $3,67 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ (ČHMÚ, 2013). V následujících dnech docházelo k postupnému klesání těchto hodnot s občasným nepatrným stoupáním vlivem srážek. Druhé měření proběhlo dne 21.7.2013. V tomto letním období bylo horké léto s pravidelnými skoro denními krátkými, ale intenzivními bouřkovými srážkami. Průměrné naměřené hodnoty stanice Svatava byly 25,58 cm průměrný denní stav a průměrný denní průtok činil $1,38 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ (ČHMÚ, 2013). Třetí měření bylo prováděno 13.10.2013, kde průměrné denní hodnoty ve stanici Svatava činily průměrný denní stav 24 cm a průměrný denní průtok $1,23 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ (ČHMÚ, 2013). Čtvrté a zároveň poslední měření bylo prováděno dne 22.12.2013 za chladného počasí, avšak bez sněhové pokrývky. Vzhledem k teplotě vody bylo měření hodnot velmi náročné i přes vhodný oděv. Ve stanici Svatava byl toho dne naměřen průměrný denní stav 42,11 cm a průměrný denní průtok činil $3,67 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ (tabulka č. 2 a graf č. 2 a 3) (ČHMÚ, 2013).

Tabulka č. 2: Průměrné denní hodnoty řeky Svatava ve stanici Svatava ve dnech měření (ČHMÚ, 2013) – vlastní zpracování

	Průměrný denní stav [cm]	Průměrný denní průtok [m^3s^{-1}]
16.6.2013	54,23	6,89
21.7.2013	25,58	1,38
13.10.2013	24	1,23
22.12.2013	42,11	4,82
Roční průměry	41	3,67



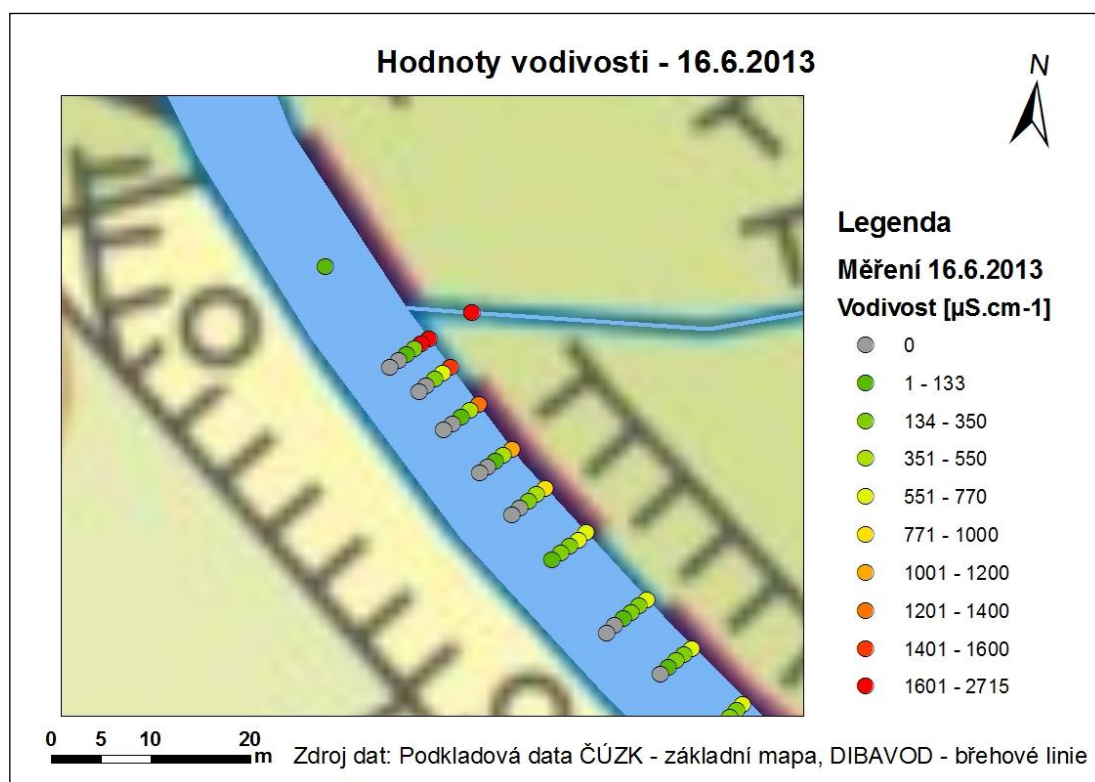
Graf č. 2: Průměrný denní stav vody ve stanici Svatava (ČHMÚ, 2013)



Graf č. 3: Průměrný denní průtok vody ve stanici Svatava (ČHMÚ, 2013)

První měření – 16.6.2013

Probíhalo dne 16.6.2013 po deštivém období, stav vody v řece Svatava byl po deštivém období stále zvýšený. V profilu Svatava byl naměřen průměrný denní stav 54,23 cm a průměrný denní průtok činil $6,89 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Při tomto měření byly sledovány pouze hodnoty vodivosti, pH a salinity vody. Teplota byla změřena v řece Svatavě a přímo v přítoku, kde teplota vody v přítoku byla o $1,2^\circ\text{C}$ vyšší. V přítoku byla naměřena vodivost $2715 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ oproti hodnotě $132,9 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ naměřené v řece Svatava v místě nad přítokem (obr. č. 9).



Obrázek č. 9: Vodivost dne 16.6.2013

Výrazný rozdíl je znatelný také v salinitě (přítok 1,42 ‰, Svatava 0,06‰). Nejvyšší hodnota vodivosti v řece Svatava pod přítokem byla $2250 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, která následně se vzdáleností od přítoku klesala (tabulka č. 3 a tabulka č. 4). Celkový grafický výstup vodivosti (příloha č. 4 této práce).

Tabulka č. 3: Měření 16.6.2013 - Řeka Svatava a přítok – naměřené hodnoty

	<i>Teplota [°C]</i>	<i>Vodivost [$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$]</i>	<i>pH</i>	<i>Salinita [‰]</i>
Svatava	10,6	132,9	7,3	0,06
Přítok	11,8	2 715	8	1,41

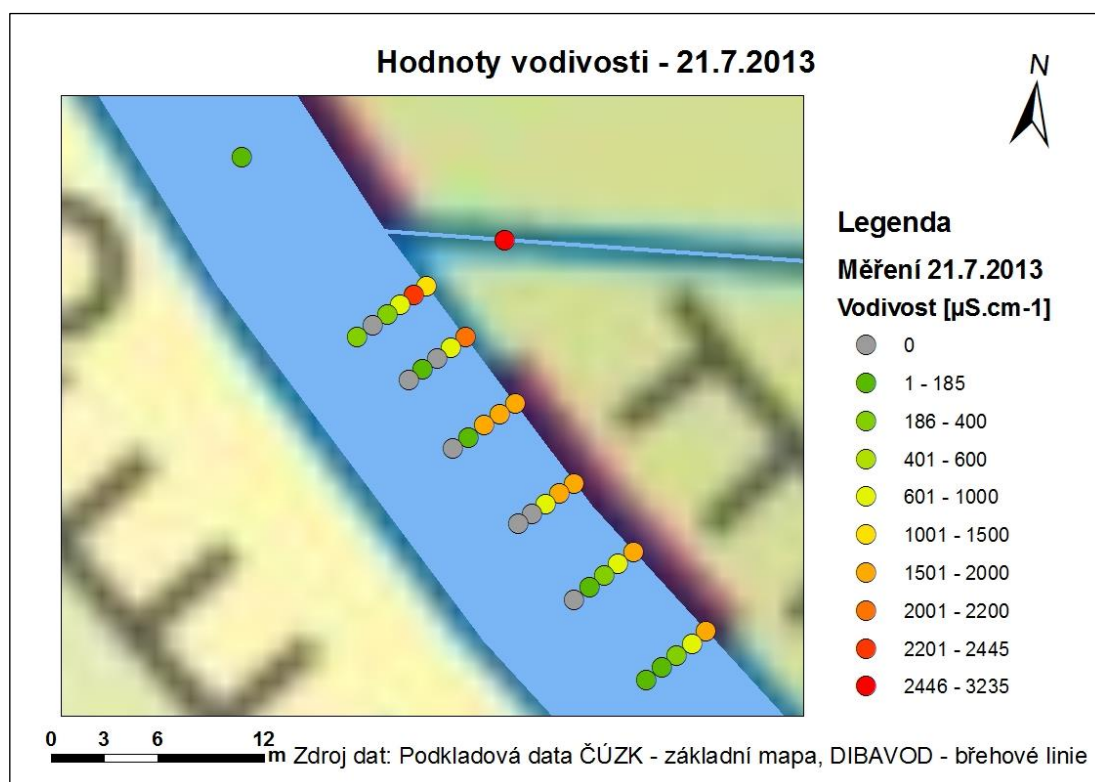
Tabulka č. 4: Měření 16.6.2013 – shrnutí naměřených hodnot

Průměrný denní stav	54,23 cm	Průměrný denní průtok	$6,89 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$
16.6.2013	Ø (průměr)	<i>minimum</i>	<i>maximum</i>
<i>Vodivost [$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$]</i>	437,2	131	2250
<i>pH</i>	7,6	7,4	8,1
<i>Salinita [‰]</i>	0,21	0,06	0,95

Druhé měření – 21.7.2013

Toto měření probíhalo v období horkého léta s pravidelnými denními intenzivními, krátkými bouřkovými srážkami. Průměrné naměřené hodnoty stanice Svatava byly 25,58 cm průměrný denní stav a průměrný denní průtok činil $1,38 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ (ČHMÚ, 2013). Teplota přítoku byla o $2,1^\circ\text{C}$ nižší než teplota vody v řece Svatavě.

Byly vypočítány průměrné hodnoty měření, kde průměrná vodivost činí 777,11 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (obr. č. 10), průměrné pH 7,8, průměrná salinita 0,4‰, oxidačně redukční potenciál -8,72 a rozpuštěný kyslík 9,87 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ (tabulka č. 5 a č. 6). Nejvyšší naměřená vodivost činila 2440 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Grafické znázornění naměřených hodnot vodivosti (příloha č. 5 této práce).



