

# **Stanovení organického uhlíku a celkového dusíku v řece Dřevnici**

Vladimír Kroupa

---

Bakalářská práce  
2014



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická  
Ústav inženýrství ochrany životního prostředí  
akademický rok: 2013/2014

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Vladimír Kroupa**  
Osobní číslo: **T11476**  
Studijní program: **B2808 Chemie a technologie materiálů**  
Studijní obor: **Inženýrství ochrany životního prostředí**  
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Stanovení organického uhlíku a celkového dusíku  
v řece Dřevnici**

Zásady pro vypracování:

1. Provedte literární studii z dostupných materiálů.
2. Provedte analýzy vod z řeky Dřevnice. Jedná se o předběžný průzkum sledování organického uhlíku a celkového dusíku ve vodě z řeky Dřevnice. Pokud to finanční a instrumentální podmínky dovolí, sledujte i některé ionty (chloridy, sírany, dusičnany, případně dusitaný a fosforečnaný) metodou CZE. Práce by měla navazovat na studii z roku 1994 "znečištění řeky Dřevnice" (ZČ 94-26) a na bakalářskou práci Pavla Danička z roku 2013.
3. Zaměřte se na koncentrace výše uvedených látek. Při odběru zaznamenávejte teplotu a pH.
4. Získaná data seřadte, porovnejte, kriticky zhodnoťte a zpracujte tak, jak je v písemné podobě bakalářské práce obvyklé (instrukce UTB pro zpracování BP). Získané výsledky porovnejte s výsledky bakalářské práce Pavla Danička.
5. Z výsledků a závěrů své bakalářské práce připravte prezentaci v PowerPointu.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

**Dle pokynů vedoucího bakalářské práce. Stávající monografická a časopisecká literatura na ÚIOŽP, v UK UTB a jiných knihovnách. Elektronické informační zdroje (www-stránky a další).**

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Josef Houser, Ph.D.**

Ústav inženýrství ochrany životního prostředí

Datum zadání bakalářské práce:

**10. února 2014**

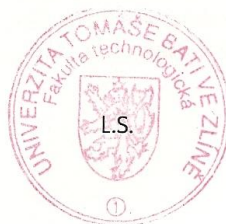
Termín odevzdání bakalářské práce:

**23. května 2014**

Ve Zlíně dne 10. února 2014

  
doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.

*děkan*



  
doc. Mgr. Marek Koutný, Ph.D.

*ředitel ústavu*

Příjmení a jméno: Vladimír Kroupa


Obor: Inženýrství ochrany životního prostředí

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby <sup>1)</sup>;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 <sup>2)</sup>;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 6.5.2014 .....

.....

<sup>1)</sup> zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlázení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

<sup>2)</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

<sup>3)</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlíádne k vyšší výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

## **ABSTRAKT**

Cílem bakalářské práce je stanovení organického uhlíku, celkového dusíku, porovnání zjištěných hodnot s prací Pavla Daníčka z roku 2013 a s odbornou studií z roku 1994. Tato bakalářská práce je složena z teoretické části a praktické části. Teoretická část je tvořena především základními informacemi o vodě, následují konkrétní charakteristiky znečišťování vod a vysvětlení stanovovaných parametrů. Podstatou praktické části je objasnění postupu vzorkování, způsobu vyhodnocení naměřených dat, zjištění konkrétních koncentrací organického uhlíku a celkového dusíku a jejich zařazení do skupin podle kvality určených normou ČSN 75 7221.

Klíčová slova: organický uhlík, celkový dusík, řeka Dřevnice, potok

## **ABSTRACT**

The main goal of bachelor's work is determination of organic carbon, total nitrogen and comparing of achieved numbers with study done by Pavel Daníček in 2013 and with study done in 1994. This bachelor's work consists of theoretical part and practical part. The theoretical one is made of especially basic information about water, following specific characteristics of water pollution and explaining of measured parameters. The base of practical part is explaining of sampling procedure, a way which found data are calculated, finding out specific concentrations of organic carbon and total nitrogen and their categorization according to quality set by ČSN 75 7221 norm.

Keywords: organic carbon, total nitrogen, river Dřevnice, brook

**Poděkování**

Chtěl bych poděkovat mému vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Josefu Houserovi Ph.D. za odborné rady, připomínky a za čas, který mi věnoval při plnění praktické části mé bakalářské práce.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a elektronická verze nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně 23.5.2014

.....

podpis

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>11</b>
<b>1 VODA</b> .....	<b>12</b>
1.1 SPECIFICKÉ FYZIKÁLNĚ – CHEMICKÉ VLASTNOSTI VODY.....	12
1.2 SAPROBITA VODY.....	14
1.3 SAMOČISTÍCÍ MECHANISMUS .....	16
<b>2 ROZDĚLENÍ PŘÍRODNĚ SE VYSKYTUJÍCÍCH VOD</b> .....	<b>18</b>
2.1 ATMOSFÉRICKÁ VODA.....	18
2.1.1 Výpar .....	20
2.2 POVRCHOVÁ VODA .....	20
2.2.1 Odtok povrchové vody.....	22
2.3 PODPOVRCHOVÁ VODA .....	22
2.3.1 Půdní voda .....	23
2.3.2 Podzemní voda.....	24
2.3.2.1 Prameny .....	25
<b>3 DŘEVNICE</b> .....	<b>26</b>
3.1 PŘÍTOKY.....	26
3.2 MONITORING A OCHRANA PŘED POVODNÍ .....	26
<b>4 JAKOST VODY</b> .....	<b>28</b>
4.1 ZNEČIŠTĚNÍ VOD .....	28
4.1.1 Primární znečištění.....	29
4.1.2 Sekundární znečištění.....	29
<b>5 ORGANICKÝ UHLÍK A CELKOVÝ DUSÍK</b> .....	<b>30</b>
5.1 ORGANICKÝ UHLÍK (TOC).....	30
5.2 CELKOVÝ DUSÍK (TN) .....	30
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>32</b>
<b>6 PŘÍPRAVA ROZTOKŮ POTŘEBNÝCH PRO VLASTNÍ STANOVENÍ</b> .....	<b>33</b>
6.1 PŘÍPRAVA ZÁSOBNÍCH ROZTOKŮ .....	33
6.2 PŘÍPRAVA PRACOVNÍCH ROZTOKŮ .....	34
6.3 PŘÍPRAVA KALIBRAČNÍCH ROZTOKŮ .....	34
<b>7 POUŽITÁ ZAŘÍZENÍ A CHEMICKÉ LÁTKY</b> .....	<b>35</b>
7.1 CHEMICKÉ LÁTKY .....	35
7.2 INSTRUMENTACE .....	36
<b>8 PRINCIP URČENÍ ANORGANICKÉHO UHLÍKU, ORGANICKÉHO UHLÍKU A CELKOVÉHO DUSÍKU</b> .....	<b>37</b>



8.1	STANOVENÍ ANORGANICKÉHO UHLÍKU VE VODĚ Z ŘEKY DŘEVNICE .....	37
8.2	STANOVENÍ CELKOVÉHO ORGANICKÉHO UHLÍKU VE VODĚ Z ŘEKY DŘEVNICE .....	37
8.3	URČENÍ CELKOVÉHO DUSÍKU VE VODĚ Z ŘEKY DŘEVNICE.....	38
<b>9</b>	<b>ODBĚROVÁ MÍSTA, VZORKOVÁNÍ.....</b>	<b>39</b>
9.1	FOTODOKUMENTACE ODBĚROVÝCH MÍST .....	40
<b>10</b>	<b>NAMĚŘENÉ HODNOTY .....</b>	<b>43</b>
<b>11</b>	<b>VYHODNOCENÍ A DISKUZE.....</b>	<b>47</b>
11.1	SLEDOVÁNÍ ORGANICKÉHO UHLÍKU .....	47
11.2	SLEDOVÁNÍ CELKOVÉHO DUSÍKU .....	49
11.3	SOURHN A POROVNÁNÍ DAT.....	53
11.3.1	Porovnání s měřením z roku 2013.....	54
11.3.2	Porovnání se studií z roku 1994 .....	56
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>58</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>60</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>62</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>63</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>64</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>65</b>

## ÚVOD

Voda je jedna ze základních podmínek přítomnosti života na Zemi. Bez ní by život na Zemi, jak ho známe, neexistoval. Je důležitá nejen pro člověka, ale i pro všechny ostatní organismy. Člověk vodu ovšem nevyužívá jen k zabezpečení životních funkcí. Velký rozvoj od počátku minulého století zažívá využití vody v průmyslu, intenzifikaci zemědělství a vodní dopravě. Je nutné udržovat maximální kvalitu vod, monitorovat a minimalizovat znečištění, které člověk způsobuje. Silně znečištěné vody mohou například narušovat přirozené ekosystémy, ovlivňovat koloběh vody v přírodě a také zamezují dalšímu využití člověkem.

Cílem bakalářské práce bylo zjistit koncentrace celkového organického uhlíku a celkového dusíku v řece Dřevnici. Tato data porovnat s měřením z roku 2013 provedené Pavlem Daníčkem a se studií z roku 1994. Vyhodnotit naměřené hodnoty znečištění a podle aktuální normy ČSN 75 7221 zařadit vodu v řece Dřevnici do tabelovaných tříd jakosti.

Při odběru byly zaznamenávány tyto veličiny: pH vody, průtok řeky Dřevnice, teplota vody a teplota vzduchu. Bylo zvoleno šest odběrových míst, aby byly pokryty největší přirozené přítoky řeky Dřevnice v městské části Zlína. Byly měřeny 3 přítoky řeky Dřevnice – Fryštácký potok, Kudlovský potok a Pasecký potok, vždy před soutokem s řekou Dřevnicí. Dále byla měřena samotná řeka Dřevnice, a sice třikrát vždy před soutokem s výše zmíněnými recipienty. Odběry vzorků a měření byly prováděny periodicky jedenkrát za týden. Byly stanovovány koncentrace organického uhlíku a koncentrace celkového dusíku.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 VODA

Voda je chemická sloučenina složená z dvou atomů vodíku a jednoho atomu kyslíku. Zároveň se vzduchem tvoří elementární požadavky pro existenci života na Zemi. Zemský povrch tvoří ze 71 % voda. Celkový objem vody na Zemi je odhadován na 1 400 milionů km<sup>3</sup>. Drtivá většina (97 %) je ovšem tvořena slanými vodami vyskytujícími se v mořích a oceánech. Plní základní funkci biologickou, zdravotní, kulturní a estetickou.

Biologickou funkcí je myšlena nezbytnost vody pro přežití člověka, už jen proto, že obsah vody v lidském těle je 60 – 80 % v závislosti na věku a je součástí potravy člověka. Neméně důležitým faktem je, že voda je prostředím nutné pro rozpouštění iontových sloučenin a přenos důležitých iontů potřebných pro správné fungování lidského metabolismu. Zmíněnými ionty jsou hlavně Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Fe<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> nebo Cl<sup>-</sup>. Zdravotní úloha vody je velmi důležitá pro člověka, protože voda neodmyslitelně patří k prvkům lidské rekreace i osobní hygieny. Při jejím nedodržování se mohou v krajních případech vyskytnout nemoci nebezpečné pro lidský život, podobně jako je tomu v zemích třetího světa. Voda ve spojení s rekreací nám dodává psychické zdraví, odpočinek a pohodu, ke které přispívá i krajinný ráz, do kterého jsou zakomponována krajinařská architektonická díla (1, s. 100, 102).

### 1.1 Specifické fyzikálně – chemické vlastnosti vody

Za normálních podmínek je voda bezbarvá čirá kapalina bez zápachu, bez příchuti, v silnější vrstvě namodralá. V přírodě se vyskytuje ve třech skupenstvích: v pevném – led a sníh, v kapalném – voda a v plynném – vodní pára. Voda je kvůli své polaritě nejuniverzálnější rozpouštědlo na Zemi. Rozpouští jak anorganické, tak i organické sloučeniny. Voda se vyznačuje vysokou tepelnou kapacitou, která jí umožňuje pohltit a udržet si velké množství tepla. Děje se tak proto, že je potřeba více energie k přerušení velkého množství vodíkových můstků. Důsledkem toho je přímo úměrný nárůst volného molekulového pohybu a teploty. Dalším důsledkem

přítomnosti vodíkových vazeb mezi molekulami je fakt, že má voda velmi vysoký bod varu při nízké molární hmotnosti (2, s. 22–25). Také je jednou z mála látek, které při přechodu do pevného skupenství zvětšují svůj objem (1, s. 100).

### **Elektrický dipól a vodíkové můstky**

Všechny vlastnosti vody jsou určeny stavbou molekul. Kyslík v molekule vody má dva volné elektronové páry. Elektronový pár není poután k atomu stejnou silou, než jakou mají samotné kovalentní vazby spojující dva atomy. Jeho afinita je vyšší k atomu, který ho přitahuje silněji. Náboj se poté v molekule rozloží a vzniká elektrický dipól. To znamená, že na jedné pólce molekuly se vytvořil kladný náboj a na druhé pólce náboj záporný. Kladná část je zastoupena atomy vodíku, zatímco záporná část atomem kyslíku. V případě vody k tomu přispívá fakt, že oba vodíky jsou vázány k atomu kyslíku v úhlu  $104,45^\circ$ .

Jedinečnou a velmi důležitou schopností vody je tvorba vodíkových můstků. Ty vznikají při přiblížení kladně nabitých částí molekuly vody (vodíkový atom) k záporně nabitě části druhé molekuly vody (kyslíkový atom) nebo nepolární části zcela jiné molekuly, například molekuly obsahující dusík.

### **Hydratační obaly**

Podmínkou vzniku hydratačního obalu je přítomnost elektrického pole. Hydratační obal je vytvářen také díky dipólovému efektu (směrování částic) a je základní podmínkou rozpustnosti solí ve vodě. Polární látky jsou snadno rozpustné ve vodě. Dají se nazvat látkami hydrofilními nebo lipofobními. Mezi polární látky patří sloučeniny tvořené ionty (např. KCl) a sloučeniny tvořící s vodou vodíkové můstky. Nepolární látky nejsou rozpustné ve vodě a nazývají se látkami hydrofobními nebo lipofilními. Příkladem jsou alifatické a aromatické nesubstituované uhlovodíky.

### **Autoionizace**

Voda má schopnost vytvářet ionty disociací neboli rozštěpením na vodíkový kation  $H^+$  a hydroxidový anion  $OH^-$ . Tyto ionty udávají hodnoty pH roztoků,

kteřé mohou být neutrální, kyselé nebo zásadité. Kyselý je roztok takový, u kterého je vyšší koncentrace vodíkových kationtů. Zásaditý roztok má větší koncentraci hydroxidových iontů. V neutrálním roztoku jsou rovnoměrně zastoupeny koncentrace hydroxidových aniontů a vodíkových kationtů v poměru 1:1.

### **Povrchové napětí**

Voda má vysoké povrchové napětí. Je to jev, kdy se povrch kapaliny stahuje tak, aby zaujal co nejmenší plochu s co nejmenší energií. Nejnižší energii ze všech těles má koule. To je možné pozorovat při pohledu na kapku vody při odkápnutí nebo například při vhození hranatého tělesa do vody – vlny budou vždy kruhové. Kapka je o to kulatější, čím větší je povrchové napětí. Ovšem velké povrchové napětí není vždy plusem. Například při praní je nutno dodávat látku, která bude povrchové napětí snižovat, aby bylo možné docílit efektivního smáčení – povrchově aktivní látky (2, s. 24-25).

### **Hustotní anomálie**

Uvnitř krystalu ledu jsou stále přítomny vodíkové můstky, jejichž účelem je udržování molekul vody v přiměřené vzdálenosti. Díky této skutečnosti je voda hustší v kapalném skupenství, než ve skupenství tuhém. Proto led v zimě plave na hladině (2, s. 25). Voda má nejvyšší hodnotu hustoty při teplotě 4°C, kdy dochází k poklesu vody o vyšší hustotě ke dnu (1, s. 102). Tato přírodní anomálie způsobuje, že voda zamrzne na povrchu, ale nikoliv u dna. Hustotní anomálie zajišťuje přežití všem vodním tvorům a organismům i přes to, že je na hladině vrstva ledu (2, s. 25).

