

# Sledování IC, OC a TN ve Dřevnici

Pavel Daníček

---

Bakalářská práce  
2013



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická  
Ústav inženýrství ochrany životního prostředí  
akademický rok: 2012/2013

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Pavel DANÍČEK**  
Osobní číslo: **T09714**  
Studijní program: **B2808 Chemie a technologie materiálů**  
Studijní obor: **Inženýrství ochrany životního prostředí**  
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Sledování IC, OC a TN ve Dřevnici**

Zásady pro vypracování:

1. Provedte literární studii z dostupných materiálů.
2. Provedte stanovení vody z řeky Dřevnice. Jedná se o předběžný průzkum sledování celkového dusíku a organického uhlíku ve vodě z řeky Dřevnice. Pokud to finanční podmínky dovolí, sledujte i některé vybrané ionty, jako například chloridy, sírany, dusitany, dusičnany a fosforečnany metodou CZE. Práce by tak navazovala na studii ?znečištění řeky Dřevnice? z roku 1994 (ZČ 94-26).
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). Dále 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, UK UTB a jiných knihovnách.**

**Elektronické informační zdroje (www stránky, databáze Web of Science a další).**

Vedoucí bakalářské práce:

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

Ústav inženýrství ochrany životního prostředí

Datum zadání bakalářské práce:

**8. února 2013**

Termín odevzdání bakalářské práce:

**24. května 2013**

Ve Zlíně dne 8. února 2013



doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.  
*děkan*



doc. Mgr. Marek Koutný, Ph.D.  
*ředitel ústavu*

Příjmení a jméno: Pavel Daníček

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 24.5.2013

Pavel Daníček

<sup>21)</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 nahlížení 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>22)</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>31)</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 přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

## **ABSTRAKT**

Cílem této bakalářské práce je sledování celkového dusíku, celkového organického a anorganického uhlíku ve vodě na řece Dřevnici. Teoretická část je především zaměřena na všeobecné vlastnosti vody. Praktická část obsahuje naměřené koncentrace celkového dusíku, které se pohybovaly v rozmezí od 2,42 do 8,98 mg.l<sup>-1</sup>. Koncentrace celkového organického uhlíku byly v rozmezí od 3,26 do 18,39 mg.l<sup>-1</sup> a koncentrace anorganického uhlíku se pohybovala od 28,92 do 54,15 mg.l<sup>-1</sup>. Všechny naměřené hodnoty jsou v závislosti na místě odběru.

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

## **ABSTRACT**

The aim of this study is to monitor the total nitrogen, total organic carbon and inorganic carbon in the water on the river Dřevnice. The theoretical part is mainly focused on the general characteristics of the water. The practical part contains the measured concentration of total nitrogen were in the range of 2,42 to 8,98 mg.l<sup>-1</sup>. The concentration of total organic carbon were within the range of 3,26 to 18,39 mg.l<sup>-1</sup> and the concentration of inorganic carbon was in the range of 28,92 to 54,15 mg.l<sup>-1</sup>. All measured values are depending on the sampling site.

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

## **Poděkování**

Tímto bych chtěl poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Josefu Houserovi, Ph.D. za odborné vedení, důležité připomínky a čas, který mi věnoval při mé bakalářské práci.

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

Ve Zlíně 24. 5. 2013

.....

podpis

## OBSAH

<b>ÚVOD .....</b>	<b>10</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST.....</b>	<b>11</b>
<b>1 VZNIK VODY .....</b>	<b>12</b>
1.1 ROZDĚLENÍ VODY NA ZEMI .....	12
<b>2 KOLOBĚH VODY V PŘÍRODĚ .....</b>	<b>13</b>
<b>3 DRUHY VOD V PŘÍRODĚ .....</b>	<b>14</b>
3.1 ATMOSFÉRICKÁ VODA .....	14
3.2 POVRCHOVÁ VODA .....	15
3.3 PODPOVRCHOVÁ VODA .....	16
3.3.1 Půdní voda .....	16
3.3.2 Podzemní voda.....	17
3.3.3 Prostá (obyčejná) voda.....	17
3.3.4 Minerální voda.....	18
3.4 PITNÁ VODA .....	20
<b>4 SENZORICKÉ VLASTNOSTI VODY .....</b>	<b>21</b>
4.1 TEPLOTA .....	21
4.2 BARVA.....	21
4.3 ZÁKAL .....	22
4.4 PRŮHLEDNOST .....	22
4.5 PACH.....	22
4.6 CHUŤ .....	23
<b>5 ANORGANICKÉ LÁTKY VE VODÁCH.....</b>	<b>24</b>
5.1 KOVY.....	24
5.2 NEKOVY .....	27
<b>6 ORGANICKÉ LÁTKY VE VODÁCH .....</b>	<b>32</b>
6.1 CHEMICKÁ SPOTŘEBA KYSLÍKU (CHSK) .....	32
6.2 BIOCHEMICKÁ SPOTŘEBA KYSLÍKU (BSK).....	33
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>34</b>
<b>7 POUŽITÉ CHEMIKÁLIE, PŘÍSTOJE A POMŮCKY.....</b>	<b>35</b>
7.1 POUŽITÉ CHEMIKÁLIE .....	35
7.2 POUŽITÉ PŘÍSTROJE .....	35
<b>8 PŘÍPRAVA ZÁSOBNÍCH, PRACOVNÍCH A KALIBRAČNÍCH ROZTOKŮ.....</b>	<b>36</b>
8.1 PŘÍPRAVA ZÁSOBNÍCH ROZTOKŮ .....	36
8.2 PŘÍPRAVA PRACOVNÍCH ROZTOKŮ .....	36
8.3 PŘÍPRAVA KALIBRAČNÍCH ROZTOKŮ .....	37
<b>9 ANOVENÍ ANORGANICKÉHO UHLÍKU, ORGANICKÉHO UHLÍKU A CELKOVÉHO DUSÍKU .....</b>	<b>38</b>



9.1	STANOVENÍ ANORGANICKÉHO UHLÍKU (IC).....	38
9.2	STANOVENÍ ORGANICKÉHO UHLÍKU (OC) .....	38
9.3	STANOVENÍ CELKOVÉHO DUSÍKU (TN) .....	39
<b>10</b>	<b>POSTUP ODBĚRU A NAMĚŘENÉ HODNOTY.....</b>	<b>40</b>
<b>11</b>	<b>VÝSLEDKY A DISKUZE .....</b>	<b>45</b>
11.1	STANOVENÍ KONCENTRACÍ ANORGANICKÉHO UHLÍKU (IC) .....	45
11.2	STANOVENÍ KONCENTRACÍ CELKOVÉHO ORGANICKÉHO UHLÍKU (TOC) .....	47
11.3	STANOVENÍ KONCENTRACÍ CELKOVÉHO DUSÍKU (TN) .....	50
	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>56</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>60</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>61</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>62</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>63</b>

## ÚVOD

Voda představuje životodárnou tekutinu, kterou jsme se jako lidstvo naučili brát za samozřejmost. Všude kam se podíváme, je voda, která je součástí naprosto všeho. Zdůrazňovat význam vody pro organismy, biologické pochody a potřeby pro člověka je zbytečné. Stále více a více je voda využívána pro průmyslové a zemědělské účely, tím pádem by se jednoho dne mohlo stát, že se může voda stát nedostatkovou surovinou. Je tedy důležité pravidelně kontrolovat kvalitu vody a dbát na co nejmenší znečištění vody, která je po znečištění již nevratně poškozena a je nemožné jejího dalšího využití.

Cílem této práce bylo naměřit data celkového dusíku a celkového organického uhlíku na řece Dřevnici a navázat tak na výzkum znečištění řeky Dřevnice z roku 1994. Měření a odebírání vzorku byla prováděná bodově minimálně dvakrát týdně. Stanovovány byly koncentrace uhlíku a dusíku, dále byla zaznamenána teplota vzduchu při měření, teplota vody při měření, pH a průtok na řece Dřevnici. Odběrová místa byla vybrána tři. První lokalita byla řeka Dřevnice před soutokem s řekou Moravou v Otrokovicích, druhá lokalita byla řeka Dřevnice před soutokem s Fryštáckým potokem ve Zlíně a třetí lokalita byla řeka Dřevnice před soutokem s Kudlovským potokem ve Zlíně.

## I. TEORETICKÁ ČÁST

## 1 VZNIK VODY

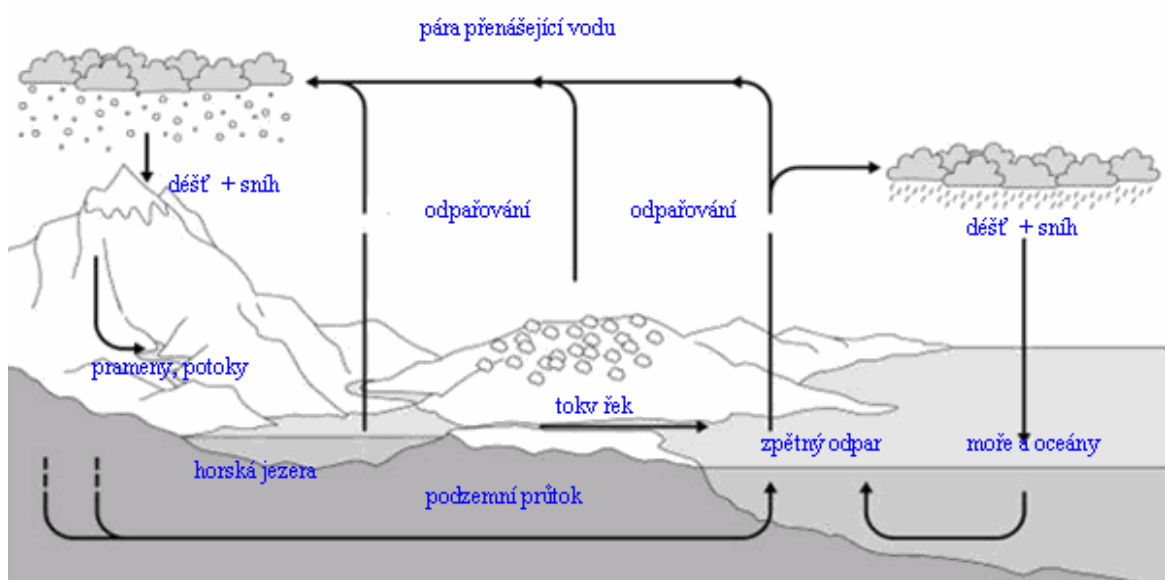
Vznik vody se datuje přibližně před 4,5 miliardy let, kdy docházelo k slučování vodíku a kyslíku. Planeta postupně chladla díky zvýšené sopečné činnosti. Docházelo k mohutným a dlouhotrvajícím dešťům. Planeta se ochlazovala a voda částečně začala vyplňovat prohlubeniny a pronikala také do trhlin a tak se začaly vytvářet místa s podzemní vodou. První vodní plochy byly slané, neboť se v nich rozpouštěly soli, které se usadily na zemském povrchu. Postupně docházelo k vytváření vyrovnaného a kvantitativně stabilního systému, který po četných geografických přeměnách povrchu země zaznamenal určitou lokální stabilizaci [1].

### 1.1 Rozdělení vody na Zemi

Voda zaujímá z celkového povrchu země 360,7 milionů  $\text{km}^2$ , což je zhruba 70,7 %. Největší plochu zaujímají moře a oceány. Na Zeměkouli máme 4 oceány: Tichý oceán 180 mil.  $\text{km}^2$ , který je zároveň co do plochy největším oceánem, dále pak Atlantský oceán 94 mil.  $\text{km}^2$ , Indický oceán 75 mil.  $\text{km}^2$  a Severní ledový oceán zaujímající plochu 11,3 mil.  $\text{km}^2$ . Objem vody v oceánech je 1,3 miliard  $\text{km}^3$ , polární led zaujímá 3,5 milionů  $\text{km}^3$ , vnitrozemská moře a jezera 250 000  $\text{km}^3$ , podzemní a půdní voda 250 000  $\text{km}^3$ , povrchové toky 50 000  $\text{km}^3$ , voda v atmosféře 12 300  $\text{km}^3$ , močály a bažiny 6 000  $\text{km}^3$  a sníh na pevnině zaujímá 250  $\text{km}^3$  [2].

## 2 KOLOBĚH VODY V PŘÍRODĚ

Pohyb vody na Zemi ve všech skupenstvích (pevné, kapalné, plynné), je součástí oběhu vody na zemi. Veškerá voda na Zemi se nazývá hydrosféra. Při koloběhu vody dochází k vypařování z hladiny moří a oceánu nepřetržitě. Většina páry se sráží a vrací do oceánu v podobě deště, část par je odnášena větrem na pevninu, kde dochází k srážení par a tvorby deště, mlhy, krup nebo sněhu. Dochází také ke srážení vodní páry ze vzduchu, neboli pára kondenzuje jako rosa nebo námraza na rostlinstvu nebo jiných předmětech. Většina této vody se opět vypařuje nebo je pohlcena rostlinami a jimi vypařena. Než srážky dopadnou na zem, dojde k jejich částečnému vypaření. Další část vody je zachycena listím nebo jinými předměty a částečně stéká na zem a částečně se vypařuje. Část vody, která dopadla na půdní povrch, stéká do potoků, řek a jimi odtéká zpátky do oceánu a moří. Část je vsakována do půdy a tvoří půdní vodu, která se buď vypaří, nebo je využívána rostlinstvem. Další část prosákne většími póry nebo puklinami v půdě do podzemní vody [2].



Obr. 1. Koloběh vody v přírodě

### 3 DRUHY VOD V PŘÍRODĚ

Mezi pláštěm a zemskou kůrou, mezi atmosférou, hydrosférou, litosférou a biologickou hmotou dochází k neustále výměně vody, která způsobuje změnu chemického složení vod.

Vody vyskytující se v přírodě rozdělujeme:

- atmosférická voda (srážková voda)
- povrchová voda
- podpovrchová voda

#### 3.1 Atmosférická voda

Země má jako jediná z planet naší sluneční soustavy atmosféru složenou z vody kyslíku a dusíku. Voda se v atmosféře vyskytuje ve třech formách: ve formě par jako vlhkost vzduchu, ve formě kapek nebo zrněk tvořících oblaky a ve formě atmosférických srážek, které dopadají na zem. Pod pojmem atmosférická voda rozumíme vodu, která v kapalném nebo tuhém skupenství při kondenzaci vodních par přechází z ovzduší na zemský povrch. V závislosti na teplotě a stupně nasycení vzduchu vodními parami se může jednat o srážky kapalné (déšť, rosa, mlha) a o srážky tuhé (sníh, ledovka, jinovatka). V atmosféře se neustále vyskytuje průměrně 12 900 km<sup>3</sup> vody. Toto množství vody se za jeden rok vrátí 38 krát zpět do moří a oceánů. Stejně množství vody, které se dostane do atmosféry v důsledku vypařování, se vrací zpět na zemský povrch ve formě srážek. Vrstva atmosféry sahající do výšky 1000 – 1500 m od zemského povrchu má největší vliv na chemické složení atmosférických vod. Kapky deště i sníh během přechodu vrstvou atmosféry vymývají ze vzduchu, velké množství aerosolu. Aerosol jsou malé kapičky vody s různým chemickým složením. Mezi největší zdroje aerosolu patří kontinentální prach, soli strhávané větrem z povrchu ledu, soli z hladiny moří, vulkanická činnost antropogenní činnost. Atmosférická voda obsahuje především rozpustné plyny, které tvoří normální složení vzduchu (kyslík, dusík, oxid uhličitý a vzácné plyny). Dále obsahuje plyny znečišťující ovzduší (oxid siřičitý, oxid sírový, oxidy dusíku, amoniak aj.) Přírozená kyselost srážkové vody

v atmosféře má kyselost 5,65 pH. Mezi anionty obsažené ve srážkové vodě patří hlavně sírany, dusičnany a chloridy. Kyselé deště mají nežádoucí vliv na okyselování povrchové vody a půdy. Zvyšuje se koncentrace  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ , které částečně mění chemické složení vody [3,4].

### 3.2 Povrchová voda

Povrchovou vodou rozumíme všechnu vodu, která je nahromaděna v kapalném nebo v tuhém skupenství na zemském povrchu buď trvale, nebo jen dočasně. Podle lokality se povrchové vody dělí na mořské vody a kontinentální vody. Povrchové vody rozdělujeme na vody tekoucí a stojaté [4,5,].