Obrázek č. 10: Vodivost dne 21.7. 2013

Tabulka č. 5: Měření 21.7.2013 - Řeka Svatava a přítok – naměřené hodnoty

	Teplota [$^{\circ}\text{C}$]	Vodivost [$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$]	pH	Salinita [‰]	ORP [mV]	DO [$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]
Svatava	18,9	183,5	7,66	0,09	28,3	10,1
Přítok	15,8	3 235	7,77	1,71	-10,2	9,7

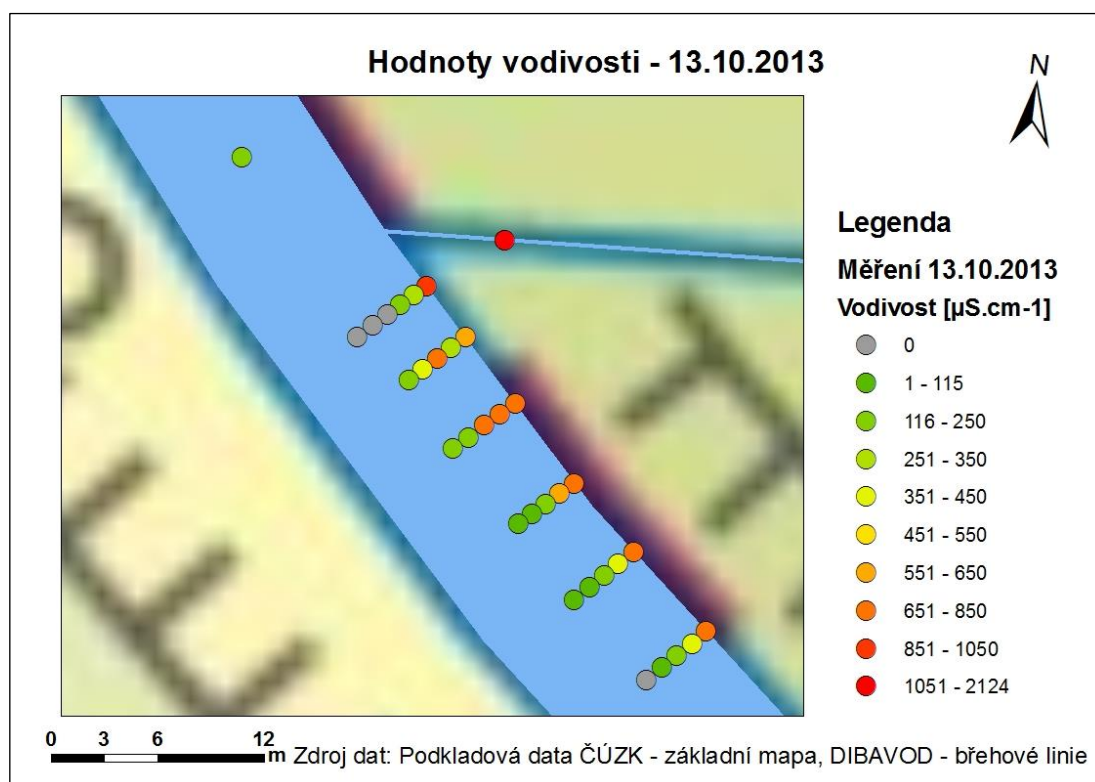
Tabulka č. 6: Měření 21.7.2013 – shrnutí naměřených hodnot

Průměrný denní stav	25,58 cm	Průměrný denní průtok	1,38 $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$
21.7.2013	Ø (průměr)	<i>minimum</i>	<i>maximum</i>
Vodivost [$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$]	777,11	103,4	2440
pH	7,8	7,4	8,1
Salinita [‰]	0,4	0,05	1,26
ORP [mV]	-8,72	-15,0	3,4
DO [$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]	9,87	9,5	10,5

Třetí měření – 13.10.2013

Průměrné denní hodnoty ve stanici Svatava činily v tento den průměrný denní stav 24 cm a průměrný denní průtok 1,23 $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ (ČHMÚ, 2013). Na řece Svatava

v oblasti nad přítokem byla naměřena hodnota oxidačně redukčního potenciálu 33,5 mV a množství rozpustného kyslíku 11,8 mg.l⁻¹. Naopak hodnoty v přítoku činily 5,7 mV a množství rozpustného kyslíku bylo naměřeno 10,5 mg.l⁻¹. Průměrná hodnota naměřených vodivostí činí 350,2 μS.cm⁻¹ a pohybovala se v rozmezí maxima 1033 μS.cm⁻¹ a minima 102,2 μS.cm⁻¹ (obr. č. 11).



Obrázek č. 11: Vodivost dne 13.10.2013

Průměrná salinita činí 0,26 ‰ (max. 0,08‰, min. 0,63‰), průměrné pH 7,6 (v rozmezí 7,3 – 8,0), průměrný oxidačně redukční potenciál -14,37 mV (v rozmezí -43,5 mV– 10 mV) a průměrné naměřené množství rozpuštěného kyslíku činí 10,92 mg.l⁻¹ (v rozmezí 9,8 mg.l⁻¹- 11,9 mg.l⁻¹). Shrnutí těchto hodnot –(tabulka č. 7 a č. 8). Grafické znázornění naměřených hodnot vodivosti (příloha č. 6 této práce).

Tabulka č. 7: Měření 13.10.2013 - Řeka Svatava a přítok – naměřené hodnoty

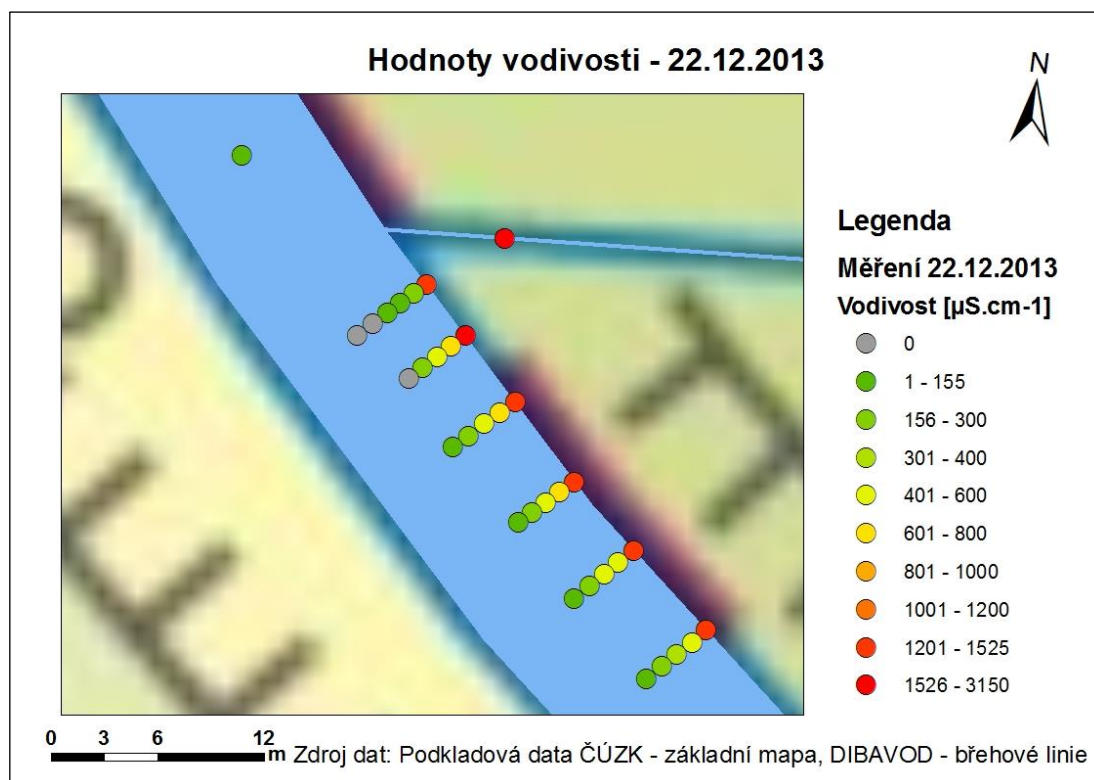
	<i>Teplota [°C]</i>	<i>Vodivost [μS.cm⁻¹]</i>	<i>pH</i>	<i>Salinita [‰]</i>	<i>ORP [mV]</i>	<i>DO [mg.l⁻¹]</i>
Svatava	7,4	111,5	7,4	0,09	33,5	11,8
Přítok	8,2	2 513	8	1,72	-5,7	10,5

Tabulka č. 8: Měření 13.10.2013 – shrnutí naměřených hodnot

Průměrný denní stav	24 cm	Průměrný denní průtok	1,23 m ³ s ⁻¹
13.10.2013	Ø (průměr)	<i>minimum</i>	<i>maximum</i>
<i>Vodivost [μS.cm⁻¹]</i>	350,2	102,2	1033
<i>pH</i>	7,6	7,3	8
<i>Salinita [‰]</i>	0,26	0,08	0,63
<i>ORP [mV]</i>	-14,37	10	-43,5
<i>DO [mg.l⁻¹]</i>	10,92	9,8	11,9

Čtvrté měření – 22.12.2013

V tento den byl naměřen stav řeky Svatavy ve stanici Svatava 42,11 cm a průtok činil 4,82 m³s⁻¹ (ČHMÚ, 2013). Nad přítokem byla naměřena hodnota oxidačně redukčního potenciálu 54,2 mV a množství rozpuštěného kyslíku 11,2 mg.l⁻¹, hodnoty v přítoku činily -4,8 mV a množství rozpuštěného kyslíku bylo naměřeno 10,1 mg.l⁻¹. Průměrná hodnota vodivosti činila 512,2 μS.cm⁻¹ (v rozmezí 150,1 μS.cm⁻¹ - 1525 μS.cm⁻¹) (obr. č. 12).



Obrázek č. 12: Vodivost dne 22.12.2013

Průměrná salinita byla neměřena 0,25 ‰ (min. 0,06‰ - max. 0,76‰), průměrné pH 12,8 (v rozmezí 12,2 – 13,1), průměrný oxidačně redukční potenciál -2,75 mV (v rozmezí minima -12 mV a maxima 3 mV) a průměrné naměřené množství rozpuštěného kyslíku činí 12 mg.l⁻¹ (v rozmezí 10,1 mg.l⁻¹ - 14,2 mg.l⁻¹), (tabulka č. 9 a č. 10). Grafické znázornění – (příloha č. 7 této práce).

