

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE**

**FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ**

**KATEDRA APLIKOVANÉ EKOLOGIE**



**Ekologický stav vodního toku Svatava**

**Ecological state of the river Svatava**

**Bakalářská práce**

**Vedoucí práce: Doc. RNDr. Emilie Pecharová, CSc.**

**Bakalant: Antonín Laslop**

**2016**

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Antonín Laslop

Územní technická a správní služba

Název práce

**Ekologický stav vodního toku Svatava**

Název anglicky

**Ecological state of the river Svatava**

---

### Cíle práce

Podrobný monitoring antropogenních vlivů ve vodním toku Svatava.

Jedná se především o: vtoky, odběrná místa, bariéry na toku. Zjištěné údaje budou sloužit jako podklad ČRS pro zlepšení kvality vod a revitalizační zásahy, směřující k obnově pstruhových revírů v oblasti zatížené těžbou hnědého uhlí a sídelními jednotkami.

### Metodika

Podrobné mapování antropogenních vlivů na vybraném vodním toku, zakres do ortofotomapy. Příprava podkladů pro databázový registr znečištění vod v oblasti Krušnohoří. Základní sledované parametry vody: Průtok, barva vody, zápach, pH, vodivost. Základní sledované parametry prostředí: Popis břehů v místě antropogenního vlivu, popis toku, dna, případný výskyt vodních rostlin v toku.

Harmonogram zpracování:

- březen – červen 2015 – sběr a příprava podkladů, dopracování metodiky a zadání BP
- průběžně – literární rešerše; terénní šetření; konzultace BP
- únor 2016 – zápočet za ZS 2015/16, udělení za vypracovanou rešerši a dílčí výsledky
- duben 2016 – zápočet za LS 2015/16, udělení za schválenou a řádně odevzdanou BP
- duben 2016 – odevzdání BP

**Doporučený rozsah práce**

40 stran

**Klíčová slova**

vodní toky, antropogenní znečištění, bariéry ve vodním toku, trofie vodního toku

---

**Doporučené zdroje informací**

Langhammer, J., Hartvich, F., Mattas, D., Rödlová, S. and Zbořil, A. (2012). "The variability of surface water quality indicators in relation to watercourse typology, Czech Republic." *Environmental Monitoring and Assessment*. 2012 (184) 3983-3999

Langhammer, J. 2012: Metodika Typologie tekoucích vod ČR pro účely aktualizace vymezení útvarů povrchových vod a implementace Rámcové směrnice o vodní politice ES. Metodika je dostupná na stránkách MŽP: Typologie tekoucích vod

Lellák, J., Kubíček, F. 1991: *Hydrobiologie*. UK. Praha

Plán oblasti povodí Ohře a Dolního Labe. <http://www.poh.cz/VHP/pop/index.html>

Šálek, J., Tlapák, V. 2006: Přírodní způsoby čištění znečištěných povrchových a odpadních vod. ČKAIT. Praha.

Štěpánek M. a kol., 1979: *Hygienický význam životních dějů ve vodách*. Avicenum Praha.

---

**Předběžný termín obhajoby**

2015/16 LS – FŽP

**Vedoucí práce**

doc. RNDr. Emilie Pecharová, CSc.

**Garantující pracoviště**

Katedra aplikované ekologie

---

Elektronicky schváleno dne 7. 1. 2016

**prof. Ing. Jan Vymazal, CSc.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 22. 1. 2016

**prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.**

Děkan

V Praze dne 01. 04. 2016

---

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Ekologický stav vodního toku Svatava vypracoval samostatně pod vedením doc. RNDr. Emilie Pecharové, CSc. a že jsem uvedl všechny literární prameny, ze kterých jsem čerpal.

V Praze dne 8. dubna 2016

---

Antonín Laslop

**Poděkování:**

Touto cestou bych chtěl poděkovat zejména doc. RNDr. Emilii Pecharové, CSc. za odborné vedení mé práce a za její podnětné připomínky. Zvláštní poděkování pak patří mé rodině a nejbližším za trpělivost a podporu.

V Praze dne 8. dubna 2016

---

Antonín Laslop

## **Abstakt**

Bakalářská práce Ekologický stav řeky Svatavy podrobně mapuje stav vodního toku, který pramení v Krušných horách, jižně od německého Schönecku v nadmořské výšce 710 m. n. m. Mapování bylo provedeno v úseku toku řeky od obce Hraničná až po město Sokolov, a to ve třech úsecích. První úsek tvoří část vodního toku od Hraničné, kde řeka Svatava tvoří státní hranici, až k pěší lávce přes řeku, nacházející se před pilou v Oloví. Druhý úsek tvoří část vodního toku od Oloví k přítoku v Luhu nad Svatavou. Třetí úsek pak od tohoto přítoku v Luhu nad městysem Svatava až k samotnému soutoku řeky Svatavy a Ohře v Sokolově. Bylo provedeno podrobné měření na šestnácti odběrných místech přístrojem Professional Plus. Data sesbíraná v jednotlivých měřeních, k jednotlivým odběrným místům, se zaměřovala na vyhodnocení fyzikálně-chemických parametrů vodního toku. Na základě těchto parametrů pak byl vyhodnocen aktuální stav antropogenního znečištění vodního toku Svatavy.

## **Klíčová slova**

Vodní tok, antropogenní znečištění, bariéry ve vodním toku, trofie vodního toku

## **Abstract**

This work ecological state of the river Svatavy maps the condition of the watercourse, which rises in the Ore Mountains, south of the German Schöneck at an altitude of 710 m. N. M. The mapping was carried out in the stretch of the river from the village to near the town of Sokolov, in three sections. The first section forms part of the water flow away from the border, where the river forms the border Svatava, to the footbridge over the river, in front of the saw in the lead. The second section forms part of the watercourse from Oloví inflow in Luh nad Svatavou. The third section then from this tributary in Luh nad township Svatava to the very confluence of Ohře and Svatava Sokolov. Detailed measurements were performed on sixteen supply points Professional Plus instrument. Data collected in individual measurements, to individual extraction points, focused on the evaluation of the physico-chemical parameters of water flow. Based on these parameters was evaluated the current status of anthropogenic pollution watercourse Svatavy.

## **Keywords**

Water flow anthropogenic pollution barriers in the water flow, water flow trophy

## Obsah

Úvod.....	9
1. Cíle práce .....	12
2. Literární rešerše .....	13
2.1 Voda jako základní podmínka pro život na Zemi .....	13
2.2 Koloběh vody v přírodě.....	17
2.3 Malý vodní tok .....	19
2.4 Dělení vodních toků .....	21
2.5 Fyzikálně chemické parametry vody.....	23
2.5.1 Reakce vody – pH.....	23
2.5.2 Vodivost .....	24
2.5.3 Teplota vody - t.....	25
2.5.4 Průtok vody - Q.....	27
2.5.4 Obsah kyslíku – SPC.....	28
2.5.5 Oxidační redukční potenciál – ORP.....	30
2.5.6 Radon ve vodě.....	31
2.6 Vliv hornické činnosti na kvalitu vody .....	32
2.7 Jakost povrchových vod .....	33
2.8 Znečišťování vod.....	34
3. Charakteristika toku Svatavy .....	37
3.1 Lokalizace území.....	37
3.2 Hydrologické charakteristika .....	38
3.3 Geologická charakteristika .....	40
3.4 Klimatické poměry .....	41
3.5 Vegetační charakteristika .....	41
4. Metodika .....	42
4.1 Hodnocení jakosti vod.....	45
4.1.1 Vodivost - Elektrolytická konduktivita ( $\mu$ S/cm) .....	46
4.1.2 TDS (g/l).....	46
4.1.3 DO.....	46
4.1.4 pH.....	47
4.1.5 ORP.....	48
4.2 Pomůcky .....	48
4.3 Postup monitoringu na toku .....	49



5.	Výsledky .....	49
5.1	Odběrná místa.....	50
5.1.1	Odběrné místo č. 1 a 2.....	50
5.1.1.1	Odběrné místo č. 1 .....	50
5.1.1.2	Odběrné místo č. 2 .....	52
5.1.2	Odběrné místo č. 3 a 4.....	55
5.1.2.1	Odběrné místo č. 3 .....	55
5.1.2.2	Odběrné místo č. 4 .....	57
5.1.3	Odběrné místo č. 5 .....	60
5.1.4	Odběrné místo č. 6 a 7.....	62
5.1.4.1	Odběrné místo č. 6 .....	63
5.1.4.2	Odběrné místo č. 7 .....	65
5.1.5	Odběrné místo č. 8 .....	67
5.1.6	Odběrné místo č. 9 .....	70
5.1.7	Odběrné místo č. 10 a 11.....	72
5.1.7.1	Odběrné místo č. 10 .....	73
5.1.7.2	Odběrné místo č. 11 .....	75
5.1.8	Odběrné místo č. 12 a 13.....	77
5.1.8.1	Odběrné místo č. 12 .....	78
5.1.8.2	Odběrné místo č. 13 .....	80
5.1.9	Odběrné místo č. 14 a 15.....	83
5.1.9.1	Odběrné místo č. 14 .....	83
5.1.9.2	Odběrné místo č. 15 .....	83
5.1.10	Odběrné místo č. 16 .....	88
6.	Diskuse.....	90
7.	Závěr .....	93
9.	Seznam použitých zdrojů.....	95
9.1	Seznam obrázků .....	99
9.2	Seznam grafů .....	100
9.3	Seznam tabulek.....	102
9.4	Seznam odkazů.....	104
9.5	Seznam příloh.....	104

## Úvod

*„Jestli voda shnije, neuvidíš dna, ani kdyby bylo vody po kolena.“*

Talíb Abú

Voda je pro každý živý organismus nepostradatelná, neboť spolu se vzduchem tvoří základní podmínky pro existenci života na naší planetě. Musíme si uvědomit, že patří k základním složkám životního prostředí. Voda je místem, kde život vznikl, bez vody život nemůže existovat. Většina organismů je tvořena více než 60 % vody, některé pak až 99 % (Hajduch, 2016).

„Voda byla vždy určujícím faktorem. Byla nejspíše původcem všeho života. Není tajemstvím, že u toků řek, vznikaly civilizace už ve starověku. Voda hraje i důležitou náboženskou roli. V současnosti se voda stává původcem světových katastrof. Ne jen kvůli záplavám, tsunami, bouřím apod. Ale kvůli absolutnímu nedostatku této čiré tekutiny, kterému budeme muset v příštích letech čelit. Může se zdát, že naše planeta má vody dostatek. Oceány a moře pokrývají 71% zemského povrchu. Ale už dnes má civilizace větší spotřebu, než kolik je příroda schopna doplnit“ (Lomborg Björn: Zchlad'te hlavy).

V posledních dvou desetiletích se stává čím dál více aktuální problematika vyčerpávání zdrojů planety, zdroje vodní nevyjímaje. Měnící se podnebí, ztenčování ozonové vrstvy, systematické znečišťování ekosystémů a v neposlední řadě i ignorace nutnosti šetřit a zbytečně neplýtvat postavilo obyvatele Země před otázku, zda je ještě vůbec možné vodní zdroje „ozdravit“ a zachovat pro budoucí generace. Není tedy aktuální jen samotná existence vodních zdrojů, ale i kvalita vodního ekosystému jako takového. I přesto že vodní ekosystémy mají částečně samočisticí schopnost, jsou často zatěžovány natolik, že narušení ekosystémů jsou

ve většině případů nezvratná. Právě proto, že voda je základem všeho živého na planetě, je nutné si její význam a důležitost stále uvědomovat. Významným legislativním nástrojem pro oblast ochrany vod je Rámcová směrnice EU o vodách, která vstoupila v platnost 22. 12. 2000 (URL1).

Nutnost sledovat vývoj v jednotlivých ekosystémech s sebou přineslo nárůst dat týkajících se především atmosféry a hydrosféry. Získaná data umožňují lépe chápat přírodní zákonitosti, a tudíž předvídat důsledky při změně podmínek (Němec, 2009). Proto je potřeba zavést taková opatření, která poslouží ke zlepšení jednak kvality vody, jednak zajištění dostatečné dodávky vody pro nejrůznější sféry lidské činnosti. K tomu je nezbytné plánování.

V oblasti vod je plánování zajištěno státem na základě Plánu hlavních povodí České republiky, programů opatření a plánů oblastí povodí. Účelem plánování je vymezit a vzájemně sloučit následující zájmy:

- ochrany vod jako složky životního prostředí,
- ochrany před povodněmi a dalšími škodlivými účinky vod,
- trvale udržitelného užívání vodních zdrojů a hospodaření s vodami pro zajištění požadavků na vodohospodářské služby, zejména pro účely zásobování pitnou vodou (URL2).

V České republice je hydrologická síť tvořena přibližně 76 000 km vodních toků, z nichž nejdůležitější jsou toky Labe a Vltava. Problematika znečištění vod se stala jedním z hlavních problémů životního prostředí ČR v devadesátých letech minulého století. Většina toků se pohybovala v kategorii silně či velmi silně znečištěné. Pozornost byla věnována jak vodám povrchovým, tak i podzemním (Chmelová Pavelková, Frajer, 2016).

Na zlepšení kvality podzemních vod se výrazně podílela sanace, modernizace průmyslu a zpřísnění limitů. U vod povrchových se situace sice zlepšuje, avšak se objevují další znečišťující činitele, kteří se odstraňují podstatně hůře (např. rozpuštěné anorganické soli). Závažné je i znečištění fosfáty,

anorganickým dusíkem, které pochází ze zemědělství, ale i z domácností. Bohužel stále máme na našem území mnoho malých obcí bez čistíren odpadních vod, které vypouštějí znečištěné vody přímo do toků. Z již dosažených úspěchů se nemůžeme radovat, ale musíme nadále usilovat o zvyšování kvality našich vodních zdrojů (Volaufová, 2008).

Ochranu vod ČR řeší zákon č. 254/2001 Sb. Předpis č. 254/2001 Sb. Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon). Účelem je chránit povrchové a podzemní vody, určit podmínky pro hospodárné využívání vodních zdrojů. Vytvoření podmínek pro snížení nepříznivých účinků povodní, sucha a zajistit bezpečnost vodních děl.

Je potřeba si uvědomit, že vše začíná koloběhem vody v přírodě. Voda se v průběhu nepřetržitého procesu přeměňuje na plyn, respektive na vodní páru, kapalinu, vodu v oceánech, případně dešť, a pevné skupenství - sníh, led. K oběhu dochází účinkem sluneční energie a zemské gravitace. Voda se vypařuje z vodních zdrojů - oceánů, vodních toků a nádrží, ze zemského povrchu (výpar, evaporace) a z rostlin (transpirace). Po kondenzaci páry dopadá jako srážky zpět na zemský povrch, a to ve formě deště a sněhu. Zde se část vody hromadí a odtéká jako povrchová voda, či se vypařuje, nebo vsakuje pod zemský povrch a vytváří podzemní vodu. Ta po určité době znovu vystupuje na povrch ve formě pozvolného podzemního odtoku pramenů (Chmelová Pavelková, Frajer, 2016).

Člověk však často do přirozeného koloběhu vody neuváženě zasahuje například budováním přehrad, melioračními zásahy, zavlažováním rozsáhlých území, napřimováním vodních toků, atd. Tím ovšem vážně ohrožuje vodní režim krajiny, což se v současné době projevuje stále častějšími přívalovými dešti a povodněmi.

Touto prací bych chtěl přispět k získání konkrétních dat o tomto malém vodním toku v povodí Ohře. Zaměřuje se na sledování veškerých zásahů člověka do životního prostředí, které mají dopad na kvalitu vody a břehů malého vodního toku Svatavy.

## 1. Cíle práce

Práce vznikla proto, aby byly podrobně monitorovány v jednotlivých časových obdobích antropogenní vlivy na malém vodním toku v povodí Ohře, respektive na řece Svatavě. Je potřeba vzít v úvahu, že podzemní voda vždy obsahuje určité množství radonu. Radon se tedy objevuje i v povrchových vodách jednak z hornin, které obsahují radon, jednak z hornin, které obsahují radium. V práci jsou tedy zmíněny i o tyto hodnoty. Proto jsem cíle práce rozšířil i o rámcové sledování radonu.

Cíle práce byly stanoveny takto:

- monitorovat antropogenní vlivy (jezy, výpustní zařízení odpadních vod, černé skládky, odběry vod, bariéry na toku, vodní elektrárny, čistírny odpadních vod, průmyslové továrny a zemědělské podniky),
- zaznamenat veškeré přítoky,
- zjistit stav vodního toku,
- provádět měření fyzikálně chemických parametrů na vybraných místech nad i pod zdrojem znečištění,
- změřit hodnoty radonu ve vodní toku.

Zjištěné údaje byly zaznamenány a mohou sloužit jako pro orgány ochrany přírody a státní správy pro zlepšení kvality vod a revitalizační zásahy.

## 2. Literární rešerše

### 2.1 Voda jako základní podmínka pro život na Zemi

Voda představuje jednu ze základních složek na Zemi. Pokrývá většinu povrchu zeměkoule. Předpokládá se, že ve vodě vznikl první život, a živá bytost se bez příjmu vody obejde jen po omezenou dobu. Bez potravy dokáže člověk přežít až 6 týdnů, bez vody však jen 3 – 4 dny, bráno průměrně (Doulík, Škoda, 2006).

Nejčastěji se voda vyskytuje ve skupenství kapalném. Ve skupenství pevném pak má podobu ledu nebo sněhu a ve skupenství plynném se vyskytuje jako vodní pára. Voda v kapalně formě nemá ani chuť, ani vůni. V tenkých vrstvách je bezbarvá, v silnějších pak namodralá (Doulík, Škoda, 2006).

Vzhledem k nezbytnosti „životadárné tekutiny“ byl 22. březen stanoven OSN Světovým dnem vody.

V přírodě mluvíme o koloběhu, během něhož dochází ke změnám skupenství vody za přispění slunečního záření, gravitace a pohybu planety. Z oceánů, dalších zdrojů povrchové vody a rostlin se vypařuje voda, vytváří mraky. Kondenzací se voda mění, zpátky se vrací v kapalně skupenství a deštěm. Posiluje vodní toky, částečně se vsakuje do půdy. Problémy s nerovnoměrným vlivem počasí však mohou jednak způsobovat extrémní sucha a nedostatek vláhy a také při vydatných deštích, sněžení či rychlém tání sněhu záplavy nebo sněhové kalamity (Kravčík et al. 2008).

Hovoříme-li o vodě, je potřeba se na vodu podívat z různých úhlů pohledu.

#### **Nezbytnost pro život - pitná voda:**

V roce 2000 se v programu OSN Rozvojové cíle tisíciletí je zaznamenán jeden bod, který uvádí, že se snižuje počet lidí, kteří nemají přístup k pitné vodě, na polovinu. Což je na jednu stranu zpráva pozitivní v tom smyslu, že se pitná voda dostává více lidem, na druhou stranu to však znamená, že je stále větší

množství vody z přírodních zdrojů dopravováno k lidem, což s sebou nese zvýšení rizika vyčerpání zásob. Ve vyspělých zemích je přístup k pitné vodě mnohem snadnější – voda se očišťuje mechanicky, chemicky, pískovými filtry a dalšími metodami. Odhaduje se však, že víc než miliarda lidí se k nezávadné vodě nedostane (Richter, 2007).

Problémy s nedostatkem vody se mohou v příštích desetiletích dotknout i výše zmíněných vyspělých zemí států Evropy. Již v současnosti, zvláště v horkých a suchých letních měsících, to pociťujeme na vlastní kůži. Řada regionů naší země – vybrané regiony Čech a Moravy - se potýká s výrazným úbytkem zásob vod (Sládečková, Sládeček, 1995).

### **Chemické složení:**

Základní molekulová struktura vody se skládá z jednoho atomu kyslíku a dvou atomů vodíku. Systematicky se voda nazývá „oxidan“ (z názvosloví IUPAC 93 (URL3)), vychází z toho, že se jedná o anorganický jednojaderný hydrid (proto končí na příponu „-an“). IUPAC (URL4) uvádí ve svých názvoslovných doporučeních i anglický systematický název „dihydrogen oxide“, obdobný český název „oxid vodný“ se v odborné literatuře nepoužívá. I v odborném jazyce se však používalo a stále se používá označení „voda“ (Bláhová, Šimánek 95, 650–690 (2001)).

Podle počtu neutronů v atomu vodíku rozlišujeme:

- lehkou vodu (oba vodíky jsou protia<sup>1</sup>, strukturní vzorec  ${}^1_1\text{H}_2\text{O}$ ),
- polotěžkou vodu (jeden vodík je protium a jeden deuterium<sup>2</sup>, strukturní vzorec se dá zapsat jako HDO),
- těžkou vodu (oba vodíky jsou deuteria, strukturní vzorec je  ${}^2_1\text{H}_2\text{O}$ , ale dá se také zapsat jako D<sub>2</sub>O. Je to voda vyrobená z těžkých atomů vodíku, v přírodě se nachází zcela běžně ve

---

<sup>1</sup> lehký vodík

<sup>2</sup> těžký vodík

směsi s normální vodou v nízké koncentraci, těžká voda sloužila ke konstrukci prvních atomových reaktorů),

- tritiovou vodu (zvána též supertěžká voda, oba vodíky jsou tritia<sup>3</sup>, strukturální vzorec je  ${}^3\text{H}_2\text{O}$ , ale dá se zapsat i jako  $\text{T}_2\text{O}$ ).

### **Biologie:**

„Voda nepatří mezi živiny, ale je pro lidský organizmus nezbytná. Tvoří prostředí pro životní děje, je rozpouštědlem většiny živin, pomáhá regulovat tělesnou teplotu a umožňuje trávicí procesy. Díky pravidelné výměně vody můžeme z těla vyplavovat škodlivé látky“ (Piňha, Poledne, 2009). Lidské tělo je z většiny tvořeno vodou. U novorozenců může být podíl až osmdesátiprocentní, v dospělosti klesá k šedesáti procentům.

Voda napomáhá průběhu řady chemických procesů v organismu. Dochází-li k úbytku vody v těle, nazýváme tento proces dehydratací, která ve vážné míře vede až ke smrti. Běžné nastává nejdéle sedm dní po vysazení příjmu tekutin, ale kombinací dalších faktorů se fatální dehydratace urychluje. Dospělý člověk by měl denně přijmout 2 - 3 litry vhodných tekutin (tj. včetně vody obsažené v jídle), při velké fyzické zátěži i více, a to průběžně, aby nedocházelo k zátěži ledvin (Doulík, Škoda, 2007).

Člověk vydrží nejdéle bez vody 7 - 10 dní. Při dlouhodobém nedostatku vody může dojít k tvorbě ledvinových kamenů a krátkodobý nedostatek se projevívá žízní, nevolností, slabostí a křečemi. Dále je důležité dbát na pitný režim u dětí a seniorů, kteří jsou náchylnější k dehydrataci, onemocnění ledvin a močových cest. Vodu ztrácíme denně v podobě moči (1,5 - 2 l), pocením, plícemi (při dýchání se vyloučí asi 400 ml vody), a stolicí (Doulík, Škoda, 2007).

---

<sup>3</sup> vodík  ${}^3\text{H}$ , jádro složeno z jednoho protonu a 2 neutronů



## **Geografie:**

Planeta Země je ve sluneční soustavě jedinou planetou, kde se nachází voda v kapalně podobě. Necelé tři čtvrtiny povrchu planety pokrývá voda, další se pak nachází i v podzemí. Z celkového objemu tvoří celých 97 % oceány a moře. Sladká voda je zastoupena zbylými třemi procenty, přičemž celá 2 procenta pitné vody pocházejí v ledovců. Další významnou část tvoří spodní vody a jen minimální část voda povrchová - v řekách či nádržích (Ambrožová, 2003).

## **Výskyt:**

Voda se v přírodě vyskytuje ve třech skupenstvích – kapalném, plynném a pevném.

1) V kapalném stavu rozdělujeme vodu na tyto typy.

- Povrchová voda – voda na zemském povrchu. Tvoří ji vody tekoucí (potoky, řeky), vody stojaté (jezera, rybníky, přehradní nádrže), moře, oceány. Na povrch se dostává srážkami, nebo vytryskne jako pramen, ze kterého pak vzniká potok, řeka atd. Její teplota se mění.
- Podpovrchová voda – voda nacházející se v různých skupenstvích pod zemským povrchem. Je fyzikálně a chemicky vázaná a jedná se buď o vodu půdní, nebo podzemní. Její teplota je většinou stálá a obsahuje různé prvky (hořčík, sodík, draslík aj.).

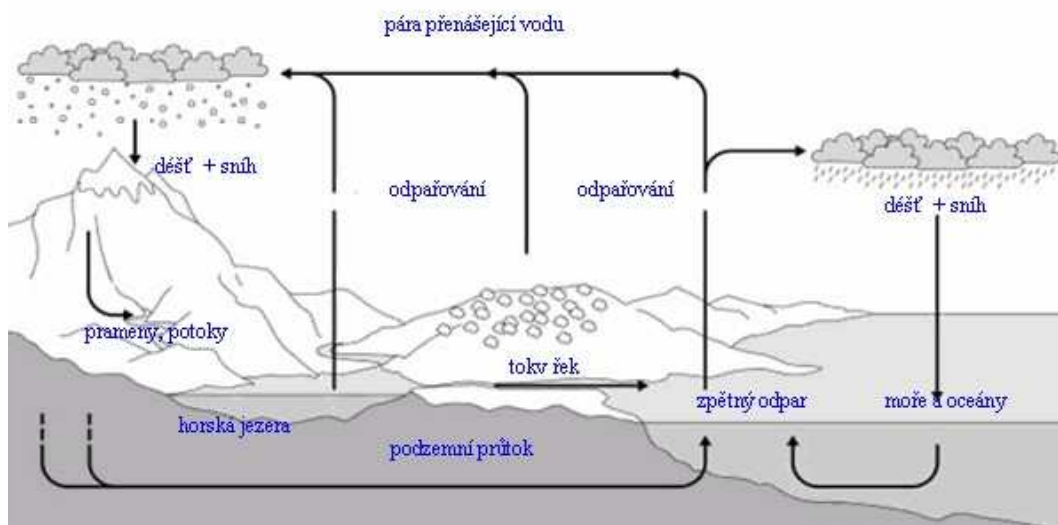
2) V plynném stavu hovoříme o vodě atmosférické, vznikající v atmosféře z vodních par. Nalézáme ji ve dvou skupenstvích:

- Kapalné (horizontální srážky) - forma: déšť, mlha, rosa.
- Pevné (vertikální srážky) - forma: sníh, led.

3) V pevném stavu se voda vyskytuje na Zemi ve formě ledu a sněhu - tvoří ledovce a sněhovou pokrývku. Obsahuje vodu sladkou (Horáková, 2004).

## 2.2 Koloběh vody v přírodě

Koloběhem vody v přírodě rozumíme hydrolytický cyklus, tedy neustálý oběh podzemní vody a povrchové vody na Zemi, přičemž voda mění své skupenství. Koloběh chápeme i jako nepřetržitou cirkulaci vody v ovzduší a na Zemi, která je způsobena zemskou přitažlivostí (Bergstedt et al. 2005).