## **1.2 Saprobity vody**

Tzv. index saprobity je určen pro dané skupiny vodních organismů a udává míru schopnosti přežít v určeném vodním prostředí. Je to též hodnota udávající množství organických látek ve vodě – organické znečištění. Kvalita povrchové vody je stanovena mírou oživení vody živými organismy a podává relevantní hodnocení čistoty povrchové vody v daném úseku. Index saprobity se vypočítává složitým matematickým postupem

a výsledkem je hodnota, podle které můžeme zařadit zkoumanou část toku do určitého saprobiálního stupně. Existuje pět saprobiálních stupňů:

### **Stupeň číslo 1 – xenosaprobiální stupeň**

Výskyt v horních tocích řek zhruba do padesáti metrů od pramenů. Tyto části toků jsou bohaté na minerální látky i organismy, které jsou velmi vnímavé na čistotu vody. Kvalita vody je zde nejvyšší. Vodu lze bezpečně používat bez další modifikace.

### **Stupeň číslo 2 – oligosaprobiální stupeň**

Pasáž mající délku jen pár stovek metrů. Jsou situovány v horní části toku a zalesněných částech. Voda zde je již mírně znečištěná, avšak stále pitná po povaření nebo chemické modifikaci. Nacházejí se zde organismy se zvýšenými nároky na čistotu vody.

### **Stupeň číslo 3 – beta-mezosaprobiální stupeň**

Tento stupeň znečištění je specifický pro střední části toků. Voda již není pitná, ale po chemické úpravě je využitelná v průmyslu. Obyvateli tohoto úseku jsou organismy nenáročné na čistotu vodního toku. Lze zde spatřit kaprovité ryby a několik druhů měkkýšů.

### **Stupeň číslo 4 – alfa-mezosaprobiální stupeň**

Jeho výskyt je nejčastější ve spodních částech toků a voda je vhodná pouze pro průmysl, a to po pracné chemické úpravě. Obyvatele těchto úseků tvoří odolné druhy ryb, které jsou v malém počtu. Dále několik druhů červů a nitěnek. Všeobecně jsou to organismy odolné a adaptované na život ve znečištěné vodě.

### **Stupeň číslo 5 – polysaprobiální stupeň**

Neboli stupeň maximální míry znečištění. Spadají sem vody splaškové a stokové. Nejnižší kvalita vody nedovoluje využití ani jako průmyslová voda a tím pádem ani život žádným organismům s výjimkou bakterií a prvoků. Tyto vody jsou většinou bodově kontaminovány některými chemickými individuemi a jsou situovány pod velké obce nebo při ústí továren.

Okresní hygienická stanice ve Zlíně kromě sledování jakosti povrchových vod provádí periodické kontroly jakosti vody zaměřené na zdroje pitné vody, jako jsou vodoteče a prameny (3, s. 47-49).

### **1.3 Samočistící mechanismus**

Je to soubor fyzikálně – chemických a bakteriologických mechanismů přirozeného přírodního čištění vody. Probíhají spontánně v tekoucích, ale i stojatých vodách. Při změně vlastností nebo chemismu vodního ekosystému oproti jeho přirozenému stavu dochází k samovolnému navrácení do původního stavu. Podmínkou pro celkový návrat původních vlastností je ovšem ukončení znečišťování nebo kontaminace. Po určitém čase neboli délce toku, je v závislosti na podmínkách voda opětovně vyčištěna. Tento mechanismus lze rozdělit na několik paralelně fungujících procesů:

#### **Biochemická destrukce**

Látky zodpovědné za organické znečištění jsou rozkládány aerobními mikroorganismy, které k tomuto rozkladu nutně potřebují kyslík. Produktem jejich činnosti je oxid uhličitý. Mikroorganismy se množí a jsou základním kamenem potravního řetězce, kde vrcholným predátorem jsou ryby.

#### **Fotosyntéza**

K fotosyntéze neboli přeměně oxidu uhličitého na kyslík zprostředkované vodní florou a řasami je důležitý přísun slunečního záření.

#### **Aerace vody**

Kyslík, který je spotřebováván při biochemické destrukci, musí být nahrazen vzdušným kyslíkem, který je rozpouštěn ve vodě. Množství kyslíku, který se rozpustí, je závislé na několika faktorech. Těmito faktory je rychlost proudění, charakter toku, plocha a v neposlední řadě prvky provzdušňování vody jako jsou splavy nebo peřeje. Rozpouštění kyslíku je přerušeno, právě když je na hladině například led nebo znečišťující látky jako ropa, olejovité látky nebo pěna. Na objem rozpouštěného kyslíku mají z hlediska fyzikálních vlastností vliv teplota a tlak. Závislost tlaku na množství rozpouštěného



kyslíku je přímá tzn., že čím vyšší tlak, tím více kyslíku se rozpustí. Kdežto u teploty je závislost na pohlceném kyslíku nepřímá. Čím vyšší je teplota vody, tím méně kyslíku je rozpuštěno.

### **Konzumace organismy**

Organismy mají schopnost okamžité konzumace organického znečištění bez nutnosti jeho biomodifikace. Příkladem jsou splaškové vody z živočišných průmyslových výroby, které obsahují vysoký podíl, pro organismy výživných, látek.

### **Vliv gravitace**

Aplikací gravitace dochází k uložení nebezpečných látek na dně, kde je rozpouštěno méně kyslíku než u povrchu vodní hladiny. Vliv na okysličování vody má proudění vody. Probíhá anaerobní vyhnívání a vzniká anaerobní kal, který je v případě tekoucích vod odstraněn prouděním. Ve stojatých vodách se tento kal nemá jak odstranit a je uložen na dně.

### **Chemická přeměna**

Je velmi důležitým pochodem, který zajišťuje elementární chemické reakce. Tyto reakce probíhají mezi vodným prostředím a znečišťujícími látkami a vedou k nastolení rovnováhy. Nejdůležitějšími elementárními reakcemi jsou např. neutralizace, kdy reagují kyselé látky s hydrogenuhličitany přítomnými ve formě rozpuštěných solí ve vodě a zásadité látky s oxidem uhličitým absorbovaným ze vzduchu do vody. Dále srážecí reakce, adsorpce na sedimenty (specifické pro těžké kovy) a oxidace jednoduchých látek.  
(1, s. 116)

## 2 ROZDĚLENÍ PŘÍRODNĚ SE VYSKYTUJÍCÍCH VOD

Vody se prioritně dělí podle svého výskytu v atmosféře, hydrosféře nebo pedosféře, mezi kterými voda přirozeně koluje jako součást koloběhu vody v přírodě. Všechny tyto druhy vody v přírodě jsou monitorovány a měly by být předmětem péče a udržení jejich kvality.

- a) Atmosférická voda
- b) Povrchová voda
- c) Podpovrchová voda

### 2.1 Atmosférická voda

Pojmem atmosférická voda se rozumí výsledek zkapalnění vodní páry obsažené ve vzduchu, jež přešel na zem nejčastěji v podobě deště, sněhu či ledu. Dle místa a mechanismu vzniku lze srážky dělit do dvou skupin:

- a) Srážky horizontální – Vznikají zkapalňováním par přímo u zemského povrchu a na členitostech, které leží na něm. Příkladem horizontálních srážek jsou například jinovatka, rosa, mráz nebo námraza.
- b) Srážky atmosférické – Tento druh srážek vzniká volně v atmosféře a z ní pak tyto srážky padají k zemskému povrchu. Jako příklad lze uvést déšť, sníh nebo kroupy.

Srážky horizontální jsou významné jen minoritně v zemědělství nebo oblastech s velkým nedostatkem vody, protože objem vody obsažené v horizontálních srážkách je neúměrný k objemu vody obsažené ve srážkách atmosférických. A proto bývají zanedbávány při zjišťování hydrologických bilancí. Mocnost a charakter dešťů bývají zjišťovány dle objemu spadlých srážek, času trvání a plošné výměry, na kterou srážky dopadly. Při hodnocení objemu spadlých srážek se používá výška vody v milimetrech, která by vznikla při pádu deště na horizontální plochu bez toho, aby se voda odpařovala. Výška 1 mm na 1m<sup>2</sup> znamená 1 litr vody. Podle výšky a doby

trvání se rozeznávají deště „běžné“ a deště „extrémní“. Extrémní deště trvající krátkou dobu se nazývají přívalové deště nebo lijáky.

Stejným způsobem funguje hodnocení pevných srážek za představy, že jsou kapalné.

Deště se mohou dělit do tří skupin podle jejich původu, kterým lze snáze určit povahu dešťů:

- a) Deště z tepla (konvekční) – Vznikají výstupem vzdušného proudění. Jsou známy jako lokální lijáky.
- b) Deště orografické – Vznik vlivem tvaru krajiny (nejvíce horské oblasti). Jsou méně silné, avšak trvají delší dobu.
- c) Deště cyklonální – Vznikají přistupující krajinnou tlakovou níží (cyklóna). Pokud jsou cyklóny malé, pak vznikají průtrže mračen. Pokud jsou rozsáhlé, pak jsou deště dlouhodobé a silné.

Ve skutečnosti obsahují deště téměř vždy všechny tři výše zmíněné typy zároveň.

Antropogenní produkce znečištění vyvolává tzv. kyselé deště, které nejčastěji vznikají rozpouštěním oxidu siřičitého ve vzdušné vlhkosti a přechodem přes oxid sírový na kyselinu sírovou. Ta je naředěna a spolu s deštěm navracena na zemský povrch, kde způsobuje nežádoucí okyselení půdy a hydrosféry nebo devastaci lesního porostu. Dále mají vliv na tvorbu kyselých dešťů oxidy dusíku jako produkty spalování fosilních paliv.

Při teplotě vzduchu rovné  $0^{\circ}\text{C}$  padají tzv. srážky smíšené, tj. déšť spolu se sněhem. Když teplota vzduchu klesne pod  $0^{\circ}\text{C}$ , pak padají k zemi pouze pevné srážky – sníh. Charakter sněžení, vlastností a tvar sněhových částic jsou závislé na fyzikálních podmínkách a počasí v dané oblasti. Například váha a velikost sněhových vloček je tím menší, čím je menší teplota okolního vzduchu. Čím dále v kontinentálním vnitrozemí, tím klesá výskyt smíšených srážek. V České republice je to tedy směrem od západu na východ.

K měření srážek se využívá tzv. srážkoměrů rozmístěných systematicky tak, aby byla vytvořena síť. Ta musí zajistit, že získaná data mají co nejvyšší vypovídací hodnotu o množství srážek na dané ploše (4, s. 86-87).

### 2.1.1 Výpar

Výpar je způsob, kterým se voda dostává zpětně do ovzduší. Výpar se vyjadřuje v milimetrech vypařené kapaliny za zvolené časové období. Jsou rozeznávány tři druhy výparu.

- a) Výpar z vodní hladiny
- b) Výpar ze sněhu a ledu
- c) Evapotranspirace z půdy

Hodnotu výparu ovlivňuje rychlost větru, teplota vypařovaného povrchu, vzdušná vlhkost, tlak a srážky. Čím větší vlhkost vzduchu, tím menší je výpar. Dále je výpar přímo úměrný rozdílu tlaku par na povrchu a ve vzduchu. Vítr všeobecně urychluje výpar, protože účinně odvádí vodou nasycenější páry nad kapalinou a přivádí sušší vzduch. Vypařované množství kapalně fáze (vody) se dá vypočítat pomocí vzorců nebo změřit stejně jako u pevných částic (led, sníh) (4, s. 117-118). Na rozdíl od vody hraje ve výparu ze sněhu nebo ledu roli několik dalších faktorů jako je sluneční radiace, hustota vody, tepelná vodivost nebo krajinný ráz (4, s. 126).

## 2.2 Povrchová voda

Povrchová voda je, jednoduše řečeno, veškerá voda vyskytující se na zemském povrchu v kapalně nebo pevné formě. Rozdělení podle salinity je nejzákladnějším dělením povrchových vod.

- a) Slaná voda – Je nejvíce zastoupeným druhem vod na zemském povrchu. Je obsažena v mořích a oceánech. Průměrný obsah solí, které z 80% tvoří sodné kationty a chloridové anionty dávající chlorid sodný, je  $35 \text{ g l}^{-1}$ . Avšak tato hodnota je proměnná.

- b) Sladká voda – Vyskytuje se na povrchu Země jako voda v útvarech jako jsou potoky, řeky, jezera, rybníky, ale i podpovrchová voda jako zdroj pitné vody. Velké množství sladké vody je obsaženo v ledovcích. Má nízký obsah rozpuštěných solí.
- c) Brakická voda – Zaujímá postavení mezi vodou slanou a sladkou. Její salinita není tak vysoká jako salinita slané vody. Na druhou stranu její salinita je vyšší než ve sladké vodě. Většinou vzniká míšením sladké a slané vody. Jako příklad lze uvést Baltské moře, Kaspické moře nebo delty řek jako jsou Temže a Amazonka (5).

Povrchové vody lze také dále rozdělit na tekoucí a stojaté.

- a) Tekoucí vody – Řídí se odtokovými mechanismy a vlévají se do dalších řek, moří nebo oceánů.

- Antropogenní (průplavy, kanály) – Jsou uměle vytvořené člověkem za účelem rozvoje průmyslu nebo zkrácení tras lodí. Většinou jsou tvořeny v nejužších částech pevniny oddělující dvě moře nebo dva oceány. Jako příklad lze uvést Suezský nebo Panamský průplav.
- Přírodní (řeky, potoky) – Přirozené odvody povrchové vody od pramenů dále do říční sítě (6, s. 15).

- b) Stojaté vody

- Antropogenní (rybníky, přehrady, nádrže) – Jsou uměle vytvořené člověkem většinou na přirozeně tekoucích vodách jako prostor pro rekreaci, rybářství, vodní energetiku, vodní dopravu, zadržování vody, regulace odtoku nebo zdroj vody pro čerpání do závlahových systémů. V České republice existuje síť přehrad známá jako Vltavská kaskáda vystavěna jako ochrana hlavního města Prahy před povodní (7, s. 90).
- Přírodní (jezera, moře, oceány) – Moře a oceány tvoří 71 % zemského povrchu. Jezera jsou tvořena přírodní kumulací vody z pramenů. Pokud nemá jezero přítok, tak se může jednat o tzv.

skrytý pramen, který vyvěrá přímo na dně jezera. V České republice existují dvě jezera – Černé a Čertovo (8).

### 2.2.1 Odtok povrchové vody

Povrchová voda pocházející z kapalných nebo pevných atmosférických srážek, pramenů, nebo i ledovců na pevnině tvoří říční síť, kterými odtéká do moří. Vliv na odtok této sladké vody mají především klimatické podmínky (srážky, sucho) nebo tvar říční sítě spolu s reliéfem krajiny.

V případě vydatných dešťových srážek je nutné kalkulovat s možností povodně a tak je potřeba vypočítat možné průtoky, doby kulminací toků nebo předpovědět potenciálně zasažitelné oblasti. V případě velkého sucha a minimálních dešťových srážek dochází k poklesu hladiny podzemní vody, vysychání pramenů a zdrojů pitných vod (4, s. 180-183).

Uměle vytvořená říční síť usnadňuje odtok povrchové vody. V minulosti byly takto upravovány říční sítě především napřimováním a vyhlubováním koryt. To sice vedlo k dobrému odtoku při vydatných deštích, avšak docházelo tím k povodním v nížinách. Samotná umělá úprava toků vykonávaná převážně v druhé půli 20. století měla až devastační vliv na přítomné ekosystémy a samočisticí schopnost vody v upravovaných úsecích. V dnešní době je podporována tzv. revitalizace, což je snaha o navrácení řek do svých původních koryt (9).