Tabulka č. 9: Měření 22.12.2013 - Řeka Svatava a přítok – naměřené hodnoty

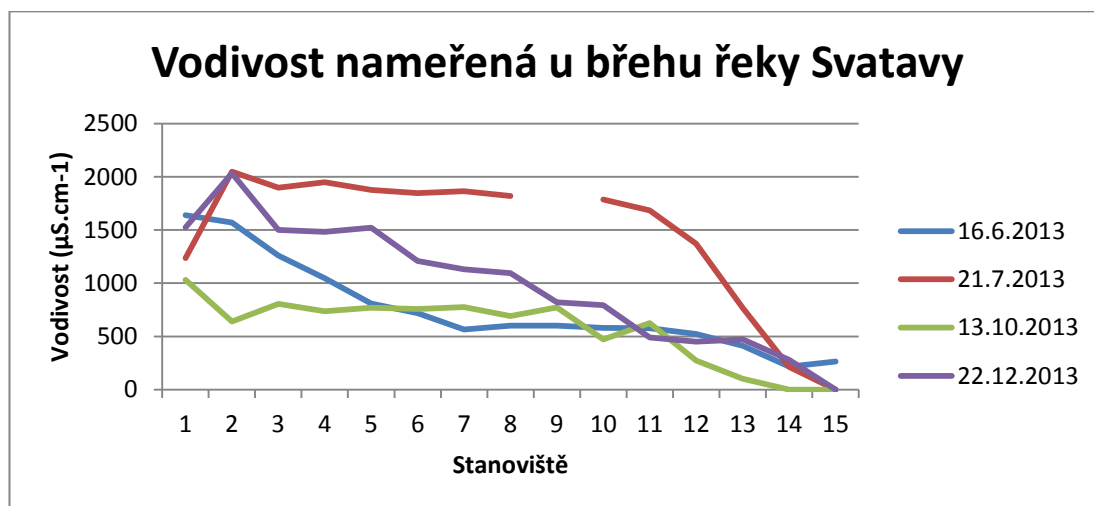
	Teplota [°C]	Vodivost [$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$]	pH	Salinita [‰]	ORP [mV]	DO [$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]
Svatava	3,6	150,1	12	0,06	54,2	11,2
Přítok	4,2	3 150	12,4	1,64	-4,8	10,1

Tabulka č. 10: Měření 22.12.2013 – shrnutí naměřených hodnot

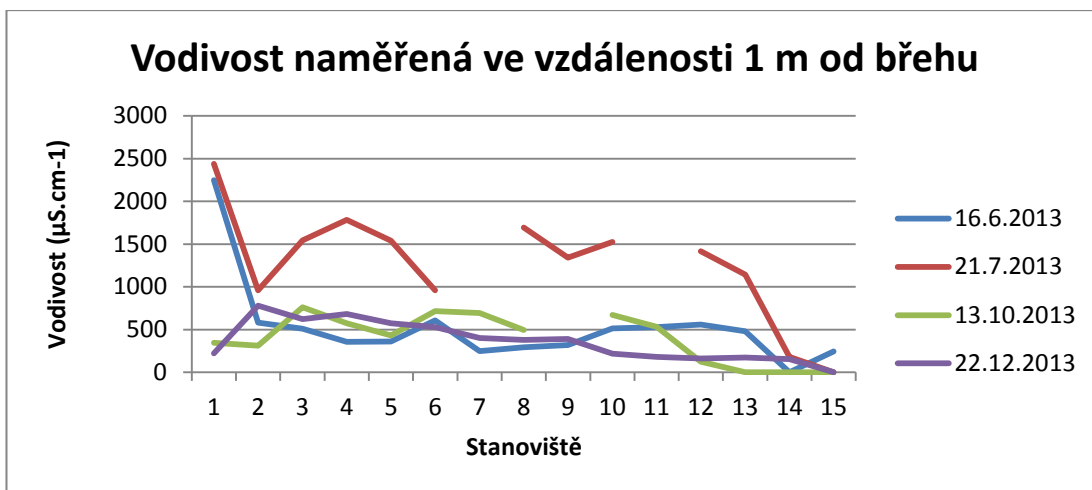
Průměrný denní stav	42,11 cm	Průměrný denní průtok	4,82 $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$
22.12.2013	Ø (průměr)	<i>minimum</i>	<i>maximum</i>
Vodivost [$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$]	512,3	150,1	1525
pH	12,8	12,2	13,1
Salinita [‰]	0,25	0,06	0,76
ORP [mV]	-2,75	-12	3
DO [$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$]	12	10,1	14,2

6.4 Shrnutí naměřených výsledků

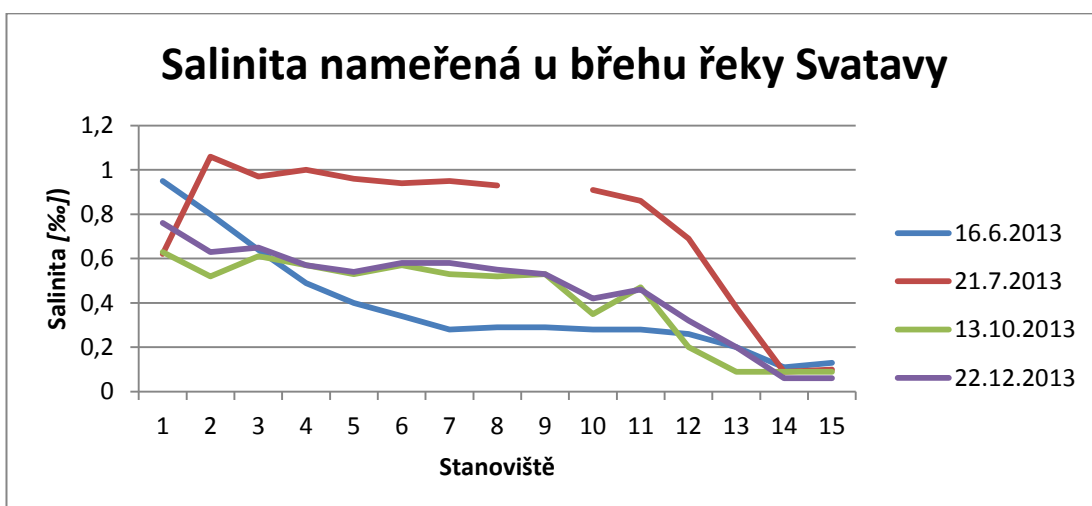
Nejvyšší hodnoty vyznačující znečištění řeky Svatavy přítokem, který vytéká z oblasti Velké podkrušnohorské výsypky, byly naměřeny za nejnižšího stavu vody řeky Svatava a v letních měsících (dne 21.7.2013). Pokles hodnot na stanovišti č. 1 v blízkosti přítoku je způsoben zředěním znečištěné vody proudem vody z řeky Svatava, který je silnější zejména v dosahu vzdálenosti do 1m od břehu, což je zřejmé už pouhým pohledem (zabarvení vody). Následuje poté již zmiňovaný podélný val. Z výsledků současně vyplývá již uváděná skutečnost, že nejvyšší hodnoty byly naměřeny dne 21.7.2013 (graf č. 4 a č. 5).



Graf č. 4: Vodivost naměřená u břehu řeky Svatavy (vlastní zpracování)



Graf č. 5: Vodivost naměřená ve vzdálenosti 1m od břehu (vlastní zpracování)



Graf č. 6: Salinita naměřená u břehu řeky Svatava (vlastní zpracování)

7 Diskuse

Dle dostupných údajů databáze heis.vuv.cz (mapa vodního hospodářství a ochrana vod) o vypouštění vod do vod povrchových zde dochází k bodovému znečištění z důvodu těžby hnědého uhlí kromě lignitu (dle klasifikace ekonomických činností dle EU). Referenčním rokem je rok 2012, kdy bylo do řeky Svatavy vypuštěno $922\,135\text{ m}^3$, průměrné množství vypouštěných vod činilo $29,221\text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$. Původem jsou důlní vody ($922\,135\text{ m}^3$), kde není využívána čistírna odpadních vod. V roce 2012 byly průměrné koncentrace znečištění pro chemickou spotřebu dichromanem $17,4\text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$, pro rozpuštěné látky žíhané $2\,502,5\text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ a nerozpuštěné látky při 105°C $40,3\text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ (heis.vuv.cz).

Dle databáze IS ARROW byly chemické ukazatele v řece Svatava na říčním kilometru 0,1 v profilu Sokolov měřeny mezi roky 1963 – 2009, kde dle posledního vzorku (data poskytována veřejnou databází) číslo 1181/2009 ze dne 4.3.2009 byl obsah celkového železa $0,603\text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$, obsah celkového manganu byl $0,172\text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ a obsah síranů činil $70\text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Konduktivita v laboratoři dle tohoto vzorku činila $41,6\text{ mS}\cdot\text{m}^{-1}$. Touto problematikou se podrobně zabývají Richter a Pecharová (2013). Databáze IS ARROW je provozována Českým hydrometeorologickým ústavem jako Národní referenční středisko pro monitoring pro Ministerstvo životního prostředí České republiky. Tento informační systém obsahuje sledování chemických a ekologických stavů vod dle požadavků směrnice rady č. 2000/60/ES. Tyto data jsou přístupná pro odbornou i laickou veřejnost (IS ARROW, 2014). V této databázi jsou poslední data poskytována z měsíce března roku 2009. Po této době nedošlo dle Richtera (2011) k dohodě mezi ministerstvem životního prostředí a provozovateli monitoringu vod v otázce financování tohoto monitoringu.