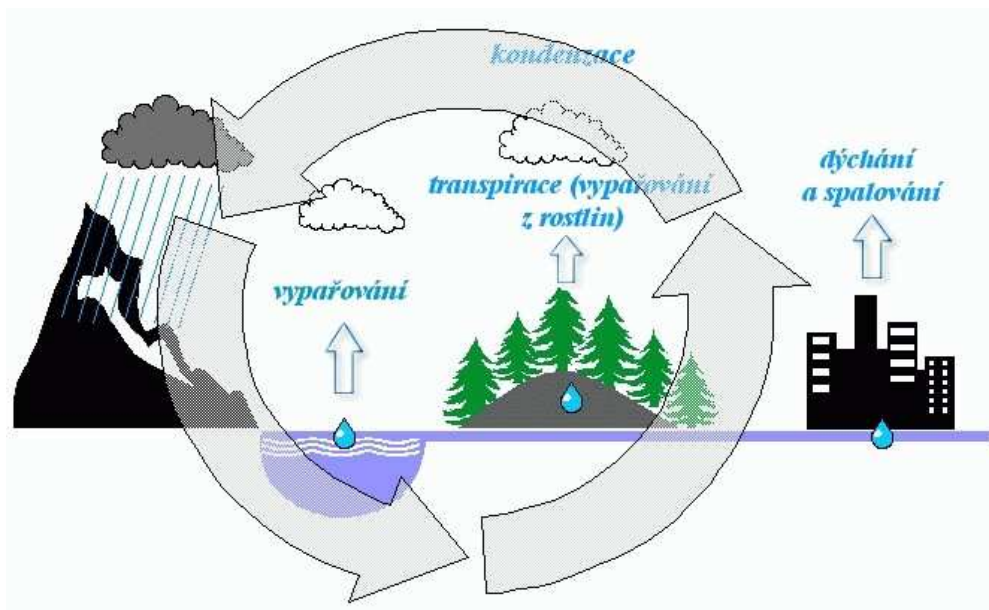
Obrázek 1: Koloběh vody (URL5)

Koloběhem vody v přírodě se zabývá hydrologie, jejíž součástí je i přenos vodní páry, proces vypařování, kondenzace, srážky a odtok. Je potřeba si uvědomit, že voda nikam nemizí, pouze mění své skupenství a ukládá se na různých místech. Jak už bylo řečeno výše, 97 % světové vody se nachází v oceánech, 2 % jsou ve zmrzlém stavu v ledovcích a 1 % představuje voda ostatní. A právě toto 1 % se za určitých podmínek na koloběhu podílí.

Koloběh vody dělíme na dva základní typy:

- 1) Malý koloběh: probíhá buď nad hladinou oceánu, nebo pouze na pevnině, kde probíhá proces odpařování a kondenzace, čímž rozumíme tvorbu oblaků, a následně padá zpět do oceánu, případně na pevninu.
- 2) Velký koloběh: zahrnuje výměnu vody mezi oceánem a souší. Gravitace způsobuje, že ve formě srážek dopadá na zemský povrch kondenzovaná odpařená voda. Po dopadu na zemský povrch a prostřednictvím potoků a řek dostává zpět do oceánů (URL6).

V rámci procesu koloběhu vody v přírodě rozlišujeme procesy, k nimž řadíme např. sublimaci a desublimaci, vsakování či evapotranspiraci. Evapotranspirací rozumíme fyzikální výpar – evaporaci – společně s výparem fyziologickým – transpirací neboli výdej vody těly živých organismů.



Obrázek 2: Procesy v koloběhu vody (URL5)

## 2.3 Malý vodní tok

Problematiku rozdělení vodních toků z hlediska jejich objemu řeší § 47 zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů, v platném znění (dále jen vodní zákon (URL7)). Podle tohoto zákona se vodní toky dělí na vodní toky významné a vodní toky drobné.

Vodní toky na území České republiky jsou rozděleny na významné vodní toky v délce 16 326 km a drobné vodní toky v délce 86 553 km. Významné vodní toky a asi polovinu určených drobných vodních toků spravují státní podniky Povodí, tj. Povodí Vltavy, státní podnik, Povodí Ohře, státní podnik, Povodí Labe, státní podnik, Povodí Odry, státní podnik a Povodí Moravy, s. p. Dalším významným správcem drobných vodních toků je státní podnik Lesy České republiky (URL8). Z odhadované celkové délky 23 000 km spravují Lesy České republiky, s. p. cca 20 000 km (Lusk et al. 2011). Na správě zbylých odhadovaných 3 000 km se podílejí jiné, i soukromé, subjekty.

Vodní toky rozlišujeme podle stanovených kritérií (jako jsou např. velikost, šířka koryta, vodnost aj.) na:

- potok - s orientační šířka až pět metrů,
- říčka - s orientační šířkou pět až deset metrů,
- řeka - s šířkou nad deset metrů.

Je nutno si uvědomit, že každá řeka začíná jako potok (Lusk, 2010).

Vodní toky jsou povrchové vody tekoucí vlastním spádem v korytě trvale nebo po převažující část roku, a to včetně vod v nich uměle vzdutých. Jejich součástí jsou i vody ve slepých ramenech a v úsecích přechodně tekoucích přirozenými dutinami pod zemským povrchem nebo zakrytými úseky (URL9). Vodní tok chápeme jako koryto s vodou, která odtéká z povodí.

Malé vodní toky jsou důležitou kategorií ostatních toků. Definovat pojem malý vodní tok není snadné, lze však odvodit, že pokud je malým vodním tokem

potok a řeka již tokem velkým, malý tok pak můžeme chápat jako tok objemově přechodový mezi malým a velkým.

Malé vodní toky odvodňují zemědělskou část krajiny a plní mnoho funkcí ve vztahu k socioekonomickému rozvoji v poměrech krajiny. Tím jsou myšleny poměry estetické, rekreační a jiné funkce. Mají také svůj vodohospodářský a ekologický význam. Jsou více citlivé vůči antropogenním činnostem a zásahům do vodního režimu než velké vodní toky. Jakost vody, hydrobiologii toku a stav vodních ekosystémů v korytě ovlivňuje hlavně prostředí jejich povodí. Obvykle mají velkou rozkolísanost a proměnlivou vodnost, tím pádem i velké rozpětí mezi maximálními a minimálními průtoky. Často bývají rozvodněné, avšak s nepravidelně se opakujícím krátkým časovým intervalem. Povodňové průtoky mají velkou energii, která se projevuje především v destrukční a erozní aktivitě. Eroze, jeden z největších problémů, začíná právě v povodí drobných vodních toků (Němec, Hladný, 2006).

Toky, které pramení v horských nebo v podhorských oblastech, jsou svým charakterem odlišné než toky pramenící v nížinách. Jednak je odlišnost dána výrazně vyšším podélným sklonem koryt, jednak vyšší erozní činností a rozkolísaným vodním průtokem. Eroze v horních úsecích toků se projevuje kumulací sedimentu v dolních úsecích, což má katastrofální dopady na lidská sídla a infrastrukturu (Lusk et al. 2011).

Člověk, který byl postižen záplavami nebo nedostatkem vody, se snažil již od pradávna vyrovnávat hydrologický režim. Hlavním cílem bylo zajistit požadované množství vody a zachycení povodňových vln. Docílil toho především technickými zásahy do charakteru toků (Valová, Adámek, 2010).

Od druhé poloviny 19. století byly v ČR budovány příčné objekty různých typů, které měly za úkol omezit erozní a transportní činnosti těchto toků. Jsou prováděny úpravy koryt malých vodních toků tak, aby se omezilo povodňovým škodám na lidských sídlech (Lusk et al. 2011).

Jako protierozní opatření je možné označit stabilizační úpravy koryt, stabilizaci dna pomocí příčných objektů nebo hrazení bystřin a stabilizaci poruch koryt vodních toků (URL10). V posledních letech se však spíše opravují dříve provedená opevnění a obnovují se poškozené příčné objekty.

Od platnosti zákona č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, se rozhodujícími partnery, vyjadřující se k zásahům do vodních toků, staly složky státní správy v oblasti ochrany přírody a také některé nevládní organizace, které jsou velmi rozdílně zaměřené. Z těchto důvodů dochází k odborným neshodám při uplatňování legislativních norem (Lusk et al. 2011).

## 2.4 Dělení vodních toků

Vodní toky můžeme rozdělit:

### 1) Podle původu:

- a) **Přírozené** – vzniklé bez lidského zásahu. Řada přírodních vodních toků je uměle regulována, tzn. koryto je uměle přebudováno, a to většinou z důvodu umožnění či zlepšení splavnosti, z důvodu protipovodňové ochrany, výstavby vodní nádrže aj.
- b) **Umělé** - cíleně vytvořené. Mezi umělé vodní toky řadíme například průtočné vodní kanály, náhony, meliorační vodoteče, vodní tunely nebo akvadukty (Langhammer et al., 2009).

### 2) Podle velikosti:

Podle velikosti se vodní toky rozdělují na několik typů, avšak definice nejsou stanoveny a ani samotní hydrologové v nich nejsou jednotní. Budeme-li vycházet z místních zvyklostí a tradice, můžeme rozdělit druhy vod následovně.

Tabulka 1: Dělení vodních toků

Označení vodního toku	Vymezení pojmu
Bystřina	malý vodní tok se značným a proměnlivým sklonem dna
Potok	menší vodní tok s vyrovnanějším a mírnějším sklonem
Říčka	velikostní přechod mezi potokem a řekou
Řeka	větší vodní tok
Veletok	obvykle se vymezuje jako řeka alespoň 500 km dlouhá s plochou povodí alespoň 100 000 km <sup>2</sup>
Průtok	spojnice mezi dvěma vodními útvary

Zdroj:(URL11)

Bystřina se obvykle považuje za typ potoka, říčka či veletok za typy řek. Pojem říčka je někdy ztotožňován s pojmem potok. Skutečnost, že vedle zdrobnělého označení řeky existuje v některých jazycích pro potok i zvláštní slovo, je považována za doklad, že v chápání těchto vodních toků je rozdíl vnímán nejen jako kvantitativní, ale i jako kvalitativní (Štícha, 1978).

Objektivním kritériem mohutnosti toku v určitém profilu toku a okamžiku je průtok. Pro charakteristiku toku v daném profilu se používají průměry průtoku za určité období, maximální a minimální průtoky za určité období atd. Průtočnost vodního toku v určitém místě udává průtočnou kapacitu koryta. Podle průměrné četnosti dosažení určitých průtoků se vypočítává a udává N-letý průtok (například stoletá voda (Hrádek, Kuřík, 2002).

Tok, který zpravidla nevysychá (zpravidla je napájen podzemními vodami), se označuje jako stálý tok. Občasným tokem se nazývá tok, v jehož přirozeném režimu jsou období, kdy bývá vyschlý (Langhammer et al. 2009).

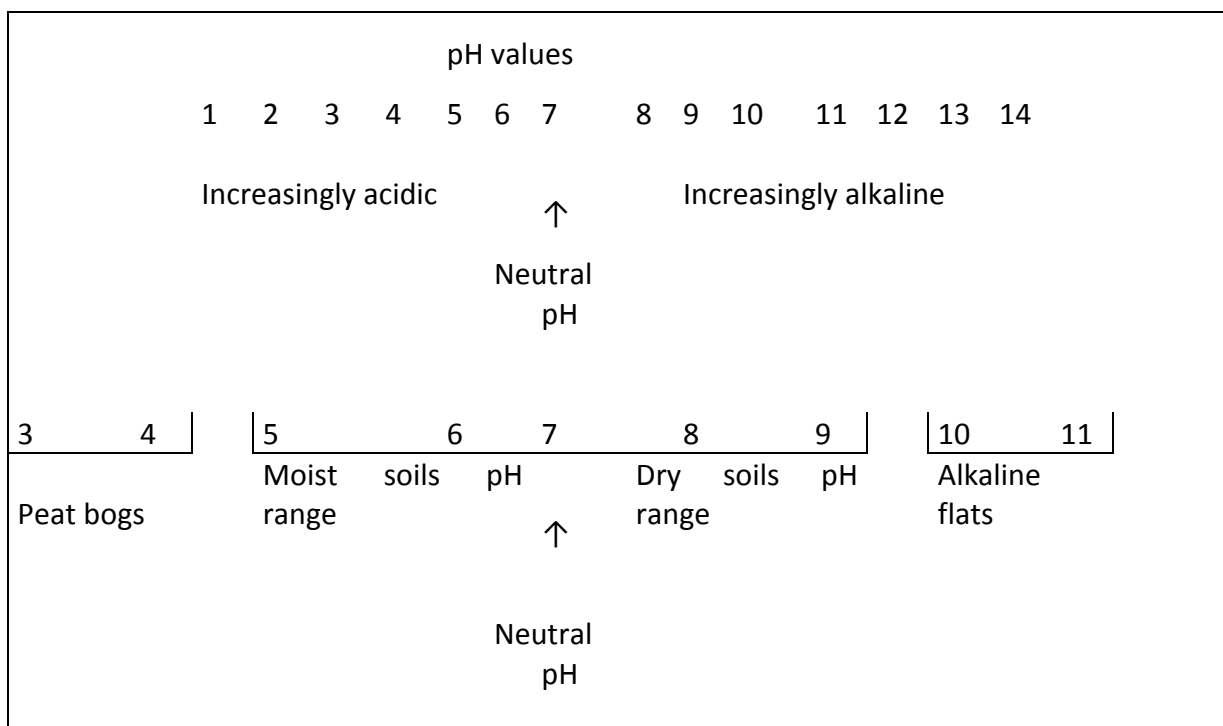
## 2.5 Fyzikálně chemické parametry vody

### 2.5.1 Reakce vody – pH

Potenciál vodíku, nebo též vodíkový exponent, pH, je číslo, kterým v chemii vyjadřujeme, zda vodný roztok reaguje kyselé, či naopak zásaditě.

U kyselin je pH menší než sedm – čím menší číslo, tím „silnější“ kyselina; naopak zásady mají  $\text{pH} > 7$ , čím větší číslo, tím „silnější“ zásada. Hodnota pH odráží relativní aciditu, tedy nízké hodnoty, nebo zásaditost, tedy vysoké hodnoty, roztoku. Acidita, či zásaditost jsou určovány záporným dekadickým logaritmem hydrogenových iontů  $\text{H}^+$ . Vyjádřeno rovnicí:

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$



Obrázek 3: Koncentrace vodíkových iontů v roztoku v  $\text{mol} \cdot \text{l}^{-1}$  (Kemel, 1994)



Z Obrázku 3 je možné vyčíst koncentraci vodíkových iontů v roztoku v  $\text{mol.l}^{-1}$ . Každá hodnota od 1 do 14 se liší vždy od své sousední hodnoty 10násobnou koncentrací  $\text{H}^+$ . Neutrální reakci pH pak uvádí hodnota 7. Od neutrální hodnoty směrem vlevo mají 10x větší koncentraci. Např. pH3 má 10x větší koncentraci než pH4. Hodnoty směrem vpravo pak mají koncentraci 10x menší. Např. pH 10 má 10 x menší koncentraci než pH 11 (Kemel, 1994).

V chemicky čisté vodě je obsah iontů  $\text{H}^+$  a  $\text{OH}^-$  v rovnováze, a proto má voda neutrální reakci  $\text{pH} = 7$ .

Povrchové vody s výjimkou rašelinišť mívají pH v rozmezí 6.5 - 8.3. Hodnota pH ve vodách úzký souvisí s probíhající fotosyntézou. Při intenzivní fotosyntéze se odčerpává oxid uhličitý, dochází k narušení uhlíčan vápenaté rovnováhy a hodnota pH se posouvá do alkalické oblasti (až na pH 11).

Hodnoty pH 3 – 4 (Peat bogs) jsou hodnoty rašeliniště, hodnoty pH 5 – 6 (Moist soils pH range) jsou hodnoty vlhké půdy, pH 8 – 9 (Dry soils pH range) hodnoty pro suché půdy a pH 10 – 11 (Alkaline flats) pro půdy alkalické (Kemel, 1994).

## 2.5.2 Vodivost

Běžnou součástí chemické rozboru vod je i stanovení konduktivity neboli měrné vodivosti. Konduktivita umožňuje odhad koncentrace iontově rozpuštěných látek a celkové mineralizace ve vodách. Konduktivita je ve zředěných roztocích lineární funkcí koncentrace iontů. U průmyslových odpadních vod, které obsahují ionizovatelné organické látky, musí být vztah konduktivity k anorganickým rozpuštěným látkám posuzován velmi obezřetně (Pitter, 2009).

Konduktivita je převrácenou hodnotou odporu v roztoku v  $\Omega$ , obsaženého mezi dvěma elektrodami o ploše  $1 \text{ m}^2$ , které jsou od sebe vzdáleny 1 m. Označuje se obvykle symbolem  $\kappa$ .

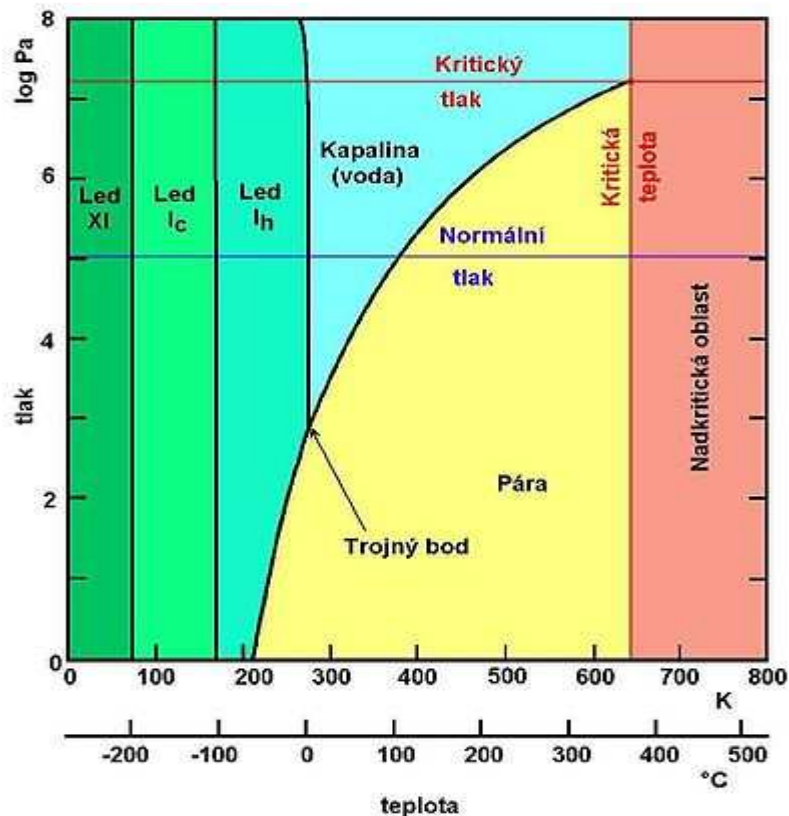
Jednotkou vodivosti (konduktance) je siemens (S) a jednotkou konduktivity (měrné vodivosti) je  $S \cdot m^{-1}$ , (v analytice vody obvykle  $mS \cdot m^{-1}$ ).

Dříve užívaná jednotka  $\mu S \cdot cm^{-1}$  může být převedena podle vztahu:  $1 S \cdot m^{-1} = 1\,000\,000 \mu S \cdot m^{-1} = 10\,000 \mu S \cdot cm^{-1}$  (Horáková, 2000).

### 2.5.3 Teplota vody - t

Specifické teplo – měrná tepelná kapacita – je u vody třikrát větší než u ostatních látek. Proto má voda svou tepelnou setrvačností velký vliv jednak na klima, jednak se využívá k transportu tepla, např. ústřední topení. Teplota je základním ukazatelem určujícím existenci a životní projevy ryb. Teplota ovlivňuje množství kyslíku, které se může ve vodě rozpustit. Obsah kyslíku rozpuštěného ve vodě se snižuje se zvyšující se teplotou a při neměnicím se tlaku (Lusk, 2010).

Obrázek 4 znázorňuje ve zjednodušené podobě fázový diagram vody, který charakterizuje skupenské přeměny. Ve skutečnosti existuje pevné skupenství vody, tedy led, v mnoha různých fázích lišících se krystalovou strukturou a fyzikálními vlastnostmi.



Obrázek 4: Fázový diagram vody znázorňující závislost existence skupenství na tlaku a teplotě (Pitter, 2009)

Pro zmrznutí vody je podmínkou, aby v kapalině existovala krystalizační centra. Proto je možné, aby čistá a ustálená voda byla podchlazená i pod teplotu tuhnutí, či aby horká voda zmrzla rychleji, než ustálená voda studená. K náhlému zmrznutí podchlazené vody stačí i mechanický podnět, jako např. zatřesení, nebo vhození tělíška (Bohuněk, Kolářová, 2014).

Voda je neobvyklá ve specifických skupenstvích – skupenství tání a varu. Vysoké výparné teplo umožňuje efektivní ochlazování teplokrevných obratlovců, jako je člověk, bez pocení by totiž nepřežili.

Obecný trend v periodické tabulce prvků je takový, že s rostoucí hmotností se zvyšuje teplota varu. Nicméně vodíkové můstky mají větší vliv na teplotu varu než hmotnost dané látky. Voda a všechny sloučeniny s vodíkem v druhé periodě –  $B_2H_6$ ,  $CH_4$ ,  $NH_3$  a  $HF$  – jsou v tomto trendu výjimkou.

Teplota vody má velký vliv na osídlení biotopu. Teplotní režim vody je výsledkem fluktuací fyzikálních poměrů v ekosystému (Ambrožová, 2003).

#### 2.5.4 Průtok vody - Q

Pojmem průtok vody, respektive vodního toku chápeme objemový průtok vody v daném profilu vodního toku a vyjadřuje objem vody, který proteče daným profilem vodního toku za jednotku času. Hodnoty v závislosti průtoku na čase pak zaznamenává hydrogram, tedy časová řada průtoku. Hydrogram slouží jako podklad k vyhodnocení hydrologických vlastností příslušných povodí, sestavování vodní bilance a slouží jako pozorovaná výstupní veličina pro hydrologické modelování (Bulíček, 1972).

Průtok udává objem vody proteklý daným profilem za jednotku času (Hrádek, Kuřík, 2002). Hodnota průtoku je obvykle počítána jako součin průtočné plochy  $S$  a průměrné rychlosti proudění, a to v jednotkách  $\text{m}^3\text{s}^{-1}$  nebo v  $\text{l}\cdot\text{s}^{-1}$ . Průtočná plocha je vyjádřena objemem vody v metrech krychlových, proudění pak v jednotkách času.

Průtok je tedy možné spočítat dosazením do vzorce:

$$Q = \frac{V}{t}$$

$Q$  – průtok [ $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ ]

$V$  – objem [ $\text{m}^3$ ]

$t$  – čas [s]

#### 2.5.4 Obsah kyslíku – SPC

V každém přirozeném vodním toku se střídají úseky peřejnaté a úseky tišín. Střídání těchto úseků se vytváří přirozený kyslíkový režim vodního toku. Peřejnaté úseky díky členitosti koryta umožňují prostup kyslíku hladinou, čímž dochází k jeho provzdušňování. Je potřeba si však uvědomit, že kyslík je spotřebováván, a to zejména při biologických procesech na eliminaci organického znečištění (Škoda, Doulík, 2007).

V České republice je nedostatek kyslíku ve vodě problémem řady úseků vodních toků. Příčiny můžeme z hlediska časového vymezení definovat jako občasně a trvalé. Kyslíkový deficit představuje množství kyslíku, které v daném okamžiku schází do jeho rovnovážné koncentrace, je vyjádřen jako:

$$D = cr - c$$

- kde je  $D$  kyslíkový deficit,  $cr$  rovnovážná koncentrace kyslíku ve vodě a  $c$  aktuální koncentrace kyslíku ve vodě.

Se zvyšujícím se kyslíkovým deficitem zároveň roste hnací potenciál přestupu kyslíku z atmosféry:

$$\Delta c = D - cr$$

- kde je  $\Delta c$  hnací potenciál přestupu kyslíku z atmosféry,  $D$  kyslíkový deficit a  $cr$  rovnovážná koncentrace kyslíku ve vodě (Langhammer, 2006).

Kyslíkový deficit má negativní vliv na život veškerých vodních organismů ve vodním toku, ať už se jedná o ryby, či nižší organismy žijící na dně koryta. Pokud se zvyšuje deficit, dochází k postupnému odumírání těchto organismů, obsah toxických látek ve vodě, které vznikají při rozkladných procesech, se zvyšuje. Výsledkem často bývá hromadná otrava všech ryb ve vodním toku a následně vymizení celkového oživení (Sládeček, 1986).

Deficit může způsobit v klidných úsecích s větší hloubkou vody spuštění anoxických až anaerobních procesů, které přispívají k samočisticí schopnosti, ale bez spojitosti s oxickým prostředím nejsou tolik efektivní. Pro samočisticí

schopnost vodního toku je zásadním faktorem doba a intenzita kontaktu znečištěné vody s povrchem koryta. Narušení přirozené členitosti koryta významně snižuje samočisticí schopnost vodního toku (Netopil, 1984).

Kyslíkový deficit je vždy způsoben zdrojem a ovlivněn dalšími faktory. Mezi hlavní faktory patří:

- bodové znečištění, plošné znečištění (nepřímý zdroj, vnos dusíku a fosforu),
- málo okysličená stojatá voda vypouštěná z hlubokých nádrží,
- doba působení zdroje (trvalá, sezónní, nahodilá),
- stav koryta vodního toku (přirozený, umělý),
- hydrologický režim (přirozený, řízený),
- klimatické podmínky.

Znečištění vody v tocích se projevuje estetickými závadami, nánosy, chemickým a bakteriálním znečištěním, poškozením biologického stavu biocenózy a změnami fyzikálních a chemických vlastností. Podle ovlivnění kvality povrchových vod lze znečišťující (škodlivé) látky rozdělit do 4 skupin:

- látky působící přímo toxicky,
- látky ovlivňující kyslíkovou bilanci toku,
- látky způsobující organoleptické závady,
- inertní látky (anorganické nerozpuštěné nebo rozpuštěné, netoxické - Pitter, 2009).

Pro vodní prostředí je rovněž nežádoucí nadměrný přísun živin (zejména dusíku a fosforu, tzv. nadměrná eutrofizace). Takový proces narušuje přirozenou biologickou rovnováhu ve vodě a vede k intenzivnějšímu nárůstu primární produkce (tj. produkce zelených organismů, které z minerálních látek fotosynteticky vytvářejí látky organické). Projeví-li se masový rozvoj řas a sinic v

barvě vody, hovoří se o tzv. vegetačním zbarvení. Stav, kde se řasy a sinice hromadí v masách při hladině, se označuje jako vodní květ. Zvýšená primární produkce zelených organismů vyvolává nebezpečí sekundárního znečištění vody organickými látkami vznikajícími jejich životní činností. Dochází ke zhoršení sensorických vlastností vody a někdy i ke tvorbě toxických látek (cyanotoxinů), které mají nepříznivý vliv na vodní organismy i na člověka (záněty očních spojivek, vyrážky). V kritických obdobích bývá znemožněno i rekreační využití takových vod.

K občasnému nedostatku dochází zejména v letních měsících, kdy se vzrůstající teplotou vody klesá obsah fyzikálně rozpuštěného kyslíku ve vodě. Dále dochází ke zvýšenému odčerpávání kyslíku z vody díky zvýšené činnosti mikroorganismů. Trvalý nedostatek kyslíku bývá způsoben vysokým organickým znečištěním toku. Zpravidla se jedná o úseky pod vyústěním z čistíren odpadních vod či kanalizace. Nejdůležitějším faktorem je míra znečištění zdroje a vodnost toku (Netopil, 1984).

### 2.5.5 Oxidační redukční potenciál – ORP

Oxidační redukční potenciál neboli redoxní potenciál je „vyjádření redoxního systému převést jednoho z reakčních partnerů do oxidovaného stavu“. Redoxní potenciál vyjadřuje:

- redukční stav systému v milivoltech,
- napětí mezi standardní vodíkovou elektrodou a příslušným oxidačně-redukčním přechodem.

Je dán vztahem:

$$E = E^0 - \frac{0,0591}{n} \log \frac{[A_{Red}]}{[A_{Ox}] \cdot [H^+]^m}$$

(pro 25°C)

- $E^0$  standardní redoxní potenciál příslušné soustavy,
- $n$  počet elektronů, jež se vyměňují,
- $m$  počet vodíkových iontů účastnících se reakce,
- $[A_{\text{Red}}]$  koncentrace redukované formy látky,
- $[A_{\text{Ox}}]$  koncentrace oxidované formy látky,
- $[H^+]$  koncentrace vodíkových kationtů (Pitter, 2009).

Čím větší má činidlo  $E > 0$ , tím větším je oxidačním činidlem (oxidační činidlo je látka, oxidující jiné látky tím, že od nich přijímá elektrony a sama se redukuje), čím má  $E < 0$ , tím je silnějším redukčním činidlem (redukční činidlo je naopak látka redukující jiné látky tím, že jim předává elektrony a sama se oxiduje.) Táž látka může být v jedné reakci oxidačním činidlem, v druhé redukčním činidlem.