## 2.3 Podpovrchová voda

Podpovrchové vody jsou částí hydrosféry situovanou pod zemský povrch. Jsou velmi důležité, protože jsou esenciální pro život rostlin a vegetace a jsou také zatím největším zdrojem pitné vody na světě. Jsou člověkem využívány také například v průmyslu, zdravotnictví, zemědělství nebo k rekreačním účelům. Podpovrchová voda je čím dál, tím více důležitá a je také více využívána pro vyšší čistotu než může nabídnout voda povrchová. Na druhou stranu nadměrné množství podpovrchové vody dokáže uškodit.

Snadno pak dochází k podmáčení terénu, což eliminuje možnost výstavby nebo využití po zemědělské stránce.

Tvorba a přítomnost podpovrchových vod v přírodě je závislá na okolním prostředí tzn., že míra výskytu je dána horninovou skladbou. Vznik podpovrchové vody je nejčastěji zajišťován průsaky vody povrchové. Vznikají tak tzv. „vádózní vody“. Jen malé procento vzniká zkapalněním podzemních vodních par. Za předpokladu, že se tato voda nezúčastní oběhu, pak nese název „juvenilní voda“.

Prosakování povrchové vody a oběh vody v půdě a zvodněných horizontech je konáno působením sil. Tyto síly se dělí na vnitřní a vnější, kde vnitřní síly jsou osmotické nebo absorpční síly, které vznikly aktivitou mezimolekulárních sil fázových složek, protože půda se chová jako trojfázový systém. Vnitřní síly jsou v zemině uplatňovány do kteréhokoliv směru a hodnota sil se mění ve velkém intervalu. Vnější síly zastupuje například gravitační síla Země, atmosférický tlak, ale i náhodně vytvořený tlak. Gravitace je na rozdíl od vnitřních sil stálá a působí směrem kolmo dolů. Míru zadržetí vody v půdě určuje výsledný vektor po seskládání všech vektorů jednotlivých různým směrem působících sil.

### 2.3.1 Půdní voda

Nachází se v půdním profilu. Půdní vodu dělíme na 3 skupiny pojmenované podle sil, které na ni působí:

- a) Adsorpční půdní voda – Je silně poutána horninovými částicemi. Vlastnosti jsou jiné než má nevázaná voda. Na rozdíl od volné vody je hodnota její hustoty nižší než 1, dále je snížena hodnota její dielektrické konstanty a hodnota bodu mrznutí. Postrádá schopnost rozpouštět elektrolyty. V přírodě se vyskytuje hlavně jako vodní pára, jejíž transport je závislý na desorpci tam, kde je půda vlhčena více a na absorpci tam, kde je půda vlhčena méně.
- b) Kapilární půdní voda – Je to voda, jejíž vazba na částice půdy, pohyblivost a vlastnosti podléhají účinku kapilárních sil, které

převládají nad silami adsorpčními. Kapilární síly se vytvářejí na rozhraní pevné, kapalné a plynné fáze zeminy. Existuje několik druhů kapilárních sil, jejichž výskyt je závislý na vlhkosti a struktuře horniny.

- c) Gravitační půdní voda – Při dalším nárůstu množství vody v půdě se přímo úměrně zvětšuje hmotnost kapilární vody. Voda obsažená v půdě při dosažení stavu, kdy začne převažovat tíha vody na úkor kapilárních sil, se nazývá gravitační půdní voda.

### 2.3.2 Podzemní voda

Podzemní voda nejčastěji představuje rezervoár vody vytvořený průsaky gravitační půdní vody a vod povrchových, které narazí na dále neprostupnou horninu. Podzemní voda se ve většině případů nachází ve vrstvách tvořených sypkými písky nebo celistvějšími sedimenty a tvoří zde jednotnou hladinu. Tyto úrovně jsou nazývány jako vodonosné vrstvy nebo vodní horizonty. Jsou uloženy nad dalšími nepropustnými sférami, které tvoří izolační podloží. Kolmý úsek hladiny podzemní vody od neprodyšného podloží se nazývá mocnost horizontu.

Podzemní voda je schopna vystupovat na povrch buď ve formě pramenů, nebo při zaplavení povrchu půdy. Pokud ovšem na povrch nevystupuje, tak je důležité průběžné sledování jejího množství pod povrchem. Většinou stačí jednoduchý lokální průzkum, ale občas je pro získání informací potřeba použít složitější metody. V údolích, která obklopují koryta řek je většinou přítomnost podzemní vody více než jistá a lze zde odhadnout hloubku podzemní vody z druhu přítomné vegetace.

Při určování hladiny podzemní vody ve větších hloubkách je základem využití všech dostupných informací o horninovém podloží, vrstvách a drahách, kterými může být voda vedena (4)



### *2.3.2.1 Prameny*

Místo, kde přírodně vyvěrá podzemní voda z horninového podloží na zemský povrch, se nazývá pramen. V případě vhodných hydrogeologických podmínek může vzniknout vodní tok, který odvádí vytékající vodu dál do povodí (8, s. 52). Prameny lze dělit do více skupin podle různých kritérií. Nejčastěji však podle způsobu výtoku na sestupné, výstupné nebo přelivné. Dále například podle teploty na studené a teplé atd. V České republice existuje sledovací síť, která sleduje základní vlastnosti jako teplotu, pH a vydatnost. Vydatnost udává zásobu, akumulační schopnost nebo závislost na atmosférických srážkách (4, s. 174)

### 3 DŘEVNICE

Dřevnice, jakožto jediný levostranný přítok řeky Moravy v okrese Zlín, měří 42,3 km. Plocha povodí je 434,6 km<sup>2</sup>. Pramení v jižní části Hostýnských vrchů v nadmořské výšce 551 m asi 3 km od obce Držková. U obce Kašava ústí do Slušovické vodní nádrže, ze které pak vytéká a pokračuje v toku přes stejnojmennou obec. Dřevnice protéká obcemi Držková, Kašava, Slušovice, Lípa, Želechovice nad Dřevnicí a městy Zlín a Otrokovice. V Otrokovicích se vlévá do řeky Moravy v nadmořské výšce 182 m. n. m. (10). Průměrný průtok vody je 1,37 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>. Průměrná výška hladiny činí 28,5 cm (11).

V řece Dřevnici se velmi daří rybám. Je největším lovištěm Parmy obecné v České republice. Lze tu narazit na Kapra obecného, Štiku obecnou nebo na Ostroretku stěhovavou. V Dřevnici žili před rokem 1998, podle místních rybářů, i dva sumci. Ale nyní je hladina tak nízko, že by neměli prostor k životu. Byl potvrzen i výskyt několika druhů ryb, které se zde ještě před dvaceti lety nevyskytovaly. Těmi jsou Bolen dravý, Jelec proutník nebo Ouklejka pruhovaná (12).

#### 3.1 Přítoky

Do řeky Dřevnice se z pravé strany ve směru po proudu toku vlévá Červenka, Vlčkovský potok, Ostratka, Chlumský potok, Fryštácký potok, Pasecký potok, Habrůvka, Prštenský potok, Racková, Hostišovský potok, Machovka a z levé strany je hlavním přítokem říčka Lutoninka, dále pak Kudlovský potok, Všeminka, Trnávka a Černý potok (10).

#### 3.2 Monitoring a ochrana před povodní

Město Zlín v roce 1997 zažilo několikanásobné vylití Dřevnice z koryta a následně největší záplavy od roku 1991. Řeka Dřevnice při nich měla průtok až 270 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>. Proto se od té doby stále pracuje na vývoji a modernizaci protipovodňových opatření. Nyní má město Zlín k dispozici několik prvků obrany před vodním živlem. Jedním z nich jsou systémy včasného varování, kamery a nově zavedené laserové měření hladiny řeky

Dřevnice a Fryštáckého potoka, které má za úkol monitorovat výšku hladiny a odesílat údaje do on-line veřejného systému. Nejnovějším ochranným prostředkem je rozmístění dvou srážkoměrů pro měření množství a intenzity srážek v městských částech Lužkovice a Prštné. Srážkoměry jsou také automatizované a odesílají údaje do on-line veřejného systému (13).

## 4 JAKOST VODY

Při hodnocení vody jako využitelné suroviny je důležitějším kritériem její jakost. Kvalita je důležitá při využití vody v průmyslu, k rekreaci, v potravinářství nebo zemědělství. Voda jakožto univerzální rozpouštědlo do určité míry rozpouští většinu anorganických a organických látek. Ve vodě dále žijí mikroorganismy, které se mohou podílet na kolísání kvality vody (7).

Jakost povrchových vod se hodnotí podle ČSN 75 7221. Kvalita vody se rozděluje do pěti jakostních tříd:

- I. třída jakosti – Čistá voda – Voda využitelná téměř ve všech odvětvích. Vhodná pro vodárenství, průmysl požadující vysokou jakost vody např. potravinářský, chov lososů nebo rekreace.
- II. třída jakosti – Mírně znečištěná voda – Použitelná k chovu ryb, pro vodárenské účely, rekreaci, chladicí vody pro průmysl a energetiku.
- III. třída jakosti – Znečištěná voda – Je využitelná pouze průmyslem (chladicí vody, transport, zdroj energie).
- IV. třída jakosti – Silně znečištěná voda – Po přečištění vhodná pouze pro průmysl.
- V. třída jakosti – Velmi silně znečištěná voda – Patří zde splaškové vody, které jsou nevyužitelné (1, s. 106).

### 4.1 Znečištění vod

Znečištění vod lze rozdělit podle mechanismu, jakým znečišťující látky působí a vlastností, které se na tom podílí, na primární a sekundární znečištění. Podzemní vody jsou nejčastěji znečišťovány plošným prostupem (splachy, prosakování) polutantu do rezervoáru podzemní vody. Povrchové vody jsou znečišťovány bodově (průmyslové a odpadní vody).

#### 4.1.1 Primární znečištění

Způsobují jej látky, které jsou obsaženy v odpadní vodě. Dále se dělí na druhy znečištění podle toho, co jej způsobuje:

- Inertní materiály – půda, minerály
- Organické látky – Zabraňují kyslíku v absorpci do vody, znehodnocují organoleptické vlastnosti vody a ve vyšší koncentraci jsou toxické pro vodní faunu a floru.
  - Přírodní – huminové a fulvinové kyseliny, splašky
  - Umělé – produkty rozkladu ropy, fenoly, pesticidy, detergenty
- Anorganické látky – Zvyšují obsah solí ve vodě (NaCl, CaCl<sub>2</sub>, MgCl<sub>2</sub>). Zvyšují míru sekundárního znečištění (fosforečnany, dusičnany). Mají schopnost zvyšovat nebo snižovat pH (amoniak, zásady, kyseliny) nebo jsou toxické (těžké kovy).
- Bakterie – Rozmnožení mikroorganismů, které mohou být původci nebo nosiči nemocí a patogenů.
- Radioaktivita – tzv. radonové vody

#### 4.1.2 Sekundární znečištění

Zpravidla je způsobeno rozmnožením organismů, které je následkem dodání nadměrného množství látek potřebných pro jejich život. Nejběžnější příklad sekundárního znečištění je tzv. eutrofizace vod. Což znamená náhlé rozmnožení řas a sinic po dodání nadměrného množství dusíku a fosforu nejčastěji ve formě dusičnanů a fosforečnanů. Eutrofizace má devastující dopad na mnoho ekosystémů, jelikož způsobuje pokrytí vodní hladiny a tím nedostatek kyslíku pro ve vodě žijící organismy. Proto je nutné chránit ekosystémy kontinuální kontrolou znečištění, ať už se jedná o zemědělské, průmyslové nebo komunální (1, s. 106-107).

## 5 ORGANICKÝ UHLÍK A CELKOVÝ DUSÍK

### 5.1 Organický uhlík (TOC)

Organický uhlík je důležitý ukazatel jakosti vod. Následkem zvýšení této charakteristiky je negativní dopad na ekosystém – základní funkční jednotku přírody. Zvýšení koncentrace TOC je důsledkem minimalizace obsahu kyslíku ve vodě a růstu anaerobních organismů, pro které je nízký obsah kyslíku kladem. Některé anaerobní mikroorganismy mají schopnost přetvářet sírany uložené v kalech a sedimentech na sulfan. Sulfan je silně zapáchající plyn, toxický pro zbylé aerobní vodní organismy, kterým se podařilo přežít v téměř anaerobním prostředí. Takovéto anaerobní vody bez života jsou charakteristické pro vysoké znečištění organickým uhlíkem a jsou nebezpečné pro rostliny a živočichy, kteří žijí v těsné blízkosti. Tyto situace se nevyskytují pouze v malém měřítku, ale velkým problémem jsou i při pobřežích zemí třetího světa, kde jsou všechny odpady vypouštěny přímo do moří. Takto vypouštěné odpady způsobují vážnou anaerobizaci.

Organický uhlík je sumou všech organických uhlikatých sloučenin (i těch, které jsou produkty přírodních metabolických pochodů). Jeho vysoký obsah ve vodě je pro civilizaci krajně nežádoucí jev. Vody s vysokým obsahem TOC nelze použít jako zdroje pitných vod. Dochází zde k odumírání ekosystémů, flory, fauny a nelze tyto vody použít jako místo k rekreaci.

Zdrojem emisí jsou nejčastěji odtoky ze zemědělsky využívaných ploch, výluhy ze špatně udržovaných skládek, zbytky jídla, splaškové vody nebo odpadní vody z potravinářství (14).

### 5.2 Celkový dusík (TN)

Celkový dusík je základním ukazatelem kvality povrchových vod. Vyjadřuje součet koncentrací všech sloučenin obsahujících organicky nebo anorganicky vázaný dusík, tj. dusík obsažený v  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  (15).

Hlavní důvod proč se celkový dusík stanovuje, je následné stanovení látkové dusíkové bilance vod. Dusíkaté látky jsou nejvíce využívány jako hnojiva nebo při výrobě výbušnin. Zdroje dusíku ve vodách tvoří vymývání dusíkatých hnojiv z půdy, splaškové vody, schopnost některých mikroorganismů vázat dusík a v neposlední řadě atmosférická depozice oxidů dusíku jakožto produktů spalování fosilních paliv.

Amoniakální dusík je bakteriemi ve vodách přeměňován na dusitany a na dusičnany. Je zde určitá závislost na pH vody, protože v podobě  $\text{NH}_3$  je vysoce toxický pro ryby, ale jako  $\text{NH}_4^+$  nikoliv. Jeho výskyt značí znečištění fekáliemi. Vysoký obsah dusičnanů a dusitanů je specifický pro podzemní vody vyskytující se u borových lesů, kde půda obsahuje kmeny bakterií schopných vázat dusík a kmeny nitrifikačních bakterií.

Pro člověka dusíkaté sloučeniny představují problém v tom, že se mohou vzájemně transformovat. Nitrifikací amoniakálního dusíku mohou vznikat dusičnany, které jsou schopny se ve střevech měnit na dusitany. Dusitany jsou obzvláště nebezpečné pro kojence ve věku do 3 měsíců. Váží se na hemoglobin za vzniku methemoglobinu, který je neschopný vázat a transportovat kyslík. Dále jsou dusitany schopny v prostředí o pH nižším než 6 reagovat se sekundárními aminosloučeninami na N-nitrosaminy. Z nichž někteří zástupci jsou klasifikováni jako potenciálně karcinogenní. Negativní dopad zvýšené koncentrace dusíku v povrchových vodách nastává v podobě eutrofizace vod. Z toho plyne zničení rekreačních oblastí přemnoženými řasami a sinicemi (16).

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**



## 6 PŘÍPRAVA ROZTOKŮ POTŘEBNÝCH PRO VLASTNÍ STANOVENÍ

### 6.1 Příprava zásobních roztoků

#### Zásobní roztok organického uhlíku „ZR-OC“

(koncentrace: 1000 mg l<sup>-1</sup> OC)

Hydrogenftalan draselný se suší do konstantní hmotnosti při 110 °C. V množství 1,06271 g se rozpustí v demineralizované vodě neobsahující oxid uhličitý a doplní se na 0,5 l.