Jak uvádí Broumová a kol. výsypkové vody Velké podkrušnohorské výsypky se v hodnotách pH liší od jiných výsypkových vod ve světě, tyto vody se dají charakterizovat spíše jako alkalické důlní vody. Jako hlavní příčinu Dimitrovský (2001) popisuje pravděpodobně omezené množství pyritických rud, které zpravidla doprovázejí uhelné sloje. V této těžební oblasti je podloží tvořeno cyprisovými jíly, které mají významnou neutralizační schopnost a zároveň vodu obohacují o další složky včetně uhličitánů (Dimitrovský, 2001). Pitter (1999) ve své publikaci zmiňuje hodnoty pH v čistých přírodních vodách v rozmezí cca od 4,5 – 9,5, kdy je tato hodnota obvykle dána uhličitánovou rovnováhou. U důlních vod při těžbě hnědého

uhlí dále uvádí typické rozmezí hodnot pH 2,5 – 6,0. Naměřené výsledky přítoku se od těchto hodnot liší. Tyto se pohybují obvykle v rozmezí od 7,4 do 8,1 pH. V prvních třech měření byly hodnoty téměř konstantní, kdy maximální rozdíl mezi nimi činil do 1,11. Výrazně odlišné hodnoty pH byly naměřeny dne 22.12.2013, kdy se pohybovaly v rozmezí 12,2 – 13,2 pH. Při zvýšeném pH se kovy srážejí lépe a snadněji tvoří hydroxidy (Costello, 2003). Obecně se železo sráží a oxiduje rychleji než mangan (Costello, 2003, Pecharová 2004). Bylo laboratorně prokázáno srážení manganu při hodnotách pH 9,5 – 10 (Hezina a kol., 1999). Ideální pH pro vodní organismy se pohybuje v rozmezí 6,5 – 8,5. Při hodnotách okolo 5 pH již dochází k poškozování vodních organismů (plísně, ektoparazitě, zahlenění žaber), oproti tomu při vysokých hodnotách pH (9,2 – 10,8) dochází k neklidu a nechutenství vodních organismů (Ambrožová, 2003).

Jak uvádí Langhammer (2002), hodnoty vodivosti ve vodoteči jsou přímo úměrné antropogenní činnosti, kdy míra přítomnosti kationtů a aniontů zvyšuje výskyt látek indukujících znečištění toku. Vliv na vodivost má také vodnost toku. Vodivost povrchových vod na Velké podkrušnohorské výsypce se pohybuje v rozmezí 1000 – 5000 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, naopak u běžných povrchových vod v ČR se vodivost pohybuje v rozmezí 50 – 150 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (Hezina a kol., 1999). Průměrná naměřená hodnota vodivosti v přítoku činila 2 903 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (min. 2513 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, max. 3 235 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$). Následným vtokem do řeky Svatavy pak dochází k mísení vod a hodnoty vodivosti postupně klesají.

7.1 Návrhy možných řešení

Vzhledem k ekonomické náročnosti aktivních přístupů a složité problematice likvidace kalů, které vznikají při chemických procesech čištění důlních vod, se jako nejvhodnější řešení jeví pasivní přístupy, které umožňují přírodní čištění za průběhu přirozených chemických a biologických procesů s výrazně nižšími ekonomickými náklady.

Mokřady byly nezávisle používány k odstraňování různých znečišťujících látek a bylo prokázáno, že v těchto systémech se skrývá významný potenciál (Rodgers a Castle 2006), jsou účinné, ekonomické a ekologické. Dále Rodgers a Castle (2006) jako hlavní výhody mokřadů uvádějí nízké náklady na výstavbu, nízké provozní a udržovací náklady, spolehlivost a rozsáhlou variantnost možných řešení.

Pecharová (2004) ve své habilitační práci uvádí efekt mokřadů jako velice významný při snižování koncentrací železa a manganu ve vodách odtékajících z tělesa výsypky.

Za účelem snižování koncentrací nežádoucích látek bylo již prováděno několik typů řešení na malých vodních tocích (Ticháčková, 2011 ex. Příkryl, 1995). V daném místě je možné zvolit jednu ze dvou možností řešení problému (popřípadě jejich kombinace) znečištění vody v řece Svatava a to rozčlenění přítoku pomocí hrázek, které mají za důsledek zpomalení a okysličení toku, při čemž dochází opět ke snižování koncentrací látek, jako jsou železo a mangan. V tomto případě by však bylo náročné provádění těchto úprav z hlediska dostupnosti lokality na levém břehu řeky Svatavy. Jako druhé řešení se nabízí rozlité toku na velkou plochu v tenké vrstvě tak, aby se docílilo výraznému zpomalení odtoku a současného přirozeného vzniku mokřadu. V experimentu účinnosti mokřadů na čištění výsypkových vod, který probíhal na Velké podkrušnohorské výsypce, vyplývá, že tyto mokřady mají významný vliv na snižování koncentrací železa a manganu (až několikanásobný pokles koncentrací) a u mokřadních biotopů bylo prokázáno, že dochází ke srážení okolo 1kg/m^2 železa a $0,78\text{ kg/m}^2$ manganu za rok (Pecharová, 2004). V tomto případě by však bylo toto řešení pravděpodobně ekonomicky nákladné. Bylo by nutné tento tok zatrubnit a převést přes koryto řeky Svatava na její pravý břeh, kde se nacházejí vhodné plochy k této možnosti čištění. Toto řešení by muselo být důkladně projektováno tak, aby nebylo nutné vlastní přečerpávání vody, ale aby tento proces probíhal na základě gravitace, kde by byly finančně náročné pouze vstupní náklady. Zároveň by musely být řešeny majetkoprávní vztahy dotčených pozemků.

8 ZÁVĚR

Pro vodu, která z výsypky odtéká, jsou charakteristické vyšší koncentrace iontů než u vod povrchových. Vody z výsypky se od běžných povrchových vod v ČR odlišují zejména vysokou hodnotou vodivosti a vysokými koncentracemi železa a manganu (Pecharová, 2004). Příkryl (2003) poukazuje na to, že sloučeniny železa zanášejí koryta toků rezavými sraženinami. Dále uvádí možnost vytvoření dobrých podmínek (okysličení vody a sedimentace sraženin) za účelem vysrážení železa. Vhodným řešením se nabízí souvisle vegetací zarostlé mokřady, kde Příkryl (2003) uvádí celkové vysrážení železa do 100m. Z kapitoly 6.4 vyplývá, že nejvyšší hodnoty vodivosti byly naměřeny v blízkosti levého břehu řeky Svatavy. Tato skutečnost je rozpoznatelná také vizuálně. Se vzdáleností od přítoku však tyto hodnoty pomalu klesají až na výjimky lineárně. Se vzdáleností od břehu vlivem ředění vodou a turbulentním prouděním v řece Svatava tyto hodnoty kolísají. Nejvyšší hodnoty vodivosti byly naměřeny dne 21.7.2013 (průměrná hodnota vodivosti $777,11 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) v závislosti na klimatických podmínkách, kdy docházelo k nižšímu ředění v důsledku nižšího stavu řeky Svatavy oproti ostatním dnům, kdy měření probíhalo. Naopak nejnižší hodnoty vodivosti byly naměřeny dne 13.10.2013 (průměr $350,2 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$). Z výsledků měření vyplývá, že řeka Svatava je vodou z přítoku výrazně ovlivňována zejména v jeho blízkosti. Se vzrůstající vzdáleností hodnoty vodivosti postupně klesají a zastavují se na hodnotách, které jsou zvýšené v rozmezí $0-70 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, průměrně však o $29 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, oproti hodnotám vodivosti v řece Svatava, které byly měřeny nad tímto přítokem.

Použité zdroje

Literatura

AMBROŽOVÁ, J., 2003: *Aplikovaná a technická hydrobiologie*. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, pp: 226.

BEJŠOVEC Z., MILIČ J., 1994: *Hydrologie jako limitující faktor těžební činnosti v Sokolovské pánvi – DÚ Zhodnocení vodního režimu v okolí vytypovaných zbytkových jam vlivem těžby po jejím ukončení*. Dílčí výzkumná zpráva úkolu R – 2, Výzkumný ústav pro hnědé uhlí, a.s., Most, pp: 32.

BROUMOVÁ H., NOVOTNÁ K. et ŠÍMOVÁ I.: *Výsypka po těžbě hnědého uhlí – unikátní krajinný novotvar*. Laboratoř aplikované ekologie, Zemědělská fakulta Jihočeské Univerzity v Českých Budějovicích, pp: 1-8.

COSTELLO, C., 2003: *Acid mine drainage: innovative treatment technologies*. National Network of Environmental Studies Fellows. US Environmental Protection Agency: Washington DC, pp: 55.

CULEK M. A KOL., 1996: *Biogeografické členění České republiky*. ENIGMA, Praha.

DEMEK J., MACKOVČIN P., & HAVLÍČEK M., 2006: *Zeměpisný lexikon-Hory a nížiny*. AOPK ČR, VÚKOZ.

DIMITROVSKÝ K., 2001: *Tvorba nové krajiny na Sokolovsku*, SZN, Praha.

DVOŘÁK O., JELÍNKOVÁ A., 2012: *Stav toků na Velké podkrušnohorské výsypce a revitalizace Lomnického potoka*. In: Kos Z., Dočkal M. (eds.), 2012. Sborník příspěvků konference voda a krajina. Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství, Fakulta stavební ČVUT v Praze, pp: 67 - 74.

FROUZ J., POPPERL J., PŘIKRYL I., ŠTRUDL J., 2007: *Tvorba nové krajiny na Sokolovsku*. Sokolovská uhelná, právní nástupce a.s., Sokolov, pp: 26.

FROUZ J., KEPLIN B., PIŽL V., TAJOVSKÝ K., STARÝ J., LUKEŠOVÁ A., NOVÁKOVÁ A., BALÍK V., HÁNĚL L., MATERNA J., DÜKER C., CHALUPSKÝ J., RUSEK J., HEINKELE T., 2001: *Soil biota and upper soil layers development in two contrasting post-mining chronosequences*, Ecological Engineering 17, pp: 275–284.