Redoxní potenciál se měří jako elektrické napětí inertní elektrody ponořené do roztoku systému proti srovnávací elektrodě se známým potenciálem.

### 2.5.6 Radon ve vodě

Podzemní voda obsahuje vždy určité množství radonu, tedy i v povrchových vodách. Zde je však množství radonu zanedbatelné. Do vody se dostává z hornin obsahujících uran a radium a spolu s vodou pak proniká do budov. Při používání vody v bytě se část radonu uvolňuje do ovzduší. Při sprchování a mytí asi 50 %, při vaření a praní téměř 100%. Vytváří zde pak krátkodobé produkty přeměny radonu, jejichž vdechování přispívá k ozáření osob. Pití vody je - z hlediska ozáření - považováno za méně významné. Obsah radonu ve vodě souvisí s obsahem přírodních radionuklidů v geologickém podloží. Na



území s vysokým radonovým indexem se zvyšuje pravděpodobnost obsahu radonu ve vodě vyšší. Obsah radonu v pitné vodě z podzemních zdrojů je v ČR kolem 14 Bq/l. Nejvyšší nalezené hodnoty jsou řádu tisíců Bq/l. Radonová voda, kterou využívají k lázeňským účelům např. v Jáchymově či Teplicích obsahují 10 000 Bq/l (URL13).

Radon lze z podzemních vod odstranit. V ČR se k tomuto účelu používají aerační zařízení - radon je vytěšňován z vody jejím provzdušňováním. Takových zařízení je v současné době v provozu na úpravárnách vody pro veřejné vodovody již několik stovek. Jejich účinnost je vysoká, umožňují snížit obsah radonu ve vodě více než desetkrát. Voda ve veřejných vodovodech musí splňovat předepsané limity a jsou pro ni stanoveny směrné hodnoty (Vyhláška 307/2002 Sb. v platném znění). Vyhláška však nepožaduje měření radonu v pitné vodě pro individuální zásobování a nestanoví pro ně žádný limit. Jsou stanoveny jenom směrné hodnoty a doporučena opatření pro případ jejich překročení.

*Tabulka 2: Koncentrace radonu a doporučení opatření*

<b>Koncentrace radonu ve vodě</b>	<b>Doporučená opatření</b>
do 200 Bq/l	bez opatření
200 až 1000 Bq/l	odvětrání místností s velkou spotřebou vody (koupelny)
nad 1000 Bq/l	odstranění radonu z vody nebo náhrada zdroje vody

*Zdroj: Vyhláška 307/2002 Sb. v platném znění*

## **2.6 Vliv hornické činnosti na kvalitu vody**

Mezi typické pozůstatky hornické činnosti patří důlní vody, odvaly, odkaliště. Tato místa jsou nákladně, a to jak technicky, tak i technologicky rekultivována. Nezbytným průvodním procesem rekultivace je i čištění s cílem minimalizovat, případně eliminovat dopady na životní prostředí. I přes tato

opatření však nejsou postupy vždy efektivní a lokalita se málokdy dokáže vrátit do původního stavu (Lapčík, 2005).

Dobývání nerostných surovin, především kovů a uhlí přináší na dotčených lokalitách nezanedbatelný vliv na životní prostředí a to jak při vlastní těžbě, tak i po dlouhou dobu po jejím ukončení. Hlavní dopady, které jsou často nákladným způsobem eliminovány, se soustřeďují do kvality podzemních a povrchových vod. Důlní vody přicházející do kontaktu s horninou v zatopeném podzemí či povrchových lomech nebo prosakující přes odvaly, haldy hlušiny a uložený rmut v odkalištích, jsou zasaženy jak hlavními kontaminanty, pro které se ložisko dobývalo, tak především doprovodnými prvky jako Fe a Mn. Právě sirníky železa (pyrit, chalkopyrit), které často doprovází těžbu nerostů a uhlí a jsou v období těžby často nežádoucí příměsí, a proto jsou spolu s okolními horninami vytěženy na odvaly nebo končí ve rmutu na odkalištích. V období těžby je jejich vliv na kvalitu důlních vod často zanedbatelný, hlavními kontaminanty jsou právě ty, pro něž je ložisko dobýváno. Ale jejich přítomnost se začne o to více projevovat po skončení dobývací činnosti, po zatopení vydobytých prostor a při vývěru důlních vod na povrch (Lellák, Kubíček, 1991).

## **2.7 Jakost povrchových vod**

Jakost vody se hodnotí podle normy ČSN 75 7221 Klasifikace jakosti povrchových vod novelizované v říjnu 1998. V souladu s kapitolou 4 této normy bylo vyhodnoceno dvouleté časové období 1997/1998. Jednotlivé ukazatele se zatřídí podle charakteristické hodnoty, tj. hodnoty s 90% pravděpodobností nepřekročení (u rozpuštěného kyslíku překročení). U saprobního indexu makrozoobentosu (ISB) se charakteristická hodnota nahrazuje aritmetickým průměrem. Počet měření za sledované období musí být větší než 11 (Svobodová et al. 1992).

Protože v některých případech je hodnot méně (odběry na malých vodních tocích), hodnotí se průměr ze tří nejhorších. Ukazatele jsou členěny do pěti

skupin, kde rozhoduje ukazatel s nejnepříznivější hodnotou klasifikace. O zařazení toku do třídy pak rozhoduje nejhorší klasifikace z jednotlivých skupin (URL13).

Novelizací normy ČSN 75 7221 došlo k výrazným změnám v zařazení jednotlivých ukazatelů do skupin a ke vzniku nových ukazatelů. Přibyla celá skupina organických látek, které se doposud systematicky nestanovovaly nebo nebyly rozhodující pro klasifikaci tříd. Došlo k výraznému snížení mezních hodnot pro zařazení do jednotlivých tříd především u kovů a kyslíkových ukazatelů, naopak u některých ukazatelů (např. vápníku, hořčíku, chloridů, ale i manganu) došlo k zvýšení daných limitů (Synáčková, 1994).

## **2.8 Znečišťování vod**

Světová zdravotnická organizace přijala definici znečištění vod v tomto znění: „Voda je znečištěna, je-li její složení změněno v důsledku přímé nebo nepřímé činnosti člověka tak, že je méně vhodná pro některé nebo všechna účely, pro které je voda vhodná v přirozeném stavu. Příčinami změn mohou být organické a anorganické nečistoty, inertní látky, látky toxické, látky a organismy, které způsobují organoleptické znehodnocování vody, mikroorganismy způsobující vodou sdílené choroby a paraziti, látky mutagenní a karcinogenní, teplo sdílené oteplenými odpadními vodami a radionuklidy. Pokud vnikají znečišťující látky do vodních zdrojů odpadními vodami, pak jsou ve většině případů známy metody, jak v čistírnách odpadních vod eliminovat jejich nepříznivý dopad na čistotu“ (Ledvina et al. 2009).

Problémy všude ve světě způsobují látky, které se dostávají do vod jinými cestami než odpady, a to zejména v důsledku havárií v zařízeních tyto látky zpracovávajících, skladujících nebo dopravujících, dále pak v důsledku vymývání nebo jiných úniků ze skládek tuhých i ostatních odpadů, atmosférickými srážkami ze znečištěného ovzduší a vodní erozí. Problémy spočívají především v prevenci proti vnikání těchto látek do vody, v kontrole a identifikaci jejich přítomnosti ve

vodě, stanovení jejich množství a jejich škodlivého působení. Tyto potíže se ještě znásobují u látek, které mají vysokou schopnost akumulace u jednotlivých fází přírodního koloběhu, zejména v potravním řetězci a u látek silně rezistentních, těžce nebo vůbec neodbouratelných. Jejich škodlivé působení trvá dlouho a přesahuje hranice států, regionů i kontinentů. Týká se to především ropných látek, chlorovaných a aromatických uhlovodíků, těžkých kovů, radionuklidů. Zvláště nebezpečné je znečištění přímo surovou ropou (Syrůček, 2001).

Potenciální nebezpečí znečištění vod zdraví nebezpečnými radionuklidy, zejména těmi, které mají dlouhý poločas rozpadu, představuje odstraňování radioaktivních odpadů. Zejména jejich ukládání ve speciálních sudech do mořských hlubin, přeprava radionuklidů po mořích a likvidace atomových zbraní. Možnou cestu vniknutí radioaktivních látek do vod představují atmosférické srážky při haváriích atomových elektráren. Se znečišťováním vod souvisí dva jevy - eutrofizace a vodní eroze (Syrůček, 2001).

Eutrofizace je proces zvyšování produkce nové živé organické hmoty, vytvořené fotosyntetickou činností rostlinných organismů v povrchové vodě, především v důsledku organických živin (dusíku a fosforu). Taková a větší míra eutrofizace znesnadňuje využití vody pro hygienickou očistu a koupání. Přemnožení řas v povrchových, zejména stojatých vodách v důsledku eutrofizace, má nezřídka v letních měsících za následek i likvidaci ryb. Stává se tak v důsledku úhynu velkého množství řas v nočních hodinách, a naopak rychle probíhající rozklad odumřelé organické hmoty kyslík vodě ubírá. Dusík a fosfor pronikají v nežádoucím množství do povrchových vod v odpadních vodách městských i průmyslových, ale také přímo ze zemědělské živočišné výroby nebo splachem půdy s obsahem hnojiv. V první fázi zvýšení rozvoje řas, sinic a vyšších rostlin spolu se změnou barvy a průhlednosti vody, která dostává modrozelenou až zelenou barvu (vegetační zbarvení, převážně řasy). Na hladině se vytváří charakteristický vodní květ (převážně sinice), který plave. Postupně se snižuje nasycení kyslíkem (jak organismy odumírají a rozkládají se), může být doprovázeno vznikem sirovodíku, amoniaku či methanu – může vést až ke

kyslíkovému deficitu u dna, a tím ke změně druhové skladby a úhynu ryb a dalších vodních organismů. Fáze clear water - v důsledku hospodaření na velkých lánech, nadměrného používání hnojiv, existence rozsáhlých monokultur plodin s malou schopností zadržet vodu, vzrůstá vodní eroze, způsobující nežádoucí splach a odnos úrodných vrstev půdy do řek a následně do moří. Voda je tak znečišťována nejen množstvím nerozpuštěných látek, ale spolu s nimi i nežádoucími a vodám škodlivými látkami užívanými v zemědělství a lesnictví pro hnojení a ochranu rostlin. Půda odplavená z polí zaplňuje nádrže, snižuje efektivnost využívání zde napuštěné vody a usazuje se v ústí řek (Lellák, Kubíček, 2001).

Mluvíme-li o znečištění povrchových vod, rozlišujeme dva typy znečištění:

1. Znečištění havarijní, jednorázové - s mnohdy katastrofálními okamžitými dopady, spojenými s masovým úhynem vodních organismů i jinými škodami. Zpravidla toto znečištění relativně brzy odezní a vytvoří se podmínky pro obnovení života ve vodě a dalších funkcí vodního ekosystému.
2. Znečištění dlouhodobé, projevující se trvalejším, zejména organickým znečištěním. Celkově negativně ovlivňuje vodní prostředí a skladbu potravní nabídky, takže některé druhy ryb v postižených úsecích řek vymizí, případně se značně sníží jejich reprodukční schopnost (Langhammer, 2002).

### 3. Charakteristika toku Svatavy

#### 3.1 Lokalizace území

Svatava spadá do povodí Ohře a dolního Labe. Řeka Svatava (německy Zwodau nebo také Zwotau ) je řekou z části na česko-německém pomezí. Její délka je 41 km, z toho na území Čech zhruba 30 km. Plocha povodí měří 297,5 km<sup>2</sup>. Sbírá vodu z okolí Kraslic, Krušných hor, přírodního parku Přebuz a z přírodního parku Leopoldovy Hamry. Jedinými většími městy jsou Klingenthal a Kraslice. Tok kopíruje železniční trať a silnice, kolem dokola se nachází lesy. Dno řeky je převážně kamenité, k nám přináší řeka písek. Břehy jsou porostlé olšemi, vrbami, kapradinami. Při tání sněhu se hladina vysoko zvedá, řeka se rozlévá. (Svoboda et al. 2008).

Pobřežní niva je rozmanitá, dominantou je však křídlatka a netýkavka. Řeka slouží zvířatům jako napajedlo. V okolí žijí srnci, divoká prasata, jeleni, kuny, zajáci, lišky, veverky. Řeka je domovem pro řadu ptáků: kachna divoká, skorec vodní, ledňáček říční, volavka popelavá. (Štefáček, 2008).

Řeka Svatava je rybářským sportovním revírem, proto jsou zde ryby pravidelně vysazovány, loví se po celém toku. Klingenthal a Kraslice jsou města s tradicí výroby hudebních nástrojů, v Oloví je sklárna, jinak jsou zde jen malá, spíše rekreační sídla. Města mají čističky odpadních vod, avšak v blízkosti Kraslic je skládka komunálního odpadu. Do Svatavy přitéká také voda z výsypek (Křovák, 2006).

Mezi následky starých hutních aktivit patří silná znečištění řek např. olovem a arzenem. Úsek Ohře mezi soutokem se Svatavou a Nechranickou přehradou je takto silně znečišťován nejen olovem a arzenem, ale i řadou dalších prvků, např. mědí, zinkem, beryliem, uranem, cínem, kobaltem, selenem, antimonem a wolframem. Koncentrace většiny z nich byly v Ohři, Svatavě nebo v ostrovské Bystřici rekordní (Veselý, 1994).

Radiologická laboratoř Jáchymov měřila obsah radonu v přítocích řeky Sázavy (Příloha 1). Bylo odebráno celkem 6 vzorků do skleněných kyvet o obsahu 142 ml. Měření bylo prováděno soupravou na měření aktivity radonu ve vodě, kterou tvoří přístroj MC1256, sonda 9501, detektor SKGISN 20. Měřidlo bylo ověřeno Českým metrologickým institutem Brno. Vzhledem k nízké aktivitě, byla voda porovnána s pitnou vodou z vodovodního řádu, odebranou ve stejném časovém úseku. Dlouhodobým měřením bylo zjištěno, že odebraná voda přítoků Svatavy odpovídá aktivitou pitné vodě (Příloha 1).

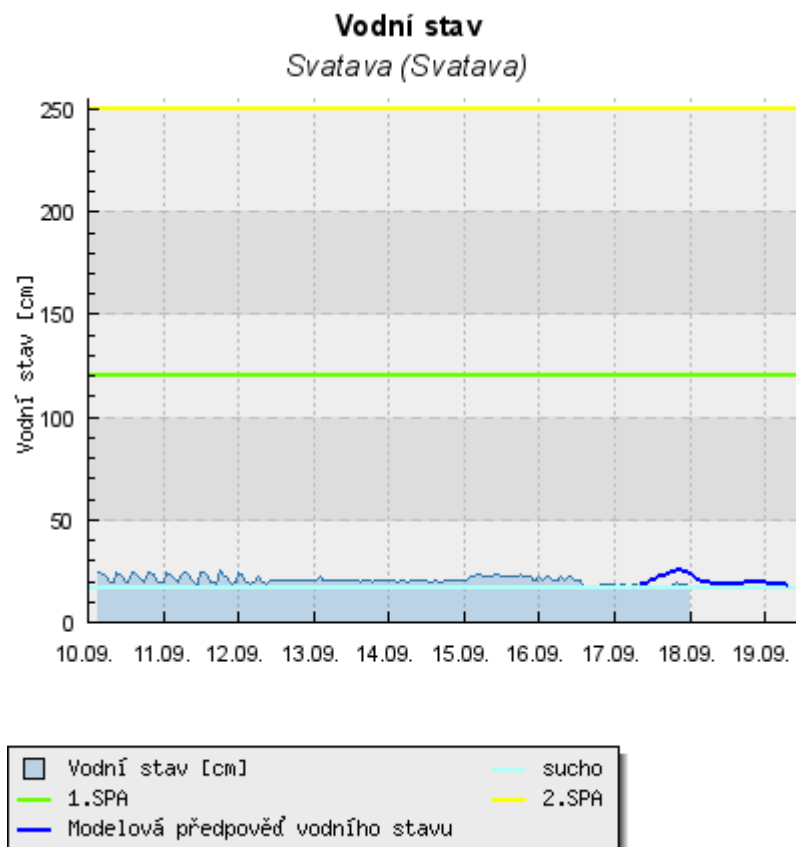
### **3.2 Hydrologická charakteristika**

Řeka Svatava je řeka pramenící v Krušných horách, jižně od německého Schönecku v nadmořské výšce 710 m. n. m. Zleva ústí do řeky Ohře ve městě Sokolov. Celková délka jejího toku je 40,2 km, z toho asi 30 km teče na území ČR (Česko 80,60%, Německo 19,40 %). Jako potok jménem Zwota protéká na území Německa stejnojmennou obcí, na území České republiky teče řeka Svatava krušnohorským údolím u obce Hraničná směrem k Sokolovu přes město Kraslice. Plocha povodí Svatavy měří 297,5 km<sup>2</sup> (Štefáček, 2008, URL10).

Svatava ze svého prameniště vytéká jižním směrem a před obcí Oberzwota se stáčí východním směrem. Postupně protéká podél obcí Zechenbach a Zwota do městečka Klingental. Dále směřuje na jihovýchod a v délce přibližně 1,5 km tvoří hranici mezi ČR a Německem (Štefáček, 2008, URL10).

Řeka Svatava na našem území protéká Kraslicemi. K jejím levým přítokům patří Bublavský potok, Stříbrný potok, Sklenský potok, Novohorský potok, Hluboký potok, Lomnický potok. Největším levým přítokem Svatavy je pak říčka Rotava, která se vlévá do Svatavy v Anenském údolí – pod rotavským nádražím. K pravým přítokům pak řadíme potok Luční, Kamenný, Sněženský, Mezní, Dolinský a potok Radvanovský (Štefáček, 2008, URL10).

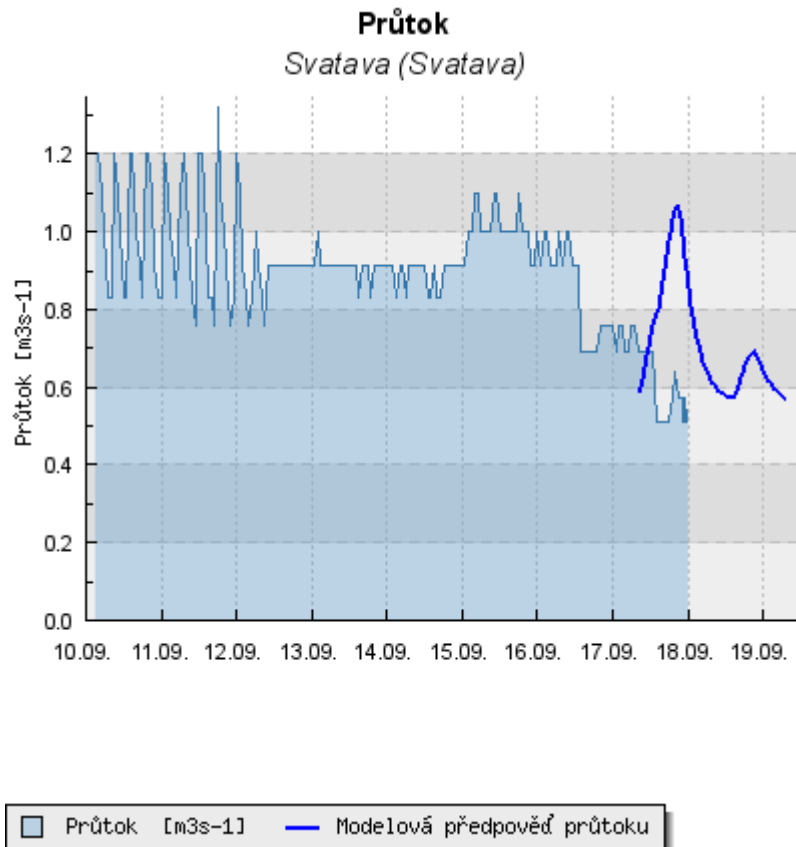
Vzhledem ke klimatickým podmínkám a nízkým srážkám vodní hladina Svatavy v době prováděného měření velmi kolísala. Z Obrázku 5 je patrné, že za sledované období průměrná vodní hladina dosahovala k 20 centimetrům.



Obrázek 5: Přehled vývoje vodního stavu Svatavy za dané období od 10. – 19. 9. 2015 (URL12)

Na Obrázku 5 je možné vidět průtok na řece Svatavě za sledované období. Nejvyššího průtoku Svatava dosáhla ve sledovaném období 12. 9., kdy průtok dosáhl  $1,3 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ .





Obrázek 6: Průtok na řece Svatavě za období 10. – 19. 9. 2015 (URL12)

### 3.3 Geologická charakteristika

Oblast vodního toku Svatavy se stejně jako celá Česká republika nachází v mírném klimatickém pásu severní polokoule. Dochází zde ke střídání čtyř ročních období, s pravidelným cyklem teplot a srážek. Území je pestré, dáno výškovým rozhraním v rozmezí nížin až po hory. Srážkové a teplotní poměry jsou ovlivněny orografickým členěním a nadmořskými výškami, a proto jsou místně nerovnoměrné. Srážky zachycují rašeliniště a podmáčené lesy, které pokrývají náhorní plošinu a stabilizují přirozený odtok (URL10).

### **3.4 Klimatické poměry**

Území náleží k Českému masivu, jehož vývoj sahá do prvohor. V prvohorách se formuje jeho složitá geologická skladba. Podloží tvoří křídové útvary a třetihorní usazeniny. Mateční horninou v horní části toku jsou paleozoické horniny – písky, jíly – a kvarterní horniny – hlíny, spraše, písky, štěrky. Půdní profil tvoří rašeliny a jílovotopísčité půdy (URL10).

### **3.5 Vegetační charakteristika**

Vegetace okolních svahů toku je vzhledem ke své délce rozmanitá. U pramene Svatavy jsem zaznamenal listnaté stromy – bříza, v horní části toku pak převažují porosty jehličnatých lesů, ve střední části se jedná s porosty smíšené, v dolní části pak o listnaté. Z jehličnanů je nejčastěji zastoupen smrk ztepilý, smrk pichlavý, borovice lesní, borovice černá. Z listnatých stromů je to pak dub letní, buk lesní a bříza bradavičná (URL10).

## 4. Metodika

Pro výzkum, který jsem prováděl, jsem na toku řeky Svatavy vybral 16 odběrných míst. Za odběrné místo jsem zvolil takové místo na vodním toku Svatavy, kde docházelo k soutoku dvou přirozených vodních toků, nebo se jednalo o nějaký přítok možného znečištění. Dále pak jsem provedl měření na odběrných místech před místem a za místem. Také bylo provedeno měření před a za městem nacházející se na toku. Pokud byla zvolená odběrná místa nepřístupná z důvodu zástavby či neschůdného terénu, došlo k posunutí tohoto místa na místo schůdnější.

Tok byl rozdělen na tři úseky, na kterých probíhalo měření, monitoring antropogenních vlivů, vyhledání možných zdrojů znečištění, zařízení které může sloužit jako překážka pro migrující ryby apod. Na každém úseku byla vytipována místa pro odběr vzorku a to s ohledem na dostupnosti samotného odběrného místa nebo dle místní znalosti se vyskytující zdroje znečištění. První úsek se nachází od Hraničné, kde řeka Svatava tvoří státní hranici až k pěší lávce přes řeku nacházející se před pilou v Oloví. Druhý úsek se nachází od Oloví k přítoku v Luhu nad Svatavou. Třetí úsek pak od tohoto přítoku v Luhu nad Svatavou až k samotnému soutoku řeky Svatavy a Ohře v Sokolově. (URL15)

Odběrné místo č. 1 jsem zvolil na místě, kde vodní tok Svatavy protéká pod pozemní komunikací, a je zde postaven viadukt. Na pravém břehu řeky vede železniční trať. Jedná se o místo neobydlené. Nachází se v prvním úseku, a to konkrétně za silničním mostem silnice č. 210, nacházející se vedle cyklostezky mezi Hraničnou a Kraslicemi. Odběr jsem provedl z levé části koryta řeky z důvodu nízké hladiny. Dno řeky bylo v místě odběru nerovné, kamenité, tvořené kameny menší velikosti, oblázky a pískem.

Odběrné místo č. 2 jsem zvolil v obydlené části, v těsném sousedství železniční tratě, blízko železničního nádraží. Nachází se také v prvním úseku, a to

ve městě Kraslice za zahrádkářskou kolonií u silničního mostu směřující k Lyžařskému areálu Krajka. Dno řeky bylo v místě odběru nerovné, kamenité.

Odběrná místa č. 3 a 4 jsem vybral s ohledem na obydlenost okolí míst, vhodného přístupu a levým přítokům. Protože se tato místa nacházejí na místech soutoku, provedl jsem z tohoto důvodu měření vždy dvakrát, a to na místě asi 2 metrů nad zvoleným odběrným místem a poté na místě asi 2 metrů pod odběrným místem. Dvojité měření jsem provedl z důvodu možné kontaminace vody ve vodním toku Svatavy kvůli přítoku. Odběrné místo č. 3 se nachází na soutoku Bublavského potoku a Svatavy, nachází se poblíž panelové zástavby v ul. Svatopluka Čecha v samotném centru města Kraslice. Odběrné místo č. 4 se nachází na soutoku Svatavy a Stříbrného potoku, a to poblíž Kostela Boží tělo v ul. Kpt. Jaroše v Kraslicích, kde do řeky Stříbrný potok ústí. Měření jsem provedl 2 m před a 2 m po přítoku potoka.

Odběrné místo č. 5 jsem zvolil v neobydlené části okolí toku Svatavy. Na tomto místě se nachází stará čistička odpadních vod. Nachází se na konci města Kraslice, ul. Čs. armády v prvním úseku, kde se jedná o vyústění odpadní roury z ČOV města Kraslice.

Odběrné místo č. 6 jsem vybral na soutoku Svatavy a říčky Rotavy, v těsném sousedství železniční tratě, nachází se cca 2 m před a 10 m za soutokem řeky Rotavy a Svatavy. Tento soutok se nachází v části zvané Anenské údolí poblíž bývalé Benešovy pily a železničních kolejí Kraslice - Sokolov.

Odběrné místo č. 7 jsem zvolil v neobydlené části toku. Toto odběrné místo se nachází v prvním úseku u malé vodní elektrárny, která je poblíž železničního přejezdu na silnici Sokolov – Kraslice. A to konkrétně 1 m před splavem a cca 20 metrů pod splavem.

Odběrné místo č. 8 jsem vybral v mírně obydlené oblasti toku řeky Svatavy, nad soutokem Svatavy a Novohorského potoka. Odběrné místo č. 8 se nachází u pěšího mostu v Oloví pod Dolním Studencem. V místě, kde se láme první a druhý úsek.

Odběrné místo č. 9 jsem zvolil v městečku Oloví, a to v místech neobydlených, avšak v těsném sousedství železniční tratě. Odběrné místo č. 9 se nachází již v druhém úseku a to na konci Oloví mezi fotbalovým hřištěm a železniční tratí Kralice-Sokolov.

Odběrné místo č. 10 jsem zvolil v neobydlené části, na místě soutoku řeky Svatavy a Hlubokého potoka, nachází se 2 m před a 2 m za přítokem Hlubokého potoka ve druhém úseku, kdy je tento přítok poblíž malé vodní elektrárny společnosti EON Energie, a.s. Elektrárna se nachází pod Hřebeny u železničního mostu.

Odběrné místo č. 11 jsem pak vybral místo přítoku, který má hnědočervenou barvu v Luhu nad Svatavou. Samotné odběrné místo je 2 m před a 10 m za tímto přítokem a ve druhém úseku.

Odběrné místo č. 12 se nachází se 2 m před a 5 m za přítokem Radvanovského potoka na začátku obce Svatava, a to konkrétně pod objektem firmy ISSO a.s., který již je v posledním třetím úseku.

Odběrné místo č. 13 se nachází přímo ve městě Svatava, v hustě obydlené oblasti. Jedná se o místo přítoku Lomnického potoka ve třetím úseku, nacházející se uprostřed Svatavy, poblíž Kostela Neposkvrnění početí Panny Marie. A to konkrétně 2 m před a 2 m za tímto přítokem.