#### Zásobní roztok anorganického uhlíku „ZR-IC“

(koncentrace: 1000 mg l<sup>-1</sup> IC)

Uhličitán sodný sušený při 280 °C do konstantní hmotnosti v množství 2,20613 g a hydrogenuhličitán sodný sušený při 95 – 100 °C v množství 1,74858 g se rozpustí v demineralizované vodě neobsahující oxid uhličitý. Doplní se na 0,5 l.

#### Zásobní roztok síranu amonného „ZR-NH<sub>4</sub>“

(koncentrace: 1000 mg l<sup>-1</sup> N)

Síran amonný se v množství 0,471704 g rozpustí v demineralizované vodě neobsahující oxid uhličitý a doplní se na 0,1 l.

#### Zásobní roztok dusičnanu amonného „ZR-NO<sub>3</sub>“

(koncentrace: 1000 mg l<sup>-1</sup> N)

Dusičnan draselný se v množství 0,72189 g rozpustí v demineralizované vodě neobsahující oxid uhličitý a doplní se na 0,1 l.

#### Zásobní roztok kyseliny nikotinové „ZR-NA“

(koncentrace: 50 mg l<sup>-1</sup> N)

Kyselina nikotinová se v množství 0,08789 g rozpustí v demineralizované vodě neobsahující oxid uhličitý a doplní se na 0,2 l. Tento roztok obsahuje 257,25 mg l<sup>-1</sup> OC.

**Kontrolní standard kyseliny nikotinové „KS-NA10“****(koncentrace: 10 mg l<sup>-1</sup> N)**

Vyrobí se zředěním 5 ml připraveného roztoku kyseliny nikotinové do 25 ml odměrné baňky. Tento roztok obsahuje 51,45 mg l<sup>-1</sup> OC (17).

**6.2 Příprava pracovních roztoků****Pracovní roztok anorganického uhlíku „PR-IC“****(koncentrace: 100 mg l<sup>-1</sup> IC)**

Připraví se naředěním 0,025 l zásobního roztoku anorganického uhlíku „ZR-IC“ v 0,25 l odměrné baňce. Doplní se demineralizovanou vodou bez oxidu uhličitého po rysku.

**Pracovní roztok „PR-OCN“ vázaného dusíku a organického uhlíku  
(koncentrace 40 mg l<sup>-1</sup> N a 100 mg l<sup>-1</sup> OC)**

Připraví se naředěním zásobních roztoků „ZR-OC“, „ZR-NH<sub>4</sub>“ a „ZR-NO<sub>3</sub>“. Do odměrné baňky o objemu 250 ml se přidá 25 ml roztoku „ZR-OC“, 5 ml roztoku „ZR-NH<sub>4</sub>“ a 5 ml roztoku „ZR-NO<sub>3</sub>“. Obsah se doplní po rysku demineralizovanou vodou, která neobsahuje oxid uhličitý.

**6.3 Příprava kalibračních roztoků****Kalibrační roztoky vázaného dusíku a organického uhlíku**

Připraví se naředěním pracovního roztoku vázaného dusíku a organického uhlíku „PR-OCN“ v 0,1 l odměrných baňkách demineralizovanou vodou neobsahující oxid uhličitý.

**Kalibrační roztoky anorganického uhlíku**

Připraví se naředěním pracovního roztoku anorganického uhlíku „PR-IC“ v 0,1 l odměrných baňkách demineralizovanou vodou neobsahující oxid uhličitý (17).

## 7 POUŽITÁ ZAŘÍZENÍ A CHEMICKÉ LÁTKY

### 7.1 Chemické látky

Tab. 1.: Chemické látky použité pro kalibraci a analýzu

Chemikálie	Sumární vzorec	Mr [g.mol <sup>-1</sup> ]	Dodavatel
Uhličitan sodný p.a.	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	105,99	Lachema a.s., Česká republika
Hydrogenuhlíčan sodný p.a.	NaHCO <sub>3</sub>	84,01	Lachema a.s., Česká republika
Hydrogenftalan draselný p.a.	C <sub>8</sub> H <sub>5</sub> O <sub>4</sub> K	204,22	Lachema a.s., Česká republika
Dusičnan draselný p.a.	KNO <sub>3</sub>	101,10	Ing. Petr Lukeš, Uherský brod
Síran amonný p.a.	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	132,14	Ing. Petr Lukeš, Uherský brod
Dusitan sodný p.a.	NaNO <sub>2</sub>	68,99	Ing. Petr Lukeš, Uherský brod
Kyselina nikotinová p.a.	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NO <sub>2</sub>	123,12	Merck
Kyslík (99,9%)	O <sub>2</sub>	31,98	Linde Gas a.s.
Syntetický vzduch uhlovodíků prostý	-	28,75	Linde Gas a.s.
Dusík	N <sub>2</sub>	28,01	Linde Gas a.s.
Kyselina chlorovodíková (35%)	HCl	36,46	Ing. Petr Lukeš, Uherský brod
Kyselina fosforečná (20%)	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	98,00	Ing. Petr Lukeš, Uherský brod

## 7.2 Instrumentace

K analýze vody z řeky Dřevnice a jejich přítoků bylo použito následujících přístrojů:

- a) Analyzátor celkového dusíku Formacs<sup>NT</sup>
- b) Analyzátor celkového organického uhlíku Formacs<sup>HT</sup>
- c) pH/mV metr typu inoLAB pH/ION 735
- d) Stolní centrifuga typu Rotanta 460R

Při analýze celkového dusíku a celkového organického uhlíku bylo měřeno s variačním koeficientem menším než 2 %. Pokud hodnota nepřesáhla stanovenou mez, tak byl každý vzorek měřen třikrát. V případě překročení variačního koeficientu 2 % bylo provedeno ještě 1 až 2 měření. Výsledná hodnota byla průměrem třech měření o variačním koeficientu menším než 2 %.

## **8 PRINCIP URČENÍ ANORGANICKÉHO UHLÍKU, ORGANICKÉHO UHLÍKU A CELKOVÉHO DUSÍKU**

### **8.1 Stanovení anorganického uhlíku ve vodě z řeky Dřevnice**

Mezi ty přesnější a častěji používané způsoby analýzy anorganického uhlíku patří převod na oxid uhličitý v plynné fázi. Vzorek obsahující anorganický uhlík je nastříknut v proudu kyslíku (20 %) do kyseliny fosforečné, kterou je vytěsněn oxid uhličitý. Ten je veden nosným plynem přes kondenzátor vody do měrné kyvety infračerveného nedisperzního detektoru. Signál vzniklý pohlcením (absorpcí) světla dané vlnové délky je přes software přenášen do počítače a zaznamenáván jako pík, jehož plocha je přímo úměrná množství anorganického uhlíku ve vzorku. Anorganický uhlík je obsažen v povrchové vodě ve formě hydrogenuhličitanů, uhličitanů, kyseliny uhličitě a oxidu uhličitého. Forma, ve které se oxid uhličitý vyskytuje, je závislá na hodnotě pH.

### **8.2 Stanovení celkového organického uhlíku ve vodě z řeky Dřevnice**

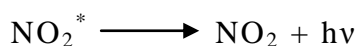
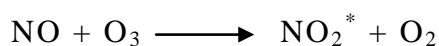
Stanovení organického uhlíku je v nejvyšší míře prováděno tzv. suchou cestou. Podstatou tohoto stanovení je detekce oxidu uhličitého, který vznikne katalytickým spálením vzorku obsahujícího organický uhlík. Katalyzátorem je zde oxid kobaltnato-kobaltitý. Vzorek je dávkován do spalovací trubice a je spálen při 950 °C v proudu syntetického vzduchu. Vzniklý oxid uhličitý je veden do detektoru, kterým je zde infračervený nedisperzní detektor. Pohlcením světla vzniká signál. Ten je registrován jako pík, jehož plocha je úměrná množství vzniknuvšího oxidu uhličitého. Často vzorek obsahuje i anorganický uhlík, který je termicky převeden na oxid uhličitý a na konci stanovení se musí odečíst, abychom získali množství organického uhlíku ve vzorku.

Při vysokých poměrech koncentrací anorganického uhlíku ke koncentracím organického uhlíku je nutno před analýzou vzorek okyselit

kyselinou chlorovodíkovou a vyfoukat dusíkem. Dojde k odstranění anorganického uhlíku a ve vzorku je již přítomen pouze organický uhlík.

### 8.3 Určení celkového dusíku ve vodě z řeky Dřevnice

Ke stanovení celkového dusíku je využito katalytického spalování a termického rozkladu látek, ve kterých je obsažen dusík. Konečným produktem je oxid dusnatý. Oxid dusnatý reaguje v reakční komoře s generovaným ozonem. Produktem reakce jsou fotony, které jsou měřeny fotonásobičem. Tato metoda stanovení je též nazývána oxidačním suchým způsobem. Díky katalytickému průběhu lze určit 100 % dusíku, který je obsažen v dusičnanech, dusitanech a amoniaku. Ideální teplotou pro spalování je 950 °C. Katalyzátorem je oxid kobaltnato-kobaltitý. Za této situace je upřednostňována tvorba oxidu dusnatého, nezáleží při tom na chemické vazbě sloučenin dusíku ve vzorku. Výhodou je, že i dusičnany a dusitany jsou převáděny na oxid dusnatý. Získaný oxid dusnatý (vzorek) je veden nosným plynem přes membránovou sušičku do chemiluminiscenčního detektoru umístěného za nedisperzním infračerveným detektorem. Tento detektor je složen z generátoru ozonu a reakční komory o speciální konstrukci pro reakci ozonu s oxidem dusnatým na oxid dusičitý v excitovaném stavu. Je emitováno záření a fotony jsou měřeny fotonásobičem. Signál z fotonásobiče je kontinuálně převáděn do počítače a vyhodnocován příslušným softwarem (17).



## 9 ODBĚROVÁ MÍSTA, VZORKOVÁNÍ

Bylo vybráno 6 odběrových (Obr. 1) míst tak, aby bylo možné změřit množství stanovovaných látek v největších přirozených přítocích a v Dřevnici v městské části Zlína. Vybrán byl Fryštácký potok, Kudlovský potok a Pasecký potok. Dále byly odebírány vzorky z Dřevnice vždy 30 m před soutokem se jmenovanými přítoky. U přítoků byla vzdálenost od soutoku závislá na přístupových podmínkách. U Fryštáckého potoku je to 10 m, u Kudlovského potoka 5 m a u Paseckého potoka 30 m.

Odběr byl prováděn vždy ráno mezi 7:00 a 8:00 hodinou periodicky jedenkrát za týden v období od 13. února 2014 do 22. dubna 2014. Vzorky byly odebírány do čistých označených lahví a byly analyzovány v den odběru. Celkově bylo odebráno 10 vzorků z každého odběrového místa.



Obr. 1.: Mapa odběrových míst

- A – Fryštácký potok
- B – Dřevnice před soutokem s Fryštáckým potokem
- C – Kudlovský potok
- D – Dřevnice před soutokem s Kudlovským potokem
- E – Pasecký potok
- F – Dřevnice před soutokem s Paseckým potokem

Tab. 2.: GPS souřadnice odběrových míst

Pozice	GPS souřadnice	
A	N: 49°13'47.693"	E: 17°40'49.040"
B	N: 49°13'47.401"	E: 17°40'50.768"
C	N: 49°13'49.567"	E: 17°40'15.904"
D	N: 49°13'49.816"	E: 17°40'16.511"
E	N: 49°13'39.365"	E: 17°39'10.710"
F	N: 49°13'39.563"	E: 17°39'27.980"

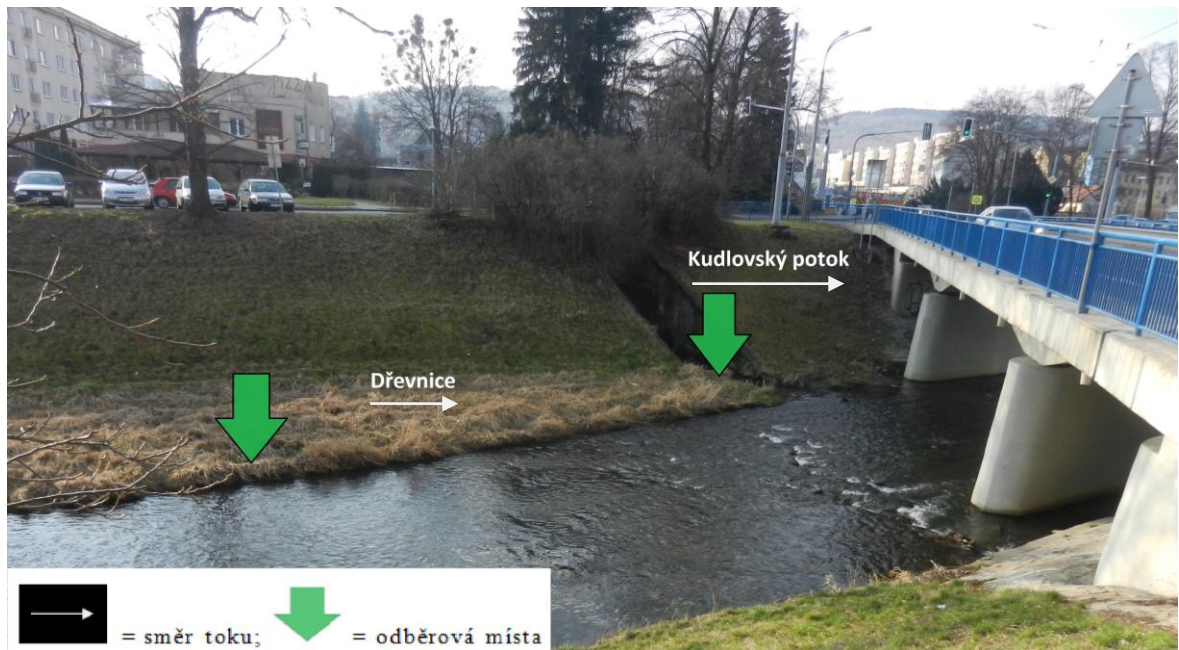
Souřadnice GPS (Tab. 2) byly u každého z deseti odběrů identické, protože byla určena stabilní odběrová místa. Odebírán byl vždy bodový vzorek povrchové vody z hloubky 15 cm pod hladinou. Vzorek byl odebírán manuálně do připravených PET lahví o objemu 500 ml.