- JOHNSON D. B., HALLBERG K. B., 2005: *Acid mine drainage remediation options: a review*. Science of the Total Environment 338, pp: 3 – 14.
- JÚVA K., HRABAL A., TLAPÁK V., 1984: *Malé vodní toky*. 1. vyd. Praha: SZN, pp: 256.
- HEVIANKOVÁ S., BESTOVÁ I., ZECHNER M., 2011: *Possibilities of acid mine drainage treatment in Sokolovska uhelna, Czech Republic*. Gospodarka surowcami mineralnymi – mineral resources management, Vol. 27, No. 3, pp: 113 – 124.
- HEZINA T., PECHAROVÁ E., PROCHÁZKA J., KALLISTOVÁ I., PECHAR L. 1999: *Obnova biotopů s cílem ovlivnění kvality odtékající vody*. In: Roční závěrečná zpráva projektu VS 96072 Laboratoře aplikované ekologie a managementu zemědělské krajiny Zemědělské fakulty JU v Českých Budějovicích za rok 1999, pp: 76 - 92.
- HORÁKOVÁ M., LISCHKE P., PEKÁRKOVÁ K., GRÜNWARD A., 1986: *Metody chemické analýzy vod*. SNTL – Nakladatelství technické literatury, Praha, pp: 272.
- HORÁKOVÁ M., 2003: *Analytika vody*. Vydavatelství VŠCHT, Praha, pp: 335.
- KALIN M., FYSON A., WHEELER W. N., 2006: *The chemistry of conventional and alternative treatment systems for the neutralization of acid mine drainage*. Science of the Total Environment 366, pp: 395 – 408.
- KOTĚŠOVEC V., 2006: *Kronika města Kraslice*
- KŘÍŽ H., 1983: *Hydrologie podzemních vod*. Academia, Praha, 292 pp.
- LANGHAMMER J., 2002: *Kvalita povrchových vod a jejich ochrana*. Univerzita Karlova, Praha, pp: 225.
- LEITGEB J., 2010: *Velké rekultivační stavby v příměstské části měst a obcí Sokolovska*, Časopis STAVEBNICTVÍ 08/10, Brno, pp: 22 – 26.
- LELLÁK J. a KUBÍČEK F., 1991: *Hydrobiologie*. Univerzita Karlova, Praha, pp: 257.
- LUEDERITZ V, ECKERT E., LANGER-WEBER M., LANGE A. et GERSBERG R.M., 2001: *Nutrient removal efficiency and resource economics of vertical flow and horizontal flow constructed wetlands*. Ecological Engineering 18: 157–171, pp: 15.

MATOUŠKOVÁ M. [ed.], 2008: *Ekohydrologický monitoring vodních toků: v kontextu evropské Rámcové směrnice o vodní politice 2000/60/ES*. Praha: Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, pp: 209.

MC CAULEY C. A., O'SULLIVAN A. D., WEBER P. A. et TRUMM D., 2010: *Variability of Stockton Coal Mine drainage chemistry and its treatment potential with biogeochemical reactors*. New Zealand Journal of Geology and Geophysics, Vol 53, No. 2-3, pp: 211 – 226.

NEUŽIL M., 1998: *Vliv povrchové těžby hnědého uhlí na životní prostředí*. Ministerstvo životního prostředí. Zpravodaj EIA 2/1998, pp: 10-13.

PECHAROVÁ E., 2004: *Habilitační práce – Vybrané aspekty obnovy funkce krajiny narušené povrchovou těžbou hnědého uhlí*, Jihočeská univerzita České Budějovice.

PITTER P., 1999: *Hydrochemie*. VŠCHT, Praha, pp: 568.

PITTER P., 1998: *Výpočet celkové mineralizace a její význam v hydrochemii*. Chemické listy, No. 92, pp 772 – 776.

PORTER C. M., NAIRN R. W., 2010: *Fluidized bed ash and passive treatment reduce the adverse effects of acid mine drainage on aquatic organisms*. Science of the Total Environment 408, pp: 5445 – 5451.

PRACH K. [ed.], 2010: *Výsypky*. – In: Řehounek J., Řehouňková K., Prach K. (eds.) 2010: *Ekologická obnova území narušených těžbou nerostných surovin a průmyslovými deponiemi*. Calla, České Budějovice.

PŘIKRYL I., 1995: *Vyhodnocení potřeby záchranných prací v předpolí lomu Jiří do roku 2001 – Dílčí zpráva*, VÚRH Vodňany.

PŘIKRYL I., 1999: *Chemismus vod ovlivněných těžbou Sokolovské uhelné a.s.*, ENKI, o.p.s., Třeboň, pp: 70.

PŘIKRYL, I., 2003: *Vody vznikající v souvislosti s těžbou uhlí*, ENKI, o.p.s., Třeboň. pp. 94 – 99.

RICHTER P., PECHAROVÁ E., 2013: *Effects of minning activities on river water quality*. Czech Univesity of Life Science, Vol. 22, No.4, pp:1269 – 1276.

RICHTER P., 2011: *Vyhodnocení jakosti vody z hlediska možného znečištění důlní činností: Svatava 1997 – 2008*. In: Maršálek M., Berchová K. et Pecharová E. (eds.),

2011. Náhledy do aplikované ekologie – sborník odborných a vědeckých prací studentů DSP Kostecké Barborky 2011. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce, s.r.o., pp: 172 – 185.

RODGERS Jr.J.H., a CASTLE J.W., 2006: *Constructed wetland systems for efficient and effective treatment of contaminated waters for reuse*. Environmental Geosciences: pp: 8.

SKALOŠ J., PECHAROVÁ E., KAŠPAROVÁ I., TESAŘOVÁ B., TRPÁKOVÁ I., BROM J., JUSTOVÁ H., KŘOVÁKOVÁ K., NEDBAL V., PECHAR L., SÍČOVÁ P., SIXTA J., TRPÁK P., 2012: *Strukturní a funkční změny krajiny Sokolovska (1842 and 2010)*. Kostelec.

STOTTMEISTER U., WIEßNER A., KUSCHK P., KAPPLMEYER U., KÄSTNER M., BEDERSKI O., MÜLLER R.A., MOORMAN H., 2003: *Effects of plants and microorganisms in constructed wetlands for wastewater treatment*. Biotechnology Advanced: 0734-9750, pp:25.

SVOBODA I. 2003: *Geologie, geomorfologie, těžba nerostných surovin, sanace a rekultivace. Územní prognóza území dotčeného těžbou hnědého uhlí na Sokolovsku*, Atelier T-plan, s.r.o., Praha 7.

ŠTÝS S., 2001: *Rekultivace severočeského hnědouhelného revíru v proměnách času*. In: Sborník referátů, Mezinárodní konference - 50 let sanace a rekultivace krajiny po těžbě uhlí, 14.-18.5. 2001, Teplice, SD a.s.

TICHÁČKOVÁ J. 2011: *Složení a charakteristika výsypkových vod*. In: Maršálek M., Berchová K. et Pecharová E. (eds.), 2011. Náhledy do aplikované ekologie – sborník odborných a vědeckých prací studentů DSP Kostecké Barborky 2011. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce, s.r.o., pp: 73-84.

TOMÁŠEK M., 2003: *Půdy České republiky*. Česká geologická služba, Praha, pp: 67.

VRÁBLÍKOVÁ J. [ed.] (2008). *Revitalizace antropogenně postižené krajiny v podkrušnohoří II.část*, Teoretická východiska pro možnost revitalizace území modelové oblasti. FŽP UJEP Ústí n. Labem, pp: 154.

Internetové zdroje

ČHMÚ – Český hydrometeorologický ústav. [cit. 2014-03-08]. Dostupné z:
http://portal.chmi.cz/portal/dt?menu=JSPTabContainer/P4_Historicka_data/P4_1_Pocasi/P4_1_3_Mapy_char_klim

ČHMÚ - Hlásná a předpovědní povodňová služba: *Vodní stav řeky Svatava ve stanici Svatava*. [cit. 2013-06-15]. Dostupné z:
http://hydro.chmi.cz/hpps/popup_hpps_prfdyn.php?seq=2505268

Digitální báze vodohospodářských dat: *DIBAVOD*. [cit. 2013-09-15]. Dostupné z:
<http://www.dibavod.cz>

Elektronický taxonomický klasifikační systém půd ČR. 2004 [cit. 2014-03-5].
Referenční třídy půd. Dostupné z WWW:
<http://klasifikace.pedologie.czu.cz/index.php?action=showPudniKategorie>

HEIS VÚV: Hydroekologický informační systém, Výzkumný ústav
vodohospodářský T.G. Masaryka. [cit. 2014-03-10]. Dostupné z:
<http://www.heis.vuv.cz>

IS ARROW: Assesment and Reference reports of Water monitoring. [cit. 2014-03-06]. Dostupné z: <http://hydro.chmi.cz/isarrow/>

Mapový server České geologické služby: *Geology*. [cit. 2013-09-29]. Dostupné z:
<http://www.geology.cz/extranet/mapy/mapy-online>

MŽP: Ministerstvo životního prostředí, plánování v oblasti vod. [cit. 2013-09-29].
Dostupné z: http://www.mzp.cz/cz/planovani_oblasti_vod

Plán oblasti povodí Ohře a Dolního Labe: *Ochrana před povodněmi a vodní režim krajiny*. Povodí Ohře s.p., 2009 [cit. 2013-09-29]. Dostupné z:
http://www.poh.cz/VHP/pop/A/1_TEXTOVA_CAST/OH_Kapitola_D.pdf

Plán oblasti povodí Ohře a Dolního Labe: *Popis oblasti povodí*. Povodí Ohře s.p.,
2009 [cit. 2013-09-29]. Dostupné z:
http://www.poh.cz/VHP/pop/A/1_TEXTOVA_CAST/OH_Kapitola_A.pdf

Legislativa

ES 60: Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES ze dne 23. Října 2000,
kterou se stanoví rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky

NV 23: Nařízení vlády č. 23/2011 Sb., kterým se mění nařízení vlády č. 61/2003 Sb.,
o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod,
náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do
kanalizací a o citlivých oblastech, ve znění nařízení vlády č. 229/2007 Sb.

zákon č. 44/1988 Sb., o ochraně a využití nerostného bohatství (§40)

zákon 254/2001 Sb., o vodách

Seznamy

Seznam obrázků

- Obrázek č. 1:** Zájmové území – širší vztahy
- Obrázek č. 2:** Luh nad Svatavou – řeka Svatava a její přítok
- Obrázek č. 3:** Luh nad Svatavou – řeka Svatava a její přítok
- Obrázek č. 4:** Geomorfologie území
- Obrázek č. 5:** Geologická mapa 1:50 000
- Obrázek č. 6:** Hydrogeologická rajonizace zájmového
- Obrázek č. 7:** Typy půd v zájmovém území
- Obrázek č. 8:** Využití území zájmové oblasti
- Obrázek č. 9:** Vodivost dne 16.6.2013
- Obrázek č. 10:** Vodivost dne 21.7.2013
- Obrázek č. 11:** Vodivost dne 13.10.2013
- Obrázek č. 12:** Vodivost dne 22.12.2013