Odběrné místo č. 14 se nachází se na konci obce Svatavy ve třetím posledním úseku a to poblíž ul. Táborská, kde je městská ČOV. Odběrné místo je 1 m před a 1 m za vyústěním odpadního potrubí se shora zmiňované ČOV.

Odběrné místo č. 15 se nachází cca 30 metrů od odběrného místa č. 14. Místo jsem zvolil tam, kde se jedná o vyústění čerpačky důlních vod. Samotné odběrné místo pak tvoří 2 m před a 2 m za tímto vyústěním.

Odběrné místo č. 16 jsem zvolil poblíž soutoku Svatavy a Ohře. Samotné odběrné místo se nachází 10 m před vyústěním řeky Svatavy do řeky Ohře v Sokolově u loděnice v ul. Nádražní.

## 4.1 Hodnocení jakosti vod

Jakost povrchových vod se v ČR hodnotí podle normy ČSN 75 7221 - Česká technická norma Jakost vod – Klasifikace jakosti povrchových vod, která byla vydána v roce 1998. Norma platí pro klasifikaci povrchových tekoucích vod a slouží k vzájemnému porovnávání výsledků v různém místě a čase. (ČSN 75 7221). Pro hodnocení míry kvality vody používáme dva hlavní přístupy a to fyzikálně - chemický a biologický. Fyzikálně - chemický přístup hodnotí jakost vody podle míry koncentrace určitých látek v odebraném vzorku, např. množství dusičnanů, železa aj., stejně jako měříme základní fyzikální vlastnosti vody – teplotu, vodivost aj. Biologický přístup hodnotí kvalitu vody nepřímo, podle přítomnosti určitých mikroorganismů. Bez složitých chemických rozborů jsme schopni určit celkový stav jakosti vody v řece či nádrži (Langhammer, 2002).

Dle normy ČSN 75 7221 - Jakost vod se povrchové tekoucí vody dělí do pěti tříd:

- **Třída I - neznečištěná voda** - voda není nepříznivě ovlivněna lidskou činností, hodnoty ukazatelů odpovídají přirozeným koncentracím.
- **Třída II - mírně znečištěná voda** - voda je mírně ovlivněna lidskou činností do takové míry, že ukazatele jakosti vod dosahují hodnot, které ještě umožňují výskyt vyváženého a udržitelného ekosystému.
- **Třída III - znečištěná voda** - voda je ovlivněna lidskou činností tak, že hodnoty, kterých dosahují ukazatele jakosti vody, nemusejí tvořit vhodné podmínky pro existenci vyváženého a udržitelného ekosystému.
- **Třída IV - silně znečištěná voda** - hodnoty ukazatele jakosti vody již způsobují existenci pouze nevyváženého ekosystému.
- **Třída V - velmi silně znečištěná voda** - ukazatele jakosti vody dosahují takových hodnot, že umožňují existenci pouze silně nevyváženého ekosystému (ČSN 75 7221).

#### **4.1.1 Vodivost - Elektrolytická konduktivita ( $\mu$ S/cm)**

Elektrolytická konduktivita je definována jako převrácená hodnota elektrického odporu roztoku, mezi dvěma vloženými platinovými elektrodami (Grünvald, 1993). Je to míra koncentrace ionizovatelných anorganických a organických iontů. Konduktivita závisí na koncentraci iontů, jejich nábojovém čísle, teplotě a pohyblivosti. Měří se při konstantní teplotě 25°C. Vzrůst, nebo pokles teploty o 1°C vyvolá změnu konduktivity nejméně o 2%. Jednotkou vodivosti je S•m (siemens/ metr), obvykle se používá mS•m (mikro – siemens/metr), protože hodnoty konduktivity jsou v hydrochemii nízké (Pitter, 2009). Povrchové a prosté podzemní vody 5 až 50 mS/m, některé průmyslové vody mohou mít hodnotu vyšší než 103 mS/m.

#### **4.1.2 TDS (g/l)**

Zkratka TDS označuje Total Dissolved Solids. Jedná se o měření množství rozpuštěných částic minerál, solí či iontů těžkých kovů v daném množství vody. Jednotka TDS je závislá na vodivosti a je vyjádřena množstvím částic na milion (ppm), anebo v miligramech na litr (mg/l). TDS udává, kolik rozpuštěných částic se nachází ve vodě v jednotkách „počet částic na milion molekul vody“ - (parts per million - ppm).

Hodnota TDS má vliv na všechny organizmy využívající vodu, žijící v ní, případně vodu využívající. Čím nižší hodnotu TDS voda má, tím se zvyšuje schopnost lidského organismu vodu absorbovat. Čím vyšší hodnotu TDS má voda, tím je vyšší pravděpodobnost, že škodlivé znečištění, které se ve vodě nachází, může poškodit lidský organismus, případně snížit schopnost absorpce vody lidskými buňkami.

#### **4.1.3 DO**

Koncentrace O<sub>2</sub> ve vodě je významným parametrem běžně zjišťovaným při výzkumu vlastností vodstva jako životního prostředí. V praxi je indikátorem

kvality a čistoty povrchových vod a v neposlední řadě má koncentrace kyslíku rozhodující vliv i na odvětví hospodářství - chov ryb. Například optimální koncentrace  $O_2$  pro lososovité ryby je 8 - 10  $mg.l^{-1}$ . Při nízkých koncentracích přibližně pod 3  $mg.l^{-1}$  hynou ryby a další vodní organismy.

Rozpustnost  $O_2$  ve vodě se jako u ostatních plynů řídí Henryho zákonem, který říká, že rozpustnost plynu za dané teploty je přímo úměrná jeho parciálnímu tlaku nad hladinou. Aktuální koncentraci kyslíku ve vodě ovlivňují především teplota, tlak, salinita, hloubka a hladina (styčná plocha a její povrch). Kyslík rozpuštěný ve vodě se udržuje v rovnovážném stavu, z kterého je vychylován především dvěma přirozenými procesy: tzv. deoxygenací (úbytek kyslíku při biochemickém rozkladu organických látek, např. rozklad těl mrtvých organismů na rybničním dně) a fotosyntézou (přísun kyslíku jako vedlejšího produktu fotosyntézy). Kyslíkovou rovnováhu potom dorovnává tzv. reaerace, tedy výměna kyslíku mezi vzduchem a vodou (pokud je  $O_2$  ve vodě málo, samovolně se rozpouští).

#### **4.1.4 pH**

Hodnota pH je definována jako záporný dekadický logaritmus aktivity vodíkových iontů (Grünvald, 1993). V přírodních vodách se hodnota pH pohybuje v rozmezí od 4,5 do 9,5 a je obvykle dána uhličitánovou rovnováhou. Pokud poklesne pH pod hodnotu 4,5 značí to přítomnost anorganických a organických kyselin. Vyšší hodnota pH než 8,3 je způsobena uhličitany a při hodnotě pH nad 10 se již na pH významně podílejí i hydroxidové ionty (Pitter 2009). Hodnota pH významně ovlivňuje biochemické a chemické procesy ve vodách. (Lellák, 1991). Kyselost má velký vliv na chemické a biochemické procesy ve vodách.

Díky změně pH může docházet k vyluhování různých prvků do vody, ovlivňuje obsah stopových prvků, jako je na příklad zinek, kadmium, měď a další (Mrňa, 1991). Reakce vody také ovlivňuje organismy žijící ve vodě. PH patří mezi hodnotu, která určuje agresivitu vody a ovlivňuje účinnost procesů ať už biologických, chemických, nebo fyzikálních (Mrňa, 1991). V přírodních vodách, které můžeme považovat za čisté se hodnota pH nachází v rozmezí mezi 4,5 až



8,3. U důlních vod však bývá pH nižší. Hodnota pH , která je nižší jak 4,5 je způsobena přítomností anorganických látek i volných organických, jako jsou například huminové látky (Pitter, 1990). Hodnoty pH vody mohou být ovlivněny řadou faktorů, jako je ředění jinými přítoky či srážkami, uvolnění kovů, adsorpce sedimentů kyseliny (Xinchao et al. 2011).

#### **4.1.5 ORP**

ORP (redox) - oxidačně redukční potenciál - charakterizuje přítomnost oxidačních nebo redukčních látek v kapalině, neexistuje možnost selektivního stanovení množství existujícího oxidantu nebo redukční látky, měření je silně závislé na hodnotě pH, záleží také na celkovém množství rozpuštěného kyslíku, který hodnotu ORP zvyšuje.

## **4.2 Pomůcky**

Pomůcky:

- Přístroj YSI Professional Plus.
- Fotoaparát.
- Notebook.
- Přídavný disk – flashdisk.
- Rybářské gumové holínky.
- Rybářský oděv pro vstup do toku.
- Sekera.
- Tyčová rukojeť k fotoaparátu.

### **4.3 Postup monitoringu na toku**

Pro odběr dat jsem zvolil v toku řeky Svatavy 16 odběrných míst, a to dle následujících faktorů - rozhodující pro stanovení odběrného místa byl pravý, či levý přítok řeky. Přítokem rozumíme říčku, potok, potůček. Monitoring na toku probíhal ve třech ročních obdobích, a to v létě, na podzim a v zimě. Přístup k odběrným místům nebyl vždy snadný. Musel jsem tedy takové místo zpřístupnit, např. vysekáním vzrostlého porostu. Dále jsem musel, zvláště při letním odběru, najít nejhlubší místo, řada odběrných míst byla totiž částečně vyschlá. Místa však vždy obsahovala tolik vody, aby bylo odběr možný provést.

Odběr dat jsem prováděl úplným ponořením čidla – multiparametrické sondy - do vody tak, aby mohlo dojít k přenosu dat mezi čidlem a softwarem přístroje. Načtená data se zaznamenala vždy k určitému odběrnému místu. Postup jsem opakoval u každého odběrného místa třikrát, a to v termínech 13. 8. – léto, 25. 9. – podzim, 22. 12. – zima. Problematickou se ukázala být kolísající hladina Svatavy v jednotlivých ročních obdobích, respektive v době měření.

Pokud se v okolí odběrného místa nacházel možný zdroj znečištění vody, odebral jsem data nad místem znečištění a pod místem znečištění, a to ve vzdálenosti přibližně dvou metrů od místa možného znečištění vodního toku.

## **5. Výsledky**

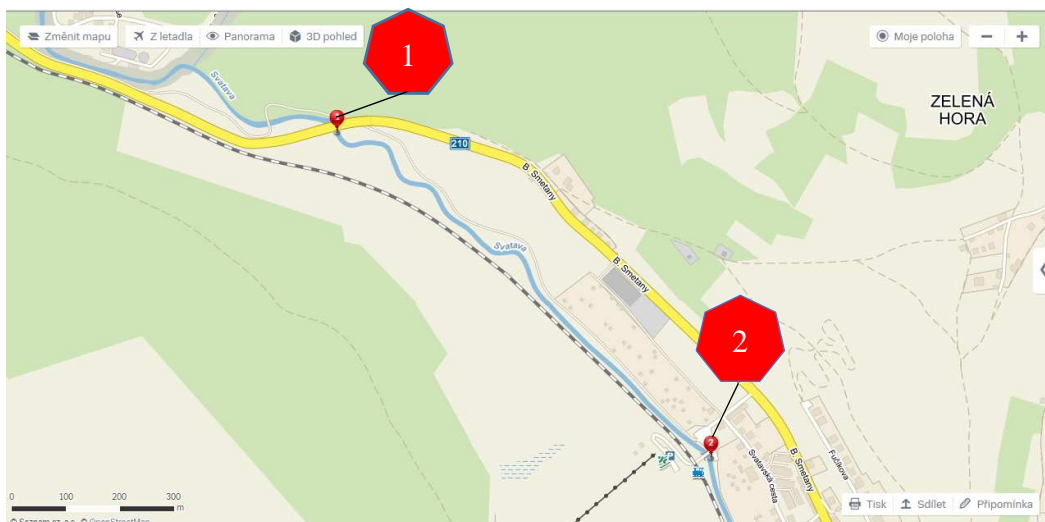
Nejvyšší hladiny Svatava dosahovala v období zimy, a to 54 cm. V období podzimu klesla hladina vody vlivem nízkého objemu srážek na výšku 24 cm v místech nejvyššího objemu. Svatava byla částečně vyschlá a kvůli tomu bylo nutné měřit hodnota v těch místech, kde to hladina vody umožňovala. V období léta pak hladina Svatavy dosahovala 37 cm.

Výsledky jednotlivých měření na odběrných místech jsem pro přehlednost zaznamenal do tabulek.

## 5.1 Odběrná místa

Na každém odběrném místě jsem prováděl měření ve třech ročních obdobích, a to v období léta, podzimu a v zimě. Měření v letním období jsem prováděl ve dvou dnech, a to 13. a 14. srpna 2015. Průtok řeky Svatavy byl dne 13. srpna  $0,15 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , 14. srpna pak  $0,17 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (URL14). Podzimní měření jsem uskutečnil dne 25. a 26. září 2015. Průtok řeky Svatavy byl dne 25. září  $0,35 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , 14. září pak  $0,45 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (URL14). Pro zimní měření jsem si vybral 22. a 23. prosince 2015. Průtok řeky Svatavy byl dne 22. prosince  $2,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , 23. prosince pak  $2,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (URL14).

### 5.1.1 Odběrné místo 1 a 2



Obrázek 7: Odběrné místo 1 a 2 (URL15)

#### 5.1.1.1 Odběrné místo 1

GPS souřadnice jsou:  $50^{\circ}20'45.738''\text{N}$ ,  $12^{\circ}29'14.987''\text{E}$ , v nadmořské výšce 541 m. Koryto dosahovalo šířky cca 5,5 metru a je obklopeno kameny prorostlé trávou a místy se vyskytují různé druhy keřů nebo invazivní rostliny. Dno tvoří kameny menší velikosti, oblázky a písek. V letních měsících se hladina vody pohybuje okolo 15 cm a v zimním období nebo po přivalových deštích se voda pohybuje okolo 0,5 m.



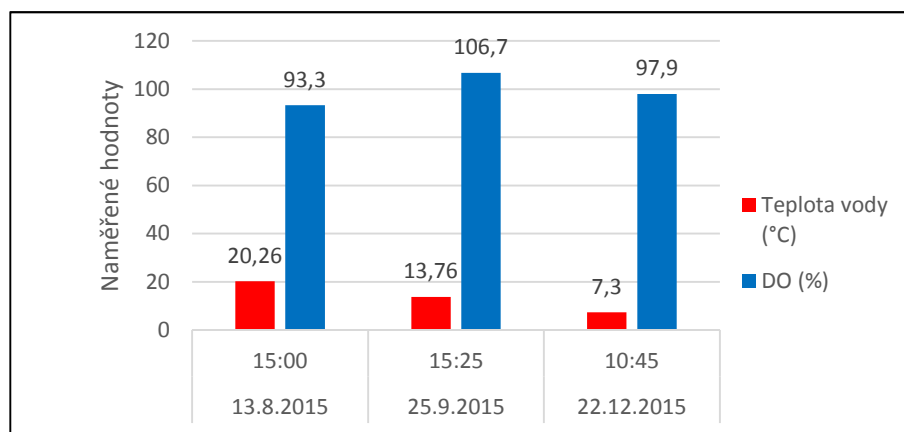
Obrázek 8: Odběrné místo 1 (Laslop, 2015)



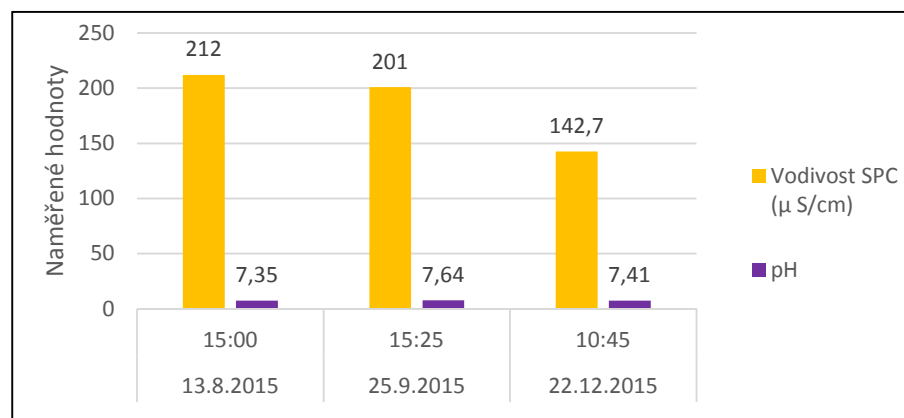
Obrázek 9: Odběrné místo 1 (Laslop, 2015)

Tabulka 3: Naměřené hodnoty – Odběrné místo 1

<b>Naměřené hodnoty vodního toku Svatavy - Odběrné místo 1</b>			
<b>Měření</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>Datum</b>	13.8.2015	25.9.2015	22.12.2015
<b>Čas</b>	15:00	15:25	10:45
<b>Místo odběru</b>	50°20'45.738"N, 12°29'14.987"E		
<b>Teplota vody (°C)</b>	20,26	13,76	7,3
<b>Vodivost SPC (μ S/cm)</b>	212	201	142,7
<b>Vodivost C (μ S/cm)</b>	193	158	94,3
<b>TDS( g/l)</b>	0,138	0,13	0,0962
<b>DO (%)</b>	93,3	106,7	97,9
<b>DO (mg/l)</b>	8,4	10,94	11,88
<b>pH</b>	7,35	7,64	7,41
<b>pH (mV)</b>	-40,3	-55,4	-33,5
<b>ORP mV</b>	-200,1	-160,4	102,9



Graf 1: Vyhodnocení fyzikálně-chemických parametrů řeky Svatavy – Odběrné místo 1



Graf 2: Vyhodnocení fyzikálně-chemických parametrů řeky Svatavy – Odběrné místo 1

Naměřené hodnoty vodivosti C se pohybovaly v rozmezí 94,3 – 212 μ S/cm, vodivost SPC pak v rozmezí 142,7 – 212 μ S/cm. Hodnoty ORP kolísaly v rozmezí - 200,1 – +102,9 mV.

#### 5.1.1.2 Odběrné místo 2

GPS souřadnice jsou: 50°20'26.071"N, 12°29'49.987"E, v nadmořské výšce 523 m. Dno i koryto je tvořeno většími kameny, které jsou na březích prorostlé invazními rostlinami. Co se týká hladiny, tak se zde v letních měsících

pohybuje okolo 20 cm, v zimním období pak kolem 0,5 m. Koryto řeky dosahovalo šířky cca 4,0 metru.



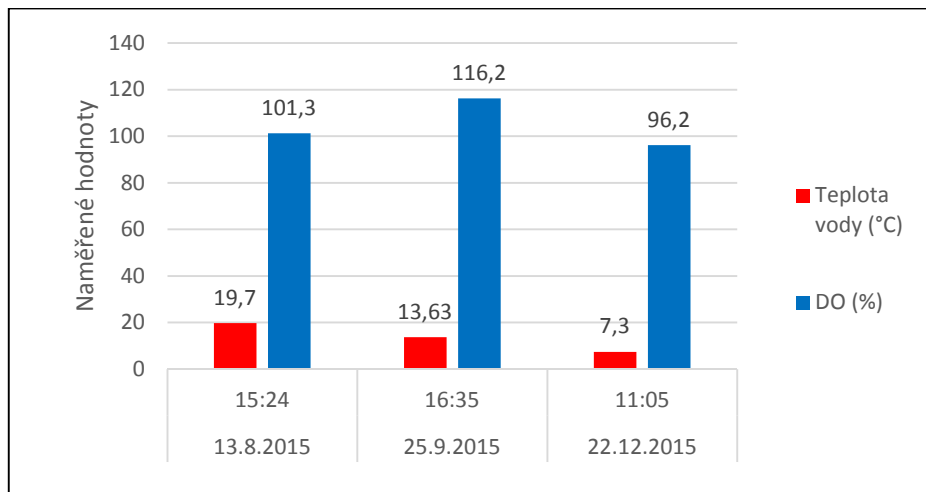
Obrázek 10: Odběrné místo 2 (Laslop, 2015)



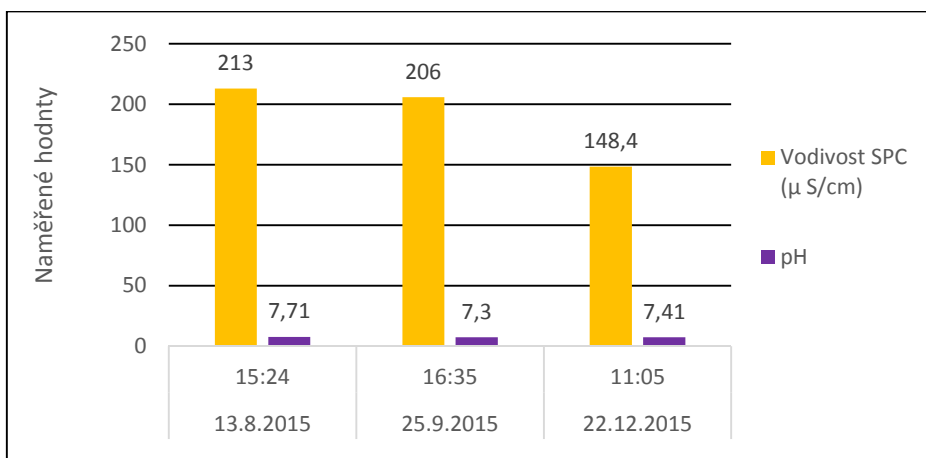
Obrázek 11: Odběrné místo 2 (Laslop, 2015)

Tabulka 4: Naměřené hodnoty – Odběrné místo 2

<b>Naměřené hodnoty vodního toku Svatavy - Odběrné místo 2</b>			
<b>Měření</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>Datum</b>	13.8.2015	25.9.2015	22.12.2015
<b>Čas</b>	15:24	16:35	11:05
<b>Místo odběru</b>	50°20'26.071"N, 12°29'49.987"E		
<b>Teplota vody (°C)</b>	19,7	13,63	7,3
<b>Vodivost SPC (μ S/cm)</b>	213	206	148,4
<b>Vodivost C (μ S/cm)</b>	192	161	98,2
<b>TDS( g/l)</b>	0,138	0,134	0,0994
<b>DO (%)</b>	101,3	116,2	96,2
<b>DO (mg/l)</b>	9,24	11,91	11,57
<b>pH</b>	7,71	7,3	7,41
<b>pH (mV)</b>	-58,9	-36,8	-33,6
<b>ORP mV</b>	-210,4	-140	109,7



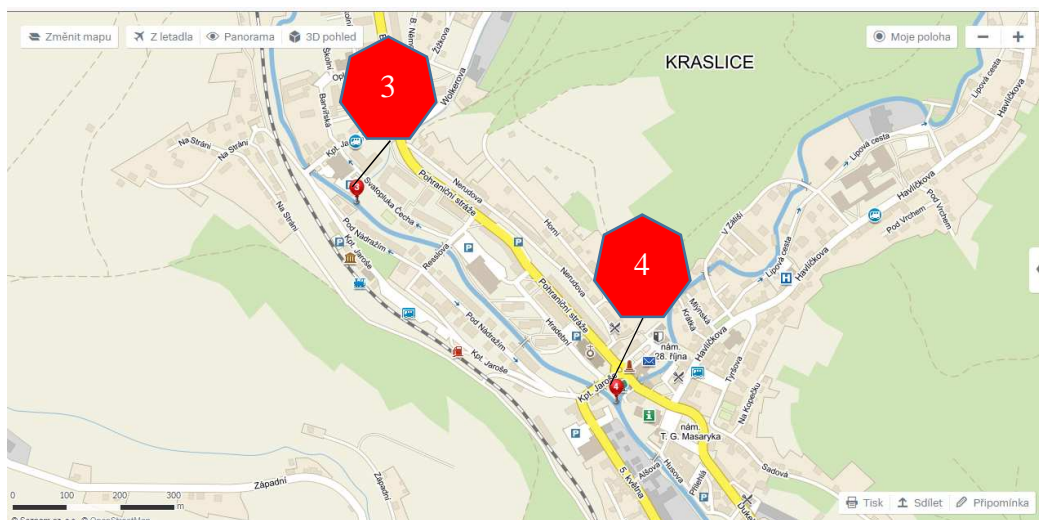
Graf 3: Vyhodnocení fyzikálně-chemických parametrů řeky Svatavy – Odběrné místo 2



Graf 4: Vyhodnocení fyzikálně-chemických parametrů řeky Svatavy – Odběrné místo 2

Naměřené hodnoty vodivosti C se pohybovaly v rozmezí 98,2 – 192  $\mu$  S/cm, vodivost SPC pak v rozmezí 148,4 – 213  $\mu$  S/cm. Hodnoty ORP kolísaly v rozmezí -210,4 – +109,7 mV.

## 5.1.2 Odběrné místo 3 a 4



Obrázek 12: Odběrné místo 3 a 4 (URL15)

### 5.1.2.1 Odběrné místo 3

Odběrné místo č. 3 se také nachází v prvním úseku. GPS souřadnice jsou 50.3319322N, 12.5028092E, v nadmořské výšce 516 m. Koryto je zde vybetonováno a dno tvoří větší kameny, které jsou silně prorostlé travní vegetací.



Obrázek 13: Odběrné místo 3 (Laslop, 2015)

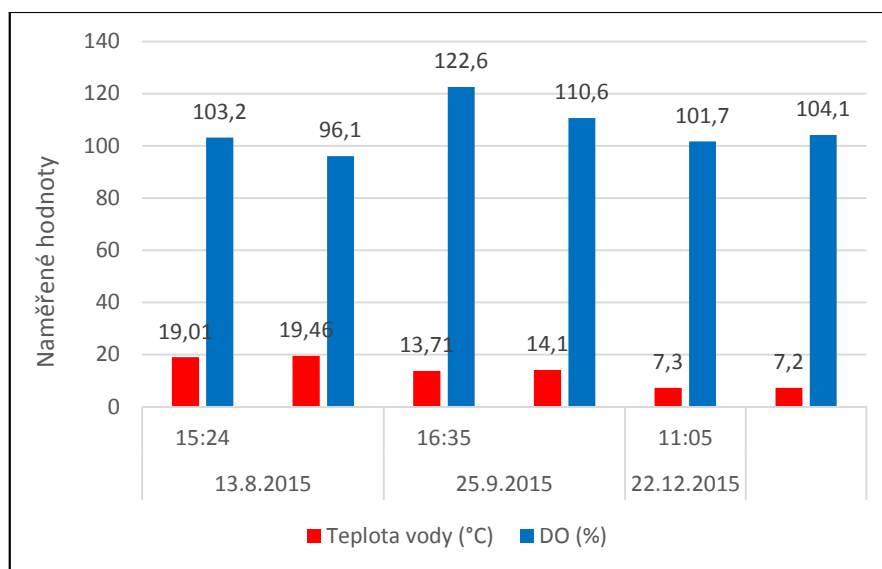


Obrázek 14: Odběrné místo 3 (Laslop, 2015)

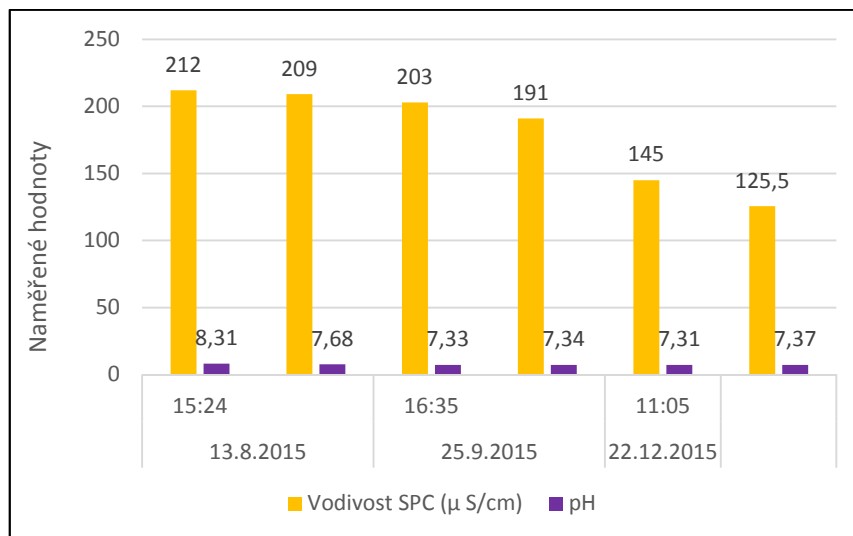


Tabulka 5: Naměřené hodnoty – Odběrné místo 3

Naměřené hodnoty vodního toku Svatavy Odběrné místo 3						
Měření	1		2		3	
Datum	13.8.2015		25.9.2015		22.12.2015	
Čas	15:24		16:35		11:05	
Místo odběru	50.3319322N, 12.5028092E					
Měření	1.1.	1.2.	2.1.	2.2.	3.1.	3.2.
Teplota vody (°C)	19,01	19,46	13,71	14,1	7,3	7,2
Vodivost SPC (μ S/cm)	212	209	203	191	145	125,5
Vodivost C (μ S/cm)	187	187	159	152	96	83,3
TDS( g/l)	0,138	0,136	0,132	0,125	0,0969	0,0864
DO (%)	103,2	96,1	122,6	110,6	101,7	104,1
DO (mg/l)	9,56	8,94	12,8	11,42	12,25	12,53
pH	8,31	7,68	7,33	7,34	7,31	7,37
pH (mV)	-88,3	-58,3	-38,8	-39,2	-28,1	-31,8
ORP mV	-187,2	-186,3	-142	-144,1	117,2	121



Graf 5: Vyhodnocení fyzikálně-chemických parametrů řeky Svatavy – Odběrné místo 3



Graf 5: Vyhodnocení fyzikálně-chemických parametrů řeky Svatavy – Odběrné místo 3

Hodnoty Svatavy naměřené na místech nad soutokem a pod soutokem jsou rozdílné. U prvního měření (1.1., 1.2.) se nejvíce odlišují hodnoty DO, a to o 20 %, a pH, a to o -30 mV.