#### Tekoucí vody rozdělujeme:

- na přirozené (řeky, potoky)
- na umělé (kanály, průplavy)

#### Stojaté vody rozdělujeme:

- na přirozené (moře, oceány, jezera)
- na umělé (rybníky, vodní nádrže)

Mořská voda má poměrně stále chemické složení. Výjimkou tvoří některé stopové prvky a prvky, které se zúčastňují biologických procesů v mořské vodě (dusík a fosfor). Mořská voda má pH 8,0 – 8,3 a obsahuje průměrně  $35\text{g.l}^{-1}$  rozpustných látek, ale tato hodnota není ve všech mořích stejná. Převážnou složku rozpustných látek tvoří NaCl, jeho zásoby ve všech mořích jsou  $35 \cdot 10^{17}$  kg. Teplota povrchových vrstev je závislá na zeměpisné šířce a je v rozmezí  $0^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C}$ . Kontinentální povrchové vody vznikají z atmosférických a podzemních vod. Jejich chemické složení je určované především reakcemi mezi atmosférickou vodou, půdou a horninami, významný dopad na reakce má vliv lidské činnosti. Povrchové vody zásobované podpovrchovými vodami jsou silněji mineralizované. Charakter povrchových vod určuje působení klimatických vlivů (srážky, teplotní poměry), složení geologických vrstev a složení vodních přítoků. V kontinentálních vodách převládá hydrogenuhličitan vápenatý. Pro život vodních organismů a samočistí schopnost vod je významný obsah

rozpuštěného kyslíku, který závisí na teplotě, obsahu organických látek a intenzitě fotosyntézy. V letním období je koncentrace rozpuštěného kyslíku v rozmezí 8 – 12 mg.l<sup>-1</sup> a v zimním období je toto rozmezí 6 – 8 mg.l<sup>-1</sup>. Obsah volného oxidu uhličitého v povrchových vodách je velmi nízký. Do vod se dostává rozpuštěním ze vzduchu, ale také biologickými procesy probíhajícími při rozkladu organických látek ve vodě. V závislosti na CO<sub>2</sub> kolísá hodnota pH povrchových vod, v zimě je obsah CO<sub>2</sub> vyšší, hodnota pH je asi kolem 6,6 – 7,7 a v létě se pH pohybuje okolo 8,8. Největším znečišťovatelem povrchových vod jsou splaškové a odpadní vody. K znečištění vod se podílejí tuky, oleje, plasty, radioaktivní látky, tenzidy, pesticidy, ropné látky, kyanidy aj. [4].

### 3.3 Podpovrchová voda

Podzemní vodou se označuje všechna voda, která je pod povrchem Země. Doplnění zásob podzemní vody probíhá zejména průsakem s povrchu (infiltrací) srážkových a povrchových vod do země a v malé míře aj kondenzací vodních par atmosférického původu pod povrchem, tyto vody se nazývají vadózní. Dále také kondenzací par z magmatu, tyto páry se mohou dostat z puklin v zemské kůře a vyvěrat jako termální prameny nebo gejzíry, tyto vody nazýváme juvenilní. Podpovrchová voda je vázaná chemicky i mechanicky. Chemická voda je z hydrologického hlediska nevyužitelná. Mechanicky vázaná voda se vyskytuje jednak v pásmu nasycení jako podzemní voda a také v pásmu provzdušení jako půdní voda [4,6]

#### 3.3.1 Půdní voda

Půdní voda je část podpovrchové vody, která se může vyskytovat ve všech skupenstvích. Nevytváří souvislou hladinu a nevyplňuje všechny pukliny. Vyskytuje se v provzdušněném pásmu, kde jsou pukliny vyplněné vodou a vzduchem. Podle sil, které při působení převládají, rozlišujeme tři druhy půdní vody:

- gravitační půdní voda – která vzniká při vsakování srážek do země.



- kapilární půdní voda – pohyb a účinky určuje působení kapilárních sil v pórech
- adsorpční půdní voda – je vázaná adsorpčními silami půdních a horninových částic

### 3.3.2 Podzemní voda

Je to část podpovrchové vody, která vyplňuje pukliny zvodněných hornin bez ohledu na to, jestli vytváří nebo nevytváří souvislou hladinu a část vytvářející souvislou hladinu v půdě. Podle celkového množství rozpuštěných tuhých látek (mineralizace) a plynů se dělí podzemní vody na prosté a minerální. Při klasifikaci podzemních vod se bere v úvahu teplota, stupeň a charakter mineralizace, iontové kombinace, obsah plynů, radioaktivita a také obsah stopových prvků.

Podle množství rozpuštěných látek se podzemní vody dělí:

- Obyčejné s obsahem rozpuštěných látek do  $1 \text{ g.l}^{-1}$
- Slabě mineralizované s obsahem rozpuštěných látek  $1 - 5 \text{ g.l}^{-1}$
- Středně mineralizované s obsahem rozpuštěných látek  $5 - 15 \text{ g.l}^{-1}$
- Silně mineralizované s obsahem rozpuštěných látek nad  $15 \text{ g.l}^{-1}$

### 3.3.3 Prostá (obyčejná) voda

Je to podzemní voda s obsahem rozpuštěných anorganických látek nebo oxidu uhličitého pod  $1000 \text{ mg.l}^{-1}$ , Jde o vodu, která se vyskytuje při běžných zemních pracích [6, s. 73]. V povrchových částech zemské kůry se podzemní vody pohybují rychlostí 1 - 1000 m za rok, kdežto v hloubce 1000 - 2000 m rychlostí 0,001 - 0,1 m za rok. Chemické změny podzemních vod jsou složité procesy v systému vody, hornin a atmosféry. Patří sem procesy fyzikální, chemické a biochemické [4].

Při formování chemického složení má vliv:

- Přímé rozpouštění – tímto způsobem se dostávají do vody zejména sírany a chloridy alkalických kovů a sírany alkalických zemin z dostupných minerálů. V menší míře dochází k rozpouštění

uhličitanů vápníku a hořčíku a některých sloučenin železa a manganu.

- Chemické působení – pro dosažení vysoké mineralizace je nutná přítomnost oxidu uhličitého. Málo rozpustné uhličitany vápníku, hořčíku aj. se převádějí na rozpustné hydrogenuhličitany. Při reakcích dochází k uvolnění vodíkových iontů, které napomáhají rozpouštění hornin.
- Modifikující přeměny – Mezi tyto přeměny patří výměna iontů, především u jílových a huminových látek používaných v technologiích vod při čištění vody. Dochází zde především k výměně kationtů  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ . Patří sem také biochemické pochody, které podle obsahu rozpuštěného kyslíku mohou mít oxidační nebo redukční charakter [6,].

### 3.3.4 Minerální voda

Minerální vody se čerpají z hloubky několik set metrů, každá minerální voda musí mít na etiketě napsané složení. Od obyčejných vod se minerální vody rozlišují svým chemickým složením a fyzikálními vlastnostmi.

Rozlišujeme:

- Přírodní minerální vody – jsou to vody z přírodního zdroje obsahující v místě vývěru více jak  $1000 \text{ mg.l}^{-1}$  rozpuštěných tuhých látek, nebo více jak  $1000 \text{ mg.l}^{-1}$  rozpuštěného  $\text{CO}_2$ .
- Přírodní léčivé vody – jsou to přírodní vody a je u nich vědecky dokázáno, že mají farmakologické účinky, tudíž se mohou využívat jako léčiva.
- Přírodní minerální vody stolové – jsou to vody z přírodního zdroje bez výrazných farmakologických účinků, obsahují více jak  $1 \text{ g.l}^{-1}$   $\text{CO}_2$  a nejvíce  $5 \text{ g.l}^{-1}$  rozpuštěných tuhých látek. Díky svým chuťovým vlastnostem jsou vhodné jako nápoje [4].

Minerální vody se klasifikují podle obsahu rozpuštěných plynů, celkové mineralizace, převládajících kationtů či aniontů, biologicky

a farmakologicky významných součástí, hodnoty pH, radioaktivity, teploty při vývěru a osmotického tlaku.

Podle rozpuštěných plynů rozlišujeme:

- Vody uhličitě (kyselky) – obsahují při vývěru více než  $1000 \text{ mg.l}^{-1}$  volného  $\text{CO}_2$
- Vody sirné (sirovodíkové) – obsahují při vývěru nejméně  $1 \text{ mg.l}^{-1}$   $\text{H}_2\text{S} + \text{HS}^-$

Podle celkové mineralizace rozlišujeme:

- Prosté (obyčejné) — obsah rozpuštěných látek do  $1\,000 \text{ mg.l}^{-1}$
- Slabě mineralizované — obsah rozpuštěných látek  $1\,000 - 5\,000 \text{ mg.l}^{-1}$
- Středně mineralizované — obsah rozpuštěných látek  $5\,000 - 15\,000 \text{ mg.l}^{-1}$
- Silně mineralizované — obsah rozpuštěných látek nad  $15\,000 \text{ mg.l}^{-1}$  [6, s. 74]

Podle převládajících iontů rozdělujeme minerály do tříd a skupin:

- 1. Třída – hydrogenuhličitanové a uhličitanové vody
- 2. Třída – síranové vody
- 3. Třída – chloridové vody
- 4. Třída – vody s jiným převládajícím aniontem

Jednotlivé třídy se dělí na skupiny s převládajícím kationtem:

- 1. Skupina – sodné
- 2. Skupina – hořečnaté
- 3. Skupina – vápenaté
- 4. Skupina – s jiným kationtem [4]

Podle biologického a farmakologického významu minerální vody rozlišujeme:

- Sirné – obsahují při vývěru alespoň  $1 \text{ mg.l}^{-1}$  titrovatelné síry ( $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{HS}^-$ ,  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ )
- Jódové – obsahují při vývěru alespoň  $5 \text{ mg.l}^{-1}$  jodidů

- Železnaté – obsahují při vývěru alespoň  $10 \text{ mg.l}^{-1}$  železa ( $\text{Fe}^{2+}$ )
- Arsenové – obsahují při vývěru alespoň  $0,7 \text{ mg.l}^{-1}$  arsenu [6,]

Podle hodnoty pH rozlišujeme:

- Velmi kyselé – hodnota pH je menší jak 3,5
- Velmi alkalické – hodnota pH je větší jak 8,5

Podle radioaktivity – je-li radioaktivita vody způsobená radonem s hodnotou nejméně  $1370 \text{ Bq.l}^{-1}$  jedná se o vodu radonovou.

Podle teploty rozlišujeme:

- Voda s teplotou vyšší jak  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  se nazývá termální voda
- Voda vlažná – teplota je  $25 - 35 \text{ }^\circ\text{C}$
- Voda teplá – teplota je  $35 - 42 \text{ }^\circ\text{C}$
- Voda horká – teplota je nad  $42 \text{ }^\circ\text{C}$

Podle osmotického tlaku rozlišujeme:

- Vody hypotonické
- Vody hypertonické
- Vody izotonické [4]

### **3.4 Pitná voda**

Musí vyhovovat předepsaným zdravotním a technickým požadavkům, nesmí obsahovat žádné organismy a takové koncentrace látek, které by mohly mít negativní vliv na zdraví člověka. Všechna zařízení na pitnou vodu musí být vhodně umístěna, postavena, provozována a kontrolována tak aby byla co nejdokonaleji zabezpečena proti znečištění. Vhodná a dobrá pitná voda musí mít dostatečný obsah biogenních prvků, měla by člověku chutnat, mít dobrý vzhled, být bez nepříjemného zápachu a přiměřeně chladná. [6].

## 4 SENZORICKÉ VLASTNOSTI VODY

Mezi sensorické vlastnosti vody patří takové vlastnosti, které jsou zjistitelné smysly člověka. Patří sem teplota, barva, zákal, průhlednost, pach a chuť [6].

### 4.1 Teplota

Teplota podzemních vod závisí především na hloubce vrstev, ze kterých voda přichází. Obvykle mají podzemní vody teplotu v rozmezí od 5 °C do 13 °C. Vyšší teplotu mývají vody minerální (termální) kdy teplota vody dosahuje při vývěru 25 °C. Teplota u stojatých povrchových vod silně kolísá s ročním obdobím, ale i během dne v rozmezí od 0 °C do +25 °C. Teplota také ovlivňuje intenzitu samočisticích procesů, čím nižší je teplota vody, tím pomaleji probíhají procesy samočištění. Optimální teplota pitné vody je 8 °C až 12 °C, voda teplejší jako 15 °C neosvěžuje. Při vypouštění odpadních vod se nesmí teplota vody ochladit ani oteplít více jak o 5 °C [7].

U vod pstruhových a vodárenských toků nesmí dojít v letním období k překročení teploty vody 20 °C a u ostatních povrchových vod nesmí dojít k překročení 26 °C [6].

### 4.2 Barva

Rozlišuje se skutečná (pravá) barva vody a zdánlivá barva vody, která je způsobená barevností nerozpuštěných látek. Žlutá nebo žlutohnědá barva přírodních vod je způsobena huminovými látkami, jedná se především o vody, které odtékají z rašelinišť. [6].

Čisté přírodní vody jsou obvykle téměř bezbarvé, v hrubých vrstvách blankytně modré. Čím méně menších suspendovaných látek voda obsahuje, tím je modrá barva intenzivnější. Při přítomnosti jemných rozptýlených látek přechází modré zbarvení na zelené. Zelenkavé zbarvení způsobuje obsah vápenatých solí a zelenou barvu způsobuje útvar podloží [7].

### 4.3 Zákaly

Zákaly vody může být způsoben látkami anorganického původu, kam zahrnujeme jílovité minerály, hydratované oxidy železa a manganu a organického původu kam patří plankton, bakterie, dispergované organické látky aj. I když je základ tvořen zdravotně nezávadnými látkami má voda nežádoucí vzhled, což má význam při hodnocení pitných a užitkových vod. Intenzita zákalu se vyjadřuje ve formazinových jednotkách zákalu (ZF). U pitné vody je připuštěn zákal nejvýš 5 ZF [6].

### 4.4 Průhlednost

Průhlednost vody je závislá na barvě vody a na jejím zákalu. Mírou průhlednosti je výška sloupce vody, při které přestane být vidět bílá deska neb o písmo určitých rozměrů. Výsledky měření průhlednosti se udávají v centimetrech [6].

Různé nádrže a toky mají odlišnou průhlednost. Recipienty, které jsou chudé na živiny a produkují málo organické hmoty (alpské, tatranské jezera) dosahují průhlednosti, 15 až 20 m. v zimě bývá průhlednost větší jak v létě [7].

### 4.5 Pach

Zdroje pachu dělíme na primární a sekundární. Mezi primární zdroje patří přírodní vody, kde může být zápach způsoben látkami, které jsou přirozenou součástí vody (sulfan), nebo biologickými látkami (odumírání rostlin, řas, plísní, hub, prvků ve vodě), ale také látkami obsaženými ve splaškových a průmyslových odpadních vodách. Za sekundární zdroje zápachu považujeme vodu, která byla technologicky upravena. Jedná se například o zabezpečování chlorací, kdy jde o pach samotného chloru, ale také o pach chlorderivátů vznikajících z přítomných organických látek [6].

Druh pachu pitné vody určujeme čichem při teplotě vzorku 20 – 60 °C. Míru zápachu určujeme také čichem při 20 – 60 °C. Hodnotí se podle stupnice: 0 – žádný zápach, 1 – velmi slabý zápach, 2 – slabý zápach, 3 – znatelný, 4 – zřetelný, 5 – velmi silný zápach [7].

## 4.6 Chuť

Chuť vody výrazně ovlivňuje obsah železa, manganu, hořčíku, zinku, mědi, chloridů, hydrogenuhličitanů, oxidu uhličitého aj. Nejlépe chutnají vody, které jsou více mineralizované. Nejvhodnější hodnota pH pro pitnou vodu je 6 až 7. Vyšší hodnoty koncentrace hydrogenuhličitanů jsou ve vodě žádoucí naopak vyšší koncentrace hořčíku a síranu mají za následek hořkou chuť. Hodnocení chuti a pachu je nezbytnou součástí rozboru pitných a povrchových vod a velmi často rozhoduje o nevhodnosti vody pro některé účely. [6].

## 5 ANORGANICKÉ LÁTKY VE VODÁCH

### 5.1 Kovy

Mezi hlavní kovové anorganické složky přírodních vod patří vápník, hořčík a sodík. V nízkých koncentracích jsou v přírodních vodách zastoupeny draslík, železo, mangan a ve stopových koncentracích řada dalších kovů (stroncium, baryum, hliník, měď, stříbro, zinek, aj. [6, s. 15].

#### Sodík a draslík

Jsou běžnou součástí přírodních vod. Poměr Sodík (Na) : Draslík (K) se pohybuje v rozmezí 10 : 1 až 25 : 1, tudíž převládá sodík nad draslíkem. V atmosférických vodách se poměr snižuje ve prospěch draslíku asi na 1,5 : 1 až 2 : 1. Sodík může v pitné vodě nepříznivě působit na zdraví osob, které trpí srdečními chorobami. Hydrogenuhličitanové sodné minerální vody mají význam při léčbě žaludečních chorob. [6].

#### Vápník a hořčík

Tyto prvky se ve vodách vyskytují převážně jako ionty  $\text{Ca}^{2+}$  a  $\text{Mg}^{2+}$ . Vzhledem k omezené rozpustnosti  $\text{CaCO}_3$  a  $\text{CaSO}_4$  nepřevyšuje koncentrace vápníku v minerálních vodách hodnotu  $1\,000\text{ mg.l}^{-1}$ . Hmotností poměr vápníku (Ca) a hořčíku (Mg) se pohybuje v rozmezí 4 : 1 až 2 : 1. V závislosti na pH se hořčík může vylučovat z přírodních vod, které obsahují hydrogenuhličitan ve formách:  $\text{MgCO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  v kyselé oblasti a  $\text{Mg(OH)}_2$  v zásadité oblasti.  $\text{CaCO}_3$  je asi šestkrát méně rozpustný než  $\text{MgCO}_3$ . Naopak  $\text{Ca(OH)}_2$  je oproti  $\text{Mg(OH)}_2$  značně rozpustný. Oba tyto prvky mohou být za vyšších teplot příčinnou vzniku sedimentů nebo tuhých nánosů (kotelního kamene) na stěnách technologických zařízení. V provozních vodách působí vyšší koncentrace Ca a Mg závady jde o textilní průmysl, prádelny, barvírny aj. Chuťově jsou nejlepší vody obsahující Ca a hydrogenuhličitan. Obsah Mg ve vodě nad  $250\text{ mg.l}^{-1}$  se projevuje hořkou chutí [6].



