

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE  
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ  
KATEDRA VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ A ENVIRONMENTÁLNÍHO MODELOVÁNÍ



**POSOUZENÍ KVALITY VODY V BOTIČI**  
**Bakalářská práce**

Vedoucí práce: doc. Mgr. Marek Vach, Ph.D  
Autor bakalářské práce: Helena Charvátová



### **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracovala samostatně. Všechny zdroje, prameny a literaturu, které jsem při vypracování používala nebo z nich čerpala, v práci řádně cituji s uvedením úplného odkazu na příslušný zdroj.

V Praze

26. 4. 2010

.....

## **Poděkování**

Děkuji panu doc. Mgr. Markovi Vachovi PhD za odborné vedení mé práce, Povodí Vltavy, s.p. za poskytnutá data a také všem, kteří mi pomáhali a podporovali mě.

## **Abstrakt**

V této práci se zabývám problematikou kvality vody v povrchových vodách. Řešila jsem chemické složení vod, způsoby znečištění a monitoring kvality vody.

Posuzovala jsem kvalitu vody v Botiči, který je jedním z nejvýznamnějších potoků v Praze. Povodí tohoto toku je zajímavé svým charakterem, zčásti protéká ve volné krajině a zčásti ve městě.

Z poskytnutých dat jsem analyzovala trendy a změny v kvalitě ve dvou profilech. Vyhodnocovala jsem ukazatele chemické spotřeby kyslíku, biochemické spotřeby kyslíku, dusičnanů, amoniového dusíku a celkového fosforu.

Klíčová slova: povrchové vody, znečištění, chemické složení

## **Abstract**

In this bachelor thesis, I deal with the issue of water quality in surface water. I focus on chemical composition, methods of pollution and monitoring water quality.

I assess water quality in Botič creek, which is one of the most important flows in Prague. Basin of the creek is interesting in character. This creek flows in the region and in the city. Trends and changes in water quality from the supplied data were analyzed. The samples content chemical oxygen demand (COD), biochemical oxygen demand (BOD), nitrates, ammonia and phosphorus.

Keywords: surface water, pollution, chemical composition

<b>1. ÚVOD</b> .....	7
1.1 CÍLE .....	7
<b>2. DRUHY VOD</b> .....	8
2.1. Přírodní vody .....	8
2.1.1 Atmosférické vody .....	8
2.1.2 Podzemní vody .....	8
2.1.3 Minerální vody .....	9
2.2 Odpadní vody .....	9
2.2.1 Splaškové a městské odpadní vody .....	9
2.2.2 Průmyslové odpadní vody .....	10
2.2.3 Zemědělské odpadní vody .....	10
<b>3. POVRCHOVÉ VODY</b> .....	11
3.1. Chemické složení tekoucích povrchových vod .....	11
3.1.1. Anorganické látky .....	11
3.1.2 Organické látky .....	17
3.1.3 pH .....	21
3.1.4 Elektrolytická konduktivita .....	22
3.1.5 Plyny rozpuštěné ve vodách .....	22
3.2 ZNEČIŠTĚNÍ .....	23
3.2.1 Samočistící procesy .....	23
3.2.2 Eutrofizace .....	24
3.2.3 Acidifikace .....	25
3.3 Kvalita (jakost) povrchových tekoucích vod .....	25
3.3.1 Legislativa a monitoring .....	25
3.3.2 Trendy .....	27
3.3.3 Kvalita vody a povodně .....	27
<b>4. POPIS ÚZEMÍ</b> .....	28
4.1 Geologie .....	29
4.2 Pedologie .....	29
4.3 Fauna .....	29
4.4 Flora .....	29
<b>5. METODIKA</b> .....	31
<b>6. VÝSLEDKY</b> .....	32
6.1 Trendy .....	32
6.2 Kvalita vody po povodních .....	32
6.3 Kvalita vody v potoce Botič v roce 2009 .....	32
<b>7. DISKUZE</b> .....	33
<b>8. ZÁVĚR</b> .....	34
<b>9. SEZNAM LITERATURY</b> .....	35
<b>10. PŘÍLOHY</b> .....	37

## 1. ÚVOD

Voda je základní složkou biosféry a je zásadní pro život všech organismů, poněvadž v ní probíhají podstatné chemické a biologické procesy.

Voda je cenným přírodním zdrojem. Člověk ji využívá k různým účelům, ať už pro svoji spotřebu nebo k hospodaření. Odpady z hospodaření se znova vypouští do toku a očekává se, že se odpadní látky přirozeně eliminují. Pokud je ovšem znečištění větší, pak dochází k zablokování ekologické rovnováhy ve vodním prostředí.

Lidé svojí činností mění vodní toky a ovlivňují tak vodní ekosystémy (Němec, Hladný, 2006).

Kvalita vody se zhoršuje posledních padesát let. Může za to rozvoj průmyslu a zemědělství, protože většina polutantů pochází z výroby a intenzivního hospodaření.

Ve své práci se budu zabývat problematikou povrchových tekoucích vod, zejména jejich kvalitou a to na příkladě potoka Botiče, který je zajímavý svým charakterem, protože zčásti protéká volnou krajinou a zčásti městem Prahou. Na tomto toku je vyhlášeno několik přírodních parků a památek.

### 1.1 Cíle

Cílem mé práce je vysledovat trendy v kvalitě vody v Botiči z dat naměřených Povodím Vltavy s.p. v letech 2000 – 2009 a zjistit, zda povodně v roce 2002 ovlivnily kvalitu vody v tomto potoce a dále porovnat kvalitu vody z měření dvou profilů v Křeslicích a Nuslích.

## **2. DRUHY VOD**

Vody se dělí podle původu na přírodní a odpadní. Přírodní vody se dále dělí na atmosférické, podzemní a minerální a povrchové vody a odpadní vody se dělí na splaškové a průmyslové (Pitter, 2009).

### **2.1. Přírodní vody**

#### **2.1.1 Atmosférické vody**

Atmosférická (srážková) voda se vyskytuje ve třech formách. Ve formě par jako vlhkost ovzduší, ve formě kapek a krystalů tvořící oblaka (mraky) a ve formě atmosférických srážek.

Atmosférické srážky se rozlišují kapalně a tuhé. Kapalně srážky jsou déšť, rosa, mlha a tuhé jsou sníh, kroupy, námraza a jinozatka.

Atmosférické srážky jsou nejčistějším druhem přírodních vod, ale přechodem přes vrstvu ovzduší se znečišťují (Tölgyessy et al., 1989).

Chemické složení atmosférických srážek je závislé na složení a znečištění spodní vrstvy atmosféry a troposféry. Nejvíce znečištěny jsou srážky v okolí průmyslových center a sídlišť, nejméně bývají znečištěné v horských oblastech.

Největších koncentrací z kationtů dosahují amoniakální dusík a vápník, z anionů jsou to sírany a dusičnany, které pocházejí z antropogenní činnosti, jejichž koncentrace však od roku 1995 stále klesá.

Srážkové vody mohou být významným zdrojem nutrientů (P,N) a také zdrojem toxických kovů (Pitter, 2009).

#### **2.1.2 Podzemní vody**

Veškerá přirozeně vyskytující se voda pod zemským povrchem, která se nachází v pásnu nasycení a je v přímém styku s horninami, se nazývá podzemní voda. Podle chemického složení se dělí se na prosté vody a minerální vody. Prostá voda je voda s nízkým obsahem rozpuštěných látek a nesplňuje kritéria pro minerální vodu (Tölgyessy et al., 1989).

Zásoby podzemní vody se doplňují třemi způsoby: infiltrací srážkových a povrchových vod, kondenzací vodních par v půdě a vznikem a kondenzací vodních par z magmatu.



Chemické složení je ovlivněno vzájemným působením srážkových a povrchových vod, podzemní atmosférou a horninovým prostředím. Závisí na složení půd a hornin, kterými voda protéká a na složení srážkových a povrchových vod v dané oblasti. Formuje se přímým rozpouštěním, chemickým působením, vlivem srážkových a povrchových vod a modifikujícími přeměnami (Pitter, 2009).

### **2.1.3 Minerální vody**

Minerální vody se od obyčejných podzemních vod liší svým chemickým složením a fyzikálními vlastnostmi. Přírodně léčivým zdrojem je přirozeně se vyskytující minerální voda, plyn nebo peloid (rašelina, slatina nebo bahno), které mají vlastnost vhodnou pro léčebné využití (Pitter, 2009).