Naměřené hodnoty vodivosti C se pohybovaly v rozmezí 83,3 – 187  $\mu$  S/cm, vodivost SPC pak v rozmezí 125,5 – 212  $\mu$  S/cm. Hodnoty ORP kolísaly v rozmezí -87,2 – +121 mV.

#### 5.1.2.2 Odběrné místo 4

GPS souřadnice jsou: 50°19'42.486"N, 12°30'34.871"E, v nadmořské výšce 514 m. Koryto je také vybetonováno a dno tvoří kameny různých velikostí s říčním pískem. Hladina v letních měsících zde dosahuje cca 30 cm, v zimních měsících cca 1 m.



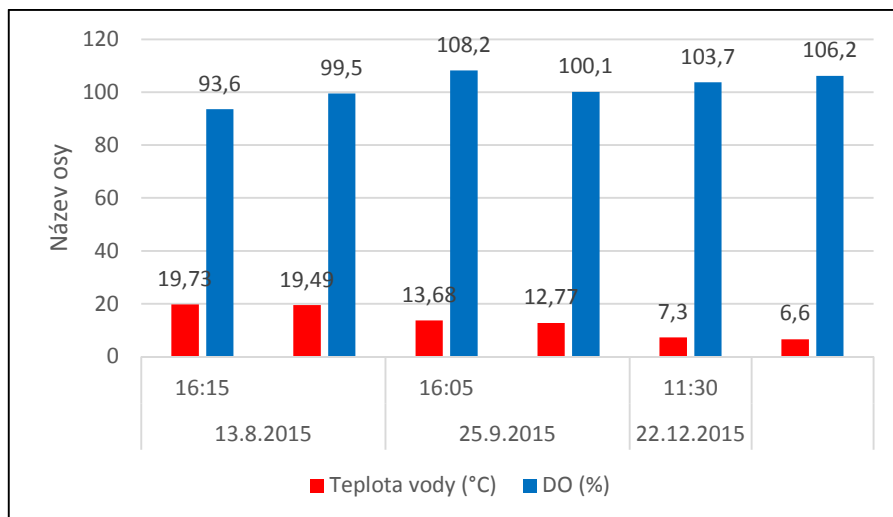
Obrázek 15: Odběrné místo 4 (Laslop, 2015)



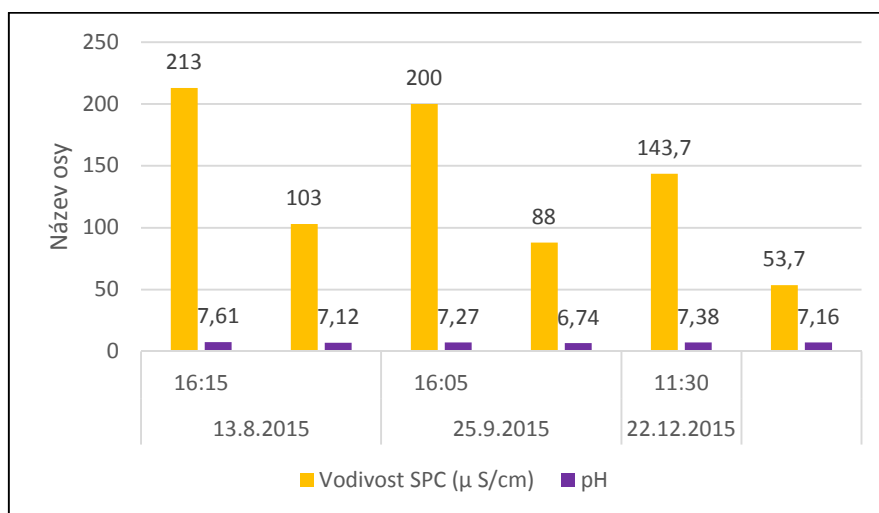
Obrázek 16: Odběrné místo 4 (Laslop, 2015)

Tabulka 6: Naměřené hodnoty – Odběrné místo 4

Naměřené hodnoty vodního toku Svatavy Odběrné místo 4						
Měření	1		2		3	
Datum	13.8.2015		25.9.2015		22.12.2015	
Čas	16:15		16:05		11:30	
Místo odběru	50°19'42.486"N, 12°30'34.871"E					
Měření	1.1.	1.2.	2.1.	2.2.	3.1.	3.2.
Teplota vody (°C)	19,73	19,49	13,68	12,77	7,3	6,6
Vodivost SPC (μ S/cm)	213	103	200	88	143,7	53,7
Vodivost C (μ S/cm)	192	92	157	67	95,2	35,5
TDS( g/l)	0,139	0,067	0,13	0,057	0,0955	0,377
DO (%)	93,6	99,5	108,2	100,1	103,7	106,2
DO (mg/l)	8,56	9,12	11,23	10,61	12,43	12,93
pH	7,61	7,12	7,27	6,74	7,38	7,16
pH (mV)	-55,1	-27,1	-35,1	-5,5	-31,7	-19,3
ORP mV	-187,2	-170,1	-136,4	-155,6	-109,6	-112,1



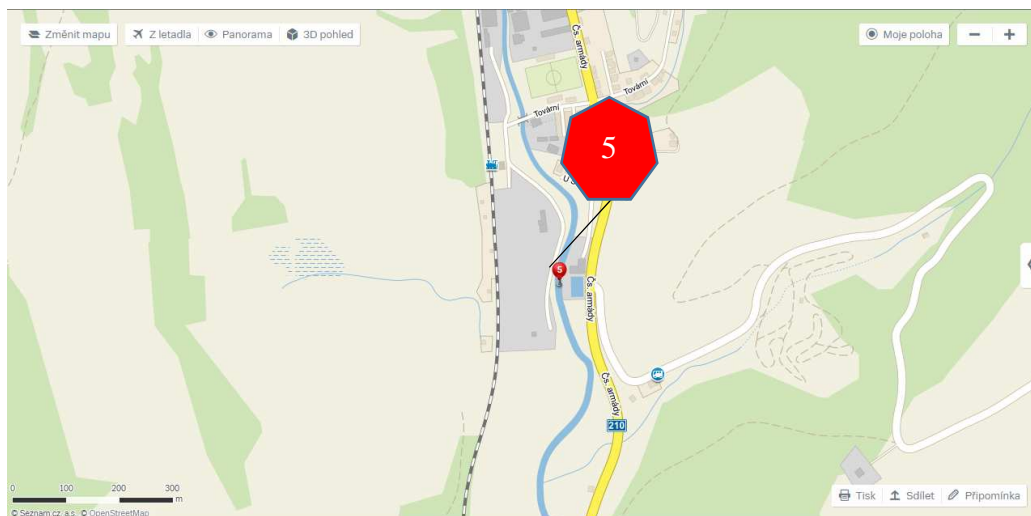
Graf 6: Vyhodnocení fyzikálně-chemických parametrů řeky Svatavy – Odběrné místo 4



Graf 7: Vyhodnocení fyzikálně-chemických parametrů řeky Svatavy – Odběrné místo 4

Naměřené hodnoty vodivosti C se pohybovaly v rozmezí 35,5 – 192  $\mu$  S/cm, vodivost SPC pak v rozmezí 2013 – 53,7  $\mu$  S/cm. Hodnoty ORP kolísaly v rozmezí -187,2 – -109,6 mV.

### 5.1.3 Odběrné místo 5



Obrázek 17: Odběrné místo 5 (URL15)

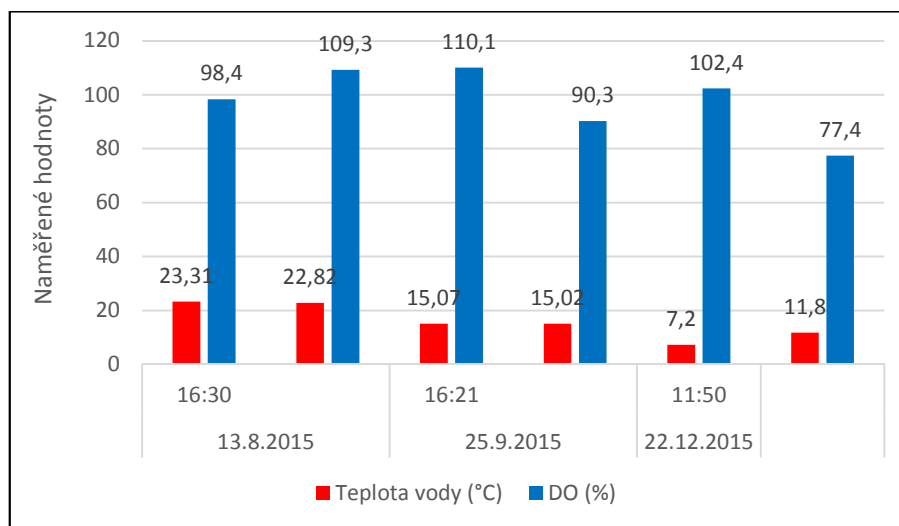
GPS souřadnice jsou  $50^{\circ}18'36.226''\text{N}$ ,  $12^{\circ}31'14.093''\text{E}$ , v nadmořské výšce 498 m. Koryto řeky je zde tvořeno kameny různých velikostí a říčním pískem. Břehy tvoří silně prorostlá vegetace s listnatými stromy a s náletovými rostlinami. V letním období zde hladina dosahuje cca 30 cm, v zimním pak cca 1 m.



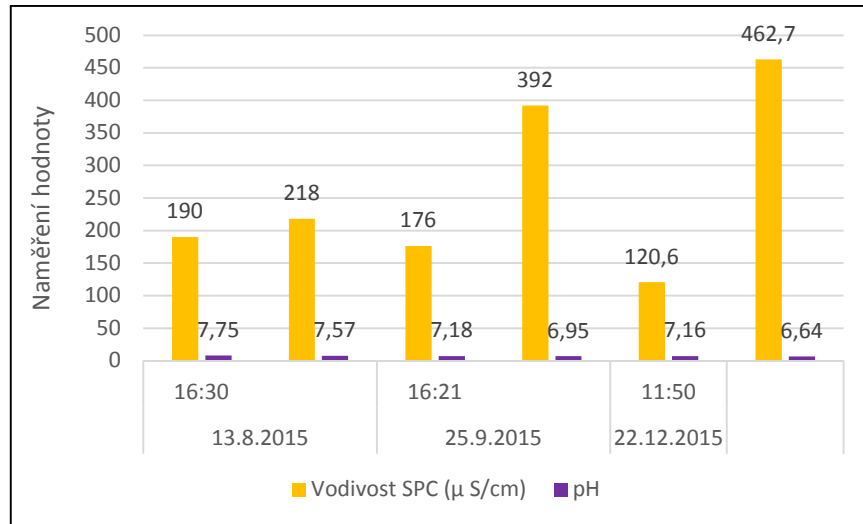
Obrázek 18: Odběrné místo 5 (Laslop, 2015)

Tabulka 7: Naměřené hodnoty – Odběrné místo 5

Naměřené hodnoty vodního toku Svatavy Odběrné místo 5						
Měření	1		2		3	
Datum	13.8.2015		25.9.2015		22.12.2015	
Čas	16:30		16:21		11:50	
Místo odběru	50°18'36.226"N, 12°31'14.093"E					
Měření	1.1.	1.2.	2.1.	2.2.	3.1.	3.2.
Teplota vody (°C)	23,31	22,82	15,07	15,02	7,2	11,8
Vodivost SPC (μ S/cm)	190	218	176	392	120,6	462,7
Vodivost C (μ S/cm)	184	207	143	312	79,3	343
TDS( g/l)	0,124	0,142	0,114	0,248	0,08	0,210 6
DO (%)	98,4	109,3	110,1	90,3	102,4	77,4
DO (mg/l)	8,4	9,1	11,01	9,06	12,38	8,44
pH	7,75	7,57	7,18	6,95	7,16	6,64
pH (mV)	-63,6	-53	-30,8	-17,2	-19,7	-10,1
ORP mV	-141,6	-152,6	-139	-137,4	109	115,4



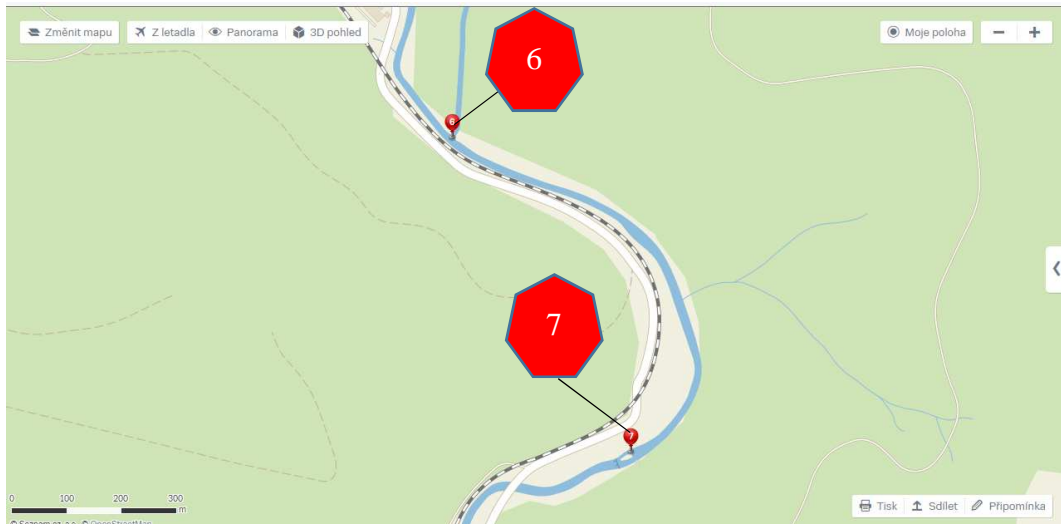
Graf 8: Vyhodnocení fyzikálně-chemických parametrů řeky Svatavy – Odběrné místo 5



Graf 9: Vyhodnocení fyzikálně-chemických parametrů řeky Svatavy – Odběrné místo 5

Naměřené hodnoty vodivosti C se pohybovaly v rozmezí 79,3 – 343  $\mu$  S/cm, vodivost SPC pak v rozmezí 120,6 – 462,7  $\mu$  S/cm. Hodnoty ORP kolísaly v rozmezí -152,6 – +115,4 mV.

#### 5.1.4 Odběrné místo 6 a 7



Obrázek 19: Odběrné místo 6 a 7 (URL15)

#### 5.1.4.1 Odběrné místo 6

GPS souřadnice jsou: 50°16'48.357"N, 12°32'51.676"E, v nadmořské výšce 477 m. Dno řeky zde tvoří převážně bahno a usazené listí. Břehy jsou prorostlé hustou vegetací s listnatými a místy jehličnatými stromy. Odběrné číslo 6 se také nachází v prvním úseku. V letním období zde hladina vody dosahuje hodnoty cca 40 cm, v zimním pak i 1,5 m.



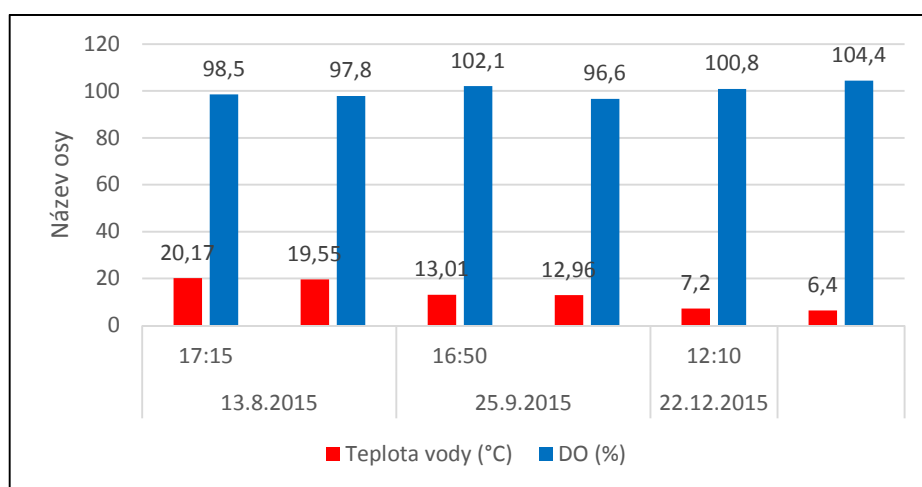
Obrázek 20: Odběrné místo 6 (Laslop, 2015)

Tabulka 8: Naměřené hodnoty – Odběrné místo 6

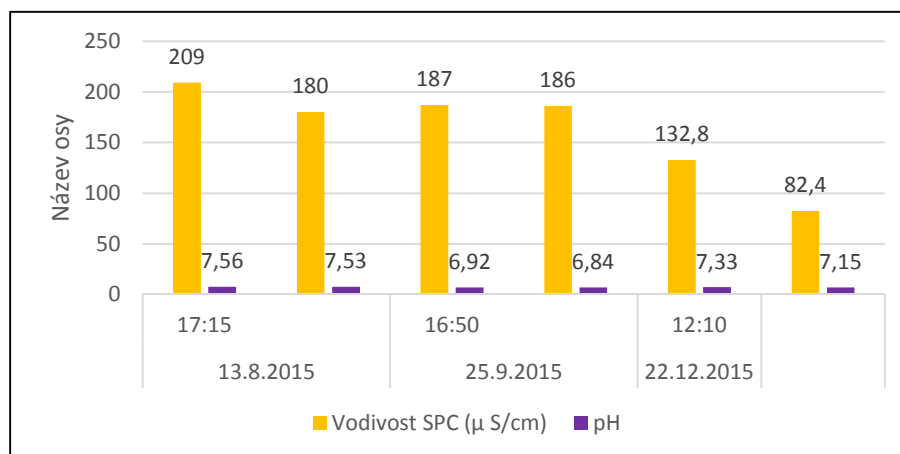
Naměřené hodnoty vodního toku Svatavy Odběrné místo 6						
<b>Měření</b>	1		2		3	
<b>Datum</b>	13.8.2015		25.9.2015		22.12.2015	
<b>Čas</b>	17:15		16:50		12:10	
<b>Místo odběru</b>	50°16'48.357"N, 12°32'51.676"E					
<b>Měření</b>	1.1.	1.2.	2.1.	2.2.	3.1.	3.2.
<b>Teplota vody (°C)</b>	20,17	19,55	13,01	12,96	7,2	6,4



<b>Vodivost SPC (<math>\mu</math> S/cm)</b>	209	180	187	186	132,8	82,4
<b>Vodivost C (<math>\mu</math> S/cm)</b>	189	162	144	142	87,6	53
<b>TDS( g/l)</b>	0,136	0,117	0,122	0,12	0,0819	0,055 9
<b>DO (%)</b>	98,5	97,8	102,1	96,6	100,8	104,4
<b>DO (mg/l)</b>	8,92	8,97	10,4	10,14	12,16	12,85
<b>pH</b>	7,56	7,53	6,92	6,84	7,33	7,15
<b>pH (mV)</b>	-52	-50,3	-16	-11,5	-29	-18,6
<b>ORP mV</b>	-152,3	-152,3	-142,8	-143,5	111,3	111,3



Graf 10: Vyhodnocení fyzikálně-chemických parametrů řeky Svatavy – Odběrné místo 6



Graf 11: Vyhodnocení fyzikálně-chemických parametrů řeky Svatavy – Odběrné místo 6

Naměřené hodnoty vodivosti C se pohybovaly v rozmezí 53 – 189  $\mu$  S/cm, vodivost SPC pak v rozmezí 82,4 – 209,0  $\mu$  S/cm. Hodnoty ORP kolísaly v rozmezí -152,3 – +111,3 mV.

#### 5.1.4.2 Odběrné místo 7

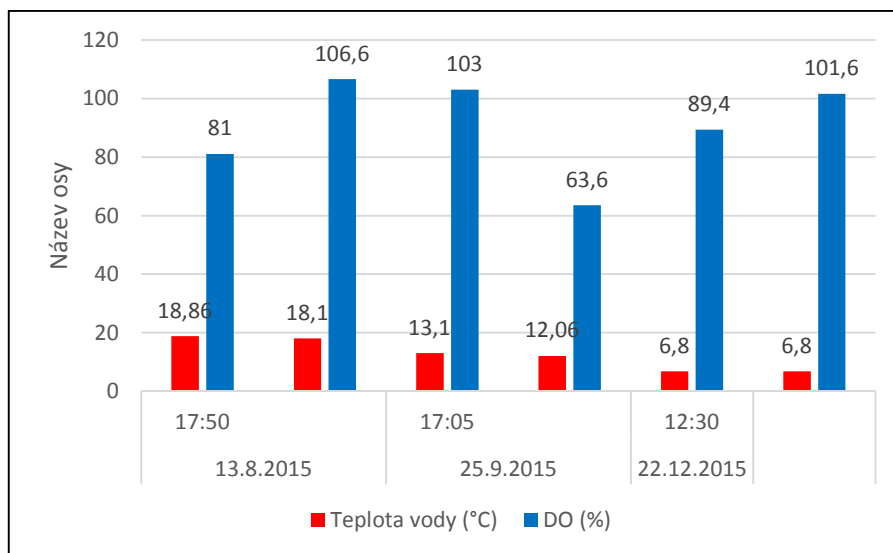
GPS souřadnice jsou: 50°16'29.400"N, 12°33'7.261"E, v nadmořské výšce 480 m. Dno řeky je zde tvořeno kameny různých velikostí. Dále zde byl objeven nedávno vybudovaný „Rybí přechod Oloví“, který má usnadnit přesun ryb proti proudu řeky.



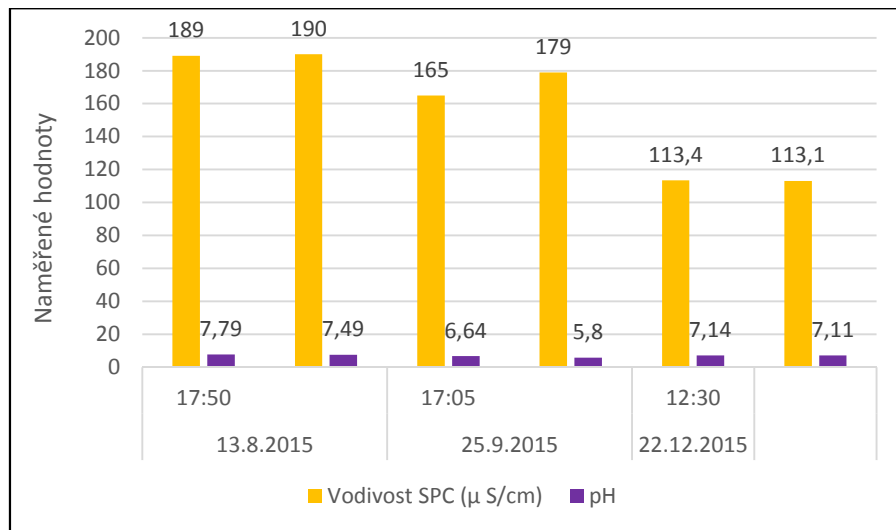
*Obrázek 21: Odběrné místo 7 s „rybím přechodem“ (Laslop, 2015)*

Tabulka 9: Naměřené hodnoty – Odběrné místo 7

Naměřené hodnoty vodního toku Svatavy Odběrné místo 7						
Měření	1		2		3	
Datum	13.8.2015		25.9.2015		22.12.2015	
Čas	17:50		17:05		12:30	
Místo odběru	50°16'29.400"N, 12°33'7.261"E					
Měření	1.1.	1.2.	2.1.	2.2.	3.1.	3.2.
Teplota vody (°C)	18,86	18,1	13,1	12,06	6,8	6,8
Vodivost SPC (μ S/cm)	189	190	165	179	113,4	113,1
Vodivost C (μ S/cm)	166	164	128	135	73,7	73,8
TDS( g/l)	0,123	0,123	0,107	0,117	0,0748	0,0761
DO (%)	81	106,6	103	63,6	89,4	101,6
DO (mg/l)	7,38	9,87	9,54	6,73	10,88	12,38
pH	7,79	7,49	6,64	5,8	7,14	7,11
pH (mV)	-64,5	-47,5	5,3	46,8	-18,8	-16,7
ORP mV	-156,3	-176,8	-125,6	-127,8	112,5	115,4



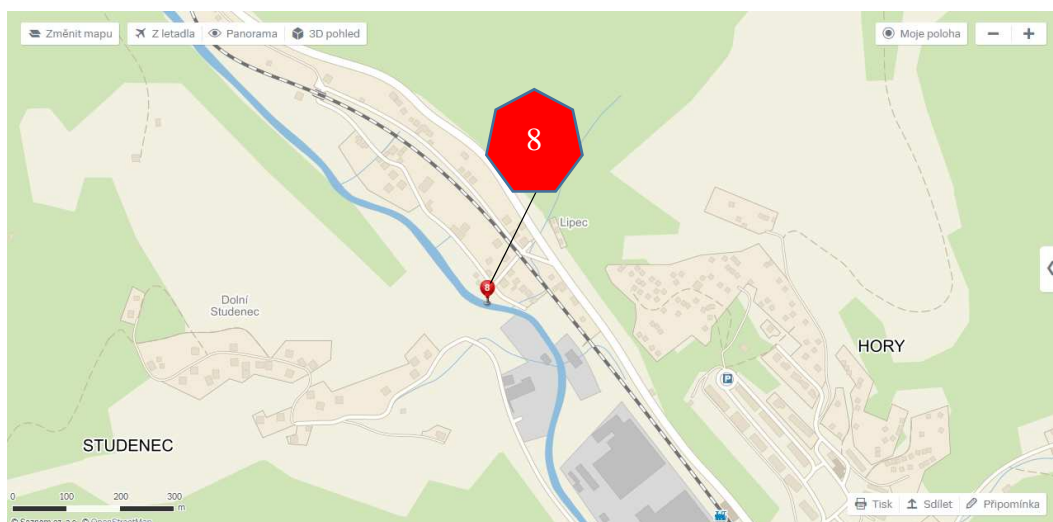
Graf 12: Vyhodnocení fyzikálně-chemických parametrů řeky Svatavy – Odběrné místo 7



Graf 13: Vyhodnocení fyzikálně-chemických parametrů řeky Svatavy – Odběrné místo 7

Naměřené hodnoty vodivosti C se pohybovaly v rozmezí 73,7 – 166  $\mu$  S/cm, vodivost SPC pak v rozmezí 113,1 – 190,0  $\mu$  S/cm. Hodnoty ORP kolísaly v rozmezí -156,3 – +115,4 mV.