## Železo

Formy, v jakých se železo bude vyskytovat ve vodách, jsou závislé především na pH, redoxním potenciálu a přítomnosti komplexotvorných látek. V prostředí podzemních a povrchových vod bez přístupu kyslíku se železo vyskytuje ve formě  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $[\text{Fe}(\text{OH})_3]^-$  aj. Ve vodách, které obsahují rozpuštěný kyslík, se železo vyskytuje ve formách  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $[\text{FeOH}]^{2+}$ ,  $[\text{Fe}(\text{OH})_2]^+$ ,  $[\text{Fe}(\text{OH})_4]^-$ . V silně kyselých vodách s vysokým obsahem chloridů tvoří  $[\text{FeCl}]^{2+}$ ,  $[\text{FeCl}_2]^+$ . V koncentracích v setinách až desetínách  $\text{mg.l}^{-1}$  je železo běžnou součástí vod. Obsah železa v povrchových a prostých podzemních vodách je nevýznamný. K chuťovým závadám dochází při koncentraci kolem 0,5 až 1,5  $\text{mg.l}^{-1}$ . Železo působí ve vodách technické závady především při zásobování pitné a užitkové vody, proto je obsah železa v pitné vodě limitován hodnotou 0,3  $\text{mg.l}^{-1}$  pro hromadné zásobování a pro lokální zásobování je tato hodnota 0,5  $\text{mg.l}^{-1}$ . U vodárenských toků nesmí obsah železa přesáhnout 0,5  $\text{mg.l}^{-1}$  a u ostatních toků 1,5  $\text{mg.l}^{-1}$ . [6].

## Mangan

Nejstabilnější formou výskytu ve vodě za nepřítomnosti rozpuštěného kyslíku je  $\text{Mn}^{\text{II}}$ . V rozpuštěných formách se mangan vyskytuje jako  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $[\text{MnOH}]^+$ ,  $[\text{Mn}(\text{OH})_3]^-$ . V přírodních vodách je množství rozpuštěného  $\text{Mn}^{\text{II}}$  limitováno rozpustností hydroxidů, uhličitanů a sulfidů.  $\text{Mn}^{\text{II}}$  je za určitých podmínek nestabilní ve vodách, které obsahují rozpuštěný kyslík. Většinou se koncentrace pohybují pod 1,0  $\text{mg.l}^{-1}$ . V koncentracích v jakých se mangan vyskytuje v přírodních vodách, bývá zdravotně nezávadný. Dochází však k ovlivnění sensorických vlastností vody. Ke změně chuti vody dochází při koncentracích 0,1  $\text{mg.l}^{-1}$ . Díky manganovým bakteriím dochází ke změně zbarvení materiálů. Limitní hodnota pro pitnou vodu v upravené vodě je nejvýše 0,1  $\text{mg.l}^{-1}$  a pro zdroje zásobování maximálně 0,3  $\text{mg.l}^{-1}$  [6].

### **Stroncium a baryum**

Vyskytují se ve vodách jako jednoduché ionty nebo jako komplexy. Stroncium je ve vodách zastoupeno ve vyšší koncentraci než baryum. Běžné koncentrace těchto prvků v povrchových a prostých podzemních vodách se pohybují v jednotkách nebo desítkách  $\text{mg.l}^{-1}$ . Baryum patří mezi toxické prvky, které nepříznivě vlivuje nervový systém. Limitní hodnota barya pro pitnou vodu je nejvýše  $1,5 \text{ mg.l}^{-1}$ . Obsah stroncia v pitné vodě není limitován [6].

### **Hliník**

Ve vodách se vyskytuje jednoduchý hydratovaný kation  $\text{Al}^{3+}$ , síranové komplexy  $[\text{AlSO}_4]^+$  a  $[\text{Al}(\text{SO}_4)_2]^-$ . Hlinitý kation není ve vodném prostředí přítomen jako  $\text{Al}^{3+}$ , ale je hydratován za vzniku  $[\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ . V povrchových a prostých podzemních vodách se vyskytuje hliník jen v setinách až desetínách  $\text{mg.l}^{-1}$ . Pro pitnou vodu je přípustné maximální množství hliníku  $0,3 \text{ mg.l}^{-1}$  [6].

### **Měď**

Nejvíce jsou ve vodách zastoupeny hydroxokomplexy  $[\text{CuOH}]^+$ ,  $[\text{Cu}(\text{OH})_3]^-$  a  $[\text{Cu}(\text{OH})_4]^{2-}$ , ale také minerální vody jako malachit  $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$ . V prostých podzemních vodách a povrchových vodách se měď vyskytuje jen v desítkách miligramů v litru, kyselá voda však obsahuje desítky až stovky miligramů v litru mědi. [6].

### **Zinek**

Běžně v přírodních vodách se vyskytuje ve formách  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $[\text{ZnOH}]^+$ ,  $[\text{Zn}(\text{OH})_3]^-$  a  $[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$ . V prostých podzemních a povrchových vodách se nachází asi 5 až  $200 \text{ } \mu\text{g.l}^{-1}$  zinku. K chuťovým změnám dochází při koncentraci 10 až  $20 \text{ mg.l}^{-1}$ . Limitní hodnota v pitné vodě je  $5 \text{ mg.l}^{-1}$ . V důsledku negativního působení na ryby je hodnota ve vodárenských tocích nejvýše  $0,05 \text{ } \mu\text{g.l}^{-1}$  [6].

## 5.2 Nekovy

Mezi nekovové anorganické látky řadíme fluor, chlor, brom, jod, sloučeniny síry (sírany, siřičitany, thiosírany, thiokyanatany, sulfan), sloučeniny fosforu (polyfosforečnany), sloučeniny dusíku (amoniakální dusík, dusitany, dusičnany), křemík, bor, kyslík, dusík, sloučeniny uhlíku (oxid uhličitý a jeho iontové formy, hydrogenuhličitany, uhličitany) [6].

### Fluor

Ve vodách se vyskytuje nejčastěji jako jednoduchý anion  $F^-$  a jako fluorokřemičitan  $SiF_6^{2-}$ . Koncentrace fluoridů ve vodách je limitována rozpustností  $CaF_2$  a  $MgF_2$ . V přírodních vodách je koncentrace fluoridů v řádech setin až desetin  $mg.l^{-1}$ , výjimečně se však mohou vyskytovat také v koncentracích přesahujících  $1 mg.l^{-1}$ . Limitní hodnota pro pitnou vodu je  $1,5 mg.l^{-1}$  [6].

### Chlor

Ve vodách se převážně vyskytuje jako jednoduchý anion  $Cl^-$ , ale také jako  $[FeCl]^+$ ,  $[FeCl_2]^+$ ,  $[FeCl]^{2+}$  aj. Nejrozšířenější forma, ve které se chlor vyskytuje, jsou chloridy. V prostých podzemních a povrchových vodách je obsah chloridů v řádech jednotek až desítek  $mg.l^{-1}$ . Chloridy nejsou hygienicky závadné v pitné vodě, ale ovlivňují chuť vody. Koncentrace  $150 mg.l^{-1}$  neovlivňuje sensorické vlastnosti vody. Limitní hodnota pro pitnou vodu je nejvýš  $100 mg.l^{-1} Cl^-$ . Ve vodě se chlor rozpouští na chlornou vodu. Rozlišuje aktivní chlor volný a aktivní chlor vázaný. Aktivní chlor působí škodlivě na ryby a ostatní vodní organismy. V povrchových vodách by jeho koncentrace měla být nejvýš  $0,15 mg.l^{-1}$  [6].

### Brom a jod

Ve vodách se vyskytují jako jednoduché anionty  $Br^-$  a  $I^-$ . Dochází k oxidaci jodidů na elementární jod a jodičnany. Jodidů bývá méně než bromidů. V atmosférických vodách se mohou vyskytovat přirozeně (v přímořských oblastech) nebo uměle (z průmyslu). Vyšší koncentrace obsahuje mořská voda a minerální vody, naopak jen stopové množství je obsaženo v prostých podzemních a povrchových vodách. [6].

### Sloučeniny síry

V odpadních a přírodních vodách se vyskytují anorganické sloučeniny síry v oxidačním stupni: -II, 0, IV a VI. Koloběh síry je založen na biochemické oxidaci sulfanu a jeho iontových forem, ale také na biochemické redukci síranů a biochemické oxidaci a redukci elementární síry [6].

Sírany - ve vodách se vyskytují jako jednoduchý anion  $\text{SO}_4^{2-}$ . Tvoří spolu s hydrogenuhličitanem a chloridy hlavní složku aniontů v přírodních vodách. Jejich hodnota je v řádech desítek až stovek  $\text{mg.l}^{-1}$  v prostých a podzemních vodách. Limitní hodnota pro pitnou vodu je nejvýše  $250 \text{ mg.l}^{-1} \text{ SO}_4^{2-}$ . [6].

Sířičitany - v přírodních vodách se skoro nevyskytují. Vznikají zejména při výrobě sulfitové celulózy a tepelného zpracování uhlí. Do atmosférických vod se dostávají z městských a průmyslových exhalací [6].

Thiosírany - v přírodních vodách se vyskytují jen výjimečně, přirozeně se vyskytují v některých minerálních vodách, kde doprovází sulfan a jeho iontové formy. Uměle se vyskytují v odpadních vodách při tepelném zpracování uhlí, z koželužen aj. [6].

Thiokyanatany - ve vodách se přirozeně nevyskytují. Vznikají v odpadních vodách při tepelném zpracování uhlí [6].

Sulfan - sulfidická síra se ve vodě vyskytuje jako nedisociovaný sulfan  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{HS}^-$  a  $\text{S}^{2-}$ . Sulfan a jeho iontové formy jsou ve vodě nestabilní, kdy dochází k chemické a biochemické oxidaci na sírany. Sírnými vodami jsou takové minerální vody, které obsahují nejméně  $1 \text{ mg.l}^{-1}$  sulfidické a thiosíranové síry. Sulfan také ovlivňuje sensorické vlastnosti vody. Limitní hodnota pro pitnou vodu je  $1 \text{ mg.l}^{-1}$  sulfanu. Ve vodárenských tocích se obsah sulfanu vůbec nepřipouští, protože je velmi jedovatý pro ryby [6].

### Sloučeniny fosforu

Ve vodách se vyskytuje nejčastěji v těchto formách:  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ . V povrchových vodách je koncentrace fosforečnanů až v desetinách  $\text{mg.l}^{-1}$  fosforu. Vody z rašelinišť jsou bohatší na fosforečnany a mohou

obsahovat až  $1 \text{ mg.l}^{-1}$  fosforu. Vlivem používání fosforečnanů, které jsou obsaženy v pracích prostředcích a používají se v zemědělství jako hnojiva, vzrůstá obsah fosforečnanů v přírodních vodách. Fosforečnany mají důležitou roli v koloběhu přírody, po uhynutí organismu jsou opět uvolňovány do prostředí. Významné jsou při růstu zelených organismů ve vodě., proto jsou nežádoucí vysoké koncentrace fosforečnanů ve vodách. Fosforečnany podporují růst sinic a řas, které jsou příčinou eutrofizace. Velmi dobře se zadržují v půdě a limitní hodnota pro pitnou vodu je nejvyšší  $0,4 \text{ mg.l}^{-1}$  fosforu [6].

### **Sloučeniny dusíku**

Uplatňují se při všech biologických procesích, které probíhají v přírodních i odpadních vodách. Mohou být organického i anorganického původu. Zdrojem organického dusíku jsou splaškové odpadní vody. Zdrojem anorganického dusíku jsou splachy ze zemědělské půdy, které jsou hnojeny minerálními dusíkatými hnojivy, dále potom atmosférické vody a průmyslové odpadní vody při tepelném zpracování uhlí [6].

Amoniakální dusík - vyskytuje se hlavně ve formě  $\text{NH}_3$  a  $\text{NH}_4^+$ . Poměr obou forem závisí na pH. Je primárním produktem při rozkladu organických dusíkatých látek živočišného a rostlinného původu. Ve vysokých koncentracích je obsažen ve splaškových odpadních vodách a zemědělských vodách (močůvka). Jako anorganický se vyskytuje v odpadních vodách z tepelného zpracování uhlí a také v půdě, která je hnojena dusíkatými hnojivy. Atmosférické vody obsahují desetiny  $\text{mg.l}^{-1}$ , u průmyslových vod až jednotky  $\text{mg.l}^{-1}$ . V přírodě je za aerobních podmínek velmi nestálý. Při biochemické reakci přechází na dusitany až dusičnany. Je velmi významný z hygienického hlediska, protože je jako produkt při rozkladu organických dusíkatých látek. Je velmi toxický pro ryby, toxicita závisí na pH vody. Max. koncentrace ve vodárenských tocích je  $0,4 \text{ mg.l}^{-1}$  [6].

Dusitany - vyskytují se ve formě  $\text{NO}_2^-$  a vznikají biochemickou oxidací amoniakálního dusíku nebo redukcí dusičnanů. Odpadní vody z výroby barviv nebo ze strojírenských závodů jsou bohaté na dusitany. Ve stopách jsou přítomné v čistých podzemních a povrchových vodách. Vyšší obsahy

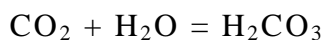
jsou v železnatých a rašelinných vodách. V silně znečištěných přírodních vodách se mohou vyskytovat v koncentracích převyšující  $1 \text{ mg.l}^{-1}$ . Znečišťují podzemní vody, pokud vznikly přeměnami z organicky vázaného dusíku v živočišných odpadech. Limitní hodnota pro pitnou vodu je nejvýše  $0,03 \text{ mg.l}^{-1}$  [6].

Dusičnany - vyskytují se ve formě jednoduchého anionu  $\text{NO}_3^-$ . Vznikají při nitrifikaci amoniakálního dusíku, při hnojení zemědělské půdy dusíkatými hnojivy, ale také při elektrických výbojích v atmosféře, kdy dusičnany přechází do atmosférických vod. Jsou obsaženy ve všech vodách. Vyšší koncentrace se nachází v okolí měst, sídlišť a v podzemních vodách zemědělských oblastí. V čistých prostých podzemních vodách a povrchových vodách se nacházejí koncentrace v jednotkách  $\text{mg.l}^{-1}$ . Za aerobních podmínek jsou dusičnany ve vodě stabilní. Za anaerobních podmínek jsou biochemicky redukovány na dusitany, elementární dusík, případně až na amoniak. Jsou pro člověka málo škodlivé, ale mohou redukovat mikrobiální činnosti na dusitany, které potom reagují s hemoglobinem za vzniku methemoglobinu, který nemá v krvi schopnost přenášet kyslík. Tato nemoc je nebezpečná pro kojence, která způsobuje nemoc cyanosu (zmodrání kůže), tachykardii, křeče a průjem. Limitní hodnota pro pitnou vodu je nejvýše  $11,3 \text{ mg.l}^{-1}$  [6].

### **Oxid uhličitý a jeho iontové formy**

V čistém vzduchu je asi 0,03 objemových procent  $\text{CO}_2$ . Při  $10 \text{ }^\circ\text{C}$  se v destilované vodě rozpustí jen asi  $0,7 \text{ mg.l}^{-1}$   $\text{CO}_2$ . Oxid uhličitý biochemického původu je zdrojem  $\text{CO}_2$  v prostých podzemních vodách a vodách povrchových. Vzniká při biologickém rozkladu organických látek, které jsou přítomny ve vodách i v půdě. Dalším zdrojem  $\text{CO}_2$  je termický rozklad uhličitánových minerálů působením horkých magmatických exhalací. Ve vodě se oxid uhličitý vyskytuje v rozpuštěné formě jako volně hydratovaný  $\text{CO}_2$  (aq). Jen asi 1 % reaguje s vodou za vzniku molekuly  $\text{H}_2\text{CO}_3$ . Rozpuštěný oxid uhličitý ve vodě se nazývá volný oxid uhličitý (součet koncentrací volně hydratovaného  $\text{CO}_2$  a  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ). V chemických rovnicích se píše jen  $\text{CO}_2$  nebo  $\text{H}_2\text{CO}_3$ , ale vždy se tím rozumí celkové množství rozpuštěného  $\text{CO}_2$  jak ve formě hydratované tak nedisociované

kyseliny uhličitě. Rozpuštění  $\text{CO}_2$  ve vodě a disociaci kyseliny uhličitě lze popsat třemi rovnicemi:



Iontové formy oxidu uhličitého jsou ionty  $\text{HCO}_3^-$  a  $\text{CO}_3^{2-}$ . Oxid uhličitý, který je v nich obsažen se nazývá vázaný a dělí se na hydrogenuhličitanový a uhličitanový. Součet všech tří forem (volný, hydrogenuhličitanový a uhličitanový) se označuje jako veškerý oxid uhličitý. Při pH pod 4,5 se ionty  $\text{HCO}_3^-$  ve vodě prakticky nevyskytují a převládá pouze volný  $\text{CO}_2$ . Při pH 8,3 převládají ionty  $\text{HCO}_3^-$  a při pH větší než 10,5 převládají ionty  $\text{CO}_3^{2-}$ . Rozpuštěný  $\text{CO}_2$  se vyskytuje ve všech přírodních vodách, jejichž pH není větší než 8,3. V tekoucích vodách se volný  $\text{CO}_2$  nachází v jednotkách  $\text{mg.l}^{-1}$  a nepřesahuje  $30 \text{ mg.l}^{-1}$ . V letním období může vlivem fotosyntetické asimilace dojít k úplnému vyčerpání  $\text{CO}_2$  v povrchových vrstvách nádrží a jezer a tím dojde ke zvýšení pH nad 8,3. [6].