Podle § 2 Lázeňského zákona se minerální vodou pro léčebné využití rozumí „přirozeně se vyskytující podzemní voda původní čistoty s obsahem rozpuštěných pevných látek nejméně 1 g/l nebo s obsahem nejméně 1 g/l rozpuštěného oxidu uhličitého nebo s obsahem jiného pro zdraví významného chemického prvku anebo která má u vývěru přirozenou teplotu vyšší než 20 st. C nebo radioaktivitu radonu nad 1,5 kBq/l.“

## **2.2 Odpadní vody**

Odpadní vody jsou vody využívané v obytných, průmyslových, zemědělských, zdravotnických a jiných stavbách, zařízeních nebo dopravních prostředcích, pokud po použití dojde ke změně jejich jakosti. Odpadní vody se dělí na vody splaškové, městské a průmyslové. Patří sem i vody průsakové z odkališť a skládek (Pitter, 2009).

### **2.2.1 Splaškové a městské odpadní vody**

Splaškové odpadní vody obsahují znečišťující látky pocházející ze sociálních zařízení, kuchyní, koupelen a prádelen. Hlavní podíl znečišťujících látek pochází z moče a exkrementů. Splaškové vody obsahují zejména chloridy, sodík, draslík, fosforečnany a anorganické formy dusíku, které vznikají při biologickém rozpadu organických dusíkatých látek (zejména močoviny). Z organických sloučenin se ve splaškových vodách nejčastěji vyskytují sacharidy a jiné bezdusíkaté látky, lipidy a tenzidy (Pitter, 2009).

Městské odpadní vody jsou směsí splašků a průmyslových odpadních vod. Obsahují i znečištěné atmosférické vody a vody použité k čištění ulic a veřejných prostranství (Tölgyessy et al., 1989).

### **2.2.2 Průmyslové odpadní vody**

Průmyslové odpadní vody jsou na rozdíl od splaškových vod svým charakterem rozmanitější. Některé průmyslové vody se přečišťují společně se splaškovými, jiné se musí čistit samostatně a některé jsou znečištěny jen nepatrně. Průmyslové odpadní vody se podle znečišťujících látek dělí na převážně anorganicky znečištěné a na převážně organicky znečištěné (Pitter, 2009).

### **2.2.3 Zemědělské odpadní vody**

Mezi zemědělské odpadní vody patří především silážní šťávy a močůvka. Silážování je proces anaerobního mléčného kvašení, který chrání krmivo před hnilobným rozkladem. Při špatném vybudování mohou silážní šťávy prosakovat do podzemní vody odkud se dostanou do vod povrchových.

Silážní šťávy mají hnědou až černou barvu a velmi zapáchají. Hodnota pH se pohybuje v rozmezí 3,5 – 4,5. Šťávy obsahují alifatické kyseliny, anorganické látky jako železo, mangan a amoniakální dusík, organické kyseliny (kyselina mléčná, octová a máselná) a různé sacharidy.

Močůvka se také dostává do přírodních vod průsakem. Vykazuje velkou koncentraci amoniakálního dusíku a pokud je skladována za anaerobních podmínek, je zde možnost zjištění obsahu sulfidické síry (Pitter, 2009).

## 2. POVRCHOVÉ VODY

Tato práce se týká povrchového toku Botič, a proto je povrchovým vodám věnována samostatná kapitola.

Povrchové vody jsou všechny vody vyskytující se přirozeně na zemském povrchu. Dělí se na vody kontinentální a vody mořské. Kontinentální povrchové vody jsou vody tekoucí (vodní toky) a vody stojaté (jezera, nádrže, rybníky). Brakická voda vzniká smícháním vody mořské a říční v ústí řek do moře (Pitter, 2009).

Povrchová voda vzniká z vody atmosférické a podzemní. Pokud převažuje jako zdroj atmosférická voda, pak povrchová voda je méně mineralizovaná.

Složení povrchových kontinentálních vod je ovlivněno geologickou skladbou podloží a složením dnových sedimentů, hydrologicko-klimatickými poměry, půdně-botanickými poměry a antropogenní činností (Pitter, 2009).

### 3.1. Chemické složení tekoucích povrchových vod

Koncentrace nerozpuštěných látek se v čistých vodách pohybuje obvykle v jednotkách  $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ . V době povodní se tato koncentrace zvyšuje na desítky až stovky  $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$  v důsledku splachu látek z okolní půdy (Pitter, 2009).

#### 3.1.1. Anorganické látky

Anorganické látky ve vodách se vyskytují ve třech formách. Ve formě kationtů, aniontů nebo v neiontové formě. V tekoucích vodách můžeme najít převážně tyto látky – sodík a draslík, hořčík, vápník, železo, mangan, sloučeniny dusíku, sloučeniny fosforu, hydrogenuhličitany, sírany a chloridy a jiné látky, které se ve vodách vyskytují ve stopovém množství. Překročí-li tyto látky určité koncentrace, ovlivňují kvalitu vody a tím i celé vodní prostředí (Pitter, 2009).

#### ***Kovy a polokovy***

Kovy a polokovy se vyskytují ve vodách v rozpuštěné i nerozpuštěné formě. Kovy a polokovy v rozpuštěné formě tvoří nejčastěji komplexy s anorganickými nebo organickými ligandy.

- Sodík a draslík

Patří mezi čtyři základní kationty přítomných v přírodních a užitkových vodách.

Tyto dva prvky se vyskytují převážně ve formě jednomocných kationtů  $\text{Na}^+$  a  $\text{K}^+$ . Vody obsahující draslík jsou slabě radioaktivní, protože draslík obsahuje 0,011% izotopu  $^{40}\text{K}$ , který vyzařuje radioaktivní záření  $\beta$  a  $\gamma$ .

Do vody se dostávají zvětrávání některých hlinitokřemičitanů jako např. albitu ( $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ ), ortoklasu ( $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ ) a slíd. Dále se vyluhují ze solných ložisek, z minerálů sylvinu ( $\text{KCl}$ ) a sylvinitu ( $\text{NaCl} + \text{KCl}$ ). Do vody se tyto kovy dostávají při výměně iontů  $\text{Ca}^{2+}$  a  $\text{Na}^+$  při styku vody s jílovými minerály.

Antropogenními zdroji jsou průmyslové odpadní vody, které obsahují chlorid nebo síran sodný vznikající při neutralizacích a vysolování, dále pak z výroby draselných hnojiv a odpady z měničů iontů. Větší koncentraci sodíku lze naměřit v povrchových vodách po zimním solení chloridem sodným, který spolu s odtávajícím sněhem odtéká do vodních toků.

Koncentrace těchto kovů se v povrchových vodách pohybují v jednotkách až desítkách  $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$  (Pitter, 2009).

- Hořčík a vápník

Tyto dva prvky jsou v přírodě velmi rozšířené. Dostávají se do vody rozkladem vápenatých a hořečnatých hlinitokřemičitanů např. anortitu ( $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ ) nebo chloritu ( $\text{Mg}_5\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_8$ ), rozpuštěním vápence  $\text{CaCO}_3$ , dolomitu  $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ , magnezitu  $\text{MgCO}_3$ , sádrovce  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  aj.

Antropogenním zdrojem jsou průmyslové odpadní vody z provozů, kde se neutralizují kyseliny vápnem, vápencem, dolomitem nebo magnezitem, a provozy, při kterých se odkyseluje podzemní voda hydroxidem vápenatým.

Hořčík a vápník se v méně mineralizovaných vodách vyskytují převážně ve formě dvoumocných kationtů  $\text{Mg}^{2+}$  a  $\text{Ca}^{2+}$ . Ve vodách více mineralizovaných se vyskytují různé iontové asociáty vápníku např.  $[\text{CaCO}_3(\text{aq})]^0$ ,  $[\text{CaHCO}_3]^+$ ,  $[\text{CaSO}_4(\text{aq})]^0$  a  $[\text{CaOH}]^+$  obdobné asociáty tvoří hořčík.

V povrchových vodách se koncentrace vápníku pohybuje v řádech desítek až stovek  $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$  (Pitter, 2009).