### 5.1.5 Odběrné místo 8



Obrázek 22: Odběrné místo 8 (URL15)

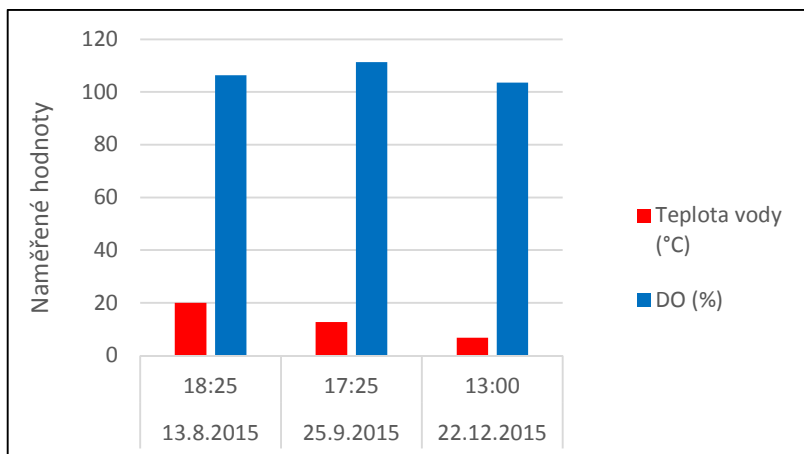
GPS souřadnice jsou: 50°15'29.338"N, 12°33'7.802"E, v nadmořské výšce 457 m. Dno řeky zde tvoří kameny menších velikostí s říčním pískem. Hladina vody zde dosahuje 0,5 m v letním období, v zimním pak i 1 m.



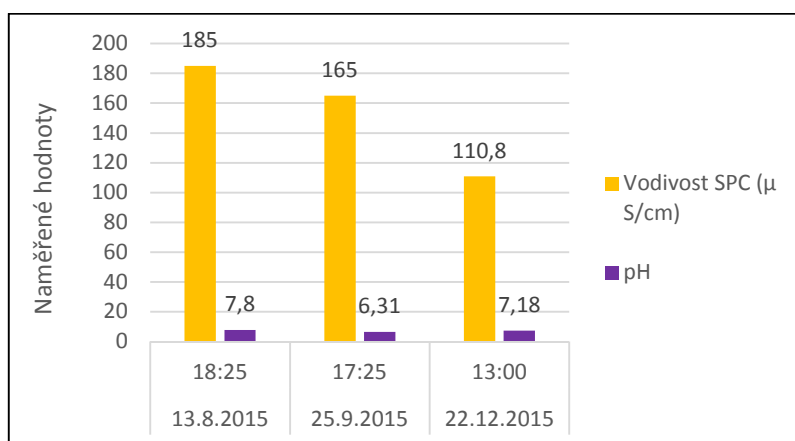
Obrázek 23: Odběrní místo 8 (Laslop, 2015)

Tabulka 10: Naměřené hodnoty – Odběrné místo 8

<b>Naměřené hodnoty vodního toku Svatavy Odběrné místo 8</b>			
<b>Měření</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>Datum</b>	13.8.2015	25.9.2015	22.12.2015
<b>Čas</b>	18:25	17:25	13:00
<b>Místo odběru</b>	50°15'29.338"N, 12°33'7.802"E		
<b>Teplota vody (°C)</b>	19,94	12,66	6,8
<b>Vodivost SPC (μ S/cm)</b>	185	165	110,8
<b>Vodivost C (μ S/cm)</b>	166	125	72,4
<b>TDS( g/l)</b>	0,118	0,107	0,0735
<b>DO (%)</b>	106,3	111,3	103,6
<b>DO (mg/l)</b>	9,66	11,7	12,61
<b>pH</b>	7,8	6,31	7,18
<b>pH (mV)</b>	-65,7	17,8	-21,2
<b>ORP mV</b>	166,4	-128,6	117,9



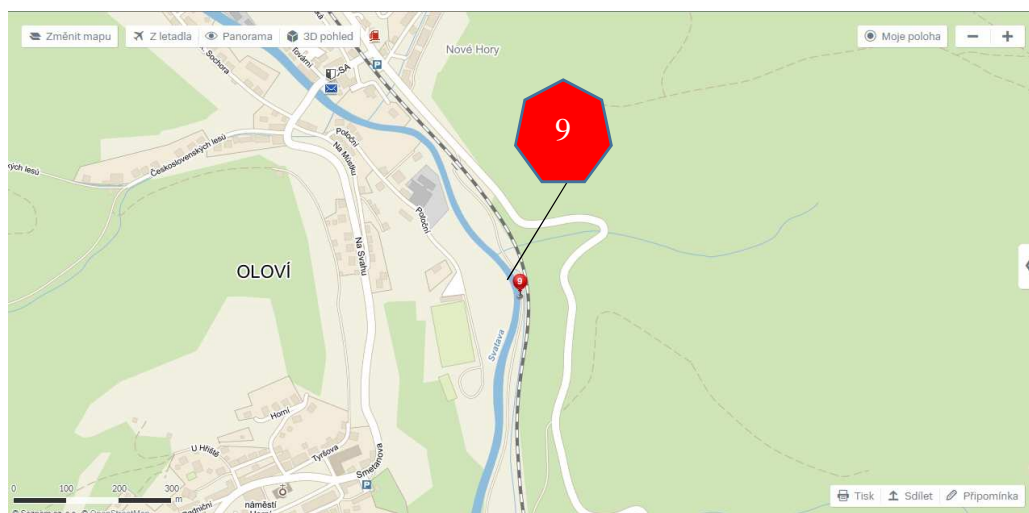
Graf 14: Vyhodnocení fyzikálně-chemických parametrů řeky Svatavy – Odběrné místo 8



Graf 15: Vyhodnocení fyzikálně-chemických parametrů řeky Svatavy – Odběrné místo 8

Naměřené hodnoty vodivosti C se pohybovaly v rozmezí 72,4 – 166 μ S/cm, vodivost SPC pak v rozmezí 110,8 – 185,0 μ S/cm. Hodnoty ORP kolísaly v rozmezí -128,6 – +166,4 mV.

### 5.1.6 Odběrné místo 9



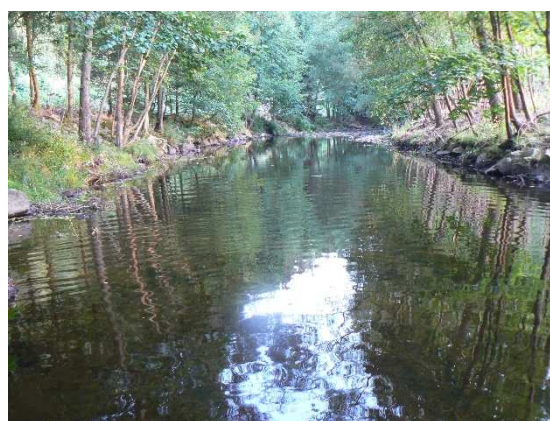
Obrázek 24: Odběrné místo 9 (URL15)

GPS souřadnice jsou:  $50^{\circ}14'53.958''\text{N}$ ,  $12^{\circ}33'54.092''\text{E}$ , v nadmořské výšce 447 m. Koryto řeky zde tvoří převážně kamen větší velikosti s bahnem. Na březích jsou listnaté stromy. Hladina v letním období zde dosahuje kolem 1 m, v zimním pak kolem 1,5 m.

Obrázek 25: Odběrné místo 9 (Laslop, 2015)

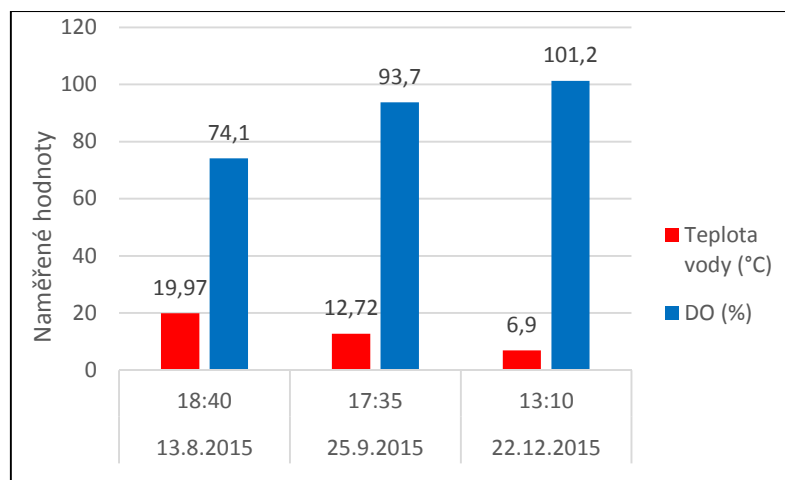


Obrázek 26: Odběrné místo 9 (Laslop, 2015)



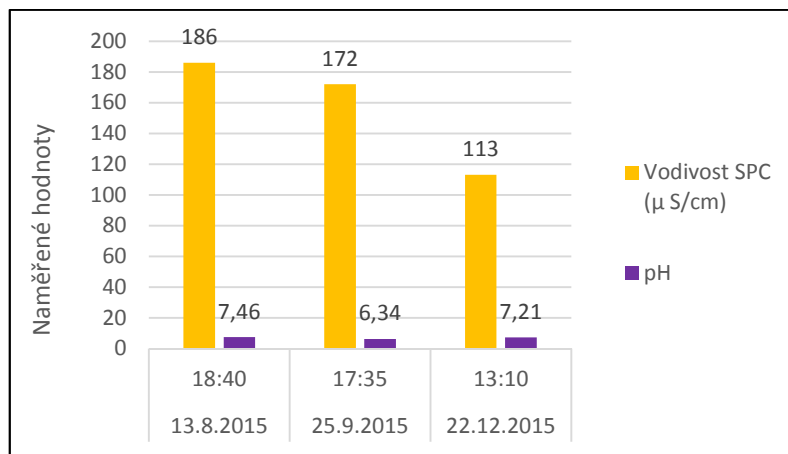
Tabulka 11: Naměřené hodnoty – Odběrné místo 9

Naměřené hodnoty vodního toku Svatavy Odběrné místo 9			
Měření	1	2	3
Datum	13.8.2015	25.9.2015	22.12.2015
Čas	18:40	17:35	13:10
Místo odběru	50°14'53.958"N, 12°33'54.092"E		
Teplota vody (°C)	19,97	12,72	6,9
Vodivost SPC (μ S/cm)	186	172	113
Vodivost C (μ S/cm)	169	132	73,9
TDS( g/l)	0,122	0,111	0,0761
DO (%)	74,1	93,7	101,2
DO (mg/l)	6,73	9,92	12,32
pH	7,46	6,34	7,21
pH (mV)	-46,2	16,8	-22,3
ORP mV	-178,9	-129,2	118,6



Graf 16: Vyhodnocení fyzikálně-chemických parametrů řeky Svatavy – Odběrné místo 9

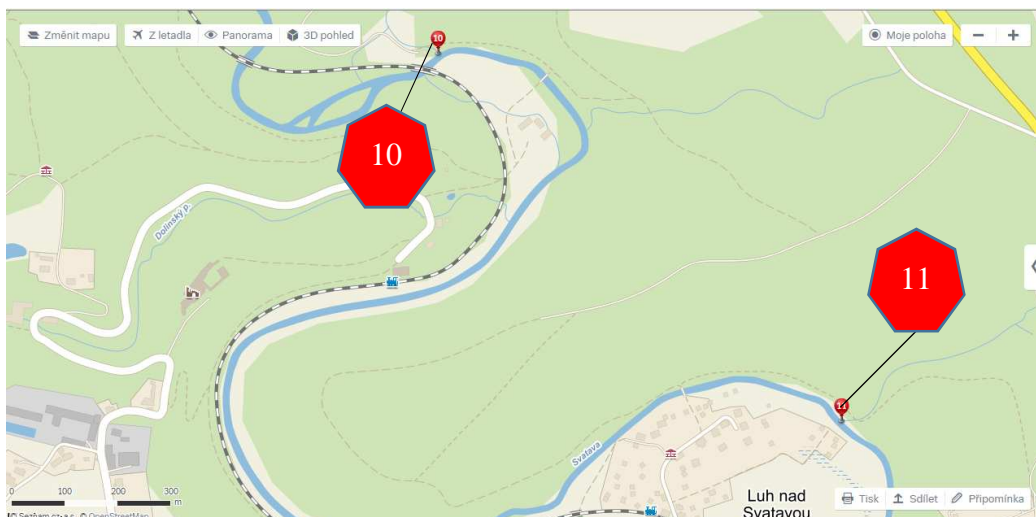




Graf 17: Vyhodnocení fyzikálně-chemických parametrů řeky Svatavy – Odběrné místo 9

Naměřené hodnoty vodivosti C se pohybovaly v rozmezí 73,9 – 179  $\mu$  S/cm, vodivost SPC pak v rozmezí 113, – 186,0  $\mu$  S/cm. Hodnoty ORP kolísaly v rozmezí -178,9 – +118,6 mV.

### 5.1.7 Odběrné místo 10 a 11



Obrázek 27: Odběrné místo 10 a 11 (URL15)

#### 5.1.7.1 Odběrné místo č. 10

GPS souřadnice jsou 50°13'32.285"N, 12°34'54.616"E, v nadmořské výšce 435 m. Koryto řeky zde tvoří kameny různých velikostí s říčním pískem. Vegetační porost na březích tvoří listnaté stromy a invazivní rostliny. Hloubka v letních měsících dosahuje okolo 20 cm, v zimních pak okolo 1 m.

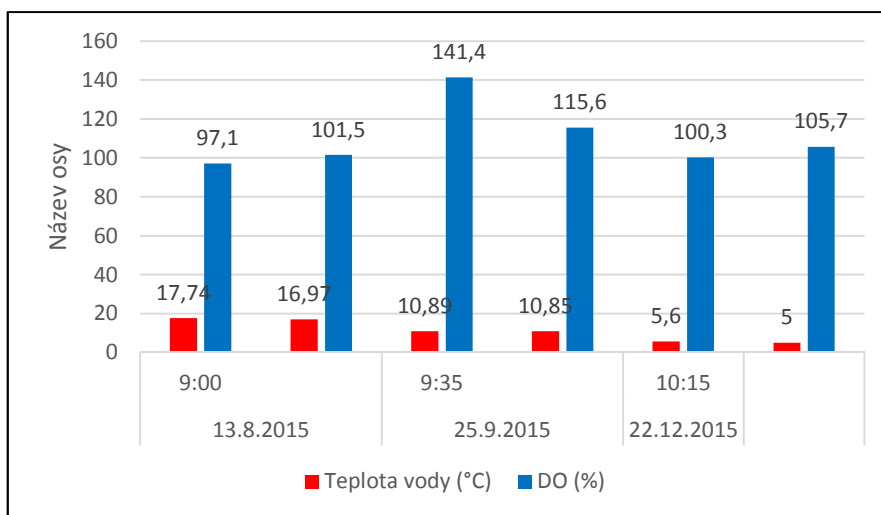


Obrázek 28: Odběrné místo 10 (Laslop, 2015)

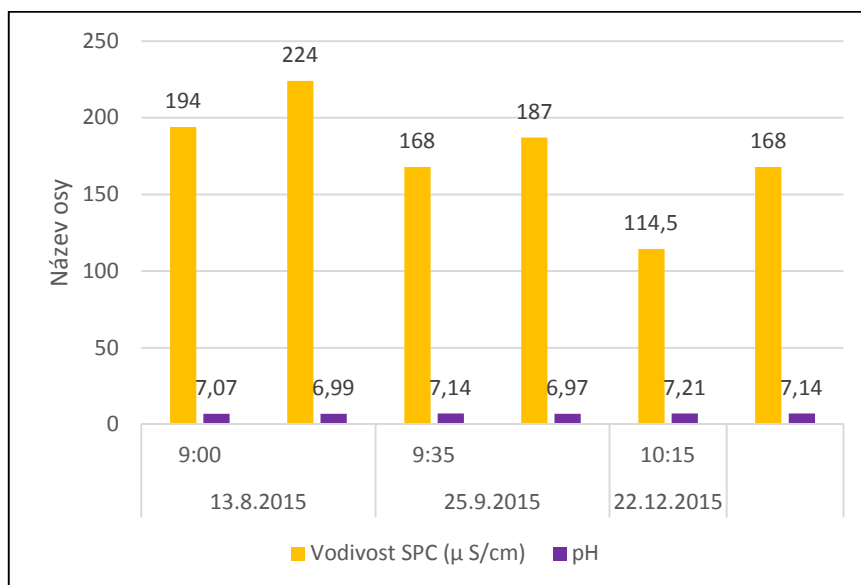
Tabulka 12: Naměřené hodnoty - Odběrné místo 10

Naměřené hodnoty vodního toku Svatavy						
Odběrné místo 10						
Měření	1		2		3	
Datum	13.8.2015		25.9.2015		22.12.2015	
Čas	9:00		9:35		10:15	
Místo odběru	50°13'32.285"N, 12°34'54.616"E					
Měření	1.1.	1.2.	2.1.	2.2.	3.1.	3.2.
Teplota vody (°C)	17,74	16,97	10,89	10,85	5,6	5
Vodivost SPC (μ S/cm)	194	224	168	187	114,5	168
Vodivost C (μ S/cm)	168	190	123	137	72	101,2

<b>TDS( g/l)</b>	0,126	0,146	0,11	0,123	0,0767	0,1177
<b>DO (%)</b>	97,1	101,5	141,4	115,6	100,3	105,7
<b>DO (mg/l)</b>	9,24	9,8	14,65	12,87	72	101,2
<b>pH</b>	7,07	6,99	7,14	6,97	7,21	7,14
<b>pH (mV)</b>	-24,4	-19,6	-27,5	-19	-22,3	-18,4
<b>ORP mV</b>	-197,7	-193,8	-145,1	-146,6	108,1	114,8



Graf 18: Vyhodnocení fyzikálně-chemických parametrů řeky Svatavy – Odběrné místo 10



Graf 19 :Vyhodnocení fyzikálně-chemických parametrů řeky Svatavy – Odběrné místo 10

Naměřené hodnoty vodivosti C se pohybovaly v rozmezí 114,5 – 224  $\mu$  S/cm, vodivost SPC pak v rozmezí 113,0 – 186,0  $\mu$  S/cm. Hodnoty ORP kolísaly v rozmezí -197,7 – +114,8 mV.

#### 5.1.7.2 Odběrné místo č. 11

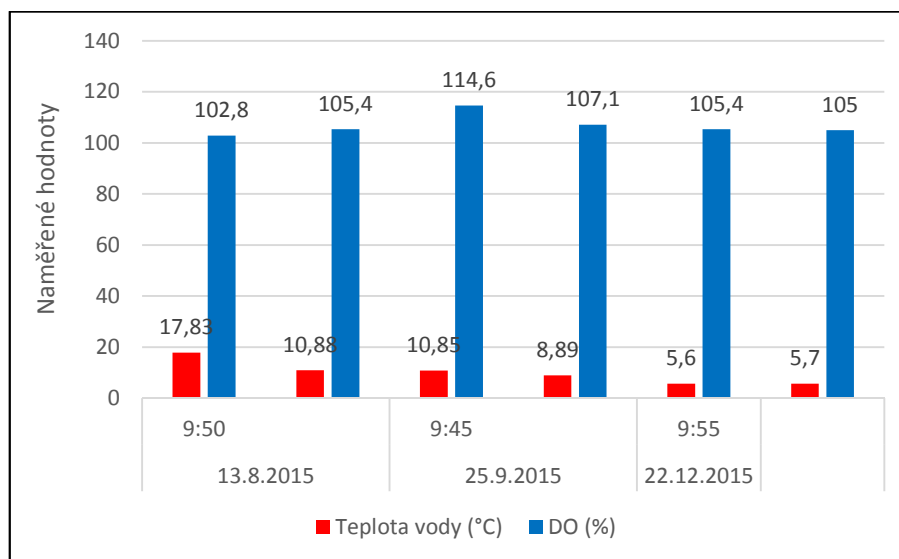
GPS souřadnice jsou 50°13'9.989"N, 12°35'32.969"E, v nadmořské výšce 430 m. Koryto je zde tvořeno kameny s menší velikostí. Břehy jsou tvořeny značně vzrostlými listnatými stromy a travní vegetací. V zimním období zde hladina dosahuje cca 0,5 m v letním pak cca 20 cm.



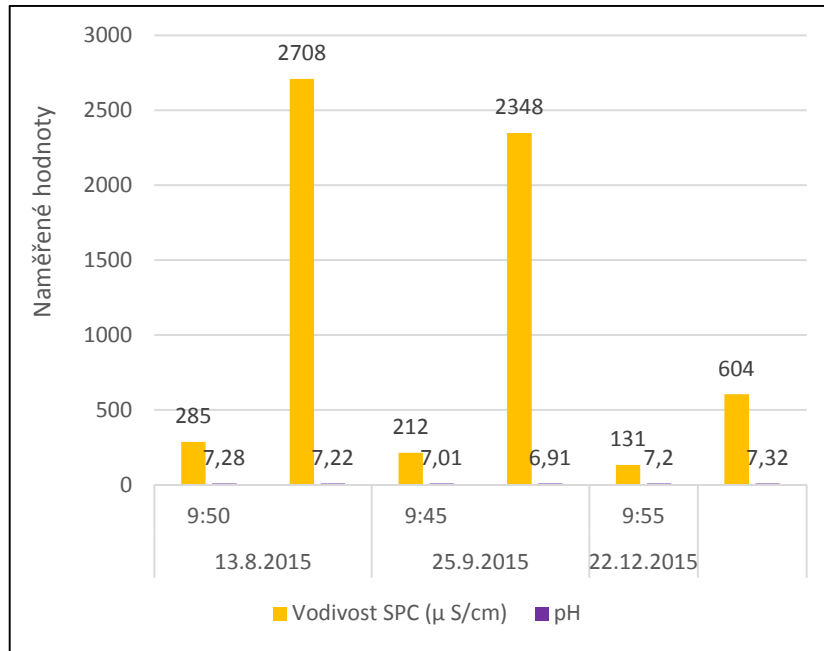
*Obrázek 29: Odběrné místo 11 (Laslop, 2015)*

Tabulka 13: Naměřené hodnoty – Odběrné místo 11

Naměřené hodnoty vodního toku Svatavy Odběrné místo 11						
Měření	1		2		3	
Datum	13.8.2015		25.9.2015		22.12.2015	
Čas	9:50		9:45		9:55	
Místo odběru	50°13'9.989"N, 12°35'32.969"E					
Měření	1.1.	1.2.	2.1.	2.2.	3.1.	3.2.
Teplota vody (°C)	17,83	10,88	10,85	8,89	5,6	5,7
Vodivost SPC (μ S/cm)	285	2708	212	2348	131	604
Vodivost C (μ S/cm)	246	1977	156	1625	82,6	380,7
TDS( g/l)	0,185	1,758	0,138	1,526	0,0897	0,4232
DO (%)	102,8	105,4	114,6	107,1	105,4	105
DO (mg/l)	9,73	11,54	12,61	12,32	13,23	13,05
pH	7,28	7,22	7,01	6,91	7,2	7,32
pH (mV)	36,4	32,6	-19,3	-16,8	-21,7	-29
ORP mV	160,2	189,2	-137,9	-198,9	123,5	62,2



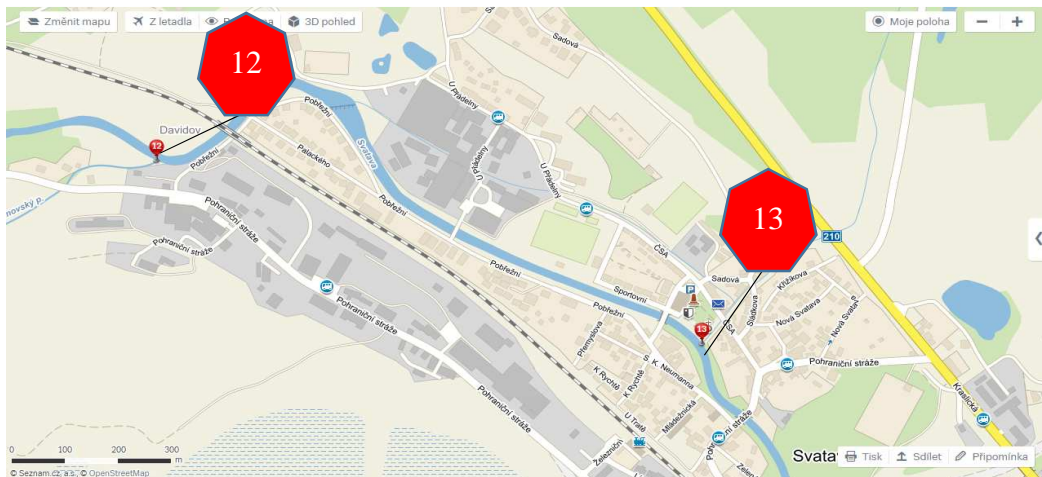
Graf 20: Vyhodnocení fyzikálně-chemických parametrů řeky Svatavy – Odběrné místo 11



Graf 21: Vyhodnocení fyzikálně-chemických parametrů řeky Svatavy – Odběrné místo 11

Naměřené hodnoty vodivosti C se pohybovaly v rozmezí 131 – 2708 µ S/cm, vodivost SPC pak v rozmezí 82,6 – 1977 µ S/cm. Hodnoty ORP kolísaly v rozmezí -198,9 – +62,2 mV.

### 5.1.8 Odběrné místo 12 a 13



Obrázek 30: Odběrné místo 12 a 13 (URL15)

#### 5.1.8.1 Odběrné místo č. 12

GPS souřadnice jsou: 50°11'42.648"N, 12°36'43.438"E, v nadmořské výšce 419 m. Dno je zde tvořeno kameny různých velikostí. Břehy pak tvoří vzrostlé stromy a kapradí. Hloubka zde v letním období dosahuje okolo 1 m, v zimním pak 1,5 m.