## 9.1 Fotodokumentace odběrových míst

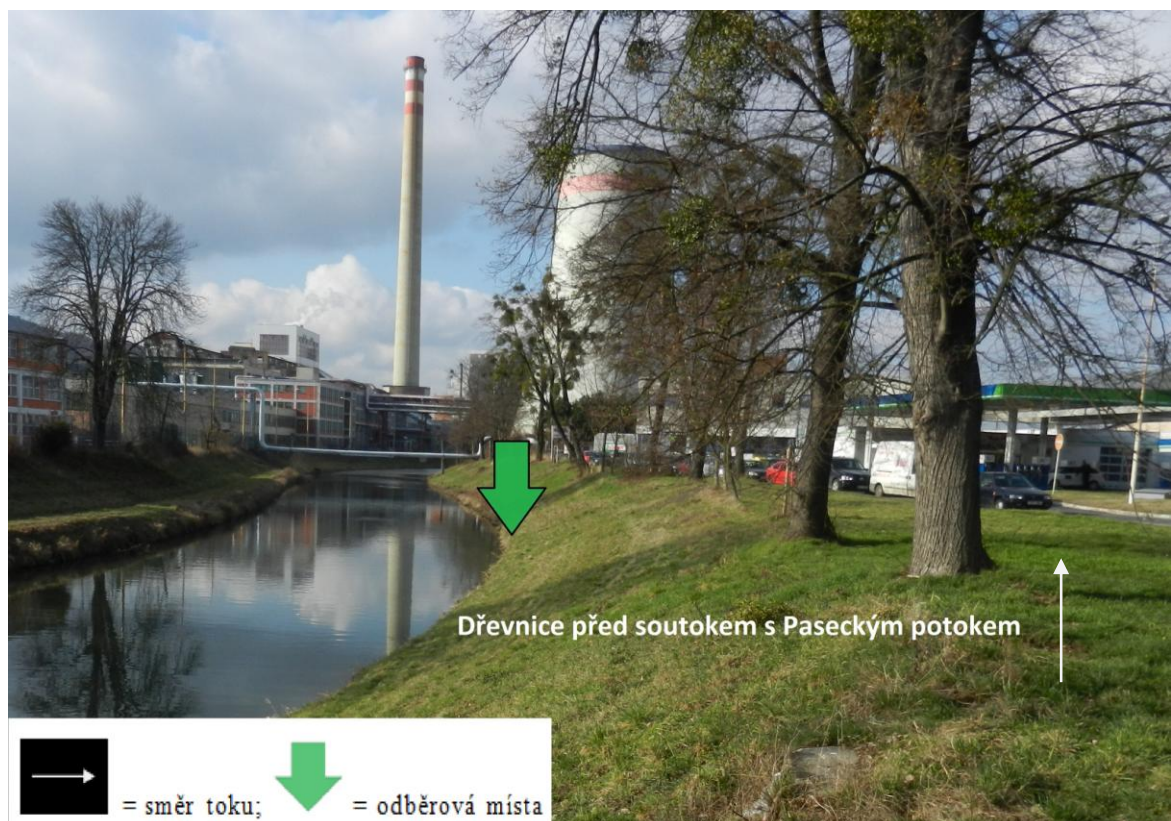


Obr. 2.: Ústí Fryštáckého potoka do Dřevnice

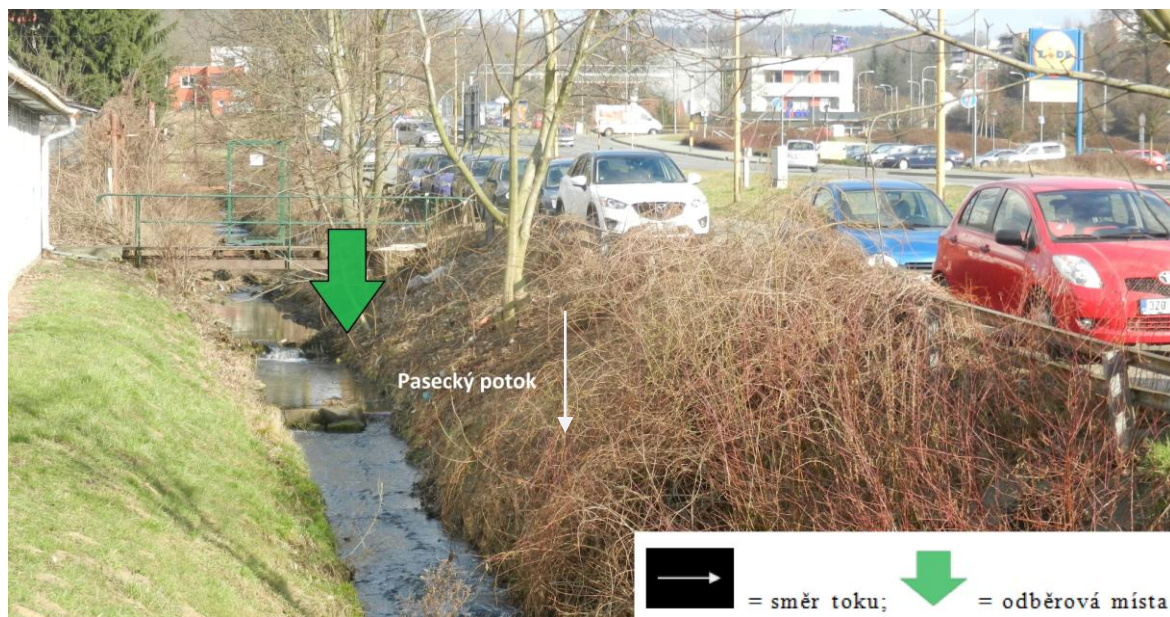




*Obr. 3.: Ústí Kudlovského potoka do Dřevnice*



*Obr. 4.: Dřevnice před soutokem s Paseckým potokem*



*Obr. 5.: Pasecký potok*

## 10 NAMĚŘENÉ HODNOTY

Tab. 3.: Naměřené hodnoty pro odběrové místo – Fryštácký potok

Datum	Fryštácký potok			
	TC [mg l <sup>-1</sup> ]	IC [mg l <sup>-1</sup> ]	TOC [mg l <sup>-1</sup> ]	TN [mg l <sup>-1</sup> ]
13.2.	27,02	15,92	11,1	3,63
20.2.	29,00	26,69	2,31	4,51
25.2.	36,33	33,86	2,47	3,68
6.3.	42,43	39,48	2,95	3,66
13.3.	44,83	42,15	2,68	3,22
20.3.	49,77	46,33	3,44	2,85
27.3.	52,12	48,37	3,75	2,48
3.4.	50,89	46,96	3,93	2,34
15.4.	49,04	43,76	5,28	5,79
22.4.	58,14	52,90	5,24	2,08

Tab. 4.: Naměřené hodnoty pro odběrové místo – Kudlovský potok

Datum	Kudlovský potok			
	TC [mg l <sup>-1</sup> ]	IC [mg l <sup>-1</sup> ]	TOC [mg l <sup>-1</sup> ]	TN [mg l <sup>-1</sup> ]
13.2.	25,14	23,05	2,09	4,3
20.2.	38,83	37,51	1,32	4,19
25.2.	48,99	47,62	1,37	4,11
6.3.	52,47	51,06	1,40	3,67
13.3.	48,87	46,81	2,07	2,96
20.3.	52,18	49,99	2,19	2,91
27.3.	56,07	53,13	2,94	2,82
3.4.	49,53	46,74	2,80	2,19
15.4.	49,48	46,70	2,78	2,06
22.4.	53,81	51,65	2,16	4,00

Tab. 5.: Naměřené hodnoty pro odběrové místo – Pasecký potok

Datum	Pasecký potok			
	TC [mg l <sup>-1</sup> ]	IC [mg l <sup>-1</sup> ]	TOC [mg l <sup>-1</sup> ]	TN [mg l <sup>-1</sup> ]
13.2.	25,26	23,49	1,77	7,51
20.2.	46,17	44,41	1,76	3,34
25.2.	56,78	55,01	1,77	2,89
6.3.	61,12	59,39	1,73	2,69
13.3.	66,64	64,40	2,24	2,86
20.3.	68,66	66,60	2,07	2,51
27.3.	71,88	69,42	2,46	2,60
3.4.	73,12	70,43	2,69	2,34
15.4.	69,59	66,95	2,64	2,39
22.4.	77,42	75,27	2,15	3,53

Tab. 6.: Naměřené hodnoty pro odběrové místo – Dřevnice před soutokem s Fryštáckým potokem

Datum	Dřevnice před soutokem s Fryštáckým potokem			
	TC [mg l <sup>-1</sup> ]	IC [mg l <sup>-1</sup> ]	TOC [mg l <sup>-1</sup> ]	TN [mg l <sup>-1</sup> ]
13.2.	19,32	17,3	2,02	4,98
20.2.	40,14	38,01	2,13	4,76
25.2.	51,99	50,49	1,5	3,06
6.3.	58,98	57,09	1,89	2,70
13.3.	60,97	58,74	2,23	2,49
20.3.	58,27	55,61	2,66	2,81
27.3.	65,37	63,13	2,25	2,54
3.4.	65,69	62,75	2,93	2,34
15.4.	63,78	61,12	2,66	2,81
22.4.	73,09	69,46	3,63	2,10

Tab. 7.: Naměřené hodnoty pro odběrové místo – Dřevnice před soutokem s Kudlovským potokem

Datum	Dřevnice před soutokem s Kudlovským potokem			
	TC [ $\text{mg l}^{-1}$ ]	IC [ $\text{mg l}^{-1}$ ]	TOC [ $\text{mg l}^{-1}$ ]	TN [ $\text{mg l}^{-1}$ ]
13.2.	24,25	21,16	3,09	5,13
20.2.	38,25	36,66	1,59	3,64
25.2.	50,17	48,58	1,59	3,17
6.3.	54,97	53,09	1,88	2,90
13.3.	59,54	57,42	2,12	2,57
20.3.	58,54	56,23	2,32	2,77
27.3.	66,03	63,19	2,85	2,57
3.4.	65,92	63,31	2,60	2,28
15.4.	66,03	63,18	2,85	2,89
22.4.	72,22	68,71	3,51	2,14

Tab. 8.: Naměřené hodnoty pro odběrové místo – Dřevnice před soutokem s Paseckým potokem

Datum	Dřevnice před soutokem s Paseckým potokem			
	TC [ $\text{mg l}^{-1}$ ]	IC [ $\text{mg l}^{-1}$ ]	TOC [ $\text{mg l}^{-1}$ ]	TN [ $\text{mg l}^{-1}$ ]
13.2.	23,08	19,83	3,25	4,95
20.2.	37,20	35,73	1,47	3,62
25.2.	49,94	48,26	1,68	3,19
6.3.	53,18	52,96	0,21	2,93
13.3.	59,74	57,73	2,01	2,58
20.3.	57,75	55,41	2,34	2,89
27.3.	65,32	62,75	2,57	2,58
3.4.	65,63	62,72	2,91	2,25
15.4.	64,87	62,13	2,74	2,86
22.4.	72,19	68,64	3,55	2,01

Tab. 9.: Statistické vyhodnocení koncentrací organického uhlíku

	TOC					
	FP	KP	PP	DFP	DKP	DPP
Průměr	4,31	2,11	2,13	2,39	2,44	2,27
Medián	3,59	2,13	2,11	2,24	2,46	2,46
$c < 7 \text{ mg l}^{-1}$	9	10	10	10	10	10
$c > 7 \text{ mg l}^{-1}$	1	0	0	0	0	0

Tab. 10.: Statistické vyhodnocení koncentrací celkového dusíku

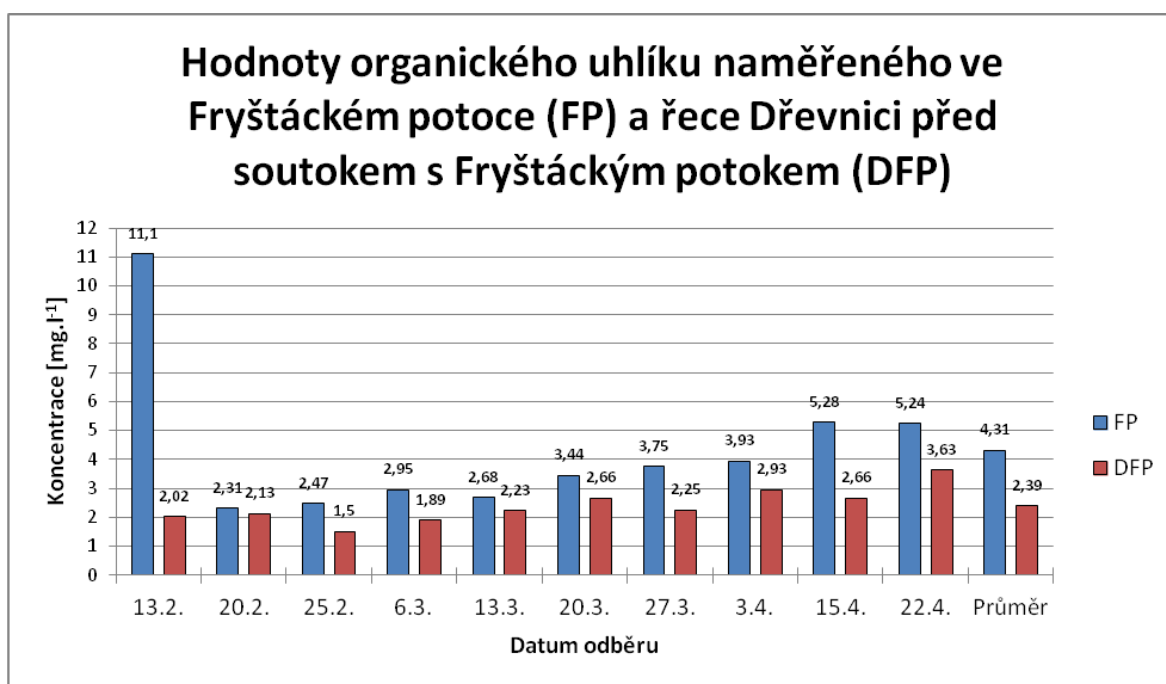
	TN					
	FP	KP	PP	DFP	DKP	DPP
Průměr	3,42	3,32	3,27	3,06	3,01	2,99
Medián	3,42	3,31	2,77	2,75	2,83	2,88
$c < 3 \text{ mg l}^{-1}$	4	5	7	7	7	3
$c > 3 \text{ mg l}^{-1}$	6	5	3	3	3	7

## 11 VYHODNOCENÍ A DISKUZE

### 11.1 Sledování organického uhlíku

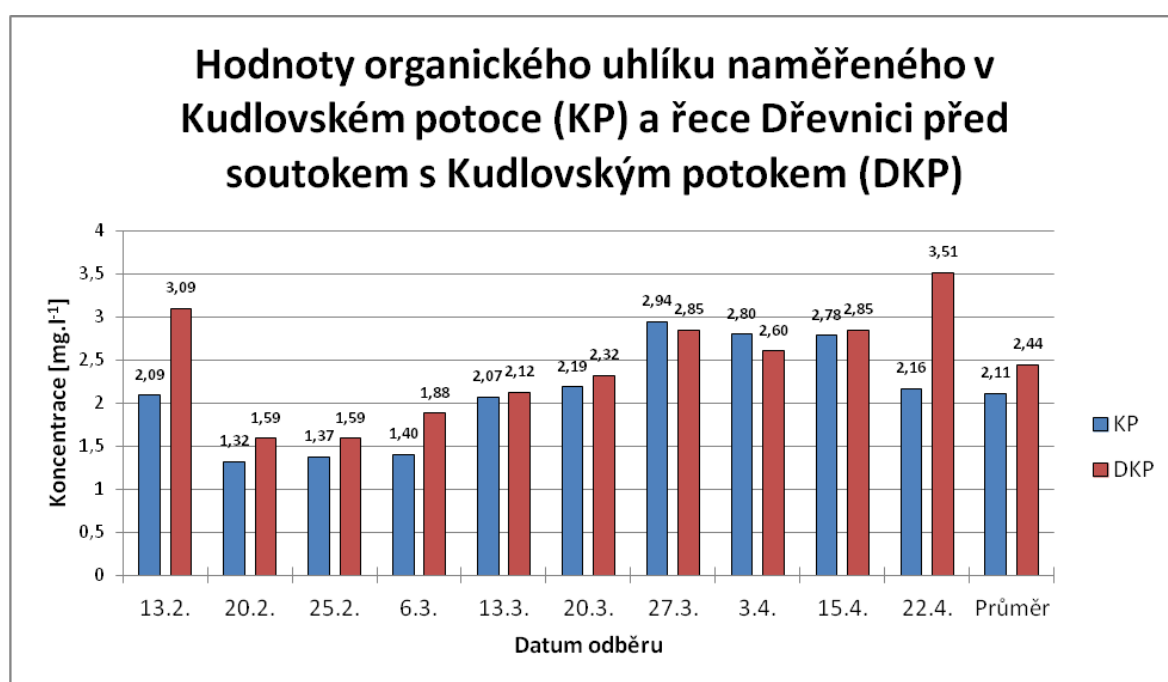
Jak už bylo vysvětleno v bodu 4, jakost povrchové vody se řadí do pěti tříd jakosti. Každá z těchto tříd má určené limity pro hodnotu organického uhlíku a podle nich se také dělí. Limitní hodnoty pro organický uhlík udává norma „ČSN 75 7221 – Klasifikace jakosti povrchových vod“ z roku 1998.