- Železo

Přírodním zdrojem železa jsou horniny a to zejména pyrit ( $\text{FeS}_2$ ), křevel ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) magnetovec ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) a limonit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) a siderit ( $\text{FeCO}_3$ ). Tyto horniny se nejvíce rozpouštějí za přítomnosti oxidu uhličitého a huminových látek. Největší koncentraci lze najít v kyselých důlních vodách, které obsahují kyselinu sírovou.

Antropogenním zdrojem železa jsou odpadní průmyslové vody z válcoven, drátoven, mořiren kovů aj. a korozní procesy ve vodovodním potrubí.

Železo ve vodě je přítomno ve formě dvojmocných nebo trojmocných kationtů. Formy výskytu jsou závislé na hodnotě pH a oxidačně-redukčním potenciálu. Nejstabilnější formou ve vodách s obsahem rozpuštěného kyslíku je  $\text{Fe}^{3+}$ , kdy tvoří asociáty  $[\text{Fe}(\text{OH})]^{2+}$ ,  $[\text{Fe}(\text{OH})_2]^+$ ,  $[\text{Fe}(\text{OH})_3(\text{aq})]^0$ ,  $[\text{Fe}(\text{OH})_4]^-$ . Koncentrace železa v povrchových vodách se pohybuje v setinách až desítkách  $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ . Nejvíce je obsaženo v dnových sedimentech. Železo ovlivňuje barvu a chuť a zákal vody. Železo má negativní vliv na chov ryb.  $\text{Fe}^{\text{II}}$  Na žábkách oxiduje a hydrolyzuje, ryby mohou uhynout udušením, jestliže jejich žábry pokrývá  $\text{Fe}^{\text{III}}$  jež snižuje jejich respirační plochu (Pitter, 2009).

- Mangan

Mangan se do vody dostává z rud a sedimentů a doprovází železné rudy. V přírodě se vyskytuje ve formě manganových rud jako burel ( $\text{MnO}_2$ ), hausmanit ( $\text{Mn}_3\text{O}_4$ ) a magnetit ( $\text{MnCO}_3$ ). Po železe je druhou součástí dnových sedimentů.

Vyskytuje se též v průmyslových odpadních vodách ze zpracování železných rud, metalurgických závodů a chemických provozů. Zdrojem může být manganistan draselný, který se používá při úpravě vody.

Ve vodách vyskytuje ve formě dvoumocných, trojmocných a čtyřmocných kationtů a také organicky vázaný. V závislosti na pH tvoří hydratované komplexy  $[\text{Mn}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ ,  $[\text{MnOH}]^+$ ,  $[\text{Mn}(\text{OH})_2]^0$ ,  $[\text{Mn}(\text{OH})_3]^-$ ,  $[\text{MnHCO}_3]^+$  a  $[\text{MnSO}_4(\text{aq})]^0$ . Stejně jako železo může ovlivňovat chuť a barvu vody. Přípustná koncentrace pro povrchové vody je  $0,5 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  (Pitter, 2009).

- Těžké kovy

Těžké kovy mohou v tělech ryb a jiných vodních živočichů způsobovat akutní nebo chronické otravy. Těžké kovy mají významnou vlastnost, kumulují se v organismu a tím se stávají toxickými. Účinek různých toxických látek nezáleží pouze na jejich koncentraci, formě nebo na druhu organismů, ale také záleží na podmínkách a kvalitě vody jako takové a na množství, typů a koncentrací ostatních polutantů (Ellis K.V., 1989).

Za nejvíce toxické jsou považovány rtuť a olovo a kadmium (Pitter, 2009).

### Rtuť

Přírodním zdrojem rtuti je ruda cinabrit neboli rumělka ( $\text{HgS}$ ).

Nejvýznamnějším zdrojem rtuti jsou atmosférické srážky, které jsou kontaminované spalováním fosilních paliv. Antropogenní zdroje jsou pak průmyslové odpadní vody z elektrolýzy NaCl amalgánovým způsobem, z organických syntéz, kdy jsou sloučeniny rtuti používány jako katalyzátory a z úpraven rud. Dalším zdrojem jsou též rtuťové pesticidy, hlavně fungicidy (Pitter, 2009).

Ve vodách se vyskytuje v nerozpuštěné formě, vázána na suspendované látky nebo v rozpuštěné formě jako kovová rtuť, rtuťné a rtuťnaté látky (Malý, Malá, 1998).

Rozpuštěné sloučeniny rtuti jsou neurotoxické a nefrotoxické látky. Nejtoxičtější látkou je chlorid rtuťnatý (Tichý, 2004).

### Kadmium

Původ kadmia ve vodách je výlučně z antropogenní činnosti. Hlavním zdrojem jsou fosforečnanová hnojiva a odpadní vody, z galvanického pokovování a z výroby baterií Ni-Cd.

Vyskytuje se v několika formách a to jako jednoduchý ion, hydroxokomplexy, karbonatkomplexy a sulfatkomplexy. Ve vodách jsou převažující formy  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $[\text{CdCO}_3(\text{aq})]^0$  a  $[\text{Cd}(\text{OH})_2(\text{aq})]^0$  (Pitter, 2009).

Stejně jako rtuť je i kadmium a jeho soli velmi toxické. Mají vliv na inhibici insulinu a metabolismus cukrů (Tichý, 2004).

### Olovo

Jako přírodní zdroj jsou uváděny olověné rudy jako ke galenit ( $\text{PbS}$ ), anglesit ( $\text{PbSO}_4$ ), cerusit ( $\text{PbCO}_3$ ) a hydrocerusit  $[\text{Pb}(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2]$ .

Antropogenním zdrojem olova mohou být odpadní vody ze zpracování rud, metalurgických provozů a sklářského průmyslu (Pitter, 2009).

Olovo se do vody dostává splachem z komunikací a vegetace. Je obsaženo ve výfukových plynech jako tetraalkylolovo, které je používáno jako antidetonační přísada do benzínů. (Popl, Fährnich, 1999)

Ve vodě se vyskytuje v rozpuštěné formě  $\text{Pb}^{2+}$  a  $[\text{Pb}(\text{CO})_3(\text{aq})]^0$  (Töglyessi et al., 1989).

### **Nekovy**

Největšími polutanty zemědělského znečištění jsou sloučeniny dusíku a fosforu.

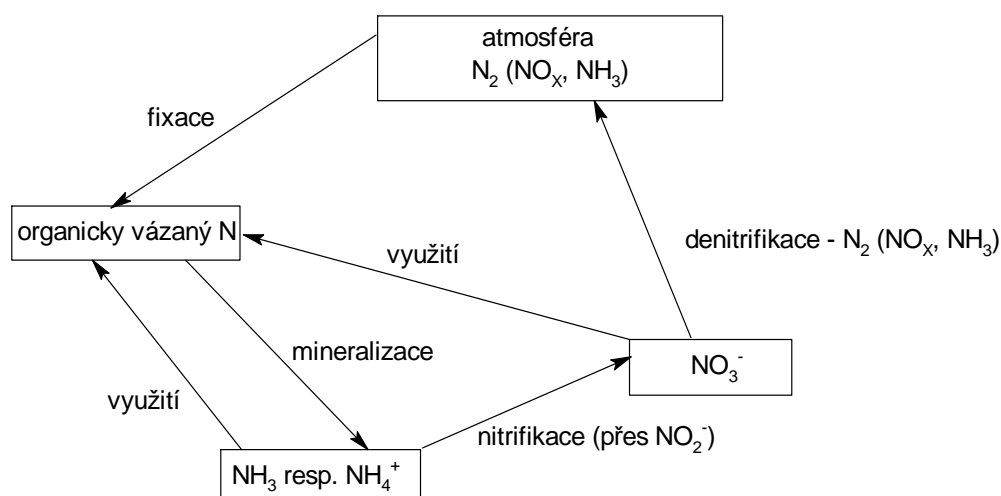
- sloučeniny dusíku

Dusík patří mezi nejdůležitější makrobiogenní prvky a je součástí všech biologických procesů v povrchové, podzemní a odpadní vodě. Sloučeniny dusíku mohou být organického nebo anorganického původu. Organický dusík pochází z antropogenní činnosti, zejména ze zemědělství (Pitter, 2009).