Hydrogenuhličitan - vyskytují se ve všech přírodních vodách. Kromě jednoduchých iontů  $\text{HCO}_3^-$  jsou přítomny také v iontových párech  $[\text{CaHCO}_3]^+$ ,  $[\text{MgHCO}_3]^+$ ,  $[\text{MnHCO}_3]^+$  aj. V atmosférických vodách jsou obsaženy jednotky až desítky  $\text{mg.l}^{-1}$   $\text{HCO}_3^-$ , prosté podzemní vody a povrchové vody obsahují desítky až stovky  $\text{mg.l}^{-1}$   $\text{HCO}_3^-$ . V minerálních vodách je jejich koncentrace ještě vyšší. Příznivě ovlivňují chuť vody, proto se doporučuje jejich koncentrace vyšší než  $0,75 \text{ mmol.l}^{-1}$  [6].

Uhličitan - v prostých podzemních vodách a povrchových vodách jsou nedokazatelné, jen při fotosyntetické asimilaci, kdy se vyčerpá  $\text{CO}_2$  z vody a dojde ke zvýšení pH nad 8,3. Vyskytují se ve formě jednoduchých iontů  $\text{CO}_3^{2-}$ . Obsah  $\text{CO}_2$  je ve vodě z hygienického hlediska nevýznamný, ovlivňuje však příznivě chuť vody a jeho vyšší koncentrace maskují nežádoucí chutě jiných látek. Oxid uhličitý má ve vodě značný technický význam z hlediska agresivity vody vůči některým materiálům (železo, vápenec aj.) [6].

## 6 ORGANICKÉ LÁTKY VE VODÁCH

Organické znečištění přírodních vod můžeme rozdělit na přirozené a umělé. Mezi přirozené znečištění patří výluhy z půdy a sedimentů (půdní a rašelinný humus, výluhy z listů a tlejícího dřeva) a produkty životní činnosti živočichů a rostlin žijící ve vodě. Mezi umělé znečištění patří splaškové a průmyslové odpadní vody a zemědělské odpady. Může se jednat o látky, které snadno podléhají biologickému rozkladu nebo o látky, které jsou biochemicky rezistentní. Ve vodách se organické látky dělí na neškodné a škodlivé, buď z hlediska toxicity, nebo ovlivnění sensorických vlastností vody. Obsah organických látek v pitné vodě je řádově v desetinách až jednotkách  $\text{mg.l}^{-1}$ . Desetinásobně vyšší koncentrace jsou u povrchových vod. Průmyslové odpadní vodou mohou obsahovat jednotky až desítky  $\text{g.l}^{-1}$  organických látek. Barva je způsobena několika skupinami organických látek, zejména huminovými látkami. Chuť a pach je ovlivněn látkami, které vyprodukují organismy při nadměrném rozvoji [6].

### 6.1 Chemická spotřeba kyslíku (CHSK)

Při stanovení se na obsah organických látek usuzuje ze spotřeby oxidačního činidla, která je za určitých podmínek nutná pro jejich oxidaci. Výsledky stanovení se vyjadřují v  $\text{mg.l}^{-1}$  kyslíku. Pro oxidaci používáme nejčastěji dvě oxidační činidla a to dichroman draselný a manganistan draselný.

Oxidace manganistanem draselným ( $\text{CHSK}_{\text{Mn}}$ ) - původní metodu navrhl Kubel, proto také hovoříme o Kubelově metodě. Principem je, že vzorek se zahřívá ve vodní lázni se zředěným roztokem manganistanu draselného v prostředí kyseliny sírové po dobu deseti minut. Spotřeba manganistanu se stanoví po přidavku přebytku roztoku kyseliny šťavelové, titrací tohoto přebytku odměrným roztokem manganistanu. Nevýhodou této metody je nízký stupeň oxidace většiny organických látek, proto u povrchových vod můžeme získat výsledky čtyři až pětkrát nižší, než odpovídají skutečnému výsledku. Stanovení vyhovuje vodám, které obsahují méně než  $300 \text{ mg.l}^{-1}$  chloridů. Vzorky, které budou mít očekávanou hodnotu  $\text{CHSK}_{\text{Mn}}$  větší než



10 mg.l<sup>-1</sup> je nutné před rozbohem zředit. Optimální rozsah stanovením 0,5 mg.l<sup>-1</sup> [8].

Oxidace dichromanem draselným (CHSK<sub>Cr</sub>) - Oxidace probíhá v prostředí 50 % kyseliny sírové a doba varu pod zpětným chladičem je 2 hodiny. Jako katalyzátor se používá síran stříbrný. Nadbytek dichromanu se po ukončení oxidace stanoví titrací roztokem síranu diamono-železnatého na indikátor ferroin. Tato metoda se používá jako jednotná metoda pro stanovení organického znečištění v odpadních vodách. Většina organických látek se za přítomnosti katalyzátoru oxiduje kvantitativně, částečně se oxidují methylaminy, ethylaminy, pyridin a jeho deriváty, je to způsobeno tím, že tyto látky oxidují pozvolna. Výsledky měření se vyjadřují v mg.l<sup>-1</sup> kyslíku [6,].

## 6.2 Biochemická spotřeba kyslíku (BSK)

Je to množství kyslíku spotřebovaného mikroorganismy při biochemické oxidaci organických látek za aerobních podmínek a bez součinnosti fotosyntetizujících mikroorganismů. Množství kyslíku, který se spotřebuje při disimilaci, je úměrný množství přítomných biologicky rozložitelných látek. BSK vyjadřuje znečištění jen látkami biologicky rozložitelnými. Stanovuje se standardní zředovací metodou, při které se měří úbytek rozpuštěného kyslíku ve vodě. Jelikož je rozpustnost kyslíku ve vodě malá, je vzorek při jejím větším znečištění ředěn. U průmyslových vod dochází správným ředěním ke snižování koncentrace toxických látek pod jejich mez toxicity. Oxidace organických látek, které jsou obsaženy ve splaškových odpadních vodách, probíhá 5 dní a výsledky se označují jako pětidenní biochemická spotřeba kyslíku (BSK<sub>5</sub>). BSK<sub>5</sub> je jen částí BSK, tento podíl závisí na rychlosti rozkladu přítomných organických látek [6].

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

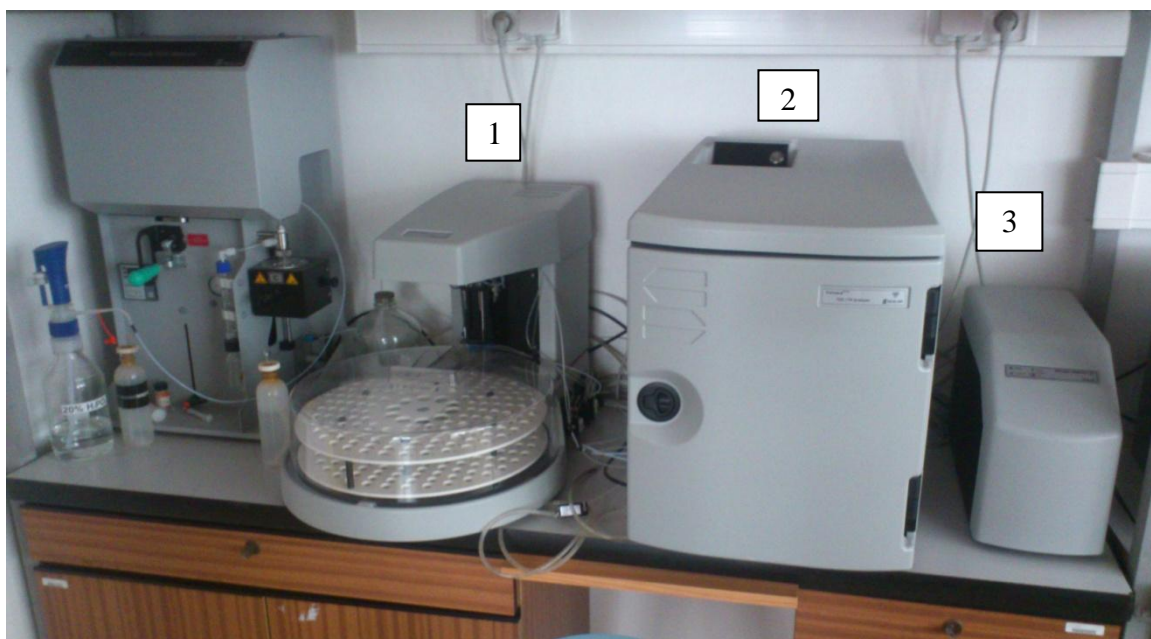
## 7 POUŽITÉ CHEMIKÁLIE, PŘÍSTOJE A POMŮCKY

### 7.1 Použité chemikálie

Hydrogenftalan draselný p. a., uhličitan sodný p.a., hydrogenuhličitan sodný p.a., síran amonný p.a., dusičnan draselný p.a., dusitan sodný p.a., síran amonný p.a., demineralizovaná voda CO<sub>2</sub> prostá, kyslík 3.0 (99,9%), syntetický vzduch uhlovodíků prostý, kyselina chlorovodíková p. a.

### 7.2 Použité přístroje

- analyzátor celkového organického uhlíku Formacs<sup>HT</sup>
- analyzátor celkového dusíku Formacs<sup>NT</sup>
- Centrifuge type MPW - 310



Obr. 2: 1. automatický dávkovač, 2. analyzátor celkového organického uhlíku Formacs<sup>HT</sup>, 3. analyzátor celkového dusíku Formacs<sup>NT</sup>

Přístroj měřil s korelačním koeficientem  $< 2\%$  a výsledkem byl průměr ze tří hodnot, pokud byl korelační koeficient vyšší než 2%, byl vzorek automaticky analyzován počtvrté resp. popáté.

## 8 PŘÍPRAVA ZÁSOBNÍCH, PRACOVNÍCH A KALIBRAČNÍCH ROZTOKŮ

### 8.1 Příprava zásobních roztoků

Zásobní roztok organického uhlíku (ZR-OC) o koncentraci 1 000 mg.l<sup>-1</sup> OC:

1,06271 g hydrogenftalanu draselného sušeného při 110° C do konstantní hmotnosti bylo rozpuštěno v čerstvé demineralizované vodě, prosté oxidu uhličitého a doplněno touto vodou na objem 500 ml. Takto připravený zásobní roztok vydrží v chladničce několik týdnů.

Zásobní roztok anorganického uhlíku (ZR-IC) o koncentraci 1 000 mg.l<sup>-1</sup> IC:

2,20613 g uhličitanu sodného předem vysušeného při 280°C a 1,74858 g hydrogenuhličitanu sodného vysušeného při 95 – 100 °C do konstantní hmotnosti bylo rozpuštěno v čerstvé demineralizované vodě, prosté oxidu uhličitého a doplněno touto vodou na objem 500 ml. Takto připravený zásobní roztok vydrží v chladničce několik týdnů.

Zásobní roztok síranu amonného (ZR-NH<sub>4</sub>) o koncentraci 1 000 mg.l<sup>-1</sup>·N

0,471704 g síranu amonného bylo rozpuštěno v demineralizované vodě prosté oxidu uhličitého a doplněno touto vodou na objem 100 ml.

Zásobní roztok dusičnanu (ZR-NO<sub>3</sub>) o koncentraci 1 000 mg.l<sup>-1</sup>·N

0,72189 g dusičnanu draselného bylo rozpuštěno v demineralizované vodě prosté oxidu uhličitého a doplněno touto vodou na objem 100 ml.

Zásobní roztok dusitanu (ZR-NO<sub>2</sub>) o koncentraci 1 000 mg.l<sup>-1</sup> N

0,49259 g dusitanu sodného bylo rozpuštěno v demineralizované vodě a doplněno touto vodou na objem 100 ml.

### 8.2 Příprava pracovních roztoků

Pracovní roztok (PR-OCN) organického uhlíku a vázaného dusíku o koncentraci 100 mg.l<sup>-1</sup> OC a 40 mg.l<sup>-1</sup>N:

Pracovní roztok „PR-OCN“ byl připraven ředěním zásobních roztoků, kdy do 250 ml odměrné baňky bylo nepipetováno 25 ml zásobního roztoku

„ZR-OC“, 50 ml pracovního roztoku „PR-NH<sub>4</sub>“ a 50 ml pracovního roztoku „PR-NO<sub>3</sub>“ načež odměrná baňka byla doplněna po rysku demineralizovanou vodou bez oxidu uhličitého.

Pracovní roztok (PR-ICN) anorganického uhlíku a anorganického dusitanového a dusičnanového dusíku o koncentraci 100 mg.l<sup>-1</sup> IC a 40 mg.l<sup>-1</sup>N:

Pracovní roztok „PR-ICN“ byl připraven ředěním 25 ml zásobního roztoku „ZR-IC“, 50 ml pracovního roztoku „PR-NO<sub>2</sub>“ a 50 ml pracovního roztoku „PR-NO<sub>3</sub>“ načež byla 250 ml odměrná baňka doplněna po rysku demineralizovanou vodou bez oxidu uhličitého.

Pracovní roztok síranu amonného (PR-NH<sub>4</sub>) o koncentraci 100 mg.l<sup>-1</sup> N:

Byl připraven ředěním 10 ml zásobního roztoku „ZR-NH<sub>4</sub>“ a doplněn demineralizovanou vodou prostou oxidu uhličitého do 100 ml odměrné baňky.

Pracovní roztok dusičnanu (PR-NO<sub>3</sub>) o koncentraci 100 mg.l<sup>-1</sup>N:

Byl připraven ředěním 10 ml zásobního roztoku „ZR-NO<sub>3</sub>“ a doplněn demineralizovanou vodou prostou oxidu uhličitého do 100 ml odměrné baňky.

Pracovní roztok dusitanu (PR-NO<sub>2</sub>) o koncentraci 100 mg.l<sup>-1</sup> N:

Připraví se ředěním 10 ml zásobního roztoku „ZR-NO<sub>2</sub>“ a doplněn demineralizovanou vodou prostou oxidu uhličitého do 100 ml odměrné baňky.

### **8.3 Příprava kalibračních roztoků**

Kalibrační roztoky organického uhlíku a vázaného dusíku (standardy):

Byly připraveny ředěním pracovního roztoku „PR-OCN“ a doplněny demineralizovanou vodou bez oxidu uhličitého.

Kalibrační roztoky anorganického uhlíku a anorganického dusitanového a dusičnanového dusíku (standardy):

Byly připraveny ředěním pracovního roztoku „PR-ICN“ a doplněny demineralizovanou vodou bez oxidu uhličitého.

## 9 ANOVENÍ ANORGANICKÉHO UHLÍKU, ORGANICKÉHO UHLÍKU A CELKOVÉHO DUSÍKU

### 9.1 Stanovení anorganického uhlíku (IC)

Anorganický uhlík se vyskytuje v podobě uhličitanů, hydrogenuhličitanů, kyseliny uhličitě a oxidu uhličitého. Mezi těmito formami existuje určitá rovnováha, která je dána hodnotou pH roztoku. Celková koncentrace anorganického uhlíku se stanovuje převedením na oxid uhličitý v plynné fázi, kde je jako takový detekován. Principem je, že vzorek s anorganickým uhlíkem se nastříkne v proudu 20 % kyslíku (vzduchu) do kyseliny fosforečné, kde dojde k vytěsnění oxidu uhličitého. Oxid uhličitý je nosným plynem unášen přes kondenzátor vody do měrné květy infračerveného nedisperzního detektoru. Signál, který zde vznikl absorpcí světla je zaznamenáván do počítače. Plocha píku je úměrná množství oxidu uhličitého, který vznikl z nadávkovaného vzorku [9].