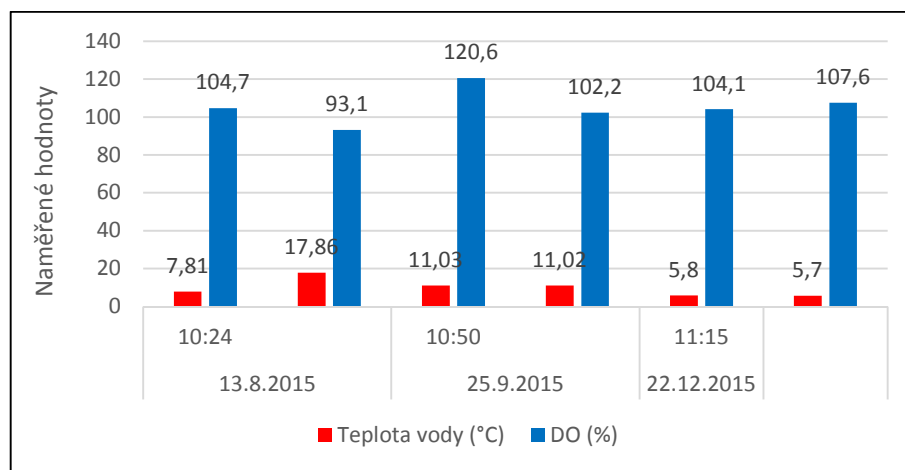


Obrázek 31: Odběrné místo 12 (Laslop, 2015)

Tabulka 14: Naměřené hodnoty – Odběrné místo 12

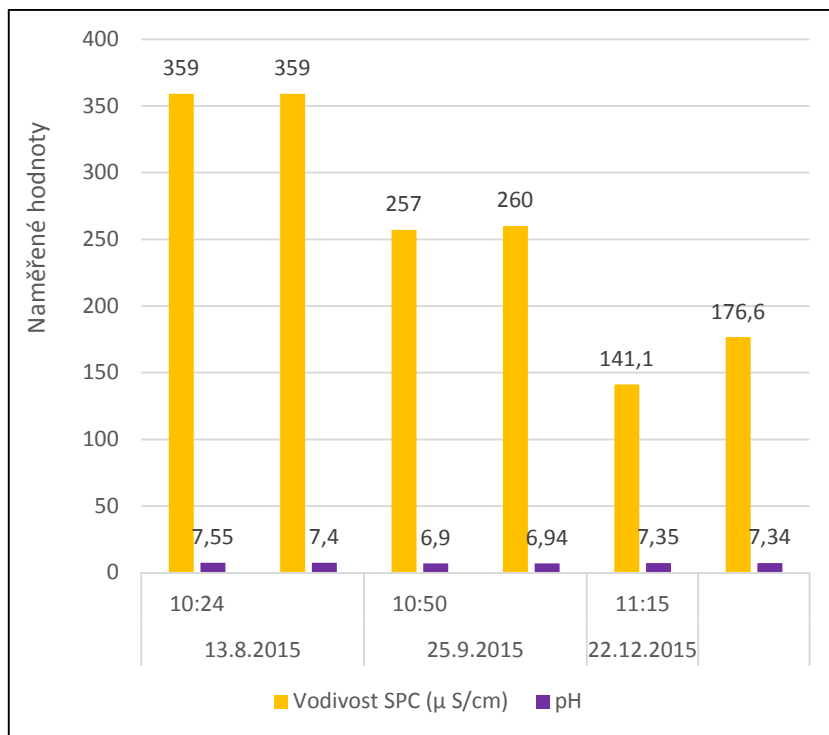
Naměřené hodnoty vodního toku Svatavy Odběrné místo 12						
Měření	1		2		3	
Datum	13.8.2015		25.9.2015		22.12.2015	
Čas	10:24		10:50		11:15	
Místo odběru	50°11'42.648"N, 12°36'43.438"E					
Měření	1.1.	1.2.	2.1.	2.2.	3.1.	3.2.
Teplota vody (°C)	7,81	17,86	11,03	11,02	5,8	5,7

<b>Vodivost SPC (<math>\mu</math> S/cm)</b>	359	359	257	260	141,1	176,6
<b>Vodivost C (<math>\mu</math> S/cm)</b>	310	311	188	191	89,2	111,9
<b>TDS( g/l)</b>	0,233	0,233	0,167	0,169	0,0988	0,1138
<b>DO (%)</b>	104,7	93,1	120,6	102,2	104,1	107,6
<b>DO (mg/l)</b>	9,9	8,86	13,15	11,15	13,03	13,41
<b>pH</b>	7,55	7,4	6,9	6,94	7,35	7,34
<b>pH (mV)</b>	-51	-42,7	-14,8	-17,1	-30,4	-29,8
<b>ORP mV</b>	-190,1	-193,8	-131,6	-140,5	116,7	119,7



Graf 22: Vyhodnocení fyzikálně-chemických parametrů řeky Svatavy – Odběrné místo 12





Graf 23: Vyhodnocení fyzikálně-chemických parametrů řeky Svatavy – Odběrné místo 12

Naměřené hodnoty vodivosti C se pohybovaly v rozmezí 89,2 – 311  $\mu$  S/cm, vodivost SPC pak v rozmezí 141,1 – 359  $\mu$  S/cm. Hodnoty ORP kolísaly v rozmezí -193,8 – +119,7 mV.

#### 5.1.8.2 Odběrné místo č. 13

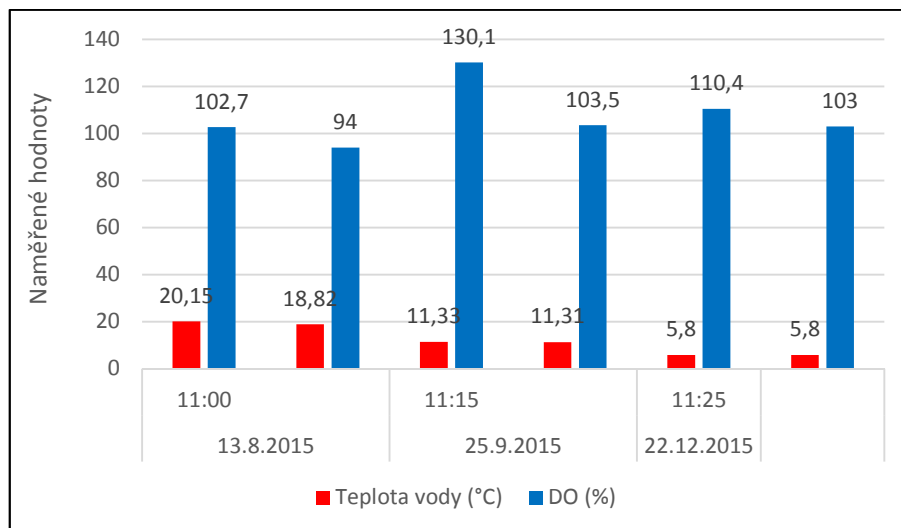
GPS souřadnice jsou: 50°11'30.773"N, 12°37'34.963"E, v nadmořské výšce 410 m. Koryto je zde tvořeno kameny různých velikostí a prorostlé břehy různorodou vegetací. Hladina se zde v letních měsících pohybuje okolo 0,5 m, v zimních pak okolo 1,5 m.



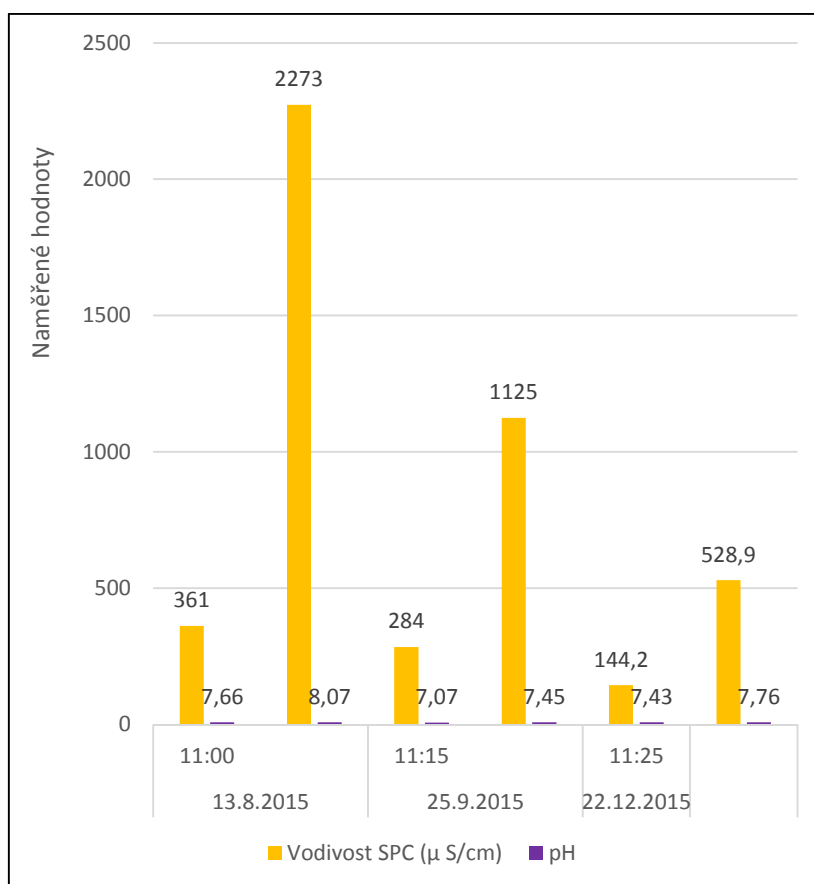
Obrázek 32: Odběrné místo 13 (Laslop, 2015)

Tabulka 15: Naměřené hodnoty - Odběrné místo 13

Naměřené hodnoty vodního toku Svatavy Odběrné místo 13						
Měření	1		2		3	
Datum	13.8.2015		25.9.2015		22.12.2015	
Čas	11:00		11:15		11:25	
Místo odběru	50°11'30.773"N, 12°37'34.963"E					
Měření	1.1.	1.2.	2.1.	2.2.	3.1.	3.2.
Teplota vody (°C)	20,15	18,82	11,33	11,31	5,8	5,8
Vodivost SPC (μ S/cm)	361	2273	284	1125	144,2	528,9
Vodivost C (μ S/cm)	328	2005	210	832	91,3	335,4
TDS( g/l)	0,235	1,476	0,185	0,731	0,1001	0,3711
DO (%)	102,7	94	130,1	103,5	110,4	103
DO (mg/l)	9,34	8,56	13,43	11,14	13,01	12,81
pH	7,66	8,07	7,07	7,45	7,43	7,76
pH (mV)	-58,2	-81,3	-24	-46,4	-34,4	-54,01
ORP mV	-183,5	-196	-128,3	-152,6	120,6	124



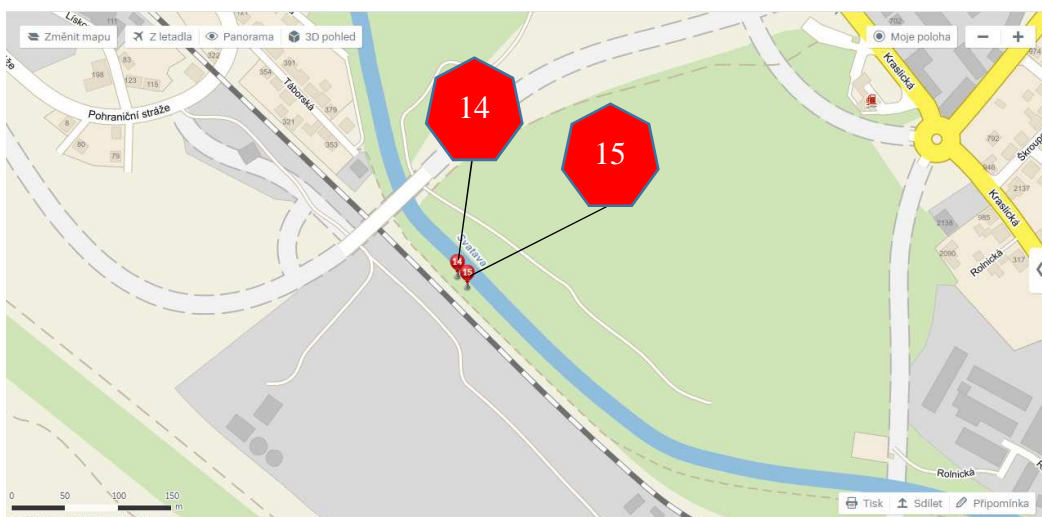
Graf 24: Vyhodnocení fyzikálně-chemických parametrů řeky Svatavy – Odběrné místo 13



Graf 25: Vyhodnocení fyzikálně-chemických parametrů řeky Svatavy – Odběrné místo 13

Naměřené hodnoty vodivosti C se pohybovaly v rozmezí 91,3 – 2005  $\mu$  S/cm, vodivost SPC pak v rozmezí 144,2 – 2273  $\mu$  S/cm. Hodnoty ORP kolísaly v rozmezí -183,5 – +124,0 mV.

### 5.1.9 Odběrné místo 14 a 15



Obrázek 33: Odběrné místo 14 a 15 (URL15)

Odběrná místa jsem musel zvolit podle toho, jaký byl možný přístup k vodnímu toku.

#### 5.1.9.1 Odběrné místo č. 14

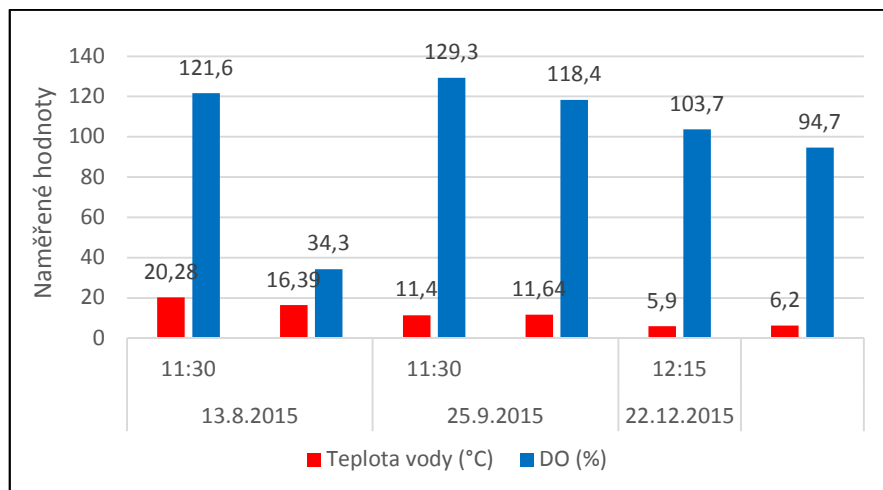
GPS souřadnice jsou: 50°11'14.370"N, 12°37'46.912"E, v nadmořské výšce 408 m. Dno je zde velmi bahnité s kameny různých velikostí. Břehy jsou tvořeny převážně travním porostem. Hladina zde dosahuje okolo 0,5 metru v letním období a v zimním období 1 m.



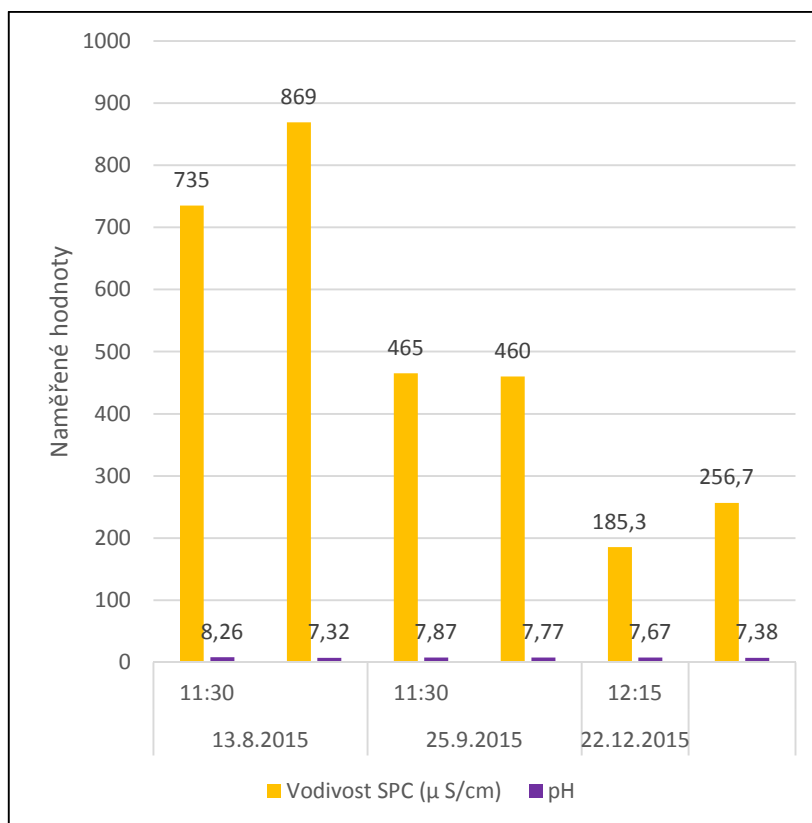
Obrázek 34: Odběrné místo 14 (Laslop, 2015)

Tabulka 16: Naměřené hodnoty – Odběrné místo 14

Naměřené hodnoty vodního toku Svatavy Odběrné místo 14						
Měření	1		2		3	
Datum	13.8.2015		25.9.2015		22.12.2015	
Čas	11:30		11:30		12:15	
Místo odběru	50°11'14.370"N, 12°37'46.912"E					
Měření	1.1.	1.2.	2.1.	2.2.	3.1.	3.2.
Teplota vody (°C)	20,28	16,39	11,4	11,64	5,9	6,2
Vodivost SPC (μ S/cm)	735	869	465	460	185,3	256,7
Vodivost C (μ S/cm)	669	724	344	343	117,6	166,8
TDS( g/l)	0,478	0,568	0,302	0,298	0,1385	0,1638
DO (%)	121,6	34,3	129,3	118,4	103,7	94,7
DO (mg/l)	16,99	3,24	13,75	12,61	12,93	11,73
pH	8,26	7,32	7,87	7,77	7,67	7,38
pH (mV)	-92,6	-37,8	-68,5	-62,8	-48,2	-32,5
ORP mV	-194,4	-518,4	-145	-146	117,4	114,9



Graf 26: Vyhodnocení fyzikálně-chemických parametrů řeky Svatavy – Odběrné místo 14



Graf 27: Vyhodnocení fyzikálně-chemických parametrů řeky Svatavy – Odběrné místo 14

Naměřené hodnoty vodivosti C se pohybovaly v rozmezí 117,6 – 724  $\mu$  S/cm, vodivost SPC pak v rozmezí 185,3 – 869  $\mu$  S/cm. Hodnoty ORP kolísaly v rozmezí -194,4 – +117,4 mV.

#### 5.1.9.2 Odběrné místo č. 15

GPS souřadnice jsou: 50°11'14.284"N, 12°37'47.607"E, s nadmořskou výškou 409 m. Hladina je zde stejná jako u odběrného místa č. 14.



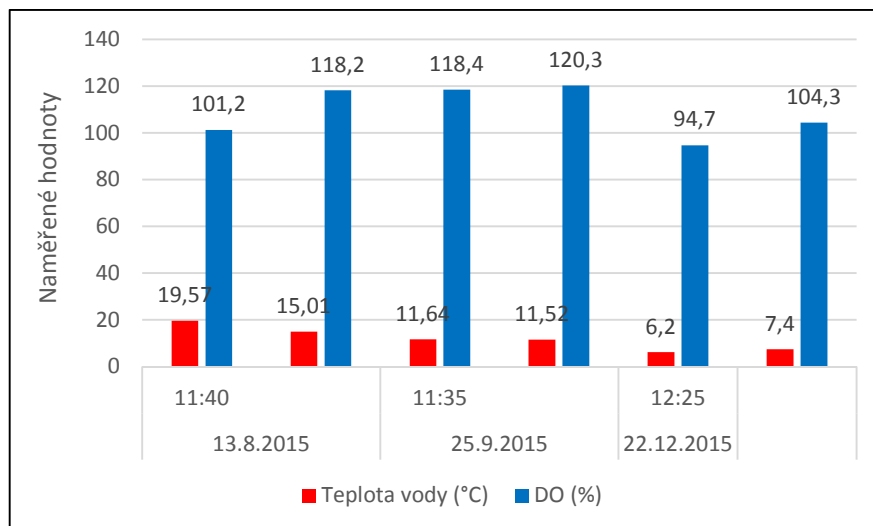
Obrázek 35: Odběrné místo 15 (Laslop, 2015)



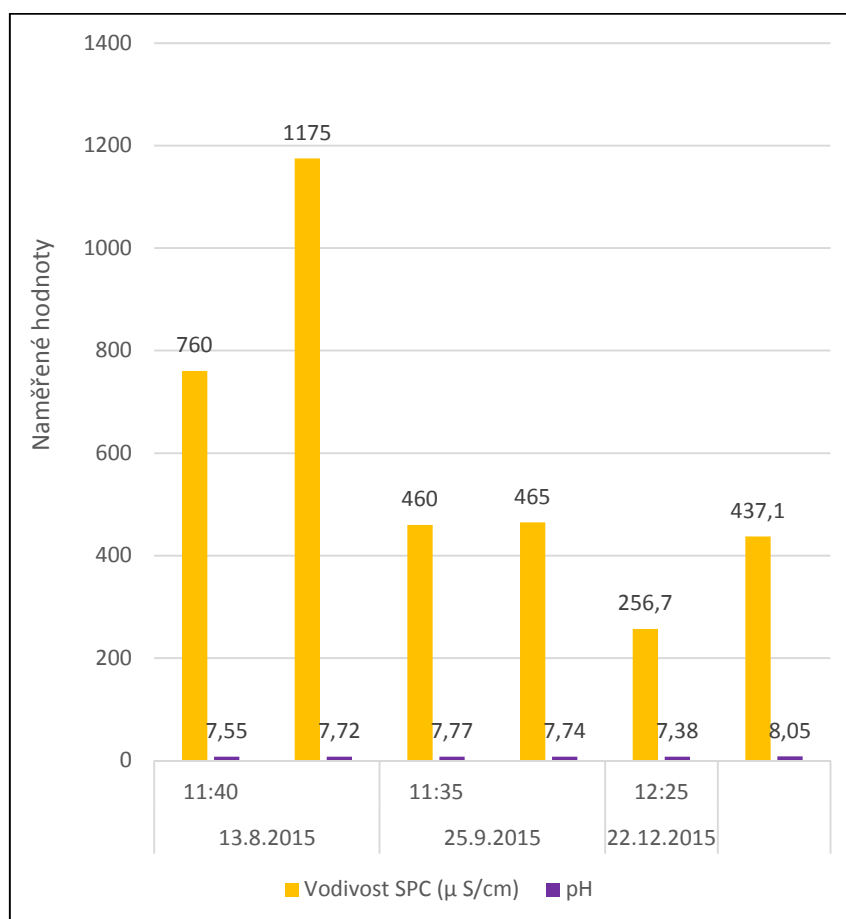
Obrázek 36: Odběrné místo 15 (Laslop, 2015)

Tabulka 17: Naměřené hodnoty – Odběrné místo 15

Naměřené hodnoty vodního toku Svatavy Odběrné místo 15						
Měření	1		2		3	
Datum	13.8.2015		25.9.2015		22.12.2015	
Čas	11:40		11:35		12:25	
Místo odběru	50°11'14.284"N, 12°37'47.607"E					
Měření	1.1.	1.2.	2.1.	2.2.	3.1.	3.2.
Teplota vody (°C)	19,57	15,01	11,64	11,52	6,2	7,4
Vodivost SPC ( $\mu$ S/cm)	760	1175	460	465	256,7	437,1
Vodivost C ( $\mu$ S/cm)	682	950	343	345	166,8	287,4
TDS( g/l)	0,495	0,763	0,298	0,302	0,1638	0,3608
DO (%)	101,2	118,2	118,4	120,3	94,7	104,3
DO (mg/l)	9,12	11,65	12,61	13,1	11,73	12,47
pH	7,55	7,72	7,77	7,74	7,38	8,05
pH (mV)	-52,5	-61,2	-62,8	-61,3	-32,5	-69,6
ORP mV	-384,7	-271,6	-146	-153,1	114,9	108,4



Graf 28: Vyhodnocení fyzikálně-chemických parametrů řeky Svatavy – Odběrné místo 15

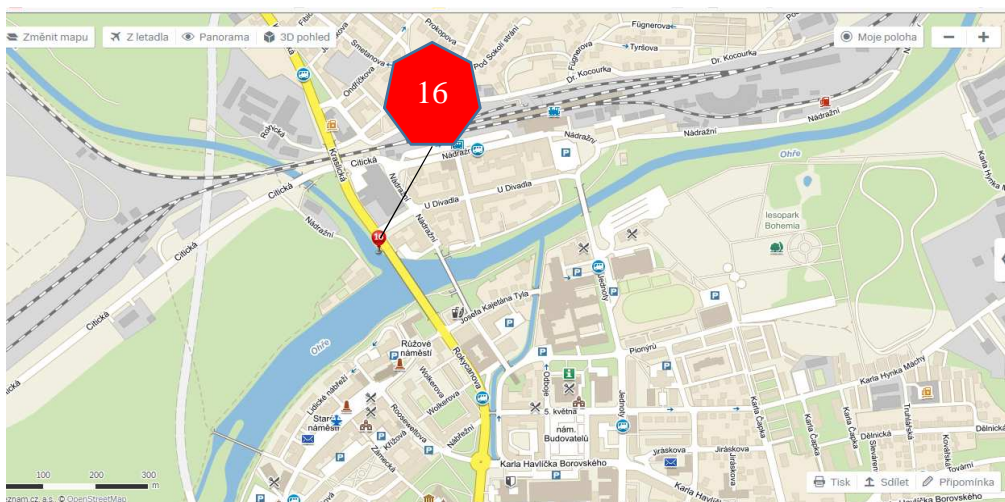


Graf 29: Vyhodnocení fyzikálně-chemických parametrů řeky Svatavy – Odběrné místo 15



Naměřené hodnoty vodivosti C se pohybovaly v rozmezí 166,8 – 950  $\mu$  S/cm, vodivost SPC pak v rozmezí 256,7 – 1175  $\mu$  S/cm. Hodnoty ORP kolísaly v rozmezí -384,7 – +114,9 mV.

### 5.1.10 Odběrné místo 16



Obrázek 37: Odběrné místo 16 (URL15)

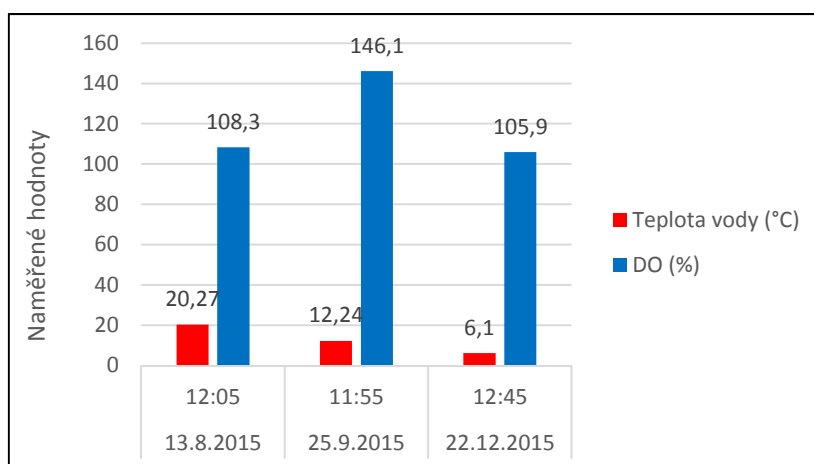
GPS souřadnice jsou: 50°11'0.002"N, 12°38'24.647"E, s nadmořskou výškou 399 m. Dno je zde tvořeno převážně jemným pískem a břehy jsou zde prorostlé hustou vegetací. Hloubka zde dosahuje v letních měsících okolo 1,5 metru, v zimních měsících okolo 2 m.



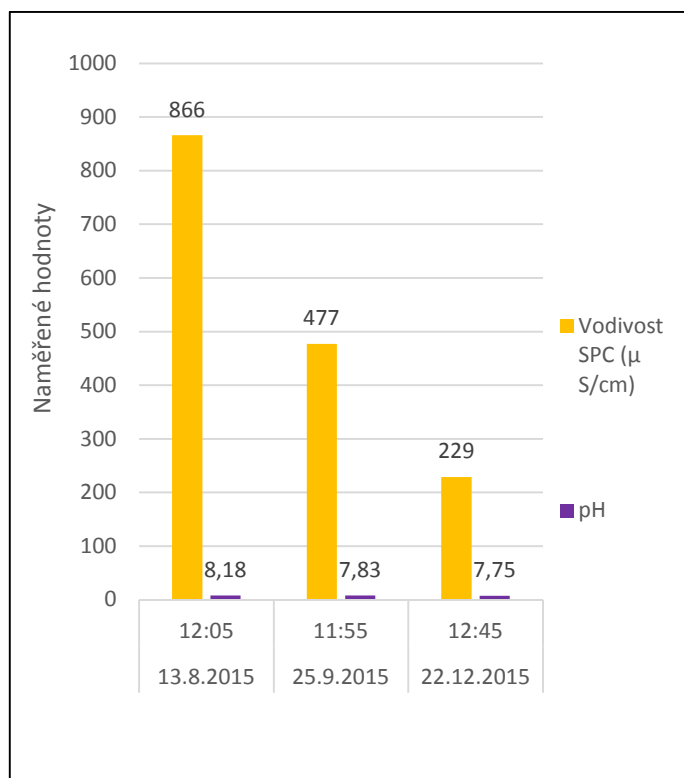
Obrázek 38: Odběrné místo 16 (Laslop, 2015)

Tabulka 18: Naměřené hodnoty – Odběrné místo 16

Naměřené hodnoty vodního toku Svatavy Odběrné místo 16			
Měření	1	2	3
Datum	13.8.2015	25.9.2015	22.12.2015
Čas	12:05	11:55	12:45
Místo odběru	50°11'0.002"N, 12°38'24.647"E		
Teplota vody (°C)	20,27	12,24	6,1
Vodivost SPC (μ S/cm)	866	477	229
Vodivost C (μ S/cm)	787	361	146,2
TDS( g/l)	0,563	0,31	0,1729
DO (%)	108,3	146,1	105,9
DO (mg/l)	9,85	14,75	13,11
pH	8,18	7,83	7,75
pH (mV)	-87,9	-66,4	-52,3
ORP mV	-184,4	-148,7	114,2



Graf 30: Vyhodnocení fyzikálně-chemických parametrů řeky Svatavy – Odběrné místo 16



Graf 31: Vyhodnocení fyzikálně-chemických parametrů řeky Svatavy – Odběrné místo 16

Naměřené hodnoty vodivosti C se pohybovaly v rozmezí 146,2 – 787  $\mu$  S/cm, vodivost SPC pak v rozmezí 229 – 866  $\mu$  S/cm. Hodnoty ORP kolísaly v rozmezí -184,4 – +114,2 mV.