#### Cyklus dusíku (Obr. 1)

Dusík se z odumřelých těl organismů uvolňuje ve formě amoniaku. Ten je v aerobním prostředí oxidován nitrifikačními bakteriemi na dusitany a dále dusičnany. Naopak v anaerobním prostředí dochází k denitrifikaci tzn. redukcí dusičnanů na dusitany až na elementární dusík a oxid dusný. Rostliny jsou schopné přijímat dusičnany a amoniak a využít jej ke stavbě buněčné hmoty, kdežto živočichové musí přijímat dusík vázaný v organických sloučeninách. (Malý, Malá, 1996)

Malý, Malá (1998) ve svém výzkumu zjistili, že rtuť ovlivňuje nitrifikační procesy při oxidaci amoniaku na dusitany.



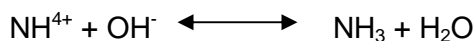
Obr. 1

#### Amoniak

Ve vodách není přírodního původu. Antropogenním zdrojem jsou splaškové odpadní vody, odpady ze zemědělských výroby a kalová voda z čistírenských kalů. Dalším

zdrojem jsou dusíkatá hnojiva, která se infiltrací a splachem dostává do podzemních a povrchových vod (Pitter, 2009).

Amoniak se ve vodě vyskytuje ve dvou formách. Jako kationt  $\text{NH}_4^+$  nebo neionizovaná molekula  $\text{NH}_3$ , přičemž molekula  $\text{NH}_3$  je daleko toxičtější. Ve vodách probíhá rovnováha



Vznik molekuly  $\text{NH}_3$  je podporován vzrůstajícím pH a teplotou (Ellis K.V., 1989).

Další formou výskytu jsou amminokomplexy, které pocházejí z odpadních vod z galvanického pokovování. Obsahují molekuly  $\text{NH}_3$  s ionty jiných kovů (Pitter, 2009).

### Dusičnany a dusitany

Dusičnany se vyskytují ve vodách v jednoduché formě  $\text{NO}_3^-$ . Pro člověka jsou neškodné, ale mohou být závadné, pokud se zredukují na dusitany. Zdrojem jsou atmosférické srážky (Popl, Fährlich, 1999).

- sloučeniny fosforu

Fosfor se ve vodách vyskytuje v rozpuštěné i nerozpuštěné formě, ve formě jednoduché nebo komplexní nebo jako polyfosforečnan (Tölgyessy et al., 1989).

Pitter (2009) doplňuje, že fosfor se přirozeně do vody vyluhuje a rozpouští z některých půd a zvětralých hornin. Antropogenním zdrojem fosforu mohou být různé mycí a čisticí prostředky a hnojiva.

- hydrogenuhličitan

Hydrogenuhličitan vznikají při chemickém zvětrávání hornin působením  $\text{CO}_2$  a  $\text{H}_2\text{O}$ . Někdy se též přidávají do vody kvůli stabilizaci a zdrojem je také vápno, které se používá při odkyselení vody. Vyskytují se ve formě jednoduchých iontů  $\text{HCO}_3^-$  nebo ve formě iontových asociátů např.  $[\text{CaHCO}_3]^+$ ,  $[\text{MgHCO}_3]^+$ ,  $[\text{NaHCO}_3]^0$  (Pitter, 2009).

- sírany

Hlavním přírodním zdrojem jsou minerály sádrovec ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) a anhydrit ( $\text{CaSO}_4$ ). Dále vznikají oxidací sulfidických rud (např. pyritu  $\text{FeS}_2$ ). Antropogenním zdrojem jsou především odpadní vody z mořiren kovů, kde se používá kyselina sírová a městské a průmyslové exhalace ze spalování fosilních paliv, které se dostávají do atmosférických vod a následně do povrchových.



Sírany spolu s hydrogenuhličitaný a chloridy tvoří podstatnou část aniontů ve vodách. Vyskytují se v jednoduché formě jako síranový aniont, nebo může tvořit iontové asociáty, tzv. sulfatokomplexy jako např.  $[\text{CaSO}_4(\text{aq})]^0$ ,  $[\text{MgSO}_4(\text{aq})]^0$ ,  $[\text{MnSO}_4(\text{aq})]^0$ ,  $[\text{UO}_2(\text{SO}_4)_2]^{2-}$  (Pitter, 2009).

- Chloridy

Chloridy se do vody dostávají zvětráváním a následným vyluhováním z hornin. Jako přírodní zdroje Pitter uvádí ložiska soli kamenné nebo draselných solí (sylvinu KCl, karnalitu  $\text{KCl}\cdot\text{MgCl}_2\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , kainitu  $\text{KCl}\cdot\text{MgSO}_4\cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ). Zdrojem přírodních chloridů mohou být i vulkanické horniny KCl (Pitter, 2009).

### **Radioaktivní látky**

Jak píše Pitter (2009), měření radioaktivity patří mezi důležité ukazatele znečištění přírodních, užitkových a odpadních vod. D. Barišič et al. (1992) ve svém výzkumu zjistili, že největší koncentrace izotopů rádia a uranu pocházejí z fosfátových hnojiv.

### **3.1.2 Organické látky**

Organické látky jsou dvojího původu, buď přírodního nebo antropogenního. Zdrojem organických látek přírodního původu jsou výluhy z půdy a sedimentů a produkty z činnosti rostlinných a živočišných organismů. Látky antropogenního původu pocházejí z vod průmyslových a splaškových, ze skládek a ze zemědělských půd. Organické látky mají vliv na kvalitu přírodních vod, mohou mít karcinogenní, mutagenní a teratogenní účinky. Nejtoxičtějšími látkami jsou organohalogenové sloučeniny, organofosforové a organické sloučeniny cínu (Pitter, 2009).

- Uhlovodíky

Uhlovodíky pocházejí z ropných produktů jako je např. benzín, petrolej nebo nafta. Tyto produkty tvoří jednoduché uhlovodíky (alkany), cykloalifatické uhlovodíky a aromatické uhlovodíky (areny). Aromatické uhlovodíky rozeznáváme monocyklické a polycyklické. Monocyklické uhlovodíky jsou zejména rozpouštědla (benzen, toluen aj.) z nichž nejvíce karcinogenní je benzen.

Polycyklické uhlovodíky jsou největšími polutanty ve vodách. Vznikají při nedokonalém spalování organické hmoty, zejména spalováním kapalných a pevných paliv a průmyslovou činností jako je karbonizace uhlí nebo krakování ropy. Jiným zdrojem mohou být i lesní požáry, splachy z komunikací, dehtové nátěry aj. Ve vodách se vyskytují především monocyklické aromatické uhlovodíky jako benzen a toluen, z polycyklických uhlovodíků je to fluoranthen. Koncentrace těchto sloučenin se pohybuje v desítkách až stovkách ng.l<sup>-1</sup> (Pitter, 2009).

- Organické chlorderiváty

Chlorderiváty pocházejí jak z přírodních zdrojů tak z antropogenní činnosti. V přírodě vzniká např. chlormethan činností mořských řas a suchozemských rostlin. Chlorderiváty produkují cyanobakterie a tvoří se také lesními požáry a vulkanickou činností. Antropogenního původu jsou např. průmyslová rozpouštědla jako tetrachloethen a trichlorethen. Zdrojem chlorderivátů jsou též konzervační prostředky, bělicí prostředky a rozpouštěcí a odmašťovací prostředky (Pitter, 2009).

Chlorderiváty se považují za toxické látky. Jak uvádí Töglyessi et al. (1989), dříve se považovaly za málo škodlivé, ale postupem času se objevily důkazy, které jednoznačně potvrdily toxicitu těchto sloučenin. Příčinou jejich toxicity je, že se potravním řetězcem dostávají do těl živočichů a následně i do lidského organismu, kde se kumulují v tukové tkáni. Vysoká koncentrace např. DDT (dichlordifenyltrichlormethylmethan) může způsobit změny v transportu kationtů Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup> a ovlivnit funkci nervového systému.

Pitter (2009) zmiňuje polychlorované bifenyly (PCB), které se již pro svoji škodlivost prostředí od 80. let nevyrábějí, ale jsou stále přítomné v prostředí. PCB jsou chemicky i biologicky velmi stabilní látky, které se do prostředí dostávají ze starých skládek, odpadů a bývalých provozů.