- I. třída – neznečištěná voda ( $c_{\text{TOC}} < 7 \text{ mg l}^{-1}$ ).
- II. třída – mírně znečištěná voda ( $c_{\text{TOC}} = 7 \text{ až } 10 \text{ mg l}^{-1}$ ).
- III. třída – znečištěná voda ( $c_{\text{TOC}} = 10 \text{ až } 16 \text{ mg l}^{-1}$ ).
- IV. třída – silně znečištěná voda ( $c_{\text{TOC}} = 16 \text{ až } 20 \text{ mg l}^{-1}$ ).
- V. třída – velmi silně znečištěná voda ( $c_{\text{TOC}} \geq 20 \text{ mg l}^{-1}$ ).



Obr. 6.: Hodnoty koncentrací organického uhlíku ve vzorcích odebraných z Fryštáckého potoka (modrá) a řeky Dřevnice před soutokem s Fryštáckým potokem (červená)

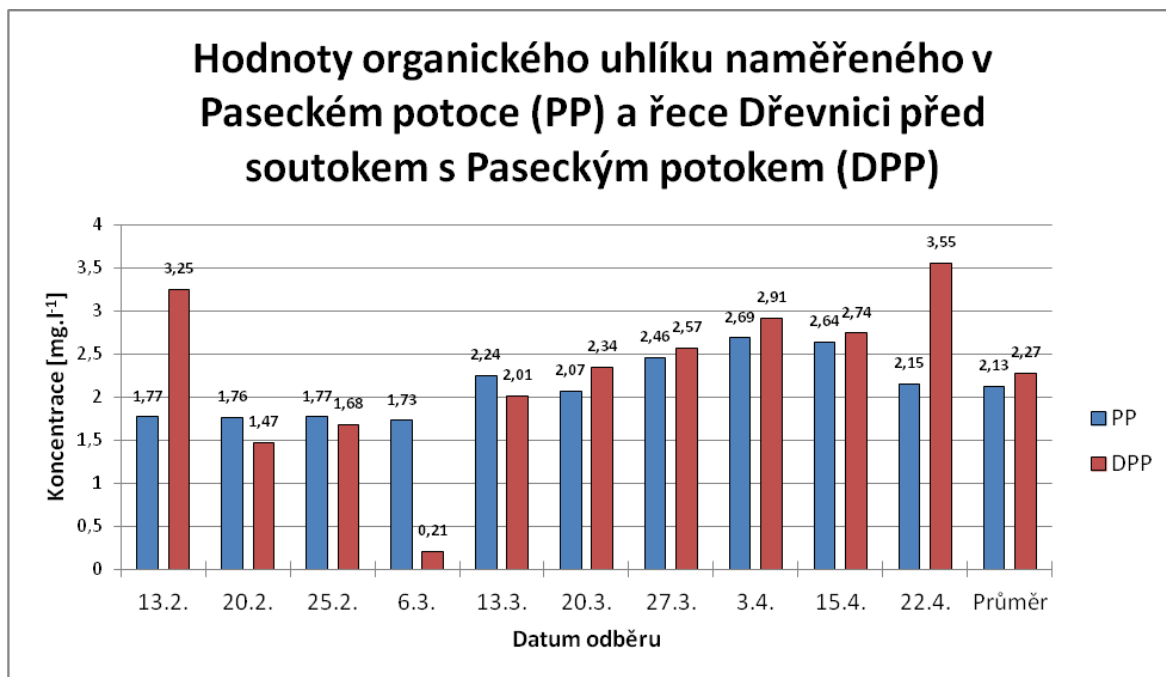
Z obrázku č. 6 je zřejmé, že pouze hodnota  $11,1 \text{ mg l}^{-1}$  ze dne 13.2.2014 vykazuje překročení limitu a odpovídá III. třídě jakosti, tj. znečištěná voda. Toto navýšení hodnoty bylo nejpravděpodobněji způsobeno táním sněhu a následným splavením organických nečistot do potoka. Všechny ostatní hodnoty organického uhlíku nedosahují koncentrace  $7 \text{ mg l}^{-1}$  a spadají tak do I. třídy jakosti, tzn. voda ve Fryštáckém potoce a řece Dřevnici před soutokem s Fryštáckým potokem není znečištěna organickým uhlíkem. Pro Fryštácký potok platí relativně vysoká průměrná hodnota  $4,31 \text{ mg l}^{-1}$  a pro Dřevnici před soutokem s Fryštáckým potokem hodnota  $2,39 \text{ mg l}^{-1}$ .



*Obr. 7.: Hodnoty koncentrací organického uhlíku ve vzorcích odebraných z Kudlovského potoka (modrá) a řeky Dřevnice před soutokem s Kudlovským potokem (červená)*

Zde (obr. 7) lze pozorovat, že Kudlovský potok a řeka Dřevnice před soutokem s Kudlovským potokem nejsou zatíženy organickým znečištěním a spadají svou čistotou do I. třídy jakosti. Průměrná hodnota koncentrace organického uhlíku pro Kudlovský potok je  $2,11 \text{ mg l}^{-1}$  a pro řeku Dřevnici před soutokem s Kudlovským potokem je tato hodnota  $2,44 \text{ mg l}^{-1}$ .





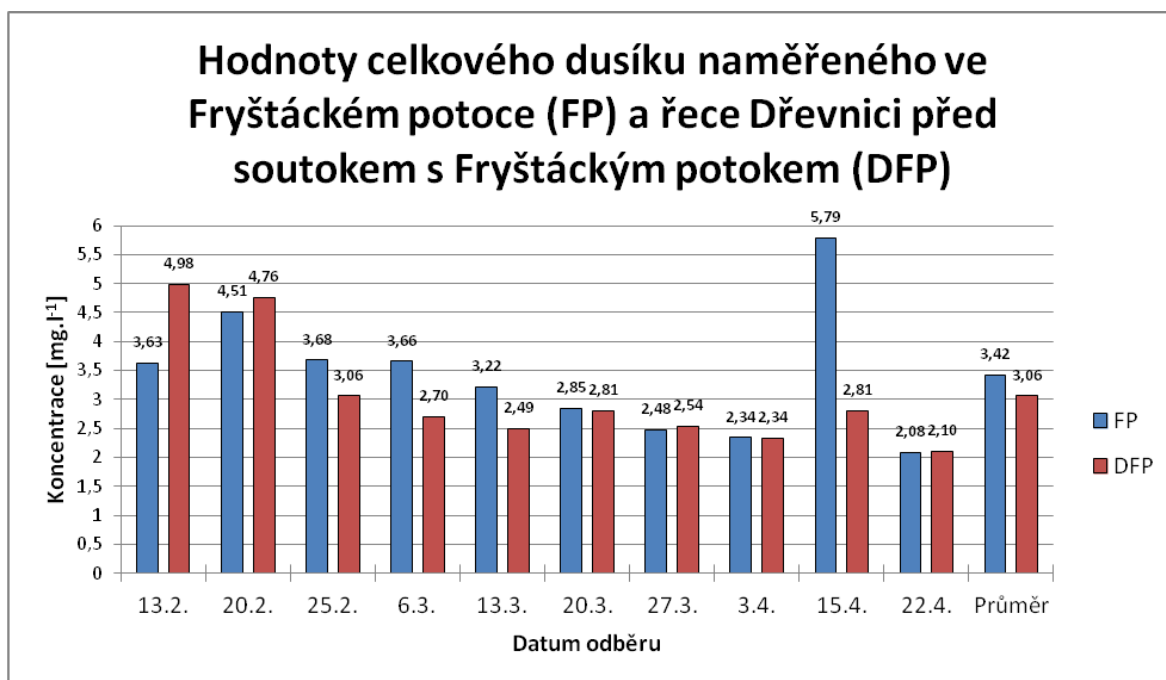
Obr. 8.: Hodnoty koncentrací organického uhlíku ve vzorcích odebraných z Paseckého potoka (modrá) a řeky Dřevnice před soutokem s Paseckým potokem (červená)

Naměřené hodnoty jak pro Pasecký potok, tak i pro řeku Dřevnici před soutokem s Paseckým potokem (obr. 8) odpovídají I. třídě jakosti. Průměrné koncentrace organického uhlíku pro Pasecký potok a pro řeku Dřevnici před soutokem s Kudlovským potokem jsou  $2,13 \text{ mg l}^{-1}$ , resp.  $2,27 \text{ mg l}^{-1}$ .

## 11.2 Sledování celkového dusíku

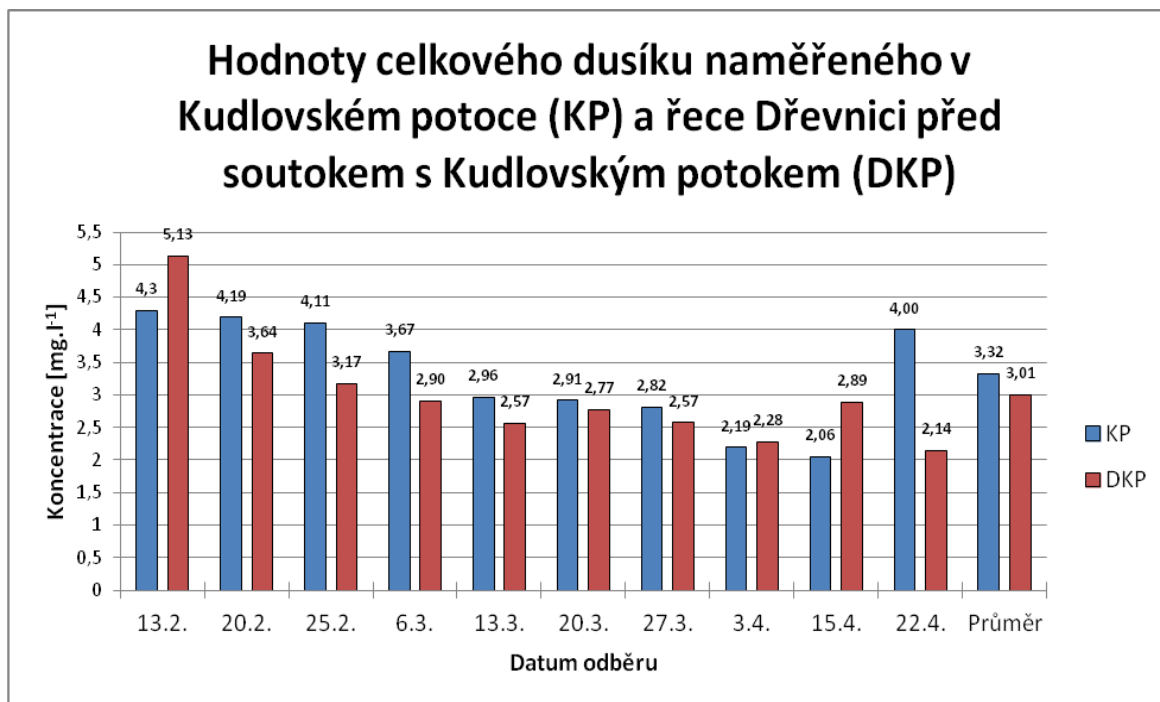
Jakost povrchové vody se řadí do pěti tříd jakosti. Každá z těchto tříd má určené limity pro hodnotu celkového dusíku a podle nich se také dělí. Limitní hodnoty pro celkový dusík v povrchových vodách udává norma „ČSN 75 7221 – Klasifikace jakosti povrchových vod“ z roku 1998.

- I. třída – neznečištěná voda ( $c_{\text{TN}} < 3 \text{ mg l}^{-1}$ ).
- II. třída – mírně znečištěná voda ( $c_{\text{TN}} 3 - 6 \text{ mg l}^{-1}$ ).
- III. třída – znečištěná voda ( $c_{\text{TN}} 6 - 10 \text{ mg l}^{-1}$ ).
- IV. třída – silně znečištěná voda ( $c_{\text{TN}} 10 - 13 \text{ mg l}^{-1}$ ).
- V. třída – velmi silně znečištěná voda ( $c_{\text{TN}} \geq 13 \text{ mg l}^{-1}$ ).



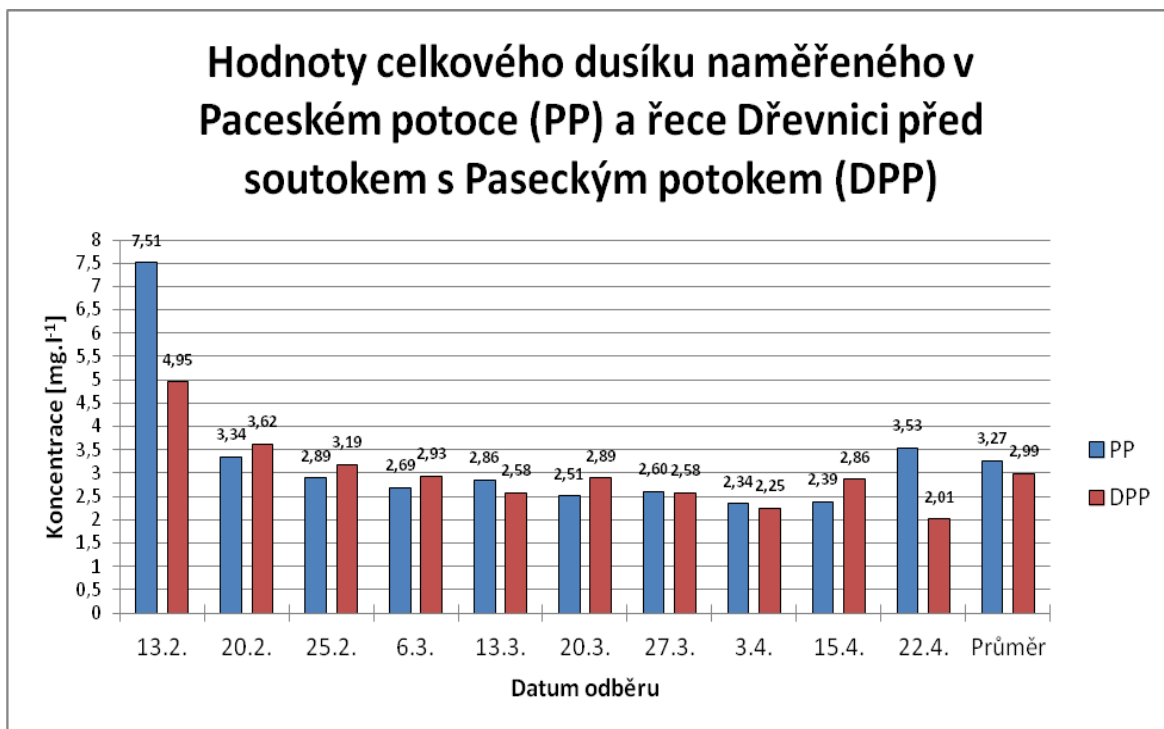
*Obr. 9.: Hodnoty koncentrací celkového dusíku ve vzorcích odebraných z Fryštického potoka (modrá) a řeky Dřevnice před soutokem s Fryštickým potokem (červená)*

Z naměřených hodnot (obr. 9) vyplývá, že koncentrace celkového dusíku kolísají mezi I. a II. třídou znečištění. Ve dnech 20.3.; 27.3.; 3.4. a 22.4. byly všechny koncentrace pro Fryštický potok a řeku Dřevnici před soutokem s Fryštickým potokem nižší než  $3 \text{ mg l}^{-1}$ , tzn. že voda byla čistá a spadá tak do I. třídy jakosti. Zatímco 13.2.; 20.2. a 25.2. byly tyto koncentrace celkového dusíku pro obě měřená místa vyšší než  $3 \text{ mg l}^{-1}$  a jsou mírně znečištěna – spadají do II. třídy jakosti. Nejvyšší hodnota je zaznamenána pro Fryštický potok ze dne 15.4. s výsledkem  $5,79 \text{ mg l}^{-1}$ . Průměrná hodnota pro koncentraci celkového dusíku ve Fryštickém potoce je  $3,42 \text{ mg l}^{-1}$ . Průměrná hodnota pro řeku Dřevnici před soutokem s Fryštickým potokem byla o něco nižší, a sice  $3,06 \text{ mg l}^{-1}$ .