### 9.2 Stanovení organického uhlíku (OC)

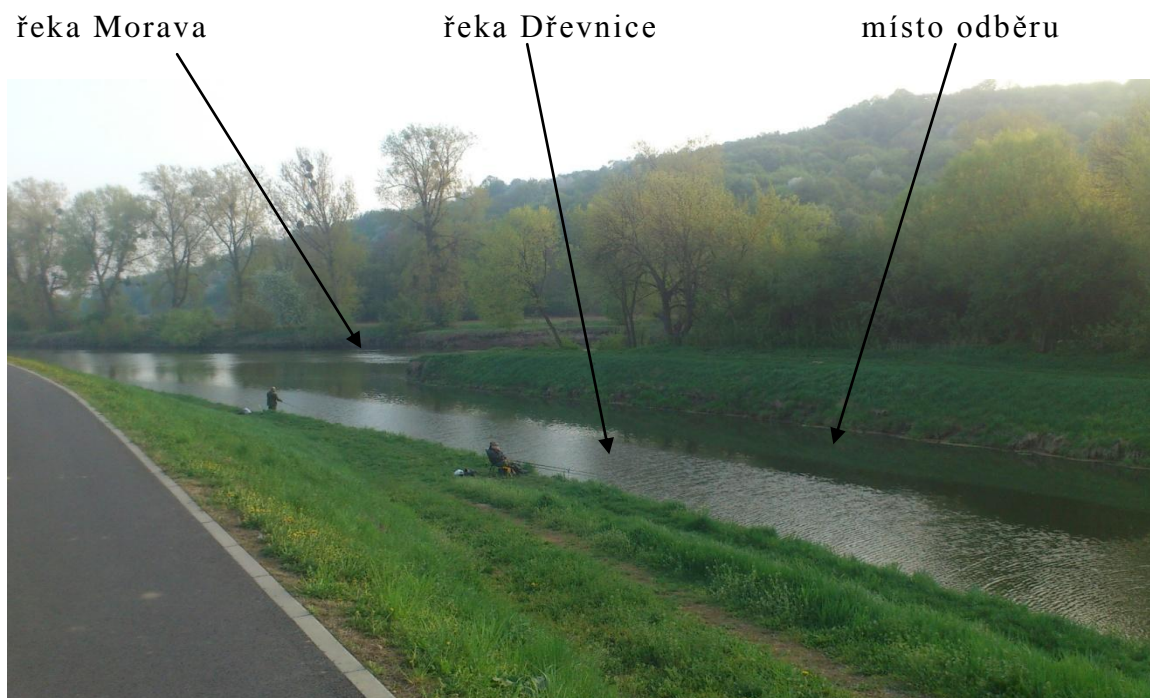
Stanovení se provádí nejčastěji suchou cestou tak, že se organická látka spaluje v proudu minimálně 20 % kyslíku. Většinou je tato oxidace katalyzována oxidem kobaltnato-kobaltitým, platinou atd. V dnešní době se k vyhodnocování množství vzniklého oxidu uhličitého využívá výhradně nedisperzní infračervené detekce. Princip stanovení je založen na detekci oxidu uhličitého, který vzniká spalováním látek na katalyzátoru. Vzorek, který je nadávkovaný do spalovací trubice s oxidem kobaltnato-kobaltitým se spálí při teplotě 950 °C v proudu 20 % kyslíku. Oxid uhličitý, který vznikne je veden do stejného detektoru pracujícího v infračervené oblasti spektra. Signál, který vznikl absorpcí záření příslušné vlnové délky, se registruje jako pík. Plocha píku je přímo úměrná množství vzniklého oxidu uhličitého [9]. Pokud vzorek obsahuje i anorganický uhlík ten se tepelně rozkládá na oxid uhličitý, který je třeba odečíst (paralelní analýza).[9]

### 9.3 Stanovení celkového dusíku (TN)

Díky zavedení chemiluminiscenčního detektoru (CLD) se výhradně používá stanovení suchým způsobem, kdy se dusíkatá látka oxiduje na oxid dusnatý, který se po reakci s ozonem detekuje chemiluminiscenčním detektorem. Princip je založen na katalytickém spalování a tepelném rozkladu dusíkatých látek. Oxid dusnatý reaguje v detektoru s ozonem na oxid dusičitý v excitovaném stavu, který se stabilizuje vyzářením světelného kvanta, tím dochází k uvolňování fotonů, které se měří fotonásobičem. Výhodou katalytického způsobu je, že dokáže 100 % stanovit dusík, který je obsažený v amoniaku, dusitanech i dusičnanech. Optimální teplota spalování je 950 °C. Je zde preferována tvorba oxidu dusnatého bez ohledu na chemickou vazbu dusíku ve vzorku, dokonce i dusitany a dusičnany přecházejí ve spalovací trubici na oxid dusnatý. Z pece vede nosný plyn se vzorkem ve formě oxidu dusnatého, přes membránovou sušičku do vlastního detektoru, který je umístěn za nedisperznívním infračerveným spektrometrem (NDIR). Detektor je tvořen generátorem ozonu a reakční komorou pro reakci ozonu s NO na NO<sub>2</sub>. Intenzita záření je měřena fotonásobičem, kdy zesílený signál z fotonásobiče je průběžně přenášen do počítače, kde je zpracován [9].

## 10 POSTUP ODBĚRU A NAMĚŘENÉ HODNOTY

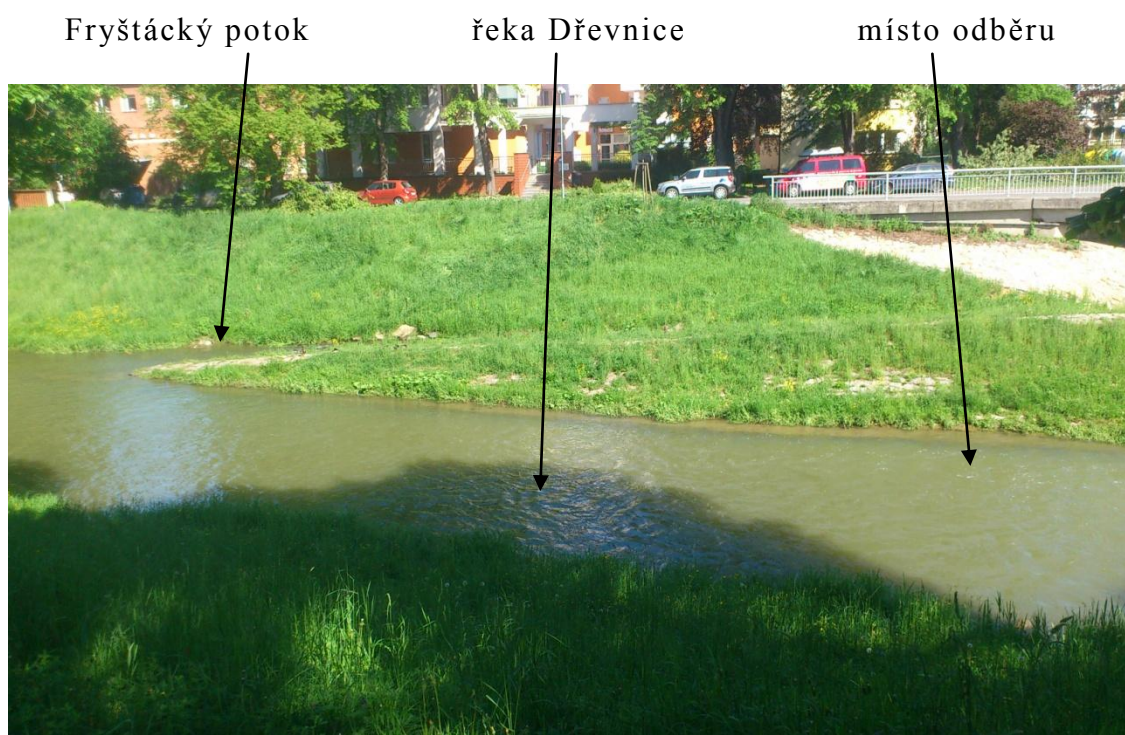
K odběru vzorku byly vybrány tři lokality. První místo odběru bylo před soutokem řeky Dřevnice s Moravou v Otrokovicích. Zde bylo odebráno 17 vzorků vody. Druhou lokalitou odběru bylo místo před soutokem řeky Dřevnice s Kudlovským potokem ve Zlíně, v tomto místě bylo odebráno 15 vzorků vody. Třetím místem odběru bylo opět město Zlín a to konkrétně lokalita před soutokem řeky Dřevnice s Fryštáckým potokem, zde bylo odebráno 15 vzorků. Odběrová místa byla volena tak, že byla vždy 30 – 50 metrů před soutokem. Společně s odběrem vzorku vody byla zaznamenávána také teplota vody a vzduchu. Odběr vzorků byl prováděn ručně a do lahví v době mezi 8 – 10 hod. ranní a ještě tentýž den byla provedena analýza. Měření probíhalo v období od konce února do začátku května 2013.



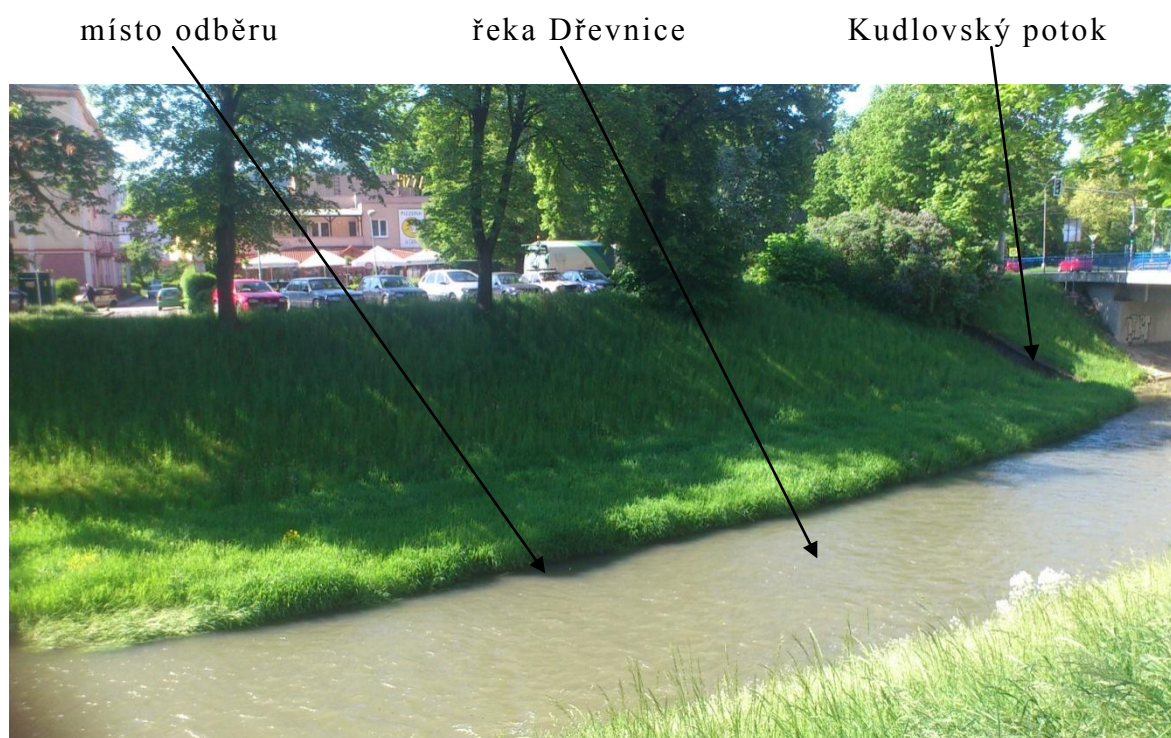
*Obr. 3: odběrové místo před soutokem řeky Dřevnice s Moravou v Otrokovicích*

Řeka Dřevnice je levostranný přítok řeky Moravy. Dřevnice pramení v Hostýnských Vrších, zhruba 3 km od obce Držková v nadmořské výšce 581 m. Protéká Slušovicemi, Otrokovicemi a Zlínem. Délka toku je 42,3 km s průměrným průtokem u ústí je  $3,15 \text{ m}^3/\text{s}$ , plocha povodí je  $434,6 \text{ km}^2$  [11].





*Obr. 4: odběrové místo před soutokem řeky Dřevnice s Fryštáckým potokem ve Zlíně*



*Obr. 5: odběrové místo před soutokem řeky Dřevnice s Kudlovským potokem ve Zlíně*

Tab. 1: Naměřené hodnoty z řeky Dřevnice před soutokem s Moravou v Otrokovcích

Datum odběru: rok 2013	Foukáno dusíkem po okyselení HCl	TC [mg.l <sup>-1</sup> ]	IC [mg.l <sup>-1</sup> ]	TOC [mg.l <sup>-1</sup> ]	TN [mg.l <sup>-1</sup> ]	Průtok [m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]	Teplota vody [°C]
21.2.	ne	65,53	51,99	13,54	6,00	—	3
	ano	18,39	0	18,39	6,31		
22.2.	ne	46,98	35,52	11,46	8,16	—	3
	ano	8,39	0	8,39	8,12		
5.3.	ne	58,8	47,99	10,81	4,48	—	5
	ano	6,49	0,27	6,22	4,55		
7.3.	ne	neměřeno				—	6
	ano	6,61	0,26	6,35	5,74		
14.3.	ne	61,13	51,21	9,92	3,93	—	4,5
	ano	4,85	0,55	4,3	3,97		
26.3.	ne	60,18	49,38	10,8	4,96	—	5
	ano	9,09	3	6,09	5,07		
9.4.	ne	65,21	46,76	18,45	9,06	5,37	6,5
	ano	11,01	0	11,01	7,85		
11.4.	ne	48,15	36,38	11,77	4,77	9,78	6,5
	ano	6,31	0,65	5,66	4,62		
15.4.	ne	46,26	34,75	11,51	3,87	3,54	8
	ano	6,36	0,22	6,14	3,71		
16.4.	ne	51,02	40,32	10,7	3,77	2,76	9
	ano	4,41	0	4,41	3,62		
23.4.	ne	59,61	47,15	12,46	4,5	1,37	14
	ano	4,97	0,21	4,76	4,34		
24.4.	ne	61,49	48,7	12,79	4,26	1,37	14
	ano	5,96	0,18	5,78	4,08		
25.4.	ne	62,08	48,7	13,38	4,21	2,43	14,5
	ano	6,1	0,18	5,92	4,09		
26.4.	ne	54,39	43,05	11,34	3,5	1,25	15
	ano	7,52	1,92	5,6	3,54		
29.4.	ne	62,87	50,61	12,26	5,61	1,13	14,5
	ano	5,68	0,22	5,46	5,55		
30.4.	ne	62,86	50,73	12,13	6,37	1,02	15
	ano	6,28	0,26	6,02	6,07		
2.5.	ne	63,23	49,5	13,73	5,77	1,78	14
	ano	5,71	0,19	5,52	5,58		
6.5.	ne	60,49	47,09	13,4	5,9	1,93	15
	ano	6,66	0,22	6,44	5,87		

Tab. 2: Naměřené hodnoty z řeky Dřevnice před soutokem s Kudlovským potokem ve Zlíně

Datum odběru: rok 2013	Foukáno dusíkem po okyselení HCl	TC [mg.l <sup>-1</sup> ]	IC [mg.l <sup>-1</sup> ]	TOC [mg.l <sup>-1</sup> ]	TN [mg.l <sup>-1</sup> ]	Průtok [m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]	Teplota vody [°C]
7.3.	ne	neměřeno				—	5,5
	ano	4,75	0	4,75	4,23		
28.3.	ne	64,57	54,15	10,42	3,91	—	4
	ano	5,12	1,15	3,97	3,91		
4.4.	ne	57,69	48,77	8,92	3,58	3,54	4
	ano	5,54	0,22	5,32	3,62		
9.4.	ne	53,41	42,68	10,73	3,74	5,37	6
	ano	4,54	0,2	4,34	3,68		
11.4.	ne	49,41	35,8	13,61	4,23	9,78	6,5
	ano	7,37	1,43	5,94	3,88		
15.4.	ne	58,32	47,58	10,74	3,65	3,54	7,5
	ano	3,83	0	3,83	3,51		
16.4.	ne	59,54	48,83	10,71	3,56	2,76	8
	ano	3,26	0	3,26	3,47		
23.4.	ne	61,97	50,56	11,41	3,08	1,37	13
	ano	3,64	0	3,64	3		
24.4.	ne	61,66	50,76	10,9	2,87	1,37	12,5
	ano	3,76	0,23	3,53	2,87		
25.4.	ne	60,43	49,63	10,8	2,79	2,43	12,5
	ano	4,64	1,04	3,6	2,72		
26.4.	ne	60,05	49,33	10,72	2,85	1,25	13
	ano	3,99	0	3,99	2,69		
29.4.	ne	56,57	45,08	11,49	2,46	1,13	13,5
	ano	4,6	0	4,6	2,11		
30.4.	ne	46,33	37,4	8,93	2,42	1,02	13,5
	ano	5,25	0,21	5,04	2,2		
2.5.	ne	61,55	49,33	12,22	8,98	1,78	13
	ano	16,4	1,46	14,94	7,59		
6.5.	ne	61,99	49,87	12,12	2,87	1,93	14
	ano	6,43	2,17	4,26	2,82		

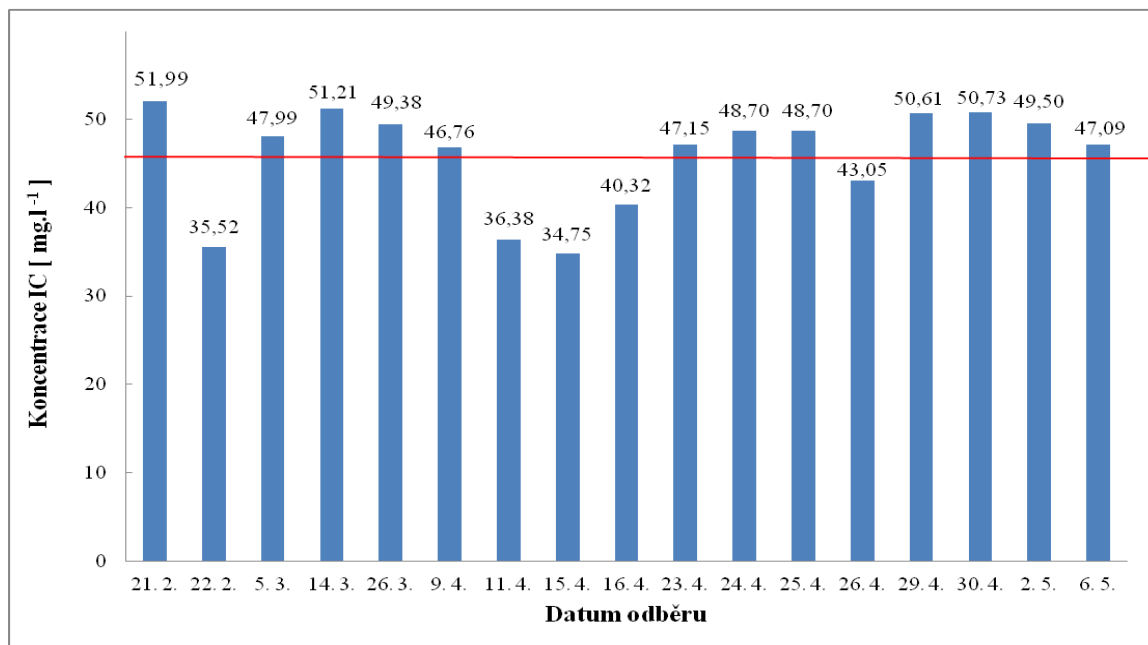
Tab. 3: Naměřené hodnoty z řeky Dřevnice před soutokem s Fryštáckým potokem ve Zlíně