- Fenoly a fenolové sloučeniny

Fenoly tvoří velkou část organických látek vyskytujících se ve vodách. Fenolové sloučeniny jsou přírodního původu, fenoly přítomné v dřevinách a rostlinách, Pitter doplňuje i původ antropogenní, fenoly z průmyslového znečištění. Vznikají sekundárním metabolismem oxidační karboxylací. Chovají se jako kyseliny, do vody se dostávají výluhem. Polyfenoly jsou biologicky i chemicky rezistentní, těžko se odbourávají (Töglyessi et al., 1989).

- Huminové látky

Humus vzniká rozkladnými a syntetickými procesy z odumřelé rostlinné hmoty. Humus dělíme na půdní a vodní, přičemž vodní je méně stabilní než půdní a jeho složení závisí také na původu. Vzniká rozkladem planktonu a vodních rostlin. Huminové látky se podle rozpustnosti dělí na huminové kyseliny, které se rozpouštějí při hodnotách pH větší než 2 a fluvinové kyseliny, které se rozpouštějí v celé škále. Ve vodách převládají spíše fluvinové kyseliny.

Huminové látky jsou cyklické aromatické sloučeniny, hnědožlutě, tmavě hnědě až šedočerně zbarvené. Huminové látky mají výrazný negativní vliv na jakost vody. Zvyšují intenzitu barvy, zvyšují kyselost, jsou biochemicky stabilní, vážou do komplexů kovy, tvoří trihalogenmethany při chloraci vody, nízkomolekulární fluvinové kyseliny jsou těžce odbouratelné, kompetitivně se absorbují na aktivním uhlí, mohou způsobit pění na turbulentních místech toku, proto jsou nežádoucí při úpravě pitné vody (Pitter, 2009).

- Tenzidy a detergenty

Tenzidy neboli povrchově aktivní látky jsou skupina látek, které snižují povrchové napětí a způsobují pění. Jsou buď přírodního nebo antropogenního původu. V přírodě jsou syntetizovány bakteriemi, houbami a kvasinkami, které jsou též využívány při biologickém čištění odpadních vod.

Hlavním zdrojem tenzidů jsou prací a čisticí prostředky v domácnostech a průmyslu (Pitter, 2009).

- Pesticidy

Pesticidy jsou látky, které se používají k ošetření rostlin v zemědělství i lesnictví a k ochraně proti škůdcům. Je to široké spektrum látek, které jsou rozděleny podle chemické účinnosti a biologické účinnosti. Podle biologické účinnosti se dělí na několik dalších skupin, z nichž nejvýznamnější jsou insekticidy, herbicidy a fungicidy. Podle působení na organismus se pesticidy mohou dělit na kontaktní, které zůstávají na povrchu a na systémově působící, které pronikají přímo do organismu živočichů.

Pesticidy mohou být organické a anorganické. Anorganické obsahují prvky Cu, Hg, As, Pb, F a aj. Ve větší míře se však používají organické pesticidy. Tyto se rozdělují na organochlorové a organofosforové (Pitter, 2009).

Podle Töglyessi et al (1989) mají pesticidy velký hospodářský význam, ale problémem je jejich toxicita, která byla popsána již u chlorderivátů.

V povrchových vodách se častěji vyskytují produkty rozkladu pesticidů – rezidua, která jsou taktéž toxická.

- **Komplexotvorné látky**

Jsou to látky schopné měnit biologické i chemické vlastnosti vody a jsou původu přírodního a antropogenního. Příkladem přírodních komplexů jsou huminové látky. Komplexotvorné látky antropogenního původu jsou aktivační přísady v pracích a čistících prostředcích. Jedná se o polyfosforečnany, kyselinu citrónovou, EDTA a NTA. EDTA neboli ethylendiaminotetraoctová kyselina a NTA (nitrilotrioctová kyselina) jsou dvě látky, kterým je věnována větší pozornost pro biologickou rezistenci. Proto je používání těchto dvou látek omezeno nebo zakázáno. Stejně jako PDTA (propalendiaminotetraoctová kyselina) a DPTA (diethylentriaminopentaoctová kyselina).

Další skupinou jsou fosfany, které se používají v chladících okruzích a též v pracích a čistících prostředcích (Pitter, 2009).

- **Ostatní organické látky**

#### Ftaláty

Ftaláty se používají jako změkčovadla při výrobě plastů (zvláště PVC). Poněvadž nejsou v plastu chemicky vázány, mohou se uvolňovat např. vyluhováním. Spalováním se dostávají do atmosféry a spolu se srážkami jsou přenášeny do povrchových vod. Ftaláty se z organismu rychle vylučují, ale mohou se ukládat v tukových tkáních a při dlouhodobé expozici může dojít ke karcinogenitě.

#### Akrylamid

Je jedním z ukazatelů jakosti pitné vody, protože je velmi toxický, má karcinogenní, mutagenní a neurotoxické účinky.

Dalšími látkami jsou léčiva, kosmetické přípravky a antibiotika, jejichž spotřeba je špatně kontrolovatelná a jsou biochemicky rezistentní.

### ***Stanovení organických látek ve vodách***

Požadavky na jakost povrchové vody nejsou tak přísné jako u pitné vody, ale některé povrchové vody mohou sloužit jako zdroj pitné vody.

### **Chemická spotřeba kyslíku (CHSK)**

Koncentrace organických látek se hodnotí podle množství použitého oxidačního činidla, které se spotřebuje za určitých podmínek na jejich oxidaci. V dnešní době je jako oxidační činidlo používán dichroman draselný nebo manganistan draselný. Organické látky se mohou oxidovat v několika stupních. Tyto stupně oxidace se následně porovnávají s teoretickou spotřebou kyslíku (ThSK), která se udává v gramech kyslíku potřebného na úplnou oxidaci 1 g organické látky podle stechiometrie na  $\text{CO}_2$  a  $\text{H}_2\text{O}$ . Stupeň oxidace se vyjadřuje v procentech ThSK (Pitter, 2009)

### **Celkový organický uhlík TOC(DOC)**

Tato nepřímá metoda se používá ke stanovení celkových organických látek. Je založena na oxidaci organických látek na oxid uhličitý ( $\text{CO}_2$ ). TOC lze stanovit tzv. kyvetovými testy, oxidace probíhá při  $100\text{ }^\circ\text{C}$  a vzniklý oxid uhlíčitý se stanovuje fotometricky. Při této teplotě se oxidují všechny organické látky, proto je tato metoda někdy výhodnější oproti CHSK. Avšak při hodnocení kvality povrchových vod je lepší používat CHSK, poněvadž vyjadřuje spotřebu kyslíku a může se srovnávat s BSK (Pitter, 2009).

### **Biochemická spotřeba kyslíku (BSK)**

Biochemická spotřeba kyslíku je definovaná jako množství rozpuštěného molekulového kyslíku spotřebovaného za určitý časový interval při aerobním biochemickém rozkladu látek přítomných ve vodě. Množství kyslíku je úměrné množství organických látek, a proto můžeme odhadnout stupeň znečištění. (Pitter, 2009)

### **3.1.3 pH**

Stanovení pH vody je jedním z ukazatelů její kvality. Ovlivňuje většinu fyzikálně-chemických, chemických a biochemických procesů ve vodách. V čistých přírodních vodách se hodnota pH pohybuje v rozmezí 4,5 do 9,5 (Malý, Malá, 1996).

Je definována jako záporný logaritmus koncentrace vodíkových iontů. Hodnota pH se pohybuje od 0 do 14, přičemž kyselé prostředí má  $\text{pH} < 7$  a alkalické prostředí má  $\text{pH} > 7$ . Neutrální prostředí se uvádí při  $\text{pH} = 7$ , avšak to platí pouze při teplotě  $25^\circ\text{C}$ . Pokud je teplota menší než  $25^\circ\text{C}$  bude hodnota neutrálního pH vyšší než 7 a naopak při teplotách vyšších než  $25^\circ\text{C}$  bude pH nižší než 7 (Pitter, 2009).

### **3.1.4 Elektrolytická konduktivita**

Elektrolytická konduktivita je koncentrace ionizovatelných anorganických a organických součástí vody. Používá se jako kontrola výsledků chemického rozboru a měří se konduktometrem (Pitter, 2009).

### **3.1.5 Plyny rozpuštěné ve vodách**

- Oxid uhličitý ( $\text{CO}_2$ )

Tento plyn se do vod dostává z atmosféry nebo může vzniknout aerobním a anaerobním biochemickým rozkladem organických látek v půdě (biogenní původ), pochází z magmatu nebo vzniká termickým rozkladem uhličitánů (hlubinný původ). Vyskytuje se v molekulární formě hydratované molekuly  $\text{CO}_2(\text{aq})$ .