Seznam fotografií

- Fotografie č. 1:** fotografie přítoku a zmiňovaného valu v řece Svatava
- Fotografie č. 2:** Přítok do řeky Svatavy

Seznam tabulek

- Tabulka č. 1:** Běžné hodnoty fyzikálně chemických ukazatelů v povrchových vodách
- Tabulka č. 2:** Průměrné denní hodnoty řeky Svatava ve stanici Svatava ve dnech měření
- Tabulka č. 3:** Měření 16.6.2013 - Řeka Svatava a přítok – naměřené hodnoty
- Tabulka č. 4:** Měření 16.6.2013 – shrnutí naměřených hodnot
- Tabulka č. 5:** Měření 21.7.2013 - Řeka Svatava a přítok – naměřené hodnoty
- Tabulka č. 6:** Měření 21.7.2013 – shrnutí naměřených hodnot
- Tabulka č. 7:** Měření 13.10.2013 - Řeka Svatava a přítok – naměřené hodnoty
- Tabulka č. 8:** Měření 13.10.2013 – shrnutí naměřených hodnot
- Tabulka č. 9:** Měření 22.12.2013 - Řeka Svatava a přítok – naměřené hodnoty
- Tabulka č. 10:** Měření 22.12.2013 – shrnutí naměřených hodnot

Seznam grafů

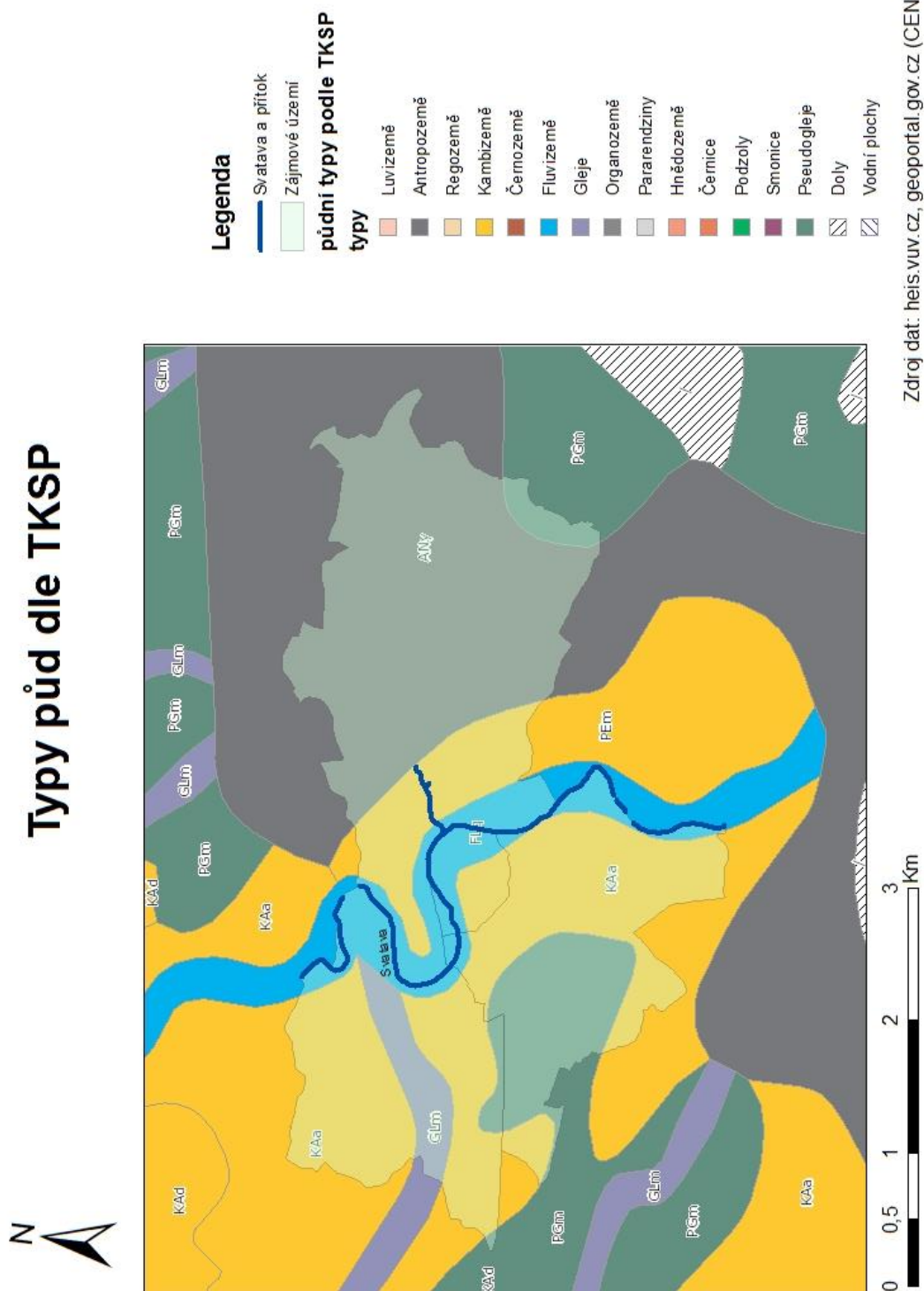
- Graf č. 1:** Průměrné chemické složení vod na Velké podkrušnohorské výspě
- Graf č. 2:** Průměrný denní stav vody ve stanici Svatava
- Graf č. 3:** Průměrný denní průtok vody ve stanici Svatava
- Graf č. 4:** Vodivost naměřená u břehu řeky Svatavy
- Graf č. 5:** Vodivost naměřená ve vzdálenosti 1m od břehu
- Graf č. 6:** Salinita naměřená u břehu řeky Svatavy

Seznam příloh

- Příloha č. 1:** Typy půd dle TKSP
- Příloha č. 2:** Využití území v zájmové oblasti (2010)
- Příloha č. 3:** Schéma průběhu měření (sběru dat)
- Příloha č. 4:** Hodnoty vodivosti 16.6.2013
- Příloha č. 5:** Hodnoty vodivosti 21.7.2013
- Příloha č. 6:** Hodnoty vodivosti 13.10.2013
- Příloha č. 7:** Hodnoty vodivosti 22.12.2013
- Příloha č. 8:** Fotodokumentace

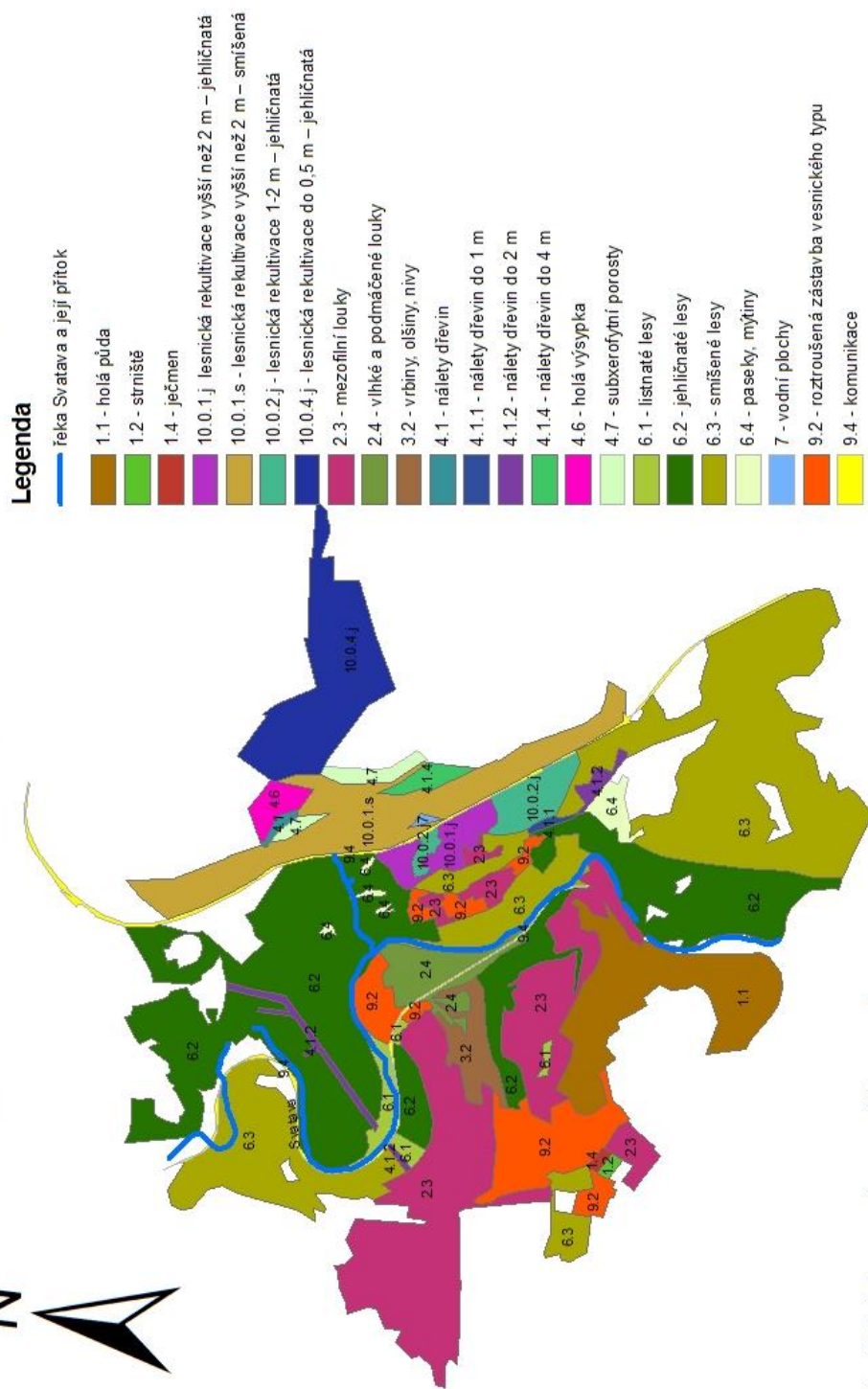
Přílohy

Příloha č. 1: Typy půd dle taxonomického klasifikačního systému půd (zdroj: heis.vuv.cz, geoportal.gov.cz/CENIA)