Datum odběru: rok 2013	Foukáno dusíkem po okyselení HCl	TC [mg.l <sup>-1</sup> ]	IC [mg.l <sup>-1</sup> ]	TOC [mg.l <sup>-1</sup> ]	TN [mg.l <sup>-1</sup> ]	Průtok [m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]	Teplota vody [°C]
7.3.	ne	neměřeno				—	5
	ano	8,47	0	8,47	7,44		
28.3.	ne	41,26	30,65	10,61	5,7	—	4
	ano	6,41	0,71	5,7	5,7		
4.4.	ne	41,85	31,08	10,77	7,06	3,54	3,5
	ano	7,94	0,93	7,01	7,18		
9.4.	ne	44,47	31,98	12,49	6,32	5,37	5
	ano	6,61	0,29	6,32	6,54		
11.4.	ne	49,31	34,54	14,77	6,68	9,78	6
	ano	10,23	1,29	8,94	6,45		
15.4.	ne	39,42	28,92	10,5	6,62	3,54	7
	ano	5,97	0,17	5,8	6,74		
16.4.	ne	42,48	31,65	10,83	6,49	2,76	7
	ano	5,79	0	5,79	6,39		
23.4.	ne	44,99	33,22	11,78	5,57	1,37	10
	ano	5,9	0	5,9	5,56		
24.4.	ne	44,83	33,58	11,25	5,59	1,37	10
	ano	10,48	3,91	6,57	5,56		
25.4.	ne	45,24	33,83	11,41	5,81	2,43	10,5
	ano	6,57	0,25	6,32	5,74		
26.4.	ne	47,21	35,93	11,28	5,53	1,25	10,5
	ano	5,95	0,21	5,74	5,44		
29.4.	ne	46,2	34,55	11,65	5,45	1,13	11
	ano	6,06	0,18	5,88	5,4		
30.4.	ne	47,32	36,25	11,07	5,68	1,02	11,5
	ano	7,09	0,21	6,88	5,63		
2.5.	ne	47,23	33,34	13,89	5,67	1,78	12
	ano	8,39	0,34	8,05	5,68		
6.5.	ne	45,79	34,5	11,29	5,66	1,93	13
	ano	6,13	0	6,13	5,74		

## 11 VÝSLEDKY A DISKUZE

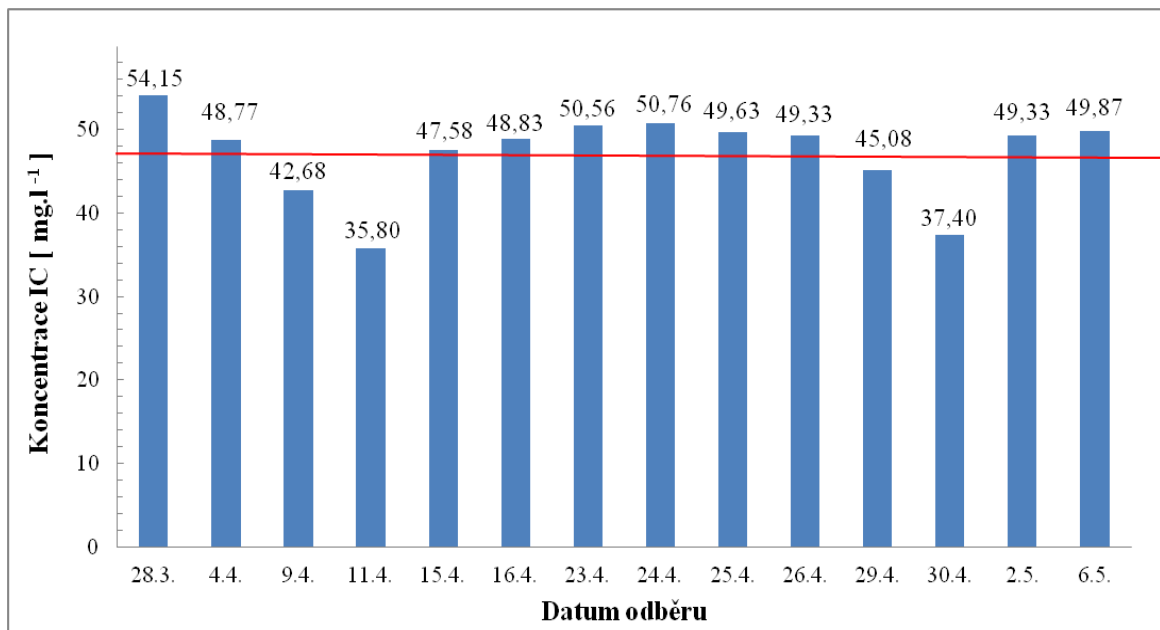
### 11.1 Stanovení koncentrací anorganického uhlíku (IC)

V současné době není stanovena limitní hodnota pro obsah anorganického uhlíku v povrchových vodách.



Obr: 6. Koncentrace anorganického uhlíku před soutokem řeky Dřevnice s Moravou v Otrokovicích z roku 2013 s průměrnou hodnotou  $45,87 \text{ mg.l}^{-1}$

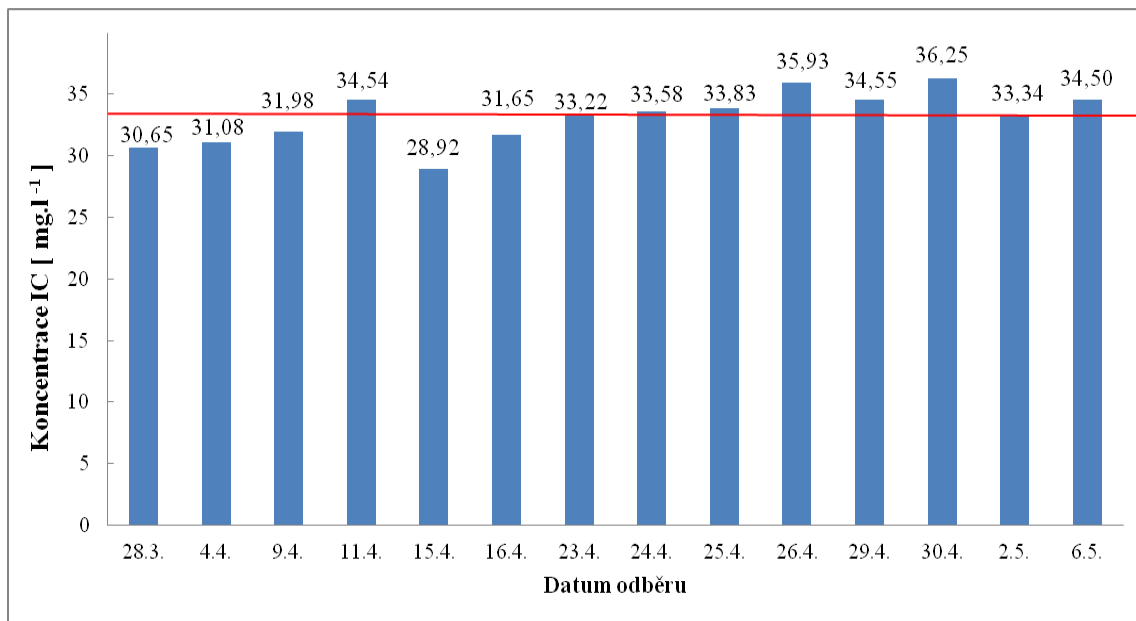
Z grafu na obr. 6 je vidět, že nejvyšší hodnota anorganického uhlíku byla naměřena 21. 2. 2013 a to  $51,99 \text{ mg.l}^{-1}$ , naopak nejmenší hodnota je ze dne 15. 4. 2013 a to  $34,75 \text{ mg.l}^{-1}$ . Při tomto odběru bylo odebráno 17 vzorků vody. Rovnoběžná čára znázorňuje průměrnou koncentraci anorganického uhlíku na řece Dřevnici v Otrokovicích. Průměrná koncentrace byla  $45,87 \text{ mg.l}^{-1}$ . Všechny odběry byly prováděny v roce 2013.



Obr. 7. Koncentrace anorganického uhlíku před soutokem řeky Dřevnice s Kudlovským potokem ve Zlíně z roku 2013 s průměrnou hodnotou 47,13 mg.l<sup>-1</sup>

Z grafu na obr. č. 7 lze vidět, že se koncentrace anorganického uhlíku pohybovala opět ve skoro stejném rozmezí jako u obr. 6. a to od 35,80 – 54,15 mg.l<sup>-1</sup>. V této lokalitě odběru byla naměřená vůbec největší koncentrace anorganického uhlíku ze všech tří měřených lokalit a to ve dne 28. 3. 2013 dosáhala koncentrace anorganického uhlíku hodnoty 54,15 mg.l<sup>-1</sup>. Zde bylo odebráno 14 vzorků vody. Rovnoběžná čára znázorňuje průměrnou koncentraci anorganického uhlíku před soutokem řeky Dřevnice s Kudlovským potokem. Průměrná koncentrace je 47,13 mg.l<sup>-1</sup>. Všechny odběry byly prováděny v roce 2013.

Na obr. č. 8 lze vidět, že všechny naměřené koncentrace v této lokalitě se pohybují v rozmezí od 28,92 - 36,25 mg.l<sup>-1</sup>. Jak je vidět, hodnoty jsou ve všech měřených dnech průměrně nižší než v předešlých dvou lokalitách. V této lokalitě byla naměřená vůbec nejmenší hodnota ze všech tří měřených lokalit a to ve dne 15. 4. 2013, koncentrace byla 28,92 mg.l<sup>-1</sup>. Při tomto měření bylo odebráno 14 vzorků. Rovnoběžná čára znázorňuje průměrnou koncentraci anorganického uhlíku před soutokem řeky Dřevnice s Fryštáckým potokem. Průměrná koncentrace je 33,14 mg.l<sup>-1</sup>. Všechny odběry byly prováděny v roce 2013.

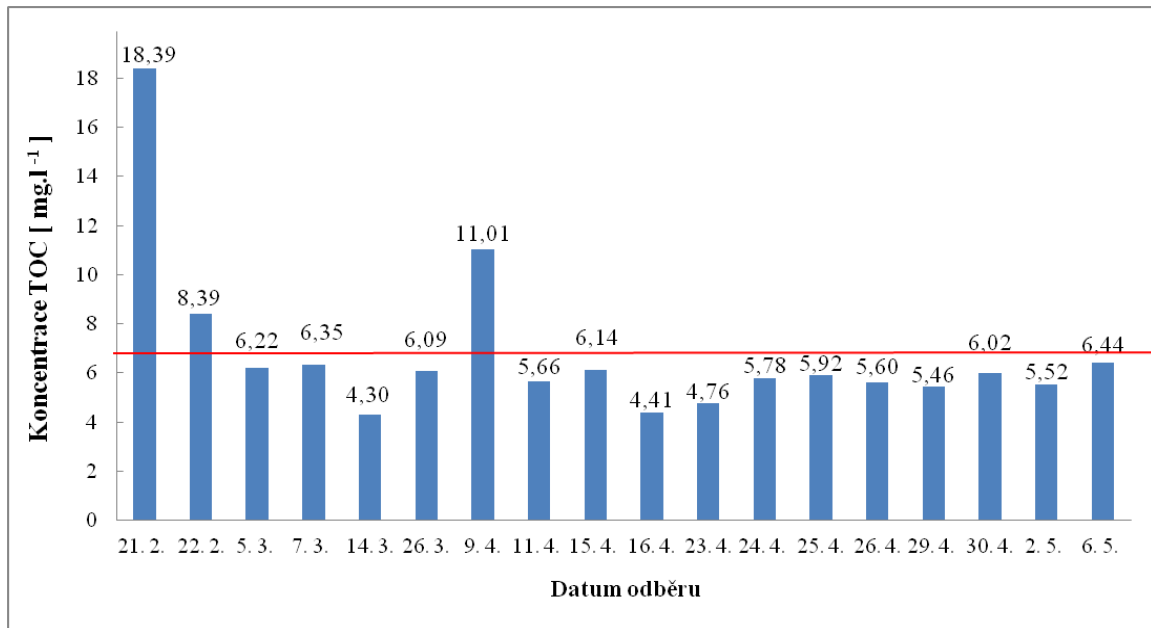


Obr: 8. Koncentrace anorganického uhlíku před soutokem řeky Dřevnice s Fryštáckým potokem ve Zlíně z roku 2013 s průměrnou hodnotou 33,14 mg.l<sup>-1</sup>

## 11.2 Stanovení koncentrací celkového organického uhlíku (TOC)

Podle normy ČSN 757221 jakost vod – klasifikace jakosti povrchových vod, dělíme v ČR tekoucí povrchové vody do pěti tříd podle jakosti.

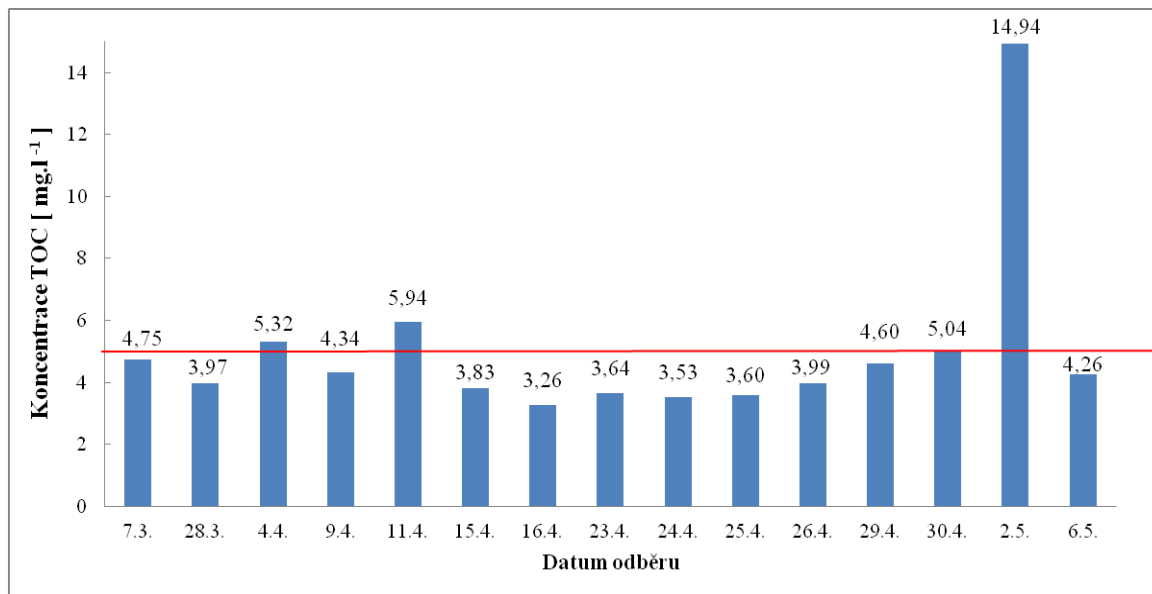
- I. Třída – neznečištěná voda a její ukazatel TOC je  $< 7 \text{ mg.l}^{-1}$ .
- II. Třída – mírně znečištěná voda a ukazatel TOC je  $< 10 \text{ mg.l}^{-1}$ .
- III. Třída – znečištěná voda a ukazatel TOC je  $< 16 \text{ mg.l}^{-1}$ .
- IV. Třída – silně znečištěná voda a ukazatel TOC je  $< 20 \text{ mg.l}^{-1}$ .
- V. Třída – velmi silně znečištěná voda a ukazatel TOC je  $\geq 20 \text{ mg.l}^{-1}$ .