Je velmi dobře rozpustný, avšak jeho rozpustnost závisí na pH. Lze ho z vody odstranit provzdušňováním, tento proces je využíván při tzv. odkyselování vody. Obsah  $\text{CO}_2$  se jinak snižuje jeho únikem do atmosféry a fotosyntetickou asimilací zelených organismů (Pitter, 2009).

- Kyslík ( $\text{O}_2$ )

Kyslík se dostává do vody dvěma způsoby. Jednak difúzí z atmosféry a jednak při fotosyntetické asimilaci vodních rostlin, řas a sinic. Rozpustnost kyslíku závisí na koncentraci již rozpuštěných látek. Rozpustnost ovlivňuje zejména teplota a tlak. Koncentrace kyslíku v povrchových vodách závisí na organickém znečištění vody, poněvadž čím větší je znečištění, tím méně je rozpuštěného kyslíku, který se vyčerpává biochemickými procesy. V některých případech může docházet i k přesycení kyslíkem a to při mimořádné turbulenci vody (peřeje, jezy, vodopády) nebo při intenzivní fotosyntetické asimilaci (Pitter, 2009)

Koncentrace rozpuštěného kyslíku je jedním z indikátorů kvality vody. Je nutný při samočištění povrchových vod a využívá se při biologickém čištění odpadních vod a je nezbytný pro život ryb (Töglyessi et al., 1989).

- Ozon ( $\text{O}_3$ )

Ozon je důležitým desinfekčním a oxidačním činidlem. Pro tyto vlastnosti je využíván k úpravě vody, zlepšuje její barvu, odstraňuje pach a oxiduje některé

organické látky. Ve vodě je velmi málo stabilní a rychle se rozkládá. Na vodní organismy působí toxicky a to již od koncentrace  $0,01 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  (Pitter, 2009).

### **3.2 Znečištění**

Znečištění povrchových vod pochází především z antropogenních zdrojů jako je zemědělství a průmysl. Rozeznáváme tři druhy zdrojů znečištění a to bodové, kdy je znečištění do vodního toku přiváděno soustředěně a je možné sledovat jeho kvalitu i kvantitu (přímé vstupy kanalizace do toku), plošné (splachy z okolní půdy především zemědělsky obdělávané) a difúzní (rozptýlené bodové zdroje). Dalším znečištěním je znečištění tepelné, které je způsobeno nadměrným přívodem tepla do toku. Snižuje rozpustnost kyslíku ve vodě a zrychluje biochemické procesy ve vodě a má Tyto sloučeniny jsou negativní vliv na ryby (Pitter, 2009).

#### ***Nakládání se znečištěním odpadních vod***

Odpadní vody se ošetřují ve třech stupních.

Při primárním ošetření dochází k odstranění, kontrole, drcení a následnému usazování drtě. Následuje sekundární ošetření, kdy biologicky aktivní kal oxidačním procesem rozloží organický materiál. A nakonec se použijí pokročilé biologické metody odstraňování dusíku a chemické a fyzikální metody, jako je filtrace a desorpce přes graulované aktivní uhlí (Jha et al., 2005).

#### **3.2.1 Samočistící procesy**

Samočištěním vody jsou myšleny fyzikální, chemické a biologické procesy, které odbourávají znečištění. Zapojují je do přirozených oběhů látek nebo některé části ukládají do usazenin.

Dříve, když se odpadní vody odváděly přímo do toků, musely toky snášet velké organické znečištění, které samočistící procesy nebyly schopny odbourat. Dnes jsou již téměř všechny vesnice a města nad 2000 obyvatel vybaveny čistírnou odpadních vod, která zmírňuje dopady znečištění vodních toků. Procesy, které se zapojují do samočištění jsou např. usazování primárních znečišťujících látek,

nitifikace a denitrifikace, chemické vázání fosforu na jílové částice (fosfor je tak dobře ve vodě odbouratelný), rozklad organického znečištění denitruenty aj.

Jedním z důležitých faktorů je teplota. V zimním období se zpomalují biologické procesy, tudíž schopnost samočištění je omezena. (Just et al., 2005)

Votruba, Patera (1983) doplňuje, že samočištění vod pod ledovou pokrývkou je až o čtvrtinu menší než bez ledové pokrývky.

Dalším důležitým faktorem je biochemická spotřeba kyslíku (BSK) nitrifikačními mikroorganismy. Malý, Malá (1998) studovali vliv inhibičních látek, které jejich aktivitu zastavují a můžou působit toxicky. Pro výzkum použili sloučeninu rtuti  $HgCl_2$ . Zjistili, že rtuť má velký vliv na inhibici.

### **3.2.2 Eutrofizace**

Na toku Botiče se vyskytuje řada rybníků a nádrží. Největší a nejnámější nádrží je Hostivařská přehrada, která slouží k regulaci odtoku vody a k rekreaci. Se znečištěním povodí souvisí znečištění stojatých vod a to hlavně eutrofizací. Eutrofizace je zvýšení obsahu nutrientů převážně sloučenin dusíku a fosforu ve vodě, které způsobují přílišný růst fotosyntetizujících organismů převážně cyanobakterií (sinic) a řas.

Přírodní eutrofizaci nelze nijak ovlivnit. Obsah sloučenin dusíku a fosforu pochází z půdy, dnových sedimentů a z těl odumřelých živočichů. Přirozenou eutrofizací dochází k tzv. stárnutí jezer, kdy se oligotrofní jezera (jezera chudá na živiny), přemění přirozenými procesy na eutrofní.

Antropogenní eutrofizace je způsobena zemědělským hospodařením, vypouštěním splaškových vod a odpadních vod obsahující polyfosforečnany z mycích a pracích prostředků.

Kritériem stupně eutrofizace je koncentrace celkového fosforu nebo se též používá koncentrace reaktivního fosforu. Dalšími kritérii jsou koncentrace chlorofylu-a, jenž udává množství fytoplanktonu, koncentrace kyslíku a průhlednost.

Pokud se fotosyntetizující organismy nahromadí těsně u hladiny, vzniká vodní květ. Při přemnožení těchto organismů dochází k vytváření sekundárního znečištění vody organickými látkami, zhoršení organoleptických vlastností (pach) a tvorbě toxických látek. (Pitter, 2009)

Toxické látky produkují zejména cyanobakterie. Tyto látky se nazývají cyanotoxiny a mohou způsobovat alergické reakce, někdy i uhynutí ryb, dobytka, ptáků a dokonce i člověka (Töglyessi et al., 1989)



### **3.2.3 Acidifikace**

Acidifikace je spojena hlavně s jezery a vodními nádržemi. Projevuje se nízkou hodnotou pH, kyselinovou neutralizační kapacitou (KNK) a zvýšenou koncentrací hliníku. Je způsobena několika faktory: geologickým podložím, vyluhováním huminových kyselin, kyselými depozicemi, náhradou smíšených porostů smrkovými monokulturami a nepřímými vlivy, hlavně nitrifikací.

Přírozně stojaté kyselé vody se nachází v oblasti s vyřelými a metamorfovanými horninami se slabým půdním pokryvem. Jsou náchylné k další antropogenní acidifikaci (např. Jizerské hory)

Dalším původem kyselosti mohou být sulfidické rudy, které jsou obsažené v geologickém podloží a mohou se oxidovat až na kyselinu sírovou (Pitter, 2009).

## **3.3 Kvalita (jakost) povrchových tekoucích vod**

Kvalita vod je stanovena legislativou, která udává koncentrace různých látek ve vodě, jež nesmějí být překročeny. (Malý, Malá, 1996)

Jak píše Pitter (2009), přípustné znečištění je posuzováno podle emisních limitů, což jsou maximálně přípustné koncentrace v odpadních vodách nebo podle imisních limitů tj. koncentrace, které nesmějí být překročeny ve vodním recipientu při vypouštění odpadních vod.

Kvalita vod se posuzuje podle jednotlivých ukazatelů (indikátorů), které . vyjadřují fyzikální stav, chemické složení a biologické osídlení vody. Rozlišujeme ukazatele individuální (např. Fe, Ca, Mg, aj.) a skupinové (BSK, CHSK, aj.). Soubor těchto ukazatelů se nazývá kritériem jakosti. Může jím být např. kyslíkový režim vody, souborem jsou ukazatelé rozpuštěného kyslíku, BSK, CHSK, DOC.