Příloha č. 2: Využití území v zájmové oblasti (2010)

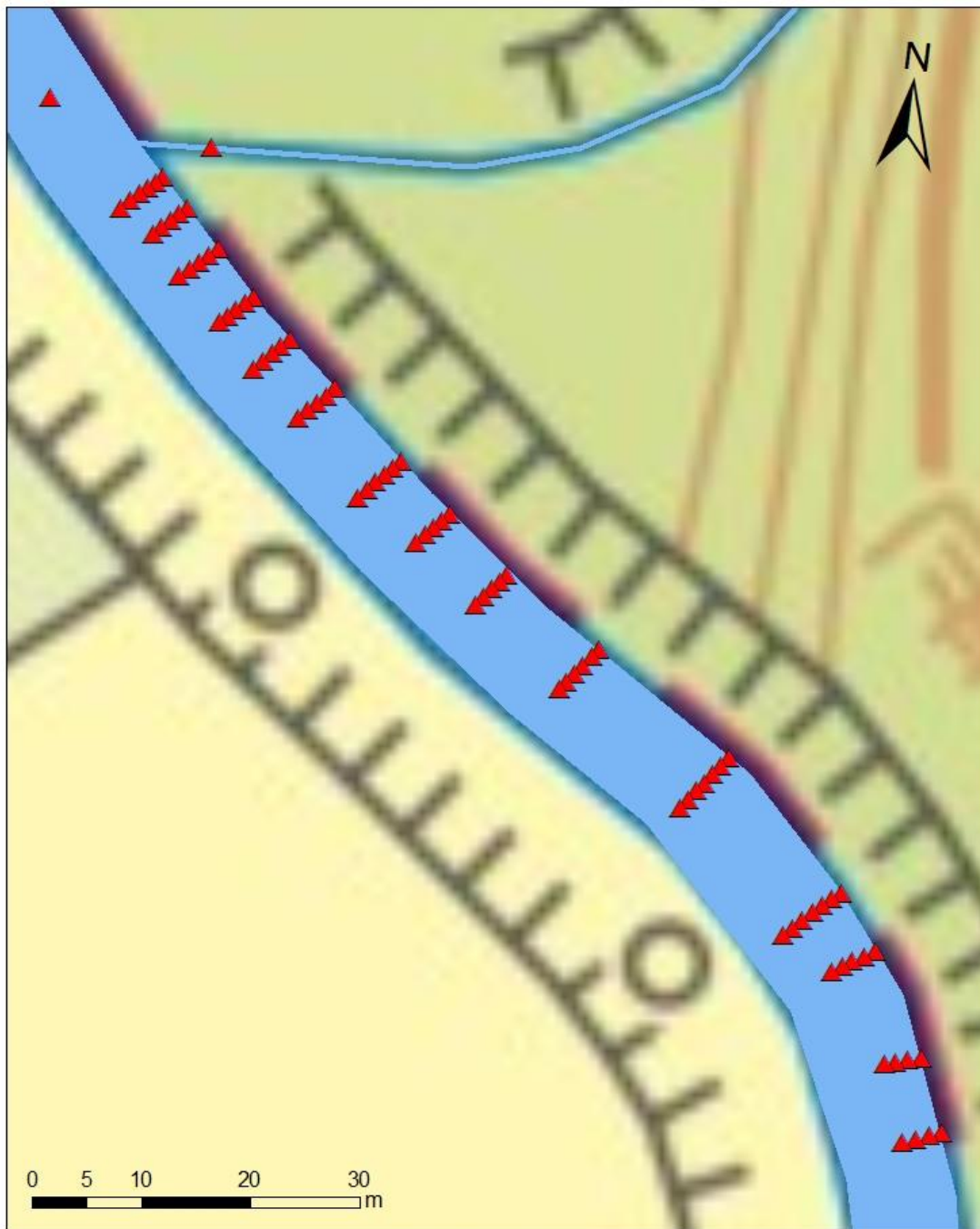
Využití území v zájmové oblasti (2010)



Zdroj dat: Skaloš a kol., 2012, heis.vuv.cz - vlastní zpracování

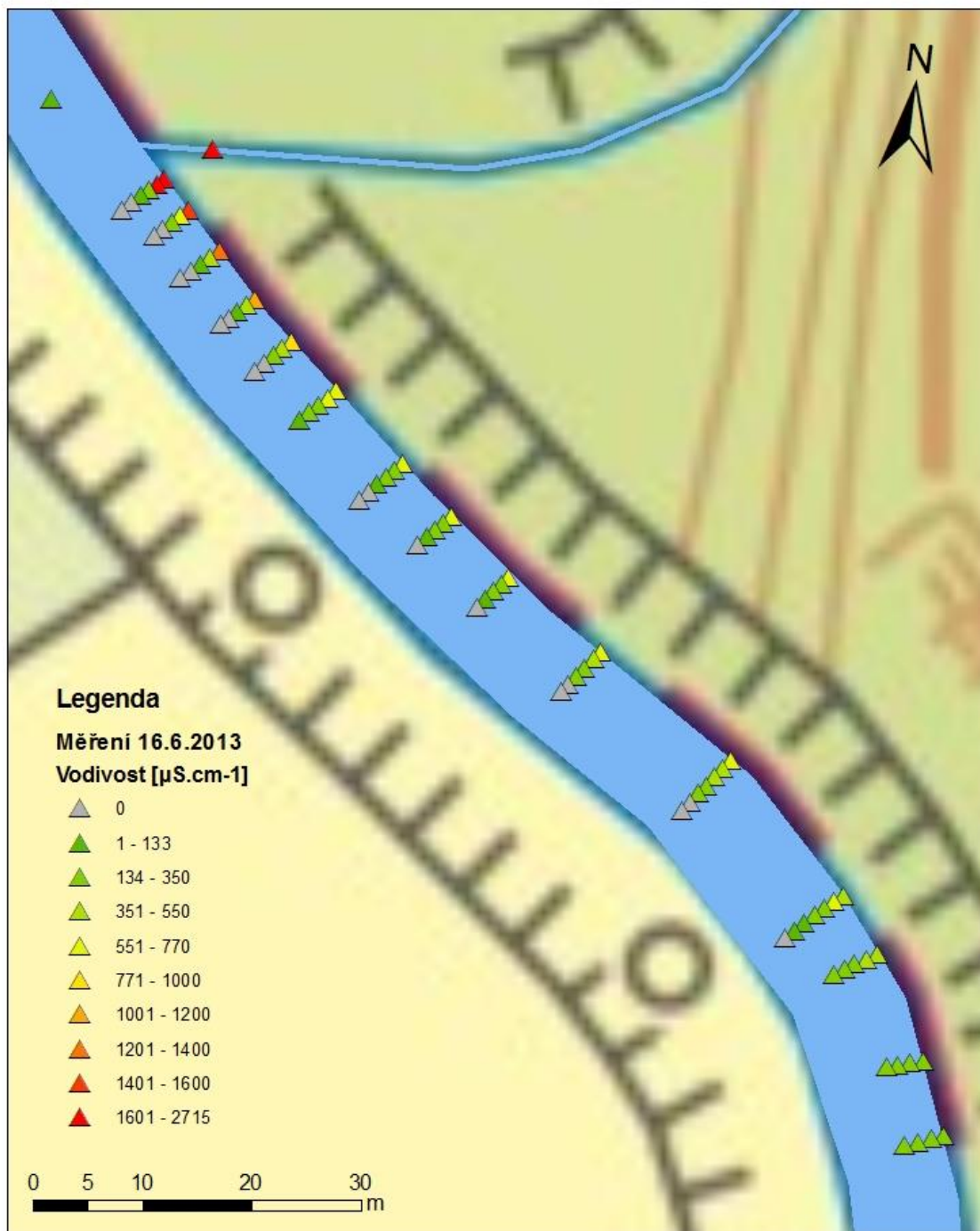
Příloha č. 3: Schéma průběhu měření (sběr dat)

Schéma průběhu měření (sběr dat)