Obr: 9. Koncentrace celkového organického uhlíku před soutokem řeky Dřevnice s Moravou v Otrokovicích z roku 2013 s průměrnou hodnotou 6,80 mg.l<sup>-1</sup>

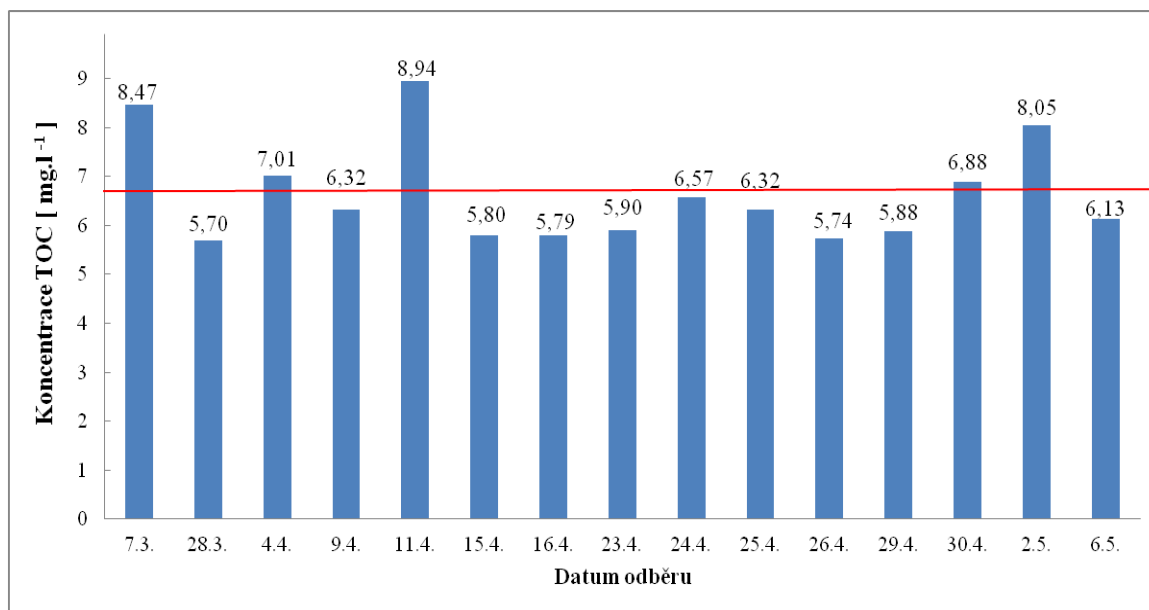
Na obr. č. 9 lze vidět, že 21. 2. 2013 byla nejvyšší koncentrace celkového organického uhlíku 18,39 mg.l<sup>-1</sup>, což mohlo být způsobeno nečistotami ve vodě vlivem sněžení a tání. Podle normy ČSN 757221 je patrné, že koncentrace TOC 18,39 mg.l<sup>-1</sup> spadá do IV. třídy podle jakosti, tudíž lze říci, že voda byla silně znečištěná. Koncentrace 8,39 mg.l<sup>-1</sup> spadá do druhé třídy dle jakosti a lze říci, že voda byla mírně znečištěná. Koncentrace 11,01 mg.l<sup>-1</sup> spadá do III. třídy dle jakosti a lze říci, že byla voda znečištěna. Ostatní naměřené koncentrace spadají do I. třídy a lze říci, že voda byla neznečištěna. Rovnoběžná čára znázorňuje průměrnou koncentraci celkového organického uhlíku před soutokem řeky Dřevnice s Moravou v Otrokovicích. Průměrná koncentrace tedy je 6,80 mg.l<sup>-1</sup> a podle průměrné koncentrace lze říci, že voda je neznečištěna. Bylo odebráno 18 vzorků a všechny odběry byly provedeny v roce 2013.





Obr: 10. Koncentrace celkového organického uhlíku před soutokem řeky Dřevnice s Kudlovským potokem ve Zlíně z roku 2013 s průměrnou hodnotou 5,00 mg.l<sup>-1</sup>

Na obr. č. 10 lze vidět, že podle normy ČSN 757221 kromě jedné koncentrace všechny spadají do I. Třídy jakosti a tudíž je voda neznečištěna. Jediná hodnota, která vykazuje znečištění je ze dne 2.5.2013 o koncentraci 14,94 mg.l<sup>-1</sup>, spadá tedy do III. Třídy a lze říci, že byla voda znečištěna. Takto vysoká koncentrace může být způsobena srážkami, které v daný dobyly docela četné. Rovnoběžná čára znázorňuje průměrnou koncentraci celkového organického uhlíku před soutokem řeky Dřevnice s Kudlovským potokem. Průměrná koncentrace tedy je 5,00 mg.l<sup>-1</sup> a podle průměrné koncentrace lze říci, že voda je neznečištěna. Bylo odebráno 15 vzorků a všechny odběry byly provedeny v roce 2013.



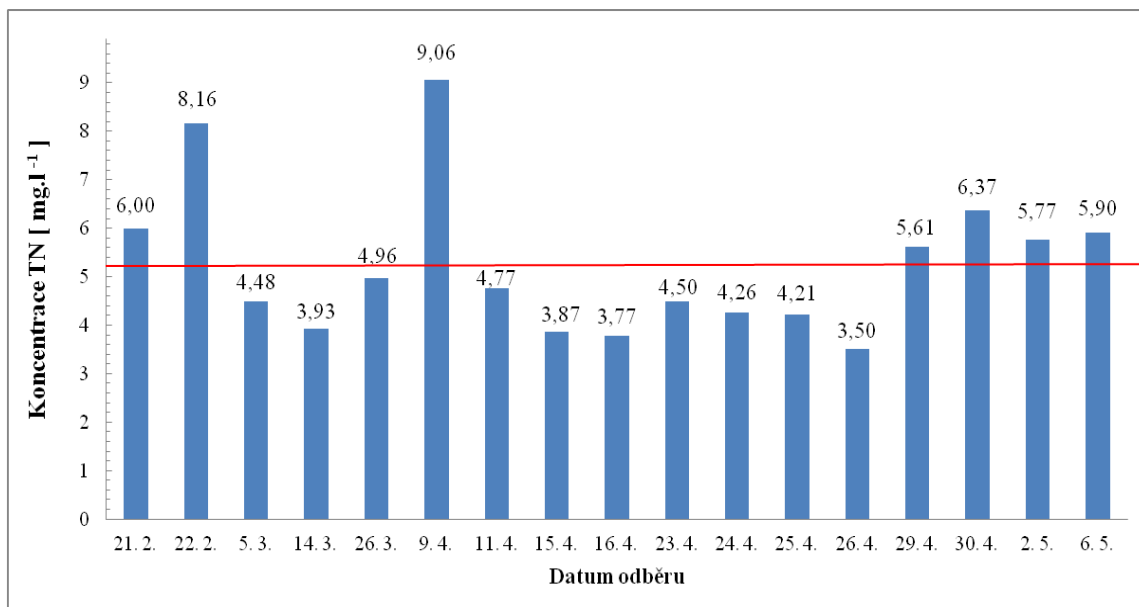
Obr: 11. Koncentrace celkového organického uhlíku před soutokem řeky Dřevnice s Fryštáckým potokem ve Zlíně z roku 2013 s průměrnou hodnotou  $6,63 \text{ mg.l}^{-1}$

Na obr. číslo 11. lze vidět, že koncentrace  $8,47 \text{ mg.l}^{-1}$ ,  $7,01 \text{ mg.l}^{-1}$ ,  $8,94 \text{ mg.l}^{-1}$  a  $8,05 \text{ mg.l}^{-1}$  spadají do II. třídy podle jakosti a lze říci, že voda v těchto měřených obdobích byla mírně znečištěna. Zbytek koncentrací, mimo tyto čtyři spadá do I. Třídy jakosti, tudíž byla voda neznečištěna. Jak lze vidět nedošlo při tomto měření k výrazným výkyvům koncentrací jako v předešlých dvou měřeních, ve kterých vždy minimálně jedna hodnota spadala do III. třídy dle jakosti. Rovnoběžná čára znázorňuje průměrnou koncentraci celkového organického uhlíku před soutokem řeky Dřevnice s Fryštáckým potokem. Průměrná koncentrace je  $6,63 \text{ mg.l}^{-1}$  a podle průměrné koncentrace lze říci, že voda je neznečištěna. Bylo odebráno 15 vzorků a všechny odběry byly provedeny v roce 2013.

### 11.3 Stanovení koncentrací celkového dusíku (TN)

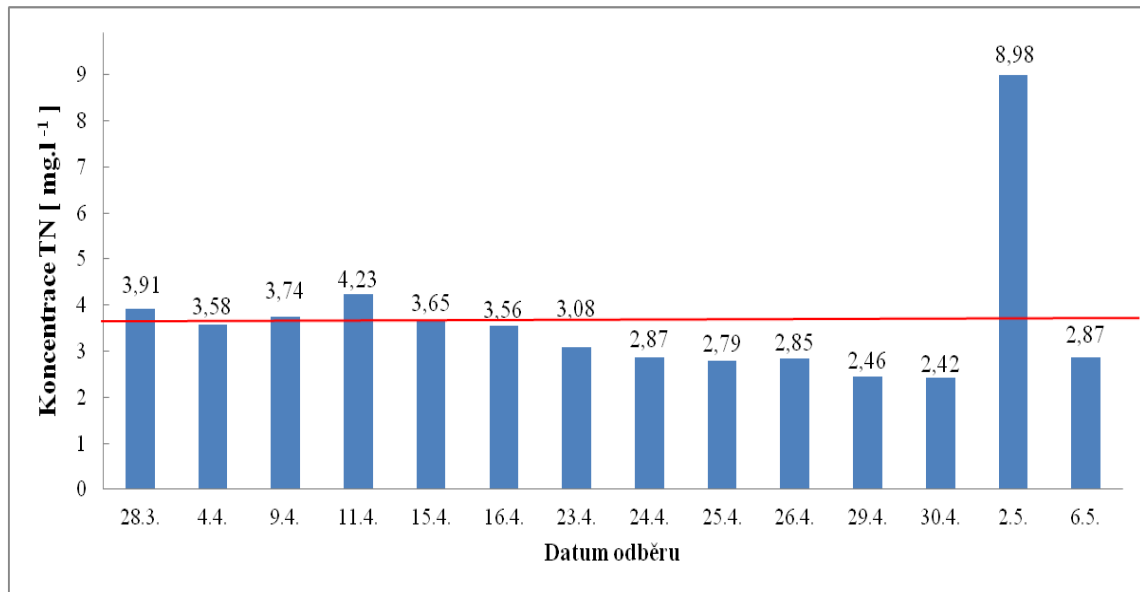
Ve svém měření jsem měřil celkový dusík, do kterého spadají dusičnany, dusitany, amoniakální dusík a případně další dusík obsažený v organických látkách (například jako močovina použitá jako hnojivo, která byla spláchnuta při dešti z polí či zahrádek atd.). Podle normy ČSN 757221 jakost vod – klasifikace jakosti povrchových vod, dělíme v ČR tekoucí povrchové vody do pěti tříd podle jakosti.

- I. Třída – neznečištěná voda a ukazatel TN je  $< 3 \text{ mg.l}^{-1}$ .
- II. Třída – mírně znečištěná voda a ukazatel TN je  $< 6 \text{ mg.l}^{-1}$ .
- III. Třída – znečištěná voda a ukazatel TN je  $< 10 \text{ mg.l}^{-1}$ .
- IV. Třída – silně znečištěná voda a ukazatel TN je  $< 13 \text{ mg.l}^{-1}$ .
- V. Třída – velmi silně znečištěná voda a ukazatel TN je  $\geq 13 \text{ mg.l}^{-1}$ .



Obr: 12. Koncentrace celkového dusíku před soutokem řeky Dřevnice s Moravou v Otrokovicích z roku 2013 s průměrnou hodnotou  $5,24 \text{ mg.l}^{-1}$

Z obr. č. 12 lze vidět, že nejvyšší koncentrace celkového dusíku byla ve dne 9.4.2013 a to  $9,06 \text{ mg.l}^{-1}$ , podle normy ČSN 757221 spadá tato koncentrace do III. třídy, lze tedy říci, že voda byla znečištěna. Do této třídy spadají ještě koncentrace  $8,16 \text{ mg.l}^{-1}$  a  $6,37 \text{ mg.l}^{-1}$ . Zbylé koncentrace spadají do II. třídy a lze říci, že je voda mírně znečištěná. Rovnoběžná čára znázorňuje průměrnou koncentraci celkového dusíku před soutokem řeky Dřevnice s Moravou. Průměrná koncentrace je  $5,24 \text{ mg.l}^{-1}$ , podle průměrné koncentrace je voda mírně znečištěna. Bylo odebráno 17 vzorků a všechny odběry byly provedeny v roce 2013.

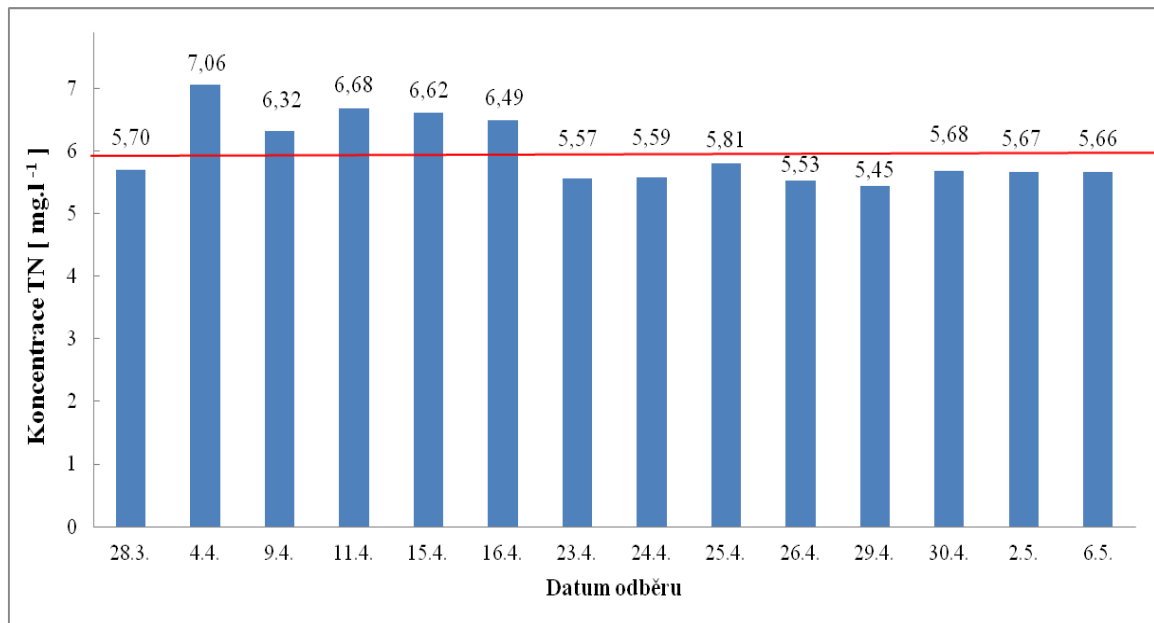


Obr: 13. Koncentrace celkového dusíku před soutokem řeky Dřevnice s Kudlovským potokem ve Zlíně z roku 2013 s průměrnou hodnotou  $3,64 \text{ mg.l}^{-1}$

Na obr. č. 13 lze vidět, že jediná koncentrace, která dosahuje jakosti III. Třídy je ze dne 2. 5. 2013 a to  $8,98 \text{ mg.l}^{-1}$ , lze tedy říci, že tato voda byla znečištěna. Takto vysoká koncentrace mohla být způsobena vymýváním dusíkatých hnojiv z půdy a také četností srážek, které v den 2. 5. 2013 byly trvalé. Ve dnech 24.4 – 30.4 a 6.5 spadaly koncentrace do I. Třídy podle jakosti, v těchto dnech tedy byla voda neznečištěna. Zbylé koncentrace spadají do II. třídy a lze říci, že voda byla mírně znečištěna. Rovnoběžná čára znázorňuje průměrnou koncentraci celkového dusíku před soutokem řeky Dřevnice s Kudlovským potokem. Průměrná koncentrace je  $3,64 \text{ mg.l}^{-1}$ , podle průměrné koncentrace je voda mírně znečištěna. Bylo odebráno 17 vzorků a všechny odběry byly provedeny v roce 2013.

Na obr. č. 14 lze vidět, že koncentrace dle normy byla překročena v pěti případech a to od 4. 4. – 16. 4. 2013. V tomto období byla koncentrace od  $6,32 \text{ mg.l}^{-1}$  do  $7,06 \text{ mg.l}^{-1}$ . Tyto koncentrace spadají do III. třídy jakosti a lze říci, že voda byla znečištěna. Zbytek koncentrací spadá do II. třídy a lze říci, že voda byla znečištěna. Rovnoběžná čára znázorňuje průměrnou koncentraci celkového dusíku před soutokem řeky Dřevnice s Fryštáckým potokem. Průměrná koncentrace je  $5,99 \text{ mg.l}^{-1}$ , podle průměrné

koncentrace je voda mírně znečištěna. Celkově na soutoku s Kudlovským potokem byla průměrná koncentrace celkového dusíku nejvyšší ze všech tří lokalit.



Obr: 14. Koncentrace celkového dusíku před soutokem řeky Dřevnice s Fryštáckým potokem ve Zlíně z roku 2013 s průměrnou hodnotou 5,99 mg.l<sup>-1</sup>

### Porovnání se studií znečištění řeky Dřevnice z roku 1994

Měření znečištění řeky Dřevnice v roce 1994 probíhalo ve třech termínech a to 10.5.1994, 16.8.1994 a 25.10.1994. V měřeních v roce 1994 se nezaznamenával celkový organický uhlík (pouze CHSK, BSK), zaznamenával se jen celkový dusík a jiné prvky, které jsem ale já neměřil.