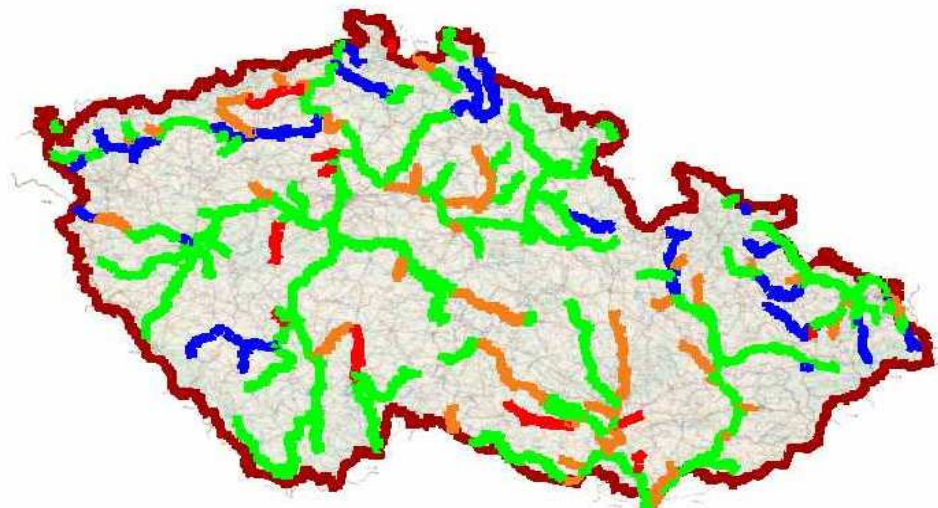
### **3.3.1 Legislativa a monitoring**

K hodnocení kvality vod podle znečištění se používá klasifikační systém ČSN 75 7221. Tato norma třídí jakost vod do pěti tříd:

- |            |                             |
|------------|-----------------------------|
| I. třída   | neznečištěná voda           |
| II. třída  | mírně znečištěná voda       |
| III. třída | znečištěná voda             |
| IV. třída  | silně znečištěná voda       |
| V. třída   | velmi silně znečištěná voda |

Další normou je ČSN 75 7222, která předepisuje minimální počet ukazatelů pro kontrolu kvality.

Kvalita se dá vyjádřit graficky v podobě mapky (obr. 2). Pro jednotlivé třídy byly vybrány tyto barvy: I. třída – světle modrá, II. třída – tmavě modrá, III. třída – zelená, IV. třída – žlutá a V. třída – červená. (Pitter, 2009)



Obr. 2 zdroj HEIS VÚV

Rámcová směrnice EU definuje pouze tři stupně a to velmi dobrý, dobrý a střední. (Němec J., Hladný J., 2006)

Monitoring jakosti povrchových vod provádí Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ) od roku 1963 a od roku 1984 sleduje kvalitu ve vodách podpovrchových. Analýzu provádí 12x ročně. V roce 1997 sledoval 283 profilů na tocích v České republice. V těchto profilech byly stanovovány ukazatelé kyslíkového režimu, základní a doplňující chemické ukazatele, těžké kovy, biologické a mikrobiologické ukazatele a radioaktivitu. (Rieder, 1997)

ČHMÚ není jediná instituce, která provádí monitoring. O malé vodní toky se stará Zemědělská vodohospodářská správa (ZVHS), která má kromě sledování jakosti vod v kompetenci i údržbu a péči o tyto malé toky. (Němec J., Hladný J., 2006)

Dalším subjektem je správce velkých řek, státní podnik Povodí.

Kvalita vody se hodnotí podle jednotlivých ukazatelů, ale pokud je potřeba vyjádřit kvalitu souhrnně, je možné použít vybrané ukazatele a kvalitu vod zhodnotit podle nejnejpříznivějšího. Vybrané ukazatele jsou biochemická spotřeba kyslíku (BSK), chemická spotřeba kyslíku (CHSK), amoniakální dusík, dusičnanový dusík a celkový fosfor (Pitter, 2009).

### **3.3.2 Trendy**

Z transportní povahy vody lze usoudit, že složení tekoucích vod se může měnit. Tyto změny jsou buď dlouhodobé nebo krátkodobé. Krátkodobé změny jsou způsobeny hydrologickými a klimatickými poměry. Dlouhodobé změny jsou ovlivněny antropogenní činností, zejména zemědělstvím, průmyslem a urbanizací (Pitter, 2009).

Y. Ouyang, et al. (2006) studovali vzájemné závislosti různých parametrů kvality vody v ročních obdobích. Z jejich výzkumu vyplývá, že nejdůležitější parametry přispívající ke kvalitě vody v jedné sezóně nejsou nejdůležitějšími parametry v jiné sezóně kromě rozpuštěného organického uhlíku (DOC) a elektrické konduktivity, které jsou v každé sezóně významné.

Ve Španělsku provedli M. Olías, et al. (2004) výzkum na řece Odiel. Tato řeka je velmi specifická. Z důvodu důlní těžby je těžce kontaminovaná a můžeme tu nalézt masivní nánosy síranů. Nejvíce se zde vyskytují zinek, železo, mangan a měď. Výzkum ukázal, že největším zdrojem těchto kontaminantů jsou podzimní srážky. Intenzivní zimní srážky zvedají hladinu řeky a způsobují odplavení kontaminantů, čímž koncentrace těchto kovů klesá a nepatrně se zvyšuje pH. Na jaře a v létě koncentrace síranů a kovů opět vzrůstá.

V jiném výzkumu Bhangu et Whitfield (1997) zjišťovali v letech 1984 – 1992 na řece v Britské Kolumbii změny kvality vody v celkovém průměru za určitý čas. Po statistickém zhodnocení dospěli k závěru, že z tohoto hlediska zde nejsou patrné žádné změny.

### **3.3.3 Kvalita vody a povodně**

Povodně nemají vliv na kvalitu vody. Při zvednutí hladiny řek se polutanty naopak ředí a zvyšuje se hodnota TOC (celkový rozpuštěný uhlík), který brzdí biologickou dostupnost znečištění. (Oetken M., Stachel B., Pfenninger M., Oehlmann J., 2005)

## 4. POPIS ÚZEMÍ

Potok Botič pramení ve středních Čechách nedaleko obce Čenětice a jako nejdelší pražský potok, s délkou 34,5 km, se vlévá jako pravostranný přítok do Vltavy. Plocha povodí je přibližně 134 km<sup>2</sup> (hydrologické pořadí toku 1-12-01-017, 1-12-01-018 a 1-12-01-020). (HEIS VÚV, 2010)

Koryto v horní části toku je v přírodním stavu, ve střední části má podobu přirozeně meandrujícího toku a ve spodní části, kde protéká zastavěným územím je jeho koryto souvisle upraveno a opevněno. (Lesy hl. m. Prahy)  
Průměrná teplota se pohybuje mezi 8 – 9°C. Roční úhrn srážek je 500 – 600 mm.

Na jeho toku se nacházejí dva přírodní parky a několik přírodních památek. Přírodní park Botič-Milíčov byl vyhlášen v roce 1984 a rozkládá se na ploše 873 ha. Nachází na jihovýchodním okraji Prahy, rozkládá se na území Pitkovického potoka od obce Lipany po jeho soutok s Botičem a pokračuje až k hranici vodní nádrže Hostivař, kde na něj navazuje přírodní park Hostivař – Záběhlce. Patří k němu i Milíčovský háj, který má charakter lipové doubravy

Druhým přírodním parkem je již zmíněný park Hostivař-Záběhlce. Rozkládá se na ploše 372 ha a byl vyhlášen v roce 1990.

Zdroji průmyslového bodového znečištění Botiče jsou nákupní zóna Čestlice, která se nachází na jihovýchodním okraji Prahy, nákupní a zábavní centrum Park Hostivař a plynárna Michle.

Tyto tři objekty se nacházejí v těsné blízkosti toku, tudíž jejich vliv na znečištění může být enormní. Pro snížení možnosti kontaminace povrchové vody jsou u větších nákupních center zřizovány tzv. retenční nádrže, které zčásti znečištění zadrží. Pokud však spadne větší množství srážek např. při příválových deštích, tyto retenční nádrže nejsou schopné takového množství vody zadržet a dojde k větší kontaminaci toku.