## 6. Diskuse

Jak uvádí Langhammer (2004), je prokázáno, že kvalita vody se v malých vodních tocích zhoršuje postupně od svého pramene k ústí. Při prováděném měření jsem si potvrdil, že se zvyšující se vzdáleností a s přibývajícimi přítoky se postupně zhoršuje kvalita vodního toku Svatavy. Nejvyšší koncentraci znečištění jsem pak naměřil v osídlené oblasti.

Podle Langhammera (2004) mají na kvalitu vodního toku vliv i úpravy toků, které narušují tok celého povodí. Úpravy toků jsou prováděny jednak z důvodu rozšiřujícího se osidlování území, jednak z důvodu ochrany před povodněmi. Zhoršení kvality vody Svatavy souvisí s úpravami koryta v zastavěném území a vybudováním čističky odpadních vod a dále i odpady ústícími do vodního toku, dále i dřívější těžkou olověných rud. Koryto Svatavy je z velké části přirozeným vodním tokem. V zastavěné oblasti bylo koryto zpevněno kvůli povodním.

Skácel (2000) uvádí, že součástí aktivit směřujících k obnově zničeného životního prostředí je navrácení znečištěných a zkanalizovaných toků s narušenou skladbou společenstev, včetně rybí obsádky, zpět do stavu blízkého původních přírodním podmínkám.

Vodní režim celého povodí Svatavy je během roku rozdílný. V období vydatných srážek je vodní sloupec dostatečný pro ryby a v období bez srážek je vodní sloupec nedostatečný, místy se hladina rozestupuje, tvoří se kamenné ostrůvky, místy je koryto bez vody.

Ve většině obcí ČR se používá konvenční systém městského odvodnění, který je založen na principu rychlého odvodnění veškerých vod z urbanizovaných území (Havránek, 2009). To způsobuje problémy ve vodním a ekologickém režimu povodí. Zde se urychleně a nárazově transportuje voda do recipientu se změněnou kvalitou a množstvím. Je však nutno aplikovat nové možnosti využití srážkových vod, a to vzhledem k negativním dopadům konvenčního systému městského odvodnění. Jedná se možnosti tzv. hospodaření s dešťovou vodou, kdy se nechá spadlá voda na území vsakovat, nebo akumulovat a poté se tato voda využije. Potřebný prostor pro vybudování nádrží pro akumulaci vody nebo vsakování vody se v obci nenachází z důvodu husté zástavby a dále i z důvodu vlastnictví pozemků

Jak uvádí Slavíková (2010), mělo by se při návrhu řešení propustnosti příčné překážky uvažovat o přírodě blízkých rybích přechodech a obtokových

kanálech se začleněním do okolní krajiny. Na monitorovaném toku řeky Svatavy se nachází překážka v podobě přehrážky a prahu velké výšky, které jsou nepřekonatelné pro živočichy, z toho důvodu byl vybudován rybí přechod.

Nad obcí Oloví byla v minulosti v provozu na levém břehu řeky Svatavy v říčním kilometru 17,500 (odběr ř.km17,495, vypouštění ř.km17,505) malá vodní příjezová elektrárna.

V současné době není hydroenergetický potenciál lokality využíván, ale zachovalo se prakticky celé vodní dílo – jeho stavební objekty. Vodní dílo prochází rekonstrukcí.

Řeka Svatava v daném území protéká nad obcí Oloví v extravilánu – na levém břehu toku je les, na pravém břehu jsou louky, za nimiž je vedena komunikace. V říčním kilometru 17,500 je původní jez, který zde byl postaven pro využití a zajištění provozu vodní elektrárny. Elektrárna má krátký přívodní kanál – prakticky jen objekt vtoku vedený v souběhu s tokem řeky Svatavy do dvou kašen vertikálních turbín ve strojovně. Ve strojovně jsou instalovány dvě vertikální Kaplanovy turbíny s uzavřenými spirálami. Odpadní kanál je velmi krátký – prakticky se jedná o vývar savek turbín ústící bezprostředně do podjezí.

Jak uvádí ve své práci Endrst (2014), v úseku před pozemní komunikací II/210 – na rozhraní katastru obce Lomnice a městysu Svatava se do řeky Svatavy vlévá Lomnický potok. Koryto potoka se rozšiřuje a následně je svedeno do betonových rour. V tomto úseku Endrst navrhuje možnost vybudovat mokřad – voda se zde i déle zdržuje a nemá takový průtok jako v části před a za tímto úsekem. Kontinuita koryta a břehu by nebyla vybudováním mokřadu ovlivněna. V tomto úseku se díky renaturizaci obnovuje příčná kontinuita toku, obnovuje se členitost příčného profilu včetně břehových struktur, vytváří se přírodě blízké koryto v rámci údolní nivy a tůň (Endrst, 2014). Toto opatření by bylo možné aplikovat i na části toku Svatavy.

Dle Šálka a Tlapáka (2006) je možné komunální odpadní vodu využít jako zdroj závlahy poskytující živiny rostlinám. Voda vypouštěná domácnostmi

bez předčištění přímo do vodoteče by pak díky užití jako závlaha prošla prvním nebo druhým stupněm biologického čištění. I když se ve většině obcí České republiky praktikuje konvenční systém městského odvodnění, který spočívá v rychlém odvodnění veškerých vod (Hlavínek, Stránský, 2009), nezjistil jsem při svém měření, že by voda byla nejdříve použita jako závlaha.

Z porovnání zjištěných hodnot (pH, teplota, kyslík) je řeka Svatava vhodná pro ryby po celém profilu koryta. Srovnatelné hodnoty mohou být ovlivněny malým souborem měření a roční dobou odběru. Pro stav vodního režimu a propustnosti překážek pro vodní živočichy je obtížné vodní tok oživit.

## **7. Závěr**

V této bakalářské práci jsem se zaměřil na monitoring vodního toku Svatavy. Touto prací bych chtěl přispět k získání konkrétních dat o tomto malém vodním toku v povodí Ohře. Práce se zaměřuje na sledování veškerých zásahů člověka do životního prostředí, které mají dopad na kvalitu vody a břehů malého vodního toku Svatavy.

Svatava je řekou, která pramení na území Německa. Povodí toku je různorodé, horní část toku protéká okolními lesy a kopíruje státní hranici. Celou oblast lze charakterizovat antropogenně ovlivněnou a nachází se zde mnoho rizikových faktorů, které ovlivňují kvalitu vody toku. Jedním z antropogenních vlivů je i poškození lesů, které má vliv na retenci vody a na průtoky vody povodím v závislosti na ročním období.

Při měření jsem získal tyto výsledky:

- 1) Z naměřených hodnot je patrné, že nejvyšší hodnoty měřených veličin byly naměřeny v osídlených oblastech, kdy je jednak malý průtok vody, jednak má na hodnoty vliv měření v zimním období.

- 2) Naměřené hodnoty dokazují, že antropogenní vliv na čistotu vody mají stavby a technologická zařízení na toku a v jeho okolí.
- 3) Nejvyšší antropogenní vliv souvisí s množstvím přítoků.
- 4) Ve střední části toku se nachází přechod pro ryby a jiné živočichy.
- 5) Ke zvyšujícím se hodnotám znečištění docházelo v zimním měření a při měření v zastavěných oblastech.

Ke zlepšení kvality vody navrhuji tato opatření:

- 1) Revitalizaci koryta řeky Svatavy s ohledem na možné využití Svatavy jako rybářského revíru.
- 2) Minimalizovat zástavbu v okolí vodního toku.
- 3) Odvedení vodního toku mimo zastavěné oblasti.
- 4) Zalesnění oblasti pramene toku.
- 5) Využití srážkových vod v zastavěném území obce.

Získaná data monitoringu toku Svatavy budou využita do další práce.

## 9. Seznam použitých zdrojů

- AMBROŽOVÁ, J. (2003): Aplikovaná a technická hydrobiologie. Skriptum VŠCHT. Praha.
- BERGERSTEDT, CH., VOLKMAR, D., LIEBERS, K. (2005): Člověk a příroda – voda. Fraus. Praha.
- BULÍČEK, J. (1972): Povrchové vody v Československu a jejich ochrana. Academia. Praha.
- DOULÍK, P., ŠKODA, J. (2006): Chemie. Fraus. Praha.
- ENDRST, P., (2014). Vývoj a ekologický stav Lomnického potoka. DP. Praha.
- GRYGAR, J., JELÍNEK, J. (2013): Vodní tok v krajině. In: GRYGAR, J., JELÍNEK, J.: Geomorfologie pro technické obory, Institut geologického inženýrství, Hornicko-geologická fakulta, VŠB-TUO. Ostrava.
- GILLAROVÁ, H., TRPÁK, P., TRPÁKOVÁ, I., SÝKOROVÁ, Z., PECHAROVÁ, E. (2008): Landscape memory as a solution of the ecological stability of the territory after mining. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi*, 24(3/1), 289-298.
- GRÜNEWALD, U. (2001): Water resources management in river catchments influenced by lignite mining. *Ecological engineering*, 17(2), 143-152.
- HAJDUCH (2016): Vodstvo jezerní krajiny. In: Vodstvo ČR.
- HORÁKOVÁ J. (2000): Analytika vody. VŠCHT. Praha.
- HLAVÍNEK P., STRÁNSKÝ D. (2009): Sborník odborného semináře, Hospodaření s dešťovou vodou ve městech a obcích. ARDEC s.r.o. Brno.
- HRÁDEK F., KUŘÍK P. (2002): Hydrologie. Česká zemědělská univerzita. Praha.
- CHMELOVÁ PAVELKOVÁ, FRAJER, J. (2016): Základy hydrologie. Univerzita Palackého Olomouc. Katedra geografie.
- JUST, T. (2006): Vodohospodářské revitalizace. MŽP. Praha.
- KRAVČÍK J. (2008): Water for the recovery of the climate. Praha.
- KŘÍŽ V. (1988): Hydrometrie. Státní pedagogické nakladatelství. Praha.



- LANGHAMMER, J. (2006): Změny krajiny jako ovlivňující faktor průběhu a projevů extrémních povodní. Sborník výsledků řešení projektu VaV SM/2/57/05 v roce 2006. PřF UK. Praha.
- LANGHAMMER, J. (2004): Hodnocení vlivu změn přírodního prostředí na vznik a vývoj povodní. Sborník příspěvků semináře grantu GAČR 205/Z052/03. PřF UK. Praha.
- LANGHAMMER, J., HARTVICH, F., MATTAS, D., ZBOŘIL, A. (2009): Vymezení typů útvar povrchových vod. PřF Univerzity Karlovy. Praha.
- LANGHAMMER, J., KRÍŽEK, M., MATOUŠKOVÁ, M., MATĚJČEK, T. (2005): Metodika mapování upravenosti říční sítě a následků povodní. In: Langhammer J (eds.): Vliv změn přírodního prostředí povodí a údolní nivy na povodňové riziko. PřF UK. Praha.
- LEDVINA M., STOKLASOVÁ A., CERMAN, J. (2009): Biochemie pro studující medicíny. Karolinum. Praha.
- LELLÁK J, KUBÍČEK F. (1992): Hydrobiologie. Karolinum. Praha.
- LUSK S., LUSKOVÁ V., HANEL L. (2011): Černý seznam nepůvodních invazivních druhů ryb České republiky. Biodiverzita ichtyofauny České republiky.
- NETOPIL R. (1984): Fyzická geografie. SPN. Praha.
- OLIAS, M., NIETO, J. M., SARMIENTO, A. M., CERÓN, J. C., CÁNOVAC, C. R. (2004): Seasonal water quality variations in a river affected by acid mine drainage: the Odiel River (South West Spain). Science of the total environment, 333(1), 267-281.
- PECHAROVÁ E., HRABÁNKOVÁ M. (2006): A concept for reconstructing the post-mining region under the Lisbon strategy. Ekologia (Bratislava) / Ecology (Bratislava), 25, 194-204.
- PITTER P. (1999): Hydrochemie. Vydavatelství VŠCHT. Praha.
- PIŤHA, POLEDNE (2009): Zdravá výživa pro každý den. Grada Publishing. Havlíčkův Brod.
- RAUNER K., HAVEL V., PROKŠOVÁ J., RANDA M. (2006): Fyzika. Fraus. Praha.

- RICHTER P., PECHAROVÁ E. (2013): Effects of mining activities on river water quality. *Polisch Journal Environmental Studies*, 22, 1269-1276.
- SCHOENEHEINZ, D., GRÜNEWALD U., KOCH H. (2011): Aspects of integrated water resources management in river basins influenced by mining activities in Lower Lusatia. *DIE ERDE–Journal of the Geographical Society of Berlin*, 142(1-2), 163-186.
- SLÁDEČEK V. (1986): *Hydrobiologie*. SNTL - Nakladatelství technické literatury. Praha.
- SVOBODA I., PECHAROVÁ E., PŘIKRYL I., KAŠPAROVÁ I. (2008): The development of future lakes in opencast mine residual pits in the Krušné Mountain region of the Czech Republic. In: Rapantova, N., Hrkal, Z. [eds.] (2008): *Proceedings 10th IMWA Congress, Karlovy Vary, June 2008*. 2-5.
- SVOBODOVÁ Z, MÁCHOVÁ J, VYKUSOVÁ B. (1992): Havarijní a dlouhodobé znečištění povrchových vod. Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický, Vodňany.
- SYNÁČKOVÁ M. (1994): *Čistota vod*. ČVUT. Praha.
- SYRUČEK M. (2001): *Voda jak ji neznáme*. Nakladatelství Praha. Praha.
- ŠÁLEK, J., TLAPÁK, V. (2006): *Přírodní způsoby čištění znečištěných povrchových a odpadních vod*. ČKAIT. Praha.
- ŠTÍCHA F. (1978): Substantiva deminutivní formy s lexikalizovaným významem. *Naše řeč* 61, číslo 3.
- TÖLGYESSY, J. (1989): *Chémia, biológia a toxikológia vody a ovzdušia*. VEDA, vydavateľstvo Slovenskej akadémie vied. Bratislava.
- Zákon č. 254/2001 Sb., zákon o vodách, v platném znění.
- Vyhláška č. 236/2002Sb., o způsobu a rozsahu zpracovávání návrhu a stanovování záplavových území, v platném znění.
- Zákon č. 289/2001Sb., úplné znění zákona č. 200/1994Sb., o zeměměřictví, v platném znění.
- Zákon č. 11/2004Sb., úplné znění zákona č. 359/1992 Sb., o zeměměřických a katastrálních orgánech, v platném znění.

Rozhodnutí Českého úřadu zeměměřického a katastrálního ze dne 28. července 2004, č. j. 3736/2004-22, v platném znění.

Vyhláška Českého úřadu zeměměřického a katastrálního č. 31/1995Sb., kterou se provádí zákon č. 200/1994 Sb., o zeměměřictví a o změn a doplnění některých zákonů souvisejících s jeho zavedením, v platném znění.

Nařízení vlády č. 430/2006 Sb., o stanovení geodetických referenčních systémů, státních mapových děl závazných na území státu a zásadách jejich používání, v platném znění.

ČSN 73 6530 Názvosloví hydrologie.

ČSN 73 6510 Základní vodohospodářské názvosloví.

ČSN 73 6512 Názvosloví hydrotechniky – Vodní toky.

ČSN 75 1400 Hydrologické údaje povrchových vod

ČNI (2005): ČSN EN 14614 Jakost vod - Návod pro hodnocení hydromorfologických charakteristik řek. ČNI. Praha.

## 9.1 Seznam obrázků

Obrázek 1: Koloběh vody (URL5).....	17
Obrázek 2: Procesy v koloběhu vody (URL5).....	18
Obrázek 3: Koncentrace vodíkových iontů v roztoku v mol.1 – 1 (Kemel, 1994) .....	23
Obrázek 4: Fázový diagram vody znázorňující závislost existence skupenství na tlaku a teplotě (Pitter, 2009).....	26
Obrázek 5: Přehled vývoje vodního stavu Svatavy za dané období od 10. – 19. 9. 2015 (URL12).....	39
Obrázek 6: Průtok na řece Svatavě za období 10. – 19. 9. 2015 (URL12).....	40
Obrázek 7: Odběrné místo 1 a 2 (URL15).....	50
Obrázek 8: Odběrné místo 1 (Laslop, 2015)	
Obrázek 9: Odběrné místo 1 (Laslop, 2015) .....	51
Obrázek 10: Odběrné místo 2 (Laslop, 2015)	
Obrázek 11: Odběrné místo 2 (Laslop, 2015) .....	53
Obrázek 12: Odběrné místo 3 a 4 (URL15).....	55
Obrázek 13: Odběrné místo 3 (Laslop, 2015)	
Obrázek 14: Odběrné místo 3 (Laslop, 2015) .....	55
Obrázek 15: Odběrné místo 4 (Laslop, 2015).....	58
Obrázek 16: Odběrné místo 4 (Laslop, 2015).....	58
Obrázek 17: Odběrné místo 5 (URL15).....	60
Obrázek 18: Odběrné místo 5 (Laslop, 2015).....	60
Obrázek 19: Odběrné místo 6 a 7 (URL15).....	62
Obrázek 20: Odběrné místo 6 (Laslop, 2015).....	63
Obrázek 21: Odběrné místo 7 s „rybím přechodem“ (Laslop, 2015) .....	65
Obrázek 22: Odběrné místo 8 (URL15).....	67
Obrázek 23: Odběrné místo 8 (Laslop, 2015) .....	68
Obrázek 24: Odběrné místo 9 (URL15).....	70
Obrázek 25: Odběrné místo 9 (Laslop, 2015)	
Obrázek 26: Odběrné místo 9 (Laslop, 2015).....	70
Obrázek 27: Odběrné místo 10 a 11 (URL15).....	72

Obrázek 28: Odběrné místo 10 (Laslop, 2015).....	73
Obrázek 29: Odběrné místo 11 (Laslop, 2015).....	75
Obrázek 30: Odběrné místo 12 a 13 (URL15).....	77
Obrázek 31: Odběrné místo 12 (Laslop, 2015).....	78
Obrázek 32: Odběrné místo 13 (Laslop, 2015).....	81
Obrázek 33: Odběrné místo 14 a 15 (URL15).....	83
Obrázek 34: Odběrné místo 14 (Laslop, 2015).....	84
Obrázek 35: Odběrné místo 15 (Laslop, 2015)	
Obrázek 36: Odběrné místo 15 (Laslop, 2015).....	86
Obrázek 37: Odběrné místo 16 (URL15).....	88
Obrázek 38: Odběrné místo 16 (Laslop, 2015).....	88

## 9.2 Seznam grafů

Graf 1: Vyhodnocení fyzikálně-chemických parametrů řeky Svatavy – Odběrné místo 1.....	52
Graf 2: Vyhodnocení fyzikálně-chemických parametrů řeky Svatavy – Odběrné místo 1.....	52
Graf 3: Vyhodnocení fyzikálně-chemických parametrů řeky Svatavy – Odběrné místo 2.....	54
Graf 4: Vyhodnocení fyzikálně-chemických parametrů řeky Svatavy – Odběrné místo 2.....	54
Graf 5: Vyhodnocení fyzikálně-chemických parametrů řeky Svatavy – Odběrné místo 3.....	57
Graf 6: Vyhodnocení fyzikálně-chemických parametrů řeky Svatavy – Odběrné místo 4.....	59
Graf 7: Vyhodnocení fyzikálně-chemických parametrů řeky Svatavy – Odběrné místo 4.....	59
Graf 8: Vyhodnocení fyzikálně-chemických parametrů řeky Svatavy – Odběrné místo 5.....	61

Graf 9: Vyhodnocení fyzikálně-chemických parametrů řeky Svatavy – Odběrné místo 5.....	62
Graf 10: Vyhodnocení fyzikálně-chemických parametrů řeky Svatavy – Odběrné místo 6.....	64
Graf 11: Vyhodnocení fyzikálně-chemických parametrů řeky Svatavy – Odběrné místo 6.....	64
Graf 12: Vyhodnocení fyzikálně-chemických parametrů řeky Svatavy – Odběrné místo 7.....	66
Graf 13: Vyhodnocení fyzikálně-chemických parametrů řeky Svatavy – Odběrné místo 7.....	67
Graf 14: Vyhodnocení fyzikálně-chemických parametrů řeky Svatavy – Odběrné místo 8.....	69
Graf 15: Vyhodnocení fyzikálně-chemických parametrů řeky Svatavy – Odběrné místo 8.....	69
Graf 16: Vyhodnocení fyzikálně-chemických parametrů řeky Svatavy – Odběrné místo 9.....	71
Graf 17: Vyhodnocení fyzikálně-chemických parametrů řeky Svatavy – Odběrné místo 9.....	72
Graf 18: Vyhodnocení fyzikálně-chemických parametrů řeky Svatavy – Odběrné místo 10.....	74
Graf 19 :Vyhodnocení fyzikálně-chemických parametrů řeky Svatavy – Odběrné místo 10.....	74
Graf 20: Vyhodnocení fyzikálně-chemických parametrů řeky Svatavy – Odběrné místo 11.....	76
Graf 21: Vyhodnocení fyzikálně-chemických parametrů řeky Svatavy – Odběrné místo 11.....	77
Graf 22: Vyhodnocení fyzikálně-chemických parametrů řeky Svatavy – Odběrné místo 12.....	79
Graf 23: Vyhodnocení fyzikálně-chemických parametrů řeky Svatavy – Odběrné místo 12.....	80

Graf 24: Vyhodnocení fyzikálně-chemických parametrů řeky Svatavy – Odběrné místo 13.....	82
Graf 25: Vyhodnocení fyzikálně-chemických parametrů řeky Svatavy – Odběrné místo 13.....	82
Graf 26: Vyhodnocení fyzikálně-chemických parametrů řeky Svatavy – Odběrné místo 14.....	85
Graf 27: Vyhodnocení fyzikálně-chemických parametrů řeky Svatavy – Odběrné místo 14.....	85
Graf 28: Vyhodnocení fyzikálně-chemických parametrů řeky Svatavy – Odběrné místo 15.....	87
Graf 29: Vyhodnocení fyzikálně-chemických parametrů řeky Svatavy – Odběrné místo 15.....	87
Graf 30: Vyhodnocení fyzikálně-chemických parametrů řeky Svatavy – Odběrné místo 16.....	89
Graf 31: Vyhodnocení fyzikálně-chemických parametrů řeky Svatavy – Odběrné místo 16.....	90

### 9.3 Seznam tabulek

Tabulka 1: Dělení vodních toků.....	22
Tabulka 2: Koncentrace radonu a doporučení opatření .....	32
Tabulka 4: Naměřené hodnoty – Odběrné místo 1 .....	51
Tabulka 5: Naměřené hodnoty – Odběrné místo 2 .....	53
Tabulka 6: Naměřené hodnoty – Odběrné místo 3 .....	56
Tabulka 7: Naměřené hodnoty – Odběrné místo 4 .....	58
Tabulka 8: Naměřené hodnoty – Odběrné místo 5 .....	61
Tabulka 9: Naměřené hodnoty – Odběrné místo 6 .....	63
Tabulka 10: Naměřené hodnoty – Odběrné místo 7 .....	66
Tabulka 11: Naměřené hodnoty – Odběrné místo 8 .....	68
Tabulka 12: Naměřené hodnoty – Odběrné místo 9 .....	71
Tabulka 13: Naměřené hodnoty - Odběrné místo 10.....	73

Tabulka 14: Naměřené hodnoty – Odběrné místo 11 .....	76
Tabulka 15: Naměřené hodnoty – Odběrné místo 12 .....	78
Tabulka 16: Naměřené hodnoty - Odběrné místo 13 .....	81
Tabulka 17: Naměřené hodnoty – Odběrné místo 14 .....	84
Tabulka 18: Naměřené hodnoty – Odběrné místo 15 .....	86
Tabulka 19: Naměřené hodnoty – Odběrné místo 16 .....	89



## 9.4 Seznam odkazů

URL1 - MŽP, 2014, Voda: Monitoring vod. 2008-2015. In: *Ministerstvo životního prostředí* [online]. [cit. 2015-05-04]. Dostupné z:

[http://www.mzp.cz/cz/monitoring\\_vod](http://www.mzp.cz/cz/monitoring_vod)

URL2 - [http://www.mzp.cz/cz/plan\\_hlavnich\\_povodi](http://www.mzp.cz/cz/plan_hlavnich_povodi)

URL3 - [http://www.iupac.org/nc/home/projects/project-db/project-details.html?tx\\_wfqbe\\_pi1%5bproject\\_nr%5d=150-18-93](http://www.iupac.org/nc/home/projects/project-db/project-details.html?tx_wfqbe_pi1%5bproject_nr%5d=150-18-93)

URL4 - <http://www.iupac.org/>

URL5 – [http://www.svf.uniza.sk/kgf/files/getfile.php?id\\_file=172](http://www.svf.uniza.sk/kgf/files/getfile.php?id_file=172)

URL6 - <http://www.ekoskola.sk>

URL7 – <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-254>

URL8 - <http://eagri.cz>

URL9 - <http://zakony.centrum.cz/vodni-zakon/cast-1-hlava-6>

URL10 – [www.poh.cz](http://www.poh.cz)

URL11 -

[http://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwiw7ov0673LAhUM7xQKHbUOAlcQFggcMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.dibavod.cz%2Fdata%2Fvymezeni\\_typu\\_vt.pdf%3FPHPSESSID%3Db32f83c256d387bb29c&usg=AFQjCNH2Ac0b\\_Pq8uIfvua\\_kz6fQqfELzQ](http://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwiw7ov0673LAhUM7xQKHbUOAlcQFggcMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.dibavod.cz%2Fdata%2Fvymezeni_typu_vt.pdf%3FPHPSESSID%3Db32f83c256d387bb29c&usg=AFQjCNH2Ac0b_Pq8uIfvua_kz6fQqfELzQ)

URL 12 – [http://hydro.chmi.cz/hpps/popup\\_hpps\\_prfdyn.php?seq=307293](http://hydro.chmi.cz/hpps/popup_hpps_prfdyn.php?seq=307293)

URL 13 – [http://www.cenia.cz/web/www/cenia-akt-tema.nsf/\\$pid/MZPMSFT33PSN](http://www.cenia.cz/web/www/cenia-akt-tema.nsf/$pid/MZPMSFT33PSN)

URL 14 - ©Český hydrometeorologický ústav, Hlásná a předpovědní povodňová služba. Aplikace byla vyrobena firmou Hydrosft Veleslavín s.r.o.

[URL 15 – www.mapy.cz](http://www.mapy.cz)

## **9.5 Seznam příloh**

příloha 1 – Měření radonu u přítoků do řeky Svatavy.....	106
--	-----

## **Měření přítoků do řeky Svatavy**

Bylo odebráno 6 vzorků do skleněných kyvet o obsahu 142 ml. Měření bylo prováděno soupravou na měření aktivity radonu ve vodě: MC1256, sonda 9501, detektor SKGISN 20. Měřidlo ověřeno Českým metrologickým institutem Brno.

Vzhledem k nízké aktivitě byla voda porovnána s pitnou vodou z vodovodního řádu odebranou ve stejném časovém úseku. Dlouhodobým měřením bylo zjištěno, že odebraná voda přítoků Svatavy odpovídá aktivitou radonu pitné vodě.

**Měřila Radiologická laboratoř Jáchymov dozimetrista Doležalová 11. 9. 2015**