#### První lokalita před soutokem Fryštáckého potoka s řekou Dřevnicí

V prvním termínu 10.5.1994 byla hodnota koncentrace celkového dusíku naměřeného před soutokem řeky Dřevnice s Fryštáckým potokem  $4,70 \text{ mg.l}^{-1}$ . V druhém termínu 16.8.1994 byla hodnota koncentrace celkového dusíku naměřeného před soutokem řeky Dřevnice s Fryštáckým potokem  $3,90 \text{ mg.l}^{-1}$ . Ve třetím termínu 25.10.1994 byla hodnota koncentrace celkového dusíku před soutokem řeky Dřevnice s Fryštáckým potokem  $5,70 \text{ mg.l}^{-1}$ . Podle normy všechny tyto koncentrace spadají do II. třídy jakosti a lze říci, že voda byla mírně znečištěná. V mém měření byla průměrná koncentrace celkového dusíku v této lokalitě  $5,99 \text{ mg.l}^{-1}$ . V dnešní době by podle normy všechny koncentrace z roku 1994 spadaly také do II. třídy, takže lze říci, že je voda mírně znečištěna. Měření dusíku ve studii v roce 1994 bylo děláno Kjeldahlizací

#### Druhá lokalita před soutokem Kudlovského potoka s řekou Dřevnicí

V prvním termínu 10.5.1994 byla hodnota koncentrace celkového dusíku naměřeného před soutokem Dřevnice s Kudlovským potokem  $4,51 \text{ mg.l}^{-1}$ . V druhém termínu 16.8.1994 byla hodnota koncentrace celkového dusíku naměřeného před soutokem Dřevnice s Kudlovským potokem  $3,80 \text{ mg.l}^{-1}$ . Ve třetím termínu 25.10.1994 byla hodnota koncentrace celkového dusíku naměřeného před soutokem Dřevnice s Kudlovským potokem  $6,20 \text{ mg.l}^{-1}$ . Podle normy by první dvě koncentrace spadaly do II. třídy jakosti a lze říci, že voda byla mírně znečištěná. Třetí měřená koncentrace ze dne 25.10.1994 by spadala do III. třídy a lze říci, že voda byla znečištěna. V mém měření byla průměrná koncentrace celkového dusíku v této lokalitě  $3,64 \text{ mg.l}^{-1}$ , jelikož tato koncentrace spadá do II. třídy, takže lze říci, že je v současnosti voda mírně znečištěna. Platí totéž co v předchozím případě.

#### Třetí lokalita před soutokem řeky Dřevnice s Moravou

V prvním termínu 10.5.1994 byla hodnota koncentrace celkového dusíku naměřeného před soutokem řeky Dřevnice s Moravou  $1,8 \text{ mg.l}^{-1}$ . Podle normy by tato měřená koncentrace spadala do I. třídy jakosti a lze říci, že voda byla neznečištěna. V druhém termínu 16.8.1994 byla hodnota koncentrace celkového dusíku naměřeného před soutokem řeky Dřevnice s Moravou  $31,2 \text{ mg.l}^{-1}$ . Druhá měřená koncentrace ze dne 16.8.1994 by spadala do V. třídy a lze říci, že voda byla velmi silně znečištěna, což mohlo být způsobeno vysokými atmosférickými depozicemi nebo splachy dusíkatých hnojiv z půdy. Ve třetím termínu 25.10.1994 byla hodnota koncentrace celkového dusíku naměřeného před soutokem řeky Dřevnice s Moravou  $11,5 \text{ mg.l}^{-1}$ . Třetí měřená koncentrace ze dne 25.10.1994 by spadala do IV. třídy a lze říci, že voda byla silně znečištěna. V mém měření byla průměrná koncentrace celkového dusíku v této lokalitě  $5,24 \text{ mg.l}^{-1}$ , jelikož tato koncentrace spadá také do II. třídy, takže lze říci, že je voda mírně znečištěna.

Celkově lze říci, že koncentrace naměřené před soutokem řeky Dřevnice s Fryštáckým potokem jak v roce 1994 tak i dnes, spadají do II. třídy jakosti a lze říci, že voda byla mírně znečištěná. Lokalita před soutokem řeky Dřevnice s Kudlovským potokem spadá do II. a III. třídy jakosti. V třetí měřené lokalitě před soutokem řeky Dřevnice s Moravou byla koncentrace v termínu 10.5.1994 pouze  $1,8 \text{ mg.l}^{-1}$ , lze tedy říci, že voda v tomto období byla neznečištěna. Před soutokem řeky Dřevnice s Moravou byli nejvyšší výkyvy koncentrace, které mohli být způsobené, že řeka Dřevnice protéká v bezprostřední blízkosti čistírny odpadních vod.

## ZÁVĚR

Tato bakalářská práce se zabývala monitorováním anorganického uhlíku, celkového organického uhlíku a celkového dusíku na řece Dřevnici. Odběr vzorku probíhal od konce února do začátku května 2013. Vzorky byly odebírány bodově minimálně dvakrát týdně a podrobeny analýze. Odběrová místa byla zvolena tři: soutok řek Dřevnice a Moravy v Otrokovicích, soutok řeky Dřevnice a Fryštáckého potoka a soutok řeky Dřevnice a Kudlovského potoka. Odběr vzorku probíhal vždy 30 – 50 metrů před soutokem.

Pro anorganický uhlík nejsou limitní hodnoty podle normy ČSN 757221 limitovány. Při měření bylo zjištěno, že průměrná koncentrace anorganického uhlíku v řece Dřevnici před jejím ústím do řeky Moravy byla  $45,87 \text{ mg.l}^{-1}$ , před soutokem řeky Dřevnice s Fryštáckým potokem byla průměrná koncentrace  $33,14 \text{ mg.l}^{-1}$  a před ústím Kudlovského potoka do řeky Dřevnice byla průměrná koncentrace  $47,13 \text{ mg.l}^{-1}$ .

Podle normy ČSN 757221 je celkový organický uhlík rozdělen do pěti tříd dle jakosti a znečištění. Bylo zjištěno, že průměrná koncentrace celkového organického uhlíku před soutokem řeky Dřevnice do Moravy byla  $6,80 \text{ mg.l}^{-1}$ , před soutokem řeky Dřevnice s Fryštáckým potokem byla průměrná koncentrace  $6,63 \text{ mg.l}^{-1}$  a před ústím Kudlovského potoka do řeky Dřevnice byla průměrná koncentrace  $5,00 \text{ mg.l}^{-1}$ . Všechny průměrné koncentrace spadají do I. třídy jakosti, lze tedy říci, že voda ve všech třech měřených lokalit je neznečištěna.

Podle normy ČSN 757221 je celkový dusík rozdělen do pěti tříd dle jakosti a znečištění. Při mém měření jsem zjistil, že průměrná koncentrace celkového dusíku před soutokem řeky Dřevnice do Moravy byla  $5,24 \text{ mg.l}^{-1}$ , před soutokem řeky Dřevnice s Fryštáckým potokem byla průměrná koncentrace  $5,99 \text{ mg.l}^{-1}$  a před ústím Kudlovského potoka do řeky Dřevnice byla průměrná koncentrace  $3,64 \text{ mg.l}^{-1}$ . Všechny průměrné koncentrace spadají do II. třídy jakosti, lze tedy říci, že voda ve všech třech měřených lokalit je celkovým dusíkem mírně neznečištěna.



Závěrem je nutno říci, že sledování bylo v krátkém časovém horizontu několika měsíců. Pro lepší vypovídající hodnotu sledovaných ukazatelů by bylo vhodné, kdyby odběry na stejných lokalitách, nebo na více lokalitách probíhaly během celého roku a v optimálním případě byly analyzovány i slévané 24 hodinové vzorky.

Práce umožňuje srovnání s rokem 1994 a mohla by sloužit jako výchozí studie pro systematické celoroční sledování.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] NETOPIL, Rostislav. *Přehled hydrologie pevnin*. 1. vyd. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1965. 242s.
- [2] NĚMEC, Jaromír. *Hydrologie*. 1. vyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1965. 237s.
- [3] KOVÁŘ, Ladislav. *Tajemství vody*. 1. vyd. Praha: Nakladatelství H a H, 2008. 192s. ISBN 978-80-7319-079-8
- [4] LICHVÁROVÁ, Mária, TOMEČEK Otto, a kol. *Vody v přírodě*. fpv.umb.sk. Univerzita Mateja Bela v Banské Bystrici: Fakulta přírodních ved, Katedra chemie. [online]. © 2006. [cit. 2013-06-02]. Dostupné z: <http://www.fpv.umb.sk/~vzdchem/KEGA/TUR/VODA/VodyPrirode.htm>
- [5] ZAVADIL, Jan. *Voda a její oběh v přírodě*. 1. vyd. Brno: Nakladatel A. Píša, 1923. 242s
- [6] PITTER, Pavel. *Hydrochemie*. 4. Přepřacované. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Fakulta technologie paliv a vody. 1980. 132s.
- [7] LICHVÁROVÁ, Mária, TOMEČEK Otto, a kol. *Vody v přírodě*. fpv.umb.sk. Univerzita Mateja Bela v Banské Bystrici: Fakulta přírodních ved, Katedra chemie. [online]. © 2006. [cit. 2013-06-02]. Dostupné z: <http://www.fpv.umb.sk/~vzdchem/KEGA/TUR/VODA/VlastnostiVody.htm>
- [8] ČSN EN ISO 8467 (757519) Jakost vod - Stanovení chemické spotřeby kyslíku manganistanem (CHSKMn) 1997-03-01
- [9] *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. 2013-19-03]. Dostupné z: <http://uiozp.ft.utb.cz/studmat/201028162035/T7SM1-CN-a.pdf>
- [10] *Celkový organický uhlík (TOC) (jako celkové C nebo COD/3)*. Irz.cz, Integrovaný registr znečištění. [online]. [cit. 2013-19-03]. Dostupné z: <http://www.irz.cz/node/26>
- [11] Dřevnice. [online]. [cit. 2013-05-13]. Dostupné z: <http://mapy.vyletnik.cz/drevnice-7377/#x=49.222362279964706@y=17.627735137939453@z=14>

[12] Český Hydrometeorologický ústav. [online]. [cit. 2013-04-13]. Dostupné z: [http://hydro.chmi.cz/hpps/hpps\\_prfdyn.php?seq=307366#](http://hydro.chmi.cz/hpps/hpps_prfdyn.php?seq=307366#)

[13] ČNS 757221 Jakost vod – klasifikace jakosti povrchových vod

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

IC	Anorganický uhlík
TOC	Celkový organický uhlík
TC	Celkový uhlík
TN	Celkový dusík
CHSK	Chemická spotřeba kyslíku
BSK	Biologická spotřeba kyslíku
ZF	Zákal formazinový

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

<i>Obr. 1. Koloběh vody v přírodě .....</i>	13
<i>Obr. 2: 1. automatický dávkovač, 2. analyzátor celkového organického uhlíku Formacs<sup>HT</sup>, 3. analyzátor celkového dusíku Formacs<sup>NT</sup> .....</i>	35
<i>Obr. 3: odběrové místo před soutokem řeky Dřevnice s Moravou v Otrokovicích .....</i>	40
<i>Obr. 4: odběrové místo před soutokem řeky Dřevnice s Fryštáckým potokem ve Zlíně.....</i>	41
<i>Obr. 5: odběrové místo před soutokem řeky Dřevnice s Kudlovským potokem ve Zlíně.....</i>	41
<i>Obr: 6. Koncentrace anorganického uhlíku před soutokem řeky Dřevnice s Moravou v Otrokovicích z roku 2013 s průměrnou hodnotou 45,87 mg.l<sup>-1</sup> .....</i>	45
<i>Obr: 7. Koncentrace anorganického uhlíku před soutokem řeky Dřevnice s Kudlovským potokem ve Zlíně z roku 2013 s průměrnou hodnotou 47,13 mg.l<sup>-1</sup> .....</i>	46
<i>Obr: 8. Koncentrace anorganického uhlíku před soutokem řeky Dřevnice s Fryštáckým potokem ve Zlíně z roku 2013 s průměrnou hodnotou 33,14 mg.l<sup>-1</sup> .....</i>	47
<i>Obr: 9. Koncentrace celkového organického uhlíku před soutokem řeky Dřevnice s Moravou v Otrokovicích z roku 2013 s průměrnou hodnotou 6,80 mg.l<sup>-1</sup> .....</i>	48
<i>Obr: 10. Koncentrace celkového organického uhlíku před soutokem řeky Dřevnice s Kudlovským potokem ve Zlíně z roku 2013 s průměrnou hodnotou 5,00 mg.l<sup>-1</sup> .....</i>	49
<i>Obr: 11. Koncentrace celkového organického uhlíku před soutokem řeky Dřevnice s Fryštáckým potokem ve Zlíně z roku 2013 s průměrnou hodnotou 6,63 mg.l<sup>-1</sup> .....</i>	50
<i>Obr: 12. Koncentrace celkového dusíku před soutokem řeky Dřevnice s Moravou v Otrokovicích z roku 2013 s průměrnou hodnotou 5,24 mg.l<sup>-1</sup> .....</i>	51
<i>Obr: 13. Koncentrace celkového dusíku před soutokem řeky Dřevnice s Kudlovským potokem ve Zlíně z roku 2013 s průměrnou hodnotou 3,64 mg.l<sup>-1</sup> .....</i>	52
<i>Obr: 14. Koncentrace celkového dusíku před soutokem řeky Dřevnice s Fryštáckým potokem ve Zlíně z roku 2013 s průměrnou hodnotou 5,99 mg.l<sup>-1</sup> .....</i>	53

**SEZNAM TABULEK**

<i>Tab. 1: Naměřené hodnoty z řeky Dřevnice před soutokem s Moravou v Otrokovicích .....</i>	42
<i>Tab. 2: Naměřené hodnoty z řeky Dřevnice před soutokem s Kudlovským potokem ve Zlíně.....</i>	43
<i>Tab. 3: Naměřené hodnoty z řeky Dřevnice před soutokem s Fryštáckým potokem ve Zlíně.....</i>	44

## SEZNAM PŘÍLOH

- P I      Tabulka teploty vzduchu při odběru [°C]  
P II     Tabulka hodnot pH u odběrových lokalit

**PŘÍLOHA P I: TABULKA TEPLoty VZDUCHU PŘI ODBĚRU [°C]**

Datum měření	Otrokovice	Zlín	
	Dřevnice před soutokem s Moravou	Dřevnice před soutokem s Fryštáckým potokem	Dřevnice před soutokem s Kudlovským potokem
21. 2. 2013	- 7	/	/
22. 2. 2013	- 4	/	/
5. 3. 2013	+ 5	/	/
7. 3. 2013	+ 10	+ 10	+ 10
14. 3. 2013	- 2	/	/
26. 3. 2013	- 2	/	/
28. 3. 2013	/	- 2	- 2
4. 4. 2013	/	+ 1	+ 1
9. 4. 2013	+ 4	+ 4	+ 4
11. 4. 2013	+ 6	+ 5	+ 5
15. 4. 2013	+ 6	+ 5	+ 5
16. 4. 2013	+ 10	+ 9	+ 9
23. 4. 2013	+ 12	+ 12	+ 12
24. 4. 2013	+ 13	+ 12	+ 12
25. 4. 2013	+ 13	+ 15	+ 15
26. 4. 2013	+ 14	+ 16	+ 16
29. 4. 2013	+ 12	+ 15	+ 15
30. 4. 2013	+ 13	+14	+14
2. 5. 2013	+ 10	+ 12	+ 12
6. 5. 2013	+ 15	+ 15	+ 15



**PŘÍLOHA PII. TABULKA HODNOT PH U ODBĚROVÝCH LOKALIT**

Datum měření	Otrokovice	Zlín	
	Dřevnice před soutokem s Moravou	Dřevnice před soutokem s Fryštáckým potokem	Dřevnice před soutokem s Kudlovským potokem
21. 2. 2013	8,08	/	/
22. 2. 2013	8,07	/	/
5. 3. 2013	8,12	/	/
7. 3. 2013	8,14	8,16	8,15
14. 3. 2013	8,20	/	/
26. 3. 2013	8,17	/	/
28. 3. 2013	/	8,20	8,00
4. 4. 2013	/	8,16	8,12
9. 4. 2013	8,09	8,05	8,03
11. 4. 2013	8,14	8,17	8,12
15. 4. 2013	8,17	8,15	8,11
16. 4. 2013	8,14	8,17	8,11
23. 4. 2013	8,15	8,19	8,13
24. 4. 2013	8,18	8,17	8,10
25. 4. 2013	8,14	8,19	8,13
26. 4. 2013	8,15	8,19	8,10
29. 4. 2013	8,13	8,18	8,12
30. 4. 2013	8,42	8,24	8,19
2. 5. 2013	8,31	8,15	8,17
6. 5. 2013	8,22	8,17	8,20

## EVIDENČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

<b>Sigla</b> (místo uložení bakalářské práce)	<b>Univerzitní knihovna UTB ve Zlíně</b>
<b>Název bakalářské práce</b>	<b>Sledování IC, OC a TN ve Dřevnici</b>
<b>Autor bakalářské práce</b>	<b>Pavel Daniček</b>
<b>Vedoucí bakalářské práce</b>	<b>Ing. Josef Houser, Ph.D.</b>
<b>Vysoká škola</b>	<b>Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně</b>
<b>Adresa vysoké školy</b>	<b>Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, nám. T. G. Masaryka 5555, 760 01, Zlín</b>
<b>Fakulta</b> (adresa, pokud je adresa jiná než adresa VŠ)	<b>Fakulta technologická, nám. T. G. Masaryka 275, 762 72 Zlín</b>
<b>Katedra</b> (adresa, pokud je adresa jiná než adresa VŠ)	<b>Ústav inženýrství ochrany životního prostředí, nám. T. G. Masaryka 275, 762 72, Zlín</b>
<b>Rok obhájení BP</b>	<b>2013</b>
<b>Počet stran</b>	
<b>Počet svazků</b>	<b>3</b>
<b>Vybavení (obrázky, tabulky...)</b>	<b>Obrázky, tabulky</b>
<b>Klíčová slova</b>	<b>celkový dusík, celkový organický uhlík, anorganický uhlík, řeka Dřevnice</b>