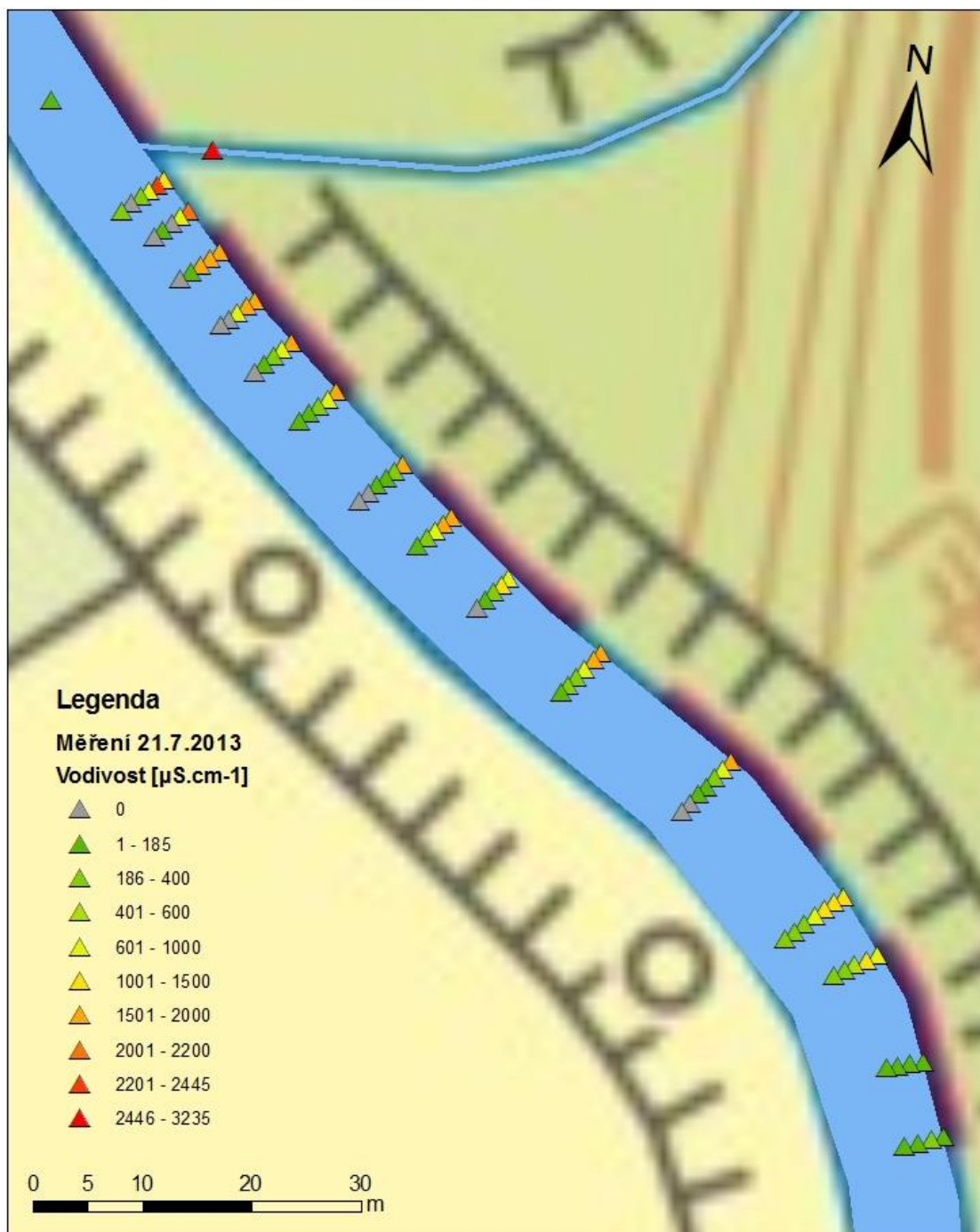
Zdroj dat: Podkladová data ČÚZK - základní mapa, DIBAVOD - břehové linie

Hodnoty vodivosti - 16.6.2013



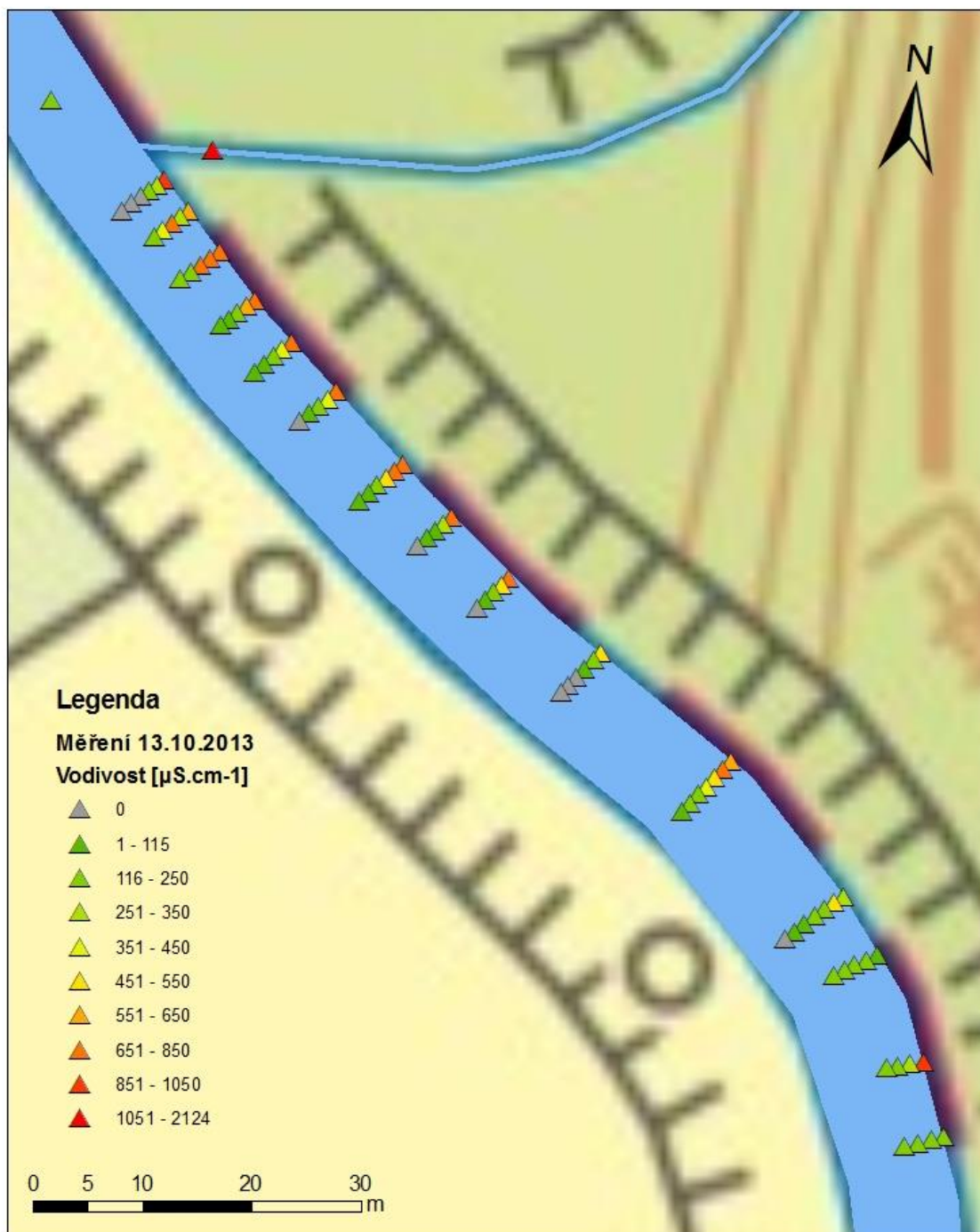
Zdroj dat: Podkladová data ČÚZK - základní mapa, DIBAVOD - břehové linie

Hodnoty vodivosti - 21.7.2013



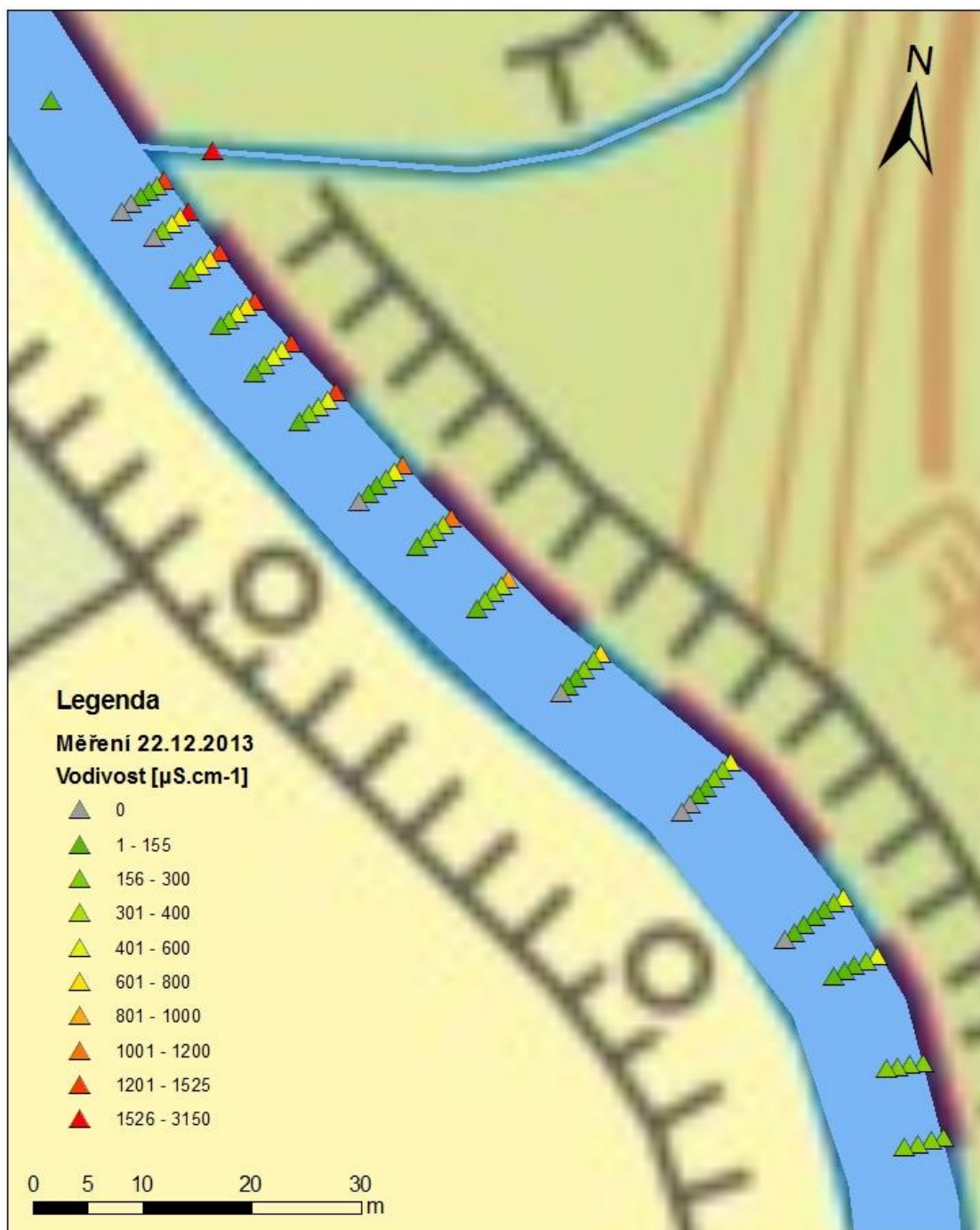
Zdroj dat: Podkladová data ČÚZK - základní mapa, DIBAVOD - břehové linie

Hodnoty vodivosti - 13.10.2013



Zdroj dat: Podkladová data ČÚZK - základní mapa, DIBAVOD - břehové linie

Hodnoty vodivosti - 22.12.2013



Zdroj dat: Podkladová data ČÚZK - základní mapa, DIBAVOD - břehové linie

Příloha č. 7: Fotodokumentace