*Obr. 10.: Hodnoty koncentrací celkového dusíku ve vzorcích odebraných z Kudlovského potoka (modrá) a řeky Dřevnice před soutokem s Kudlovským potokem (červená)*

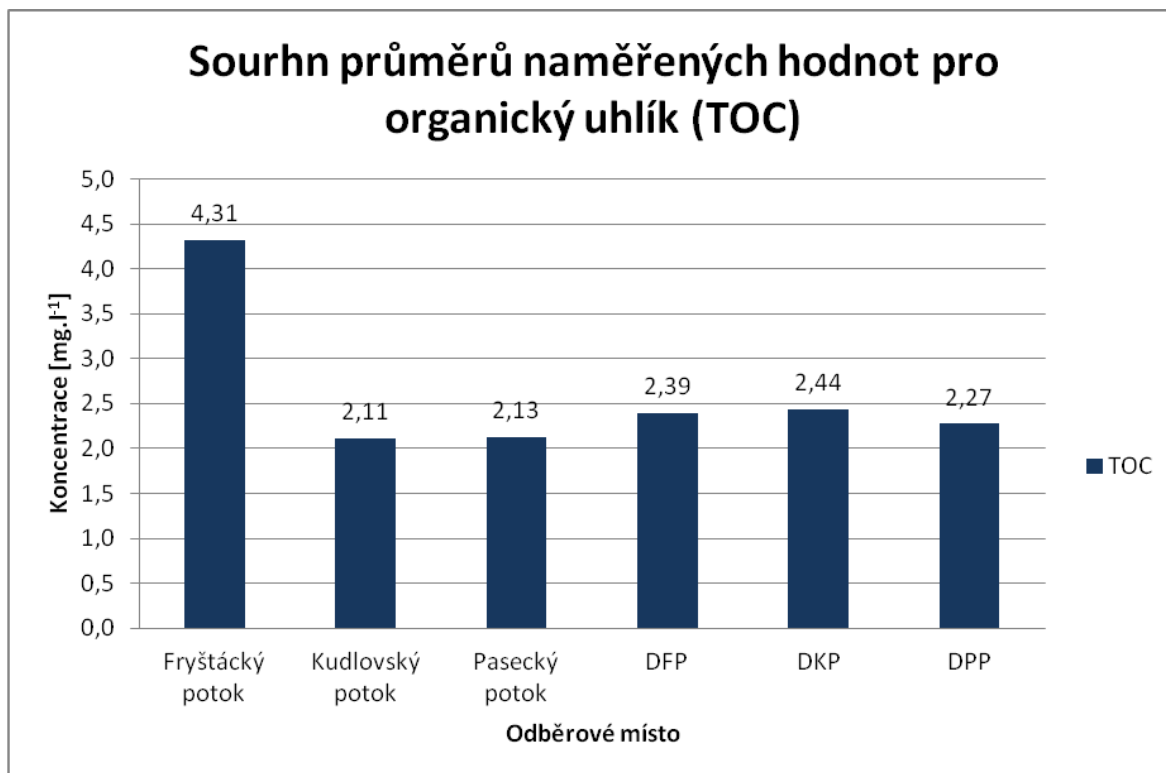
Podobně jako u předešlého obrázku č. 9, tak i na obrázku č. 10 jsou hodnoty rozděleny zhruba na poloviny spadající do I. a do II. třídy. Celkové výsledky koncentrace celkového dusíku obsažené ve vodě z Kudlovského potoka a řeky Dřevnice před soutokem s Kudlovským potokem měřené dne 13.2.; 20.2. a 25.2. poukazují na zvýšené hodnoty celkového dusíku a lze je zařadit do II. jakostní třídy. Naproti tomu do I. jakostní třídy spadají výsledné hodnoty z 13.3.; 20.3.; 27.3.; 3.4. a 15.4. Nejvyšší hodnota celkového dusíku změřena v Kudlovském potoce pochází ze dne 13.2. a je rovna  $5,13 \text{ mg l}^{-1}$ . Průměrná hodnota pro koncentraci celkového dusíku v Kudlovském potoce je  $3,32 \text{ mg l}^{-1}$ . Průměrná naměřená hodnota pro řeku Dřevnici před soutokem s Kudlovským potokem byla na hranici I. a II. třídy jakosti, a sice  $3,01 \text{ mg l}^{-1}$ .



Obr. 11.: Hodnoty koncentrací celkového dusíku ve vzorcích odebraných z Kudlovského potoka (modrá) a řeky Dřevnice před soutokem s Kudlovským potokem (červená)

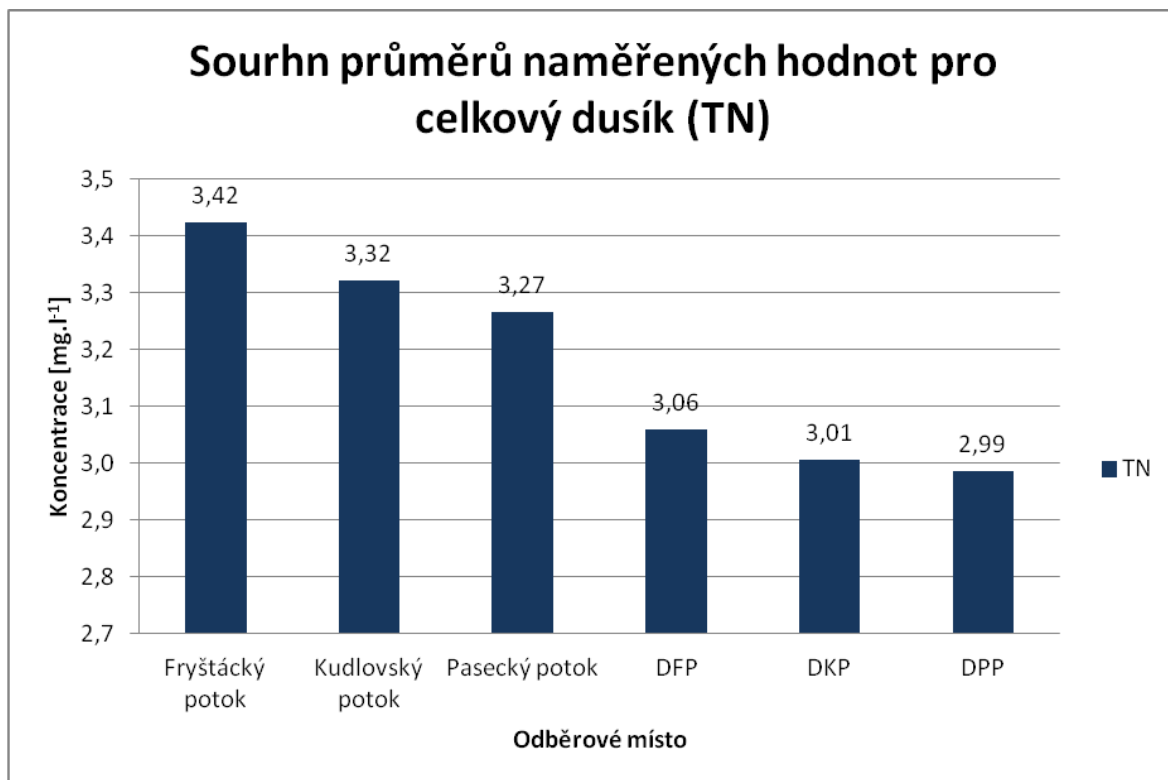
V Paceském potoce a v řece Dřevnici před soutokem s Paseckým potokem (obr. 11) byl dne 13.2. indikován nárůst koncentrace celkového dusíku až na hodnotu  $7,51 \text{ mg l}^{-1}$  resp.  $4,95 \text{ mg l}^{-1}$ . To mohlo být způsobeno jednorázovým antropogenním znečištěním nebo splachem hnojené půdy do recipientu. Všechny ostatní výsledky se pohybují kolem hranice mezi I. a II. jakostní třídou. Průměrem hodnot platících pro Pasecký potok je číslo  $3,27 \text{ mg l}^{-1}$ . Pro řeku Dřevnici před soutokem s Paseckým potokem je to potom číslo  $2,99 \text{ mg l}^{-1}$ .

### 11.3 Souhrn a porovnání dat



Obr. 12.: Souhrn průměrných hodnot zjištěných pro organický uhlík

Z obrázku č. 12 lze zjistit, že všechny průměrné koncentrace organického uhlíku měřené v řece Dřevnici před soutokem s Fryštáckým, Kudlovským a Paseckým potokem a v potocích samotných zastávají hodnoty nižší než  $7 \text{ mg l}^{-1}$  a lze je tak zařadit do I. třídy jakosti povrchových vod. Nejvyšších hodnot organického uhlíku dosahuje Fryštácký potok, a sice  $4,31 \text{ mg l}^{-1}$ . Celkově se tedy jedná o organickým uhlíkem neznečištěné vody.



Obr. 13.: Souhrn průměrných hodnot zjištěných pro celkový dusík

Hranice mezi I. a II. jakostní třídou je rovna hodnotě  $3 \text{ mg l}^{-1}$  dusíku. Kromě řeky Dřevnice před soutokem s Paseckým potokem, jejíž hodnota je těsně pod touto hranicí a lze ji tak zařadit do I. jakostní třídy – dusíkem neznečištěná voda, jsou průměrné hodnoty koncentrací celkového dusíku u všech měřených lokací vyšší, než tato hranice a tím pádem spadají do II. jakostní třídy – mírně znečištěné vody. Nejvyšší hodnotu zde zastupuje Fryštácký potok –  $3,42 \text{ mg l}^{-1}$  (obr. 13).

### 11.3.1 Porovnání s měřením z roku 2013

Práce z roku 2013 zaměřená na stanovení anorganického uhlíku, organického uhlíku a celkového dusíku byla zpracována na základě naměřených údajů ze tří odběrových míst, jimiž byla řeka Dřevnice před soutokem s Fryštáckým a Kudlovským potokem ve Zlíně a řekou Moravou v Otrokovicích. Bylo provedeno 18 stanovení v časovém rozmezí od 21.2.2013 do 6.5.2013. V roce 2014 bylo provedeno 10 stanovení mezi

13.2.2014 a 22.4.2014. Nebyly zjišťovány koncentrace výše uvedených parametrů v přítocích řeky Dřevnice v městské části Zlína, tj. ve Fryštáckém, Kudlovském a Paseckém potoce. Odběrová místa uvedená v práci z roku 2013 se s odběrovými místy uvedenými v této bakalářské práci shodují ve dvou případech. Těmi jsou řeka Dřevnice před soutokem s Fryštáckým potokem a řeka Dřevnice před soutokem s Kudlovským potokem.

Při měření v roce 2014 byly zjištěny tyto koncentrace:  $2,39 \text{ mg l}^{-1}$  v řece Dřevnici před soutokem s Fryštáckým potokem a  $2,44 \text{ mg l}^{-1}$  v řece Dřevnici před Kudlovským potokem. V roce 2013 pak byla průměrná koncentrace organického uhlíku v řece Dřevnici před soutokem s Fryštáckým potokem rovna  $6,63 \text{ mg l}^{-1}$  a v řece Dřevnici před soutokem s Kudlovským potokem rovna  $5,00 \text{ mg l}^{-1}$ . To znamená, že v roce 2013 byly hodnoty 2 až 3krát vyšší nežli v letošním roce 2014. To by mohlo být způsobeno jinými meteorologickými podmínkami, než panovaly před rokem a svou roli zde může hrát i antropogenní znečištění.

Monitorovaný celkový dusík v řece Dřevnici před soutokem s Fryštáckým potokem a Kudlovským potokem dosáhl v roce 2014 hodnot  $3,06 \text{ mg l}^{-1}$  resp.  $3,01 \text{ mg l}^{-1}$ . V roce 2013 byly tyto hodnoty rovny koncentraci  $5,99 \text{ mg l}^{-1}$  a  $3,64 \text{ mg l}^{-1}$ . To znamená, že v roce 2013 byla v řece Dřevnici před soutokem s Fryštáckým potokem až dvojnásobná koncentrace celkového dusíku. V řece Dřevnici před soutokem s Kudlovským potokem byla koncentrace celkového dusíku též v roce 2013 mírně zvýšena, a to o  $0,63 \text{ mg l}^{-1}$ .

Závěrem je nutno podotknout, že práce z roku 2013 uvádí hodnoty ze tří míst oproti aktuální bakalářské práci, která má určených šest odběrových míst. Vzorkování však probíhalo v kratších intervalech a po delší dobu než při sledování koncentrací v roce 2014. Lze říci, že dle analýzy letošních vzorků jsou výsledky, co se týče znečištění, příznivější než v roce 2013. To platí jak pro koncentrace organického uhlíku, tak pro koncentrace celkového dusíku. Důležitým faktem ovšem je, že podle ČSN 75 7221 normy spadají výsledky pro organický uhlík z roku 2013 i 2014 do I. třídy jakosti povrchových vod – čisté vody. Zatímco koncentrace celkového dusíku

zjištěné v roce 2014 byly nižší než v roce 2013, ale i přesto spadají do II. třídy jakosti povrchových vod – mírně znečištěné vody.

### **11.3.2 Porovnání se studií z roku 1994**

Studie z roku 1994 byla vypracována jako vyhodnocení třech sad měření, které byly provedeny 10. května, 16. srpna a 25. října onoho roku na řece Dřevnici a jejích přítocích. Bylo stanovováno velké množství parametrů, ale se sledovanými parametry v této bakalářské práci se shoduje pouze jedna veličina – celkový dusík. Ani všechna odběrová místa nejsou shodná. Lze navzájem porovnat pouze hodnoty celkového dusíku určené pro Fryštácký potok, Kudlovský potok, Pasecký potok a řeku Dřevnici před soutokem s Kudlovským potokem.

#### **Fryštácký potok**

Naměřené hodnoty celkového dusíku ze dnů 10.5.1994, 16.8.1994 a 25.10.1994 se rovnají  $4,7 \text{ mg l}^{-1}$ ,  $3,9 \text{ mg l}^{-1}$  a  $5,7 \text{ mg l}^{-1}$ . Všechny tři tak spadají do II. jakostní třídy – mírně znečištěné vody. Do této třídy sice patří i průměrná hodnota  $3,42 \text{ mg l}^{-1}$  naměřená na jaře roku 2014, ale ta je z uvedených hodnot nejnižší. Lze tak usoudit, že se kvalita vody ve Fryštáckém potoce mírně zlepšila, ač je stále nad hranicí  $3 \text{ mg l}^{-1}$ .

#### **Kudlovský potok**

Koncentrace celkového dusíku z roku 1994 je zde zastoupena hodnotami  $4,51 \text{ mg l}^{-1}$  zjištěné dne 10.5.1994,  $3,8 \text{ mg l}^{-1}$  zjištěné dne 16.8.1994 a  $6,2 \text{ mg l}^{-1}$  ze dne 25.10.1994. Zatímco první dvě výše uvedené hodnoty patří do II. třídy jakosti (mírně znečištěné), tak hodnota celkového dusíku z 25.10.1994 spadá dokonce do III. jakostní třídy (znečištěné vody). Průměrná hodnota zjištěná na jaře roku 2014 je rovna  $3,32 \text{ mg l}^{-1}$ . To vypovídá o zlepšení kvality vody z hlediska celkového dusíku.

#### **Pasecký potok**

Pro Pasecký potok byly v roce 1994 naměřeny hodnoty celkového dusíku rovny  $4,9 \text{ mg l}^{-1}$ ,  $2,7 \text{ mg l}^{-1}$  a  $5,3 \text{ mg l}^{-1}$  (seřazené chronologicky). Zde lze sledovat, že hodnota  $2,7 \text{ mg l}^{-1}$  naměřená dne 16.8.1994 patří do I. třídy



jakosti – neznečištěná voda. Zbylé dvě hodnoty lze zařadit do II. třídy jakosti – mírně znečištěná voda. Měřením v rámci této bakalářské práce byla zjištěna průměrná hodnota  $3,27 \text{ mg l}^{-1}$  spadající též do II. třídy jakosti. Dá se říci, že se tato hodnota je po zprůměrování hodnot z roku 1994 stále nižší než před dvaceti lety.

### **Dřevnice před soutokem s Kudlovským potokem**

V řece Dřevnici před soutokem s Kudlovským potokem byla dne 10.5.1994 naměřena koncentrace celkového dusíku  $4,22 \text{ mg l}^{-1}$ , dne 16.8.1994 to bylo  $3,5 \text{ mg l}^{-1}$  a dne 25.10.1994 koncentrace činila  $5,9 \text{ mg l}^{-1}$ . Tyto tři hodnoty koncentrací celkového dusíku spadají do II. třídy jakosti a lze tak konstatovat, že voda v řece Dřevnici před soutokem s Kudlovským potokem byla mírně znečištěna.

Lze říci, že většina koncentrací celkového dusíku změřeného v roce 1994 spadá do II. jakostní třídy stejně jako všechny koncentrace celkového dusíku naměřené v roce 2014. Ovšem oproti roku 1994 je aktuální míra znečištění nižší vzhledem k nižším koncentracím, které ale neklesají pod hranici  $3 \text{ mg l}^{-1}$  a pohybují se okolo  $3,25 \text{ mg l}^{-1}$ . Závěrem je možno konstatovat, že voda v řece Dřevnici a jejích přítocích je v roce 2014 čistější než před dvaceti lety – v roce 1994.

Je nutno dodat, že pro výsledky o velké vypovídací hodnotě by bylo vhodné měřit ve větším časovém rozpětí, např. 1 rok. Při takovém měření by bylo možné sledovat vývoj koncentrací celkového dusíku v závislosti na ročním období a dalších faktorech (aktivita mikroorganismů, splachy hnojiv v obdobích dešťů).

## ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo stanovení organického uhlíku a celkového dusíku ve vodě z řeky Dřevnice. Interval odběru vzorků byl jeden týden. Vzorky byly odebírány v období od 13.2. do 22.4.2014 a analyzovány v den odběru. Odebíráno nebylo pouze dne 10.3.2014. Bylo vybráno šest odběrových míst – Fryštácký potok, Kudlovský potok, Pasecký potok a tři místa u řeky Dřevnice vždy před soutokem s těmito přítoky. Bylo vzorkováno celkem desetkrát. Výsledné hodnoty jednotlivých analýz byly zpracovány tabelárně i graficky. Na základě průměrných hodnot byly vody zařazeny do tříd jakosti, jak udává norma ČSN 75 7221.

Průměrná koncentrace organického uhlíku ve vodě z Fryštáckého potoka byla  $4,31 \text{ mg l}^{-1}$ , Kudlovského potoka  $2,11 \text{ mg l}^{-1}$  a Paseckého potoka  $2,13 \text{ mg l}^{-1}$ . Koncentrace organického uhlíku v řece Dřevnici před soutokem s Fryštáckým potokem byla  $2,39 \text{ mg l}^{-1}$ , s Kudlovským potokem  $2,44 \text{ mg l}^{-1}$  a s Paseckým potokem  $2,27 \text{ mg l}^{-1}$ . Všechny hodnoty spadají podle normy ČSN 75 7221 do I. třídy jakosti, kde horní hranice je  $7 \text{ mg l}^{-1}$ . Lze konstatovat, že řeka Dřevnice a její přítoky nejsou zatíženy organickým znečištěním a voda v nich je čistá.

Stejně jako data organického uhlíku, tak i hodnoty celkového dusíku spadají pod stejnou normu ČSN 75 7221. Pro celkový dusík je hranice mezi I. a II. třídou jakosti stanovena na  $3 \text{ mg l}^{-1}$ . Další hranicí mezi II. a III. třídou jakosti je koncentrace  $6 \text{ mg l}^{-1}$ . Ve Fryštáckém potoce byla zjištěna koncentrace celkového dusíku  $3,42 \text{ mg l}^{-1}$ , v Kudlovském potoce  $3,32 \text{ mg l}^{-1}$  a v Paseckém  $3,27 \text{ mg l}^{-1}$ . V řece Dřevnici před soutokem s Fryštáckým potokem je množství celkového dusíku rovno  $3,06 \text{ mg l}^{-1}$ , v řece Dřevnici před soutokem s Kudlovským potokem je to  $3,01 \text{ mg l}^{-1}$  a v řece Dřevnici před soutokem s Paseckým potokem je to  $2,99 \text{ mg l}^{-1}$ .

V posledním případě je sice koncentrace celkového dusíku  $2,99 \text{ mg l}^{-1}$ , což by spadalo do I. třídy jakosti. Protože stanovení má koeficienty variace 2%, nelze toto tedy jednoznačně potvrdit a je možno říci, že lze i tuto koncentraci zařadit do II. třídy jakosti.

Všech pět dalších hodnot jednoznačně vyhovuje podmínkám pro zařazení do II. třídy jakosti tzn., že voda v daných místech je mírně znečištěná. Původ takového znečištění je pravděpodobně ve vypouštění většího množství splaškových vod nebo vlivem dusíkatých hnojiv spláchnutých z polí dešti nebo táním sněhu.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- (1) HERČÍK, Miloslav. *111 otázek a odpovědí o životním prostředí*. Ostrava: Montanex a.s., 2004. 150 s. ISBN 80 – 7225 – 123 – 6.
- (2) MIŠURCOVÁ, Ladislava. *Základy biologie*. 1. vyd. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně Academia centrum, 2010. 159 s. ISBN 978 – 80 – 7318 – 434 – 6.
- (3) KEROUŠ, Karel et al. ODBOR ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ A ZEMĚDĚLSTVÍ ÚŘADU MĚSTA ZLÍN. *Životní prostředí Zlínska a jeho ochrana*: 1998. Zlín: RENO Zlín, 1999, 96 s.
- (4) DUB, Oto a Jaromír NĚMEC. *Hydrologie*. Vyd. 1. Praha: SNTL – nakladatelství technické literatury, 1969, 378 s.
- (5) GRUNDFOS. *Brakická voda* [online]. [cit. 2014-04-28]. Dostupné z: [http://cbs.grundfos.com/GCZ\\_Czech\\_Republic/lexica/WW\\_Brackish\\_water.html#-](http://cbs.grundfos.com/GCZ_Czech_Republic/lexica/WW_Brackish_water.html#-)
- (6) DANÍČEK, Pavel. *Sledování IC, OC a TN ve Dřevnici*. Zlín, 2013. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.
- (7) PLECHÁČ, Václav. *Voda: Problém současnosti a budoucnosti*. 1. vyd. Praha: Svoboda, 1989, 325 s. ISBN 80-205-0096-0.
- (8) ŠTĚRBA, Otakar. *Pramen života*. 1. vyd. Praha: Panorama, 1986, 224 s.
- (9) AOPK ČR. *Revitalizace vodních toků* [online]. 2014 [cit. 2014-04-28]. Dostupné z: <http://www.dotace.nature.cz/voda-opatreni/revitalizace-vodnich-toku.html>
- (10) GOOGLE INC. [maps.google.cz](http://maps.google.cz) [online]. 2009, 2014 [cit. 2014-03-21]. Dostupné z: <https://www.google.cz/maps/place/Zl%C3%ADnsk%C3%BD+kraj/@49.2135851,17.7672588,11z/data=!4m2!3m1!1s0x4713715fd4b0602d:0x100af0f6614a8e0>
- (11) MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. *Resort životního prostředí: Český hydrometeorologický ústav* [online]. Praha, 2014 [cit. 2014-03-21]. Dostupné z: [http://hydro.chmi.cz/hpps/popup\\_hpps\\_prfdyn.php?seq=307366](http://hydro.chmi.cz/hpps/popup_hpps_prfdyn.php?seq=307366)
- (12) Malá, ale plná ryb. To je Dřevnice. In: *Magazín E15.cz* [online]. 20.10. 2010 [cit. 2014-03-21]. Dostupné z: <http://magazin.e15.cz/regiony/mala-ale-plna-ryb-to-je-drevnice-843509>. Path: E15; magazín; regiony

(13) ŠARMANOVÁ, Šárka. VLTAVA-LABE-PRESS, a.s. Dřevnice je nyní pod větší kontrolou. [online]. Zlín, 2012 [cit. 2014-03-21]. Dostupné z: <http://www.denik.cz/zlinsky-kraj/drevnice-nove-pod-vetsim-dohledem-20120818-2w8y.html>

(14) *Celkový organický uhlík (TOC) (jako celkové C nebo COD/3)*. Irz.cz, Integrovaný registr znečištění. [online]. [cit. 2014-28-04]. Dostupné z: [http://www.irz.cz/repository/latky/celkovy\\_organicky\\_uhlik.pdf](http://www.irz.cz/repository/latky/celkovy_organicky_uhlik.pdf)

(15) *Celkový dusík*. Irz.cz, Integrovaný registr znečištění. [online]. [cit. 2014-28-04]. Dostupné z: <http://www.irz.cz/node/123>

(16) *Celkový dusík*. Irz.cz, Integrovaný registr znečištění. [online]. [cit. 2014-28-04]. Dostupné z: [http://www.irz.cz/repository/latky/celkovy\\_dusik.pdf](http://www.irz.cz/repository/latky/celkovy_dusik.pdf)

(17) *Stanovení anorganického a organického uhlíku, celkového vázaného dusíku a dusíku dusitanového a dusičnanového analyzátozem Formacs<sup>HT</sup>*. uiozp.ft.utb.cz. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně: Fakulta technologická, Ústav inženýrství ochrany životního prostředí. [online]. [cit. 2014-21-03]. Dostupné z: <http://uiozp.ft.utb.cz/studmat/201028162035/T7SM1-CN-a.pdf>

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

TOC	Organický uhlík; Celkový organický uhlík
TN	Celkový dusík
IC	Anorganický uhlík
FP	Fryštácký potok
DFP	Dřevnice před soutokem s Fryštáckým potokem
KP	Kudlovský potok
DKP	Dřevnice před soutokem s Kudlovským potokem
PP	Pasecký potok
DPP	Dřevnice před soutokem s Paseckým potokem
$c_{\text{TOC}}$	Koncentrace organického uhlíku
$c_{\text{TN}}$	Koncentrace celkového dusíku

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

<i>Obr. 1.: Mapa odběrových míst .....</i>	39
<i>Obr. 2.: Ústí Fryštáckého potoka do Dřevnice .....</i>	40
<i>Obr. 3.: Ústí Kudlovského potoka do Dřevnice .....</i>	41
<i>Obr. 4.: Dřevnice před soutokem s Paseckým potokem .....</i>	41
<i>Obr. 5.: Pasecký potok .....</i>	42
<i>Obr. 6.: Hodnoty koncentrací organického uhlíku ve vzorcích odebraných z Fryštáckého potoka (modrá) a řeky Dřevnice před soutokem s Fryštáckým potokem (červená) .....</i>	47
<i>Obr. 7.: Hodnoty koncentrací organického uhlíku ve vzorcích odebraných z Kudlovského potoka (modrá) a řeky Dřevnice před soutokem s Kudlovským potokem (červená) .....</i>	48
<i>Obr. 8.: Hodnoty koncentrací organického uhlíku ve vzorcích odebraných z Paseckého potoka (modrá) a řeky Dřevnice před soutokem s Paseckým potokem (červená) .....</i>	49
<i>Obr. 9.: Hodnoty koncentrací celkového dusíku ve vzorcích odebraných z Fryštáckého potoka (modrá) a řeky Dřevnice před soutokem s Fryštáckým potokem (červená) .....</i>	50
<i>Obr. 10.: Hodnoty koncentrací celkového dusíku ve vzorcích odebraných z Kudlovského potoka (modrá) a řeky Dřevnice před soutokem s Kudlovským potokem (červená) .....</i>	51
<i>Obr. 11.: Hodnoty koncentrací celkového dusíku ve vzorcích odebraných z Kudlovského potoka (modrá) a řeky Dřevnice před soutokem s Kudlovským potokem (červená) .....</i>	52
<i>Obr. 12.: Souhrn průměrných hodnot zjištěných pro organický uhlík .....</i>	53
<i>Obr. 13.: Souhrn průměrných hodnot zjištěných pro celkový dusík .....</i>	54

**SEZNAM TABULEK**

<i>Tab. 1.: Chemické látky použité pro kalibraci a analýzu .....</i>	<i>35</i>
<i>Tab. 2.: GPS souřadnice odběrových míst .....</i>	<i>40</i>
<i>Tab. 3.: Naměřené hodnoty pro odběrové místo – Fryštácký potok .....</i>	<i>43</i>
<i>Tab. 4.: Naměřené hodnoty pro odběrové místo – Kudlovský potok .....</i>	<i>43</i>
<i>Tab. 5.: Naměřené hodnoty pro odběrové místo – Pasecký potok .....</i>	<i>44</i>
<i>Tab. 6.: Naměřené hodnoty pro odběrové místo – Dřevnice před soutokem s Fryštáckým potokem .....</i>	<i>44</i>
<i>Tab. 7.: Naměřené hodnoty pro odběrové místo – Dřevnice před soutokem s Kudlovským potokem .....</i>	<i>45</i>
<i>Tab. 8.: Naměřené hodnoty pro odběrové místo – Dřevnice před soutokem s Paseckým potokem .....</i>	<i>45</i>
<i>Tab. 9.: Statistické vyhodnocení koncentrací organického uhlíku .....</i>	<i>46</i>
<i>Tab. 10.: Statistické vyhodnocení koncentrací celkového dusíku .....</i>	<i>46</i>



**SEZNAM PŘÍLOH**

- P I        Tabulka pH měřeného při odběru vzorků
- P II        Tabulka odečtených průtoků
- P III       Tabulka teplot vody a vzduchu

**PŘÍLOHA P I: TABULKA PH MĚŘENÉHO PŘI ODBĚRU  
VZORKŮ**

Datum měření	pH					
	Fryštácký potok	Kudlovský potok	Pasecký potok	DFP	DKP	DPP
13.2.2014	-	-	-	-	-	-
20.2.2014	-	-	-	-	-	-
25.2.2014	-	-	-	-	-	-
6.3.2014	7,230	7,549	7,619	7,480	7,524	7,547
13.3.2014	7,471	7,576	7,612	7,462	7,558	7,567
20.3.2014	7,538	7,733	7,679	7,720	7,676	7,727
27.3.2014	7,598	7,690	7,735	7,648	7,580	7,690
3.4.2014	7,627	7,513	7,733	7,651	7,687	7,657
15.4.2014	7,326	7,556	7,722	7,668	7,681	7,672
22.4.2014	7,536	7,585	7,711	7,582	7,643	7,626

## PŘÍLOHA P II: TABULKA ODEČTENÝCH PRŮTOKŮ

Datum	Průtok [ $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ ]
13.2.2014	3,42
20.2.2014	1,68
25.2.2014	1,35
6.3.2014	1,06
13.3.2014	1,31
20.3.2014	1,22
27.3.2014	1,37
3.4.2014	1,29
15.4.2014	0,80
22.4.2014	0,92

**PŘÍLOHA P III: TABULKA TEPLoty VODY A VZDUCHU**

Datum měření	Teplota vody [°C]				Teplota vzduchu [°C]
	Pasecký potok	Fryštácký potok	Kudlovský potok	Dřevnice	
13.2.2014	-	-	-	-	-
20.2.2014	-	-	-	-	-
25.2.2014	-	-	-	-	-
6.3.2014	6	5	5	6	8
13.3.2014	4	5	5	6	7
20.3.2014	4	3	4	4	6
27.3.2014	3	5	3	3	5
3.4.2014	5	6	6	5	7
15.4.2014	3	3	4	3	4
22.4.2014	9	8	7	8	10