Potok Botič prošel v několika etapách revitalizací. I. etapa byla zahájena roku 1993 v areálu Průhonického parku a poté následovaly další tři etapy revitalizace po délce toku až k bývalému mlýnu v Újezdě u Průhonic. Bylo provedeno odbahnění rybníků, vyčištění lagun a rekonstrukce jezů. Cílem těchto opatření bylo zvýšit retenční schopnost jak rybníků i vlastního toku Botiče, tak i

zvýšení samočisticího účinku (Staňa, 1996). Před revitalizací byla kvalita Botiče podle chemického rozboru zařazena do III. třídy hodnocení, tzn. znečištěná voda (Bulíř, 1996).

#### 4.1 Geologie

V povodí se vyskytují proterozoické horniny asssyntsky zvrásněné, s různě silným vaariským přepracováním (břidlice, fylity, svory až pararuly) (Geoportal ČR, 2010).

#### 4.2 Pedologie

V území se nachází několik půdních typů. Jedná se o luvizem modální, glej fluvický, kambizem pelickou a antropozem urbánní v zastavěném území (Geoportal ČR, 2010).

#### 4.3 Fauna

Na zkoumaném území žije mnoho druhů zvířat. Vyskytují se tu ptáci pěnice pokřovní (*Sylvia corruca*), konipas bílý (*Motacilla alba*) i konipas horský (*Motacilla cinerea*), mlynařík dlouhoocasý (*Aegithalos caudatus*) a bažant obecný (*Phasianus colchicus*). Bylo zde zaznamenáno i hnízdiště ledňáčka obecného (*Alcedo atthis*). Ze savců zde můžeme potkat srnce obecného (*Capreolus capreolus*) prase divoké, (*Sus scrofa*) a zajíce obecného (*Oryctolagus cuniculus*), . Z ryb žijících v Botiči můžeme jmenovat jelec tloušť (*Leuciscus cephalus*) , hrouzek obecný (*Gobio gobio*), mřenka mramorovaná (*Barbatula barbatula*), a úhoř říční (*Anguilla anguilla*), . Z obojživelníků se zde vyskytují měkkýši např. bahnivka rmutná (*Bithynia tentaculata*) a obojživelníci např. kuňka obecná (*Bombina bombina*). Na území přírodního parku Botič-Milíčov byl nalezen nosatcovitý brouk *Hypera ononidis*, který se nevyskytuje jinde v ČR.

#### 4.4 Flora

Kolem potoka Botiče se vyskytují typické lužní dřeviny. Ze stromů jsou nejvíce zastoupeny jsou olše lepkavá (*Alnus glutinosa*), jasan ztepilý (*Fraxinus exelsior*), vrba bílá (*Salix alba*), vrba křehká (*Salix fragilis*), dále se vyskytují již řídkěji jilm habrolistý (*Ulmus minor*), jilm vaz (*Ulmus laevis*), stfemcha obecná (*Padus avium*), lípa srdčitá (*Tilia cordata*), javor mléč (*Acer platanoides*), javor klen (*Acer pseudoplatanus*), bříza bělokorá (*Betula pendula*), habr obecný (*Carpinus betulus*), dub letní (*Quercus robur*), jírovec maďal (*Aesculus hippocastanum*), buk

lesní (*Fagus sylvatica*), topol černý (*Populus nigra*), trnovník akát (*Robinia pseudoacacia*), třešeň ptačí (*Cerasus avium*), smrk ztepilý (*Picea abies*).

Z keřů se nejčastěji objevují bez černý (*Sambucus nigra*), líska obecná (*Corylus avellana*), svída krvavá (*Swida sanguinea*), brslen evropský (*Euonymus europaeus*), ostružiník (*Rubus sp.*), maliník (*Rubus idaeus*), chmel otáčivý (*Humulus lupulus*), růže šípková (*Rosa canina*) a hloh obecný (*Crateagus oxyacantha*). (Bulíř, 1996)

## 5. METODIKA

Data mi byla poskytnuta z Povodí Vltavy s.p. z let 2000 – 2009. K vyhodnocení těchto dat jsem použila program sady MS Office Excel. V tomto programu jsem vytvořila grafy, které jsem poté vyhodnotila.

Data pocházejí z měření ze dvou profilů, Křeslice a Nusle. Křeslice zde zastupují tok v zemědělské krajině od pramene po Křeslice, Nusle naopak představují tok v městské zástavbě od Křeslic.

Sledovanými ukazateli kvality vody jsou CHSK, BSK, amoniakální dusík, dusičnanový dusík a celkový fosfor.

Pro sledování trendů použiji data z každého roku. Pro porovnání kvality vody po povodních využiji data z let 2001, 2002 a 2003 a nakonec pro porovnání profilů využiji data z roku 2009 a tím zjistím i celkovou kvalitu toku v tomto roce. Data byla měřena 12x ročně v obou profilech

## 6. VÝSLEDKY

### 6.1 Trendy

V profilu Křeslice ani Nusle se trendy jednoznačně neprojevují. Jediným náznakem může být koncentrace amoniového dusíku v profilu Křeslice (obr. 3), z kterého můžeme vyčíst, že největší koncentrace této látky je v zimním období a nejmenší v letních měsících. Podobně se chovají i dusičnany, větší koncentrace jsou naměřeny v jarním období (obr. 4).

Jiné trendy nelze s poskytnutých dat vyhodnotit.

### 6.2 Kvalita vody po povodních

Po zhodnocení výsledků lze konstatovat, že kvalita vody se po povodních nezměnila, naopak některé hodnoty jsou v profilu v Křeslicích v daném měsíci nižší než v ostatních letech viz obr.

U profilu v Nuslích se ukazuje, že po povodních vzrostla koncentrace dusičnanů, která je na rozdíl od jiných let vysoká (obr. 5 ) a tato koncentrace je ustálená až do listopadu, kdy začíná klesat.

### 6.3 Kvalita vody v potoce Botič v roce 2009

Podle výsledků chemického rozboru byla průměrná kvalita vody v roce 2009 v profilu v Křeslicích zařazena do III. třídy jakosti vody podle ČSN 75 7221, tzn. že voda je znečištěná. V profilu v Nuslích byly naměřeny hodnoty, které řadí kvalitu taktéž do III. třídy jakosti.

Koncentrace těžkých kovů, konkrétně rtuti, se pohybuje pod mezí stanovitelnosti.

Organické látky ovlivňují kvalitu vody hlavně v profilu v Nuslích. Největší koncentrace PAU zde byla naměřena v listopadu 2009. Její hodnota 100x převyšovala imisní standard.



## 7. DISKUZE

Podle očekávání se trendy v kvalitě vody během roku nijak zvlášť neprojevily, kromě amoniového dusíku. Ten je zřejmě způsoben nitrifikací v letních měsících, kdy se oxiduje na dusičnany a dusitany.

Stejně tak se neprojevila změna kvality po povodních. Po povodních se voda spíše „zředí“ a látky se odplaví. V této práci nejsou řešeny obsahy polutantů v sedimentech. Je možné, že právě v nich by se našly nějaké zákonitosti kvality vody po povodních.

Samotná otázka kvality vody je obtížná. Při zkoumání dat jsem zjistila, že velmi závisí na době odběru vzorků. Porovnávala jsem naměřené hodnoty Povodím Vltavy s.p. s daty přístupné na webových stránkách Lesy hl. m. Prahy, které se zabývají touto problematikou, a zjistila jsem, že data jsou velmi odlišná, i když jsou měřena ten samý týden. Pokud se z těchto dat má stanovit třída kvalita vody, pak tato dvě různá měření mohou mít odlišné výstupy.

Koncentrace těžkých kovů je velmi malá až nestanovitelná. Příčinou by mohlo být snížení emisí z výfukových plynů a přechod na lepší technologie.

## 8. ZÁVĚR

V této práci jsem se zabývala problematikou kvality vody povrchových vod. V první části jsem popsala jednotlivé chemické látky a sloučeniny (anorganické a organické), které se ve vodách vyskytují. Zajímala jsem se též o znečištění a jaké má dopady na ostatní organismy.

Popsala jsem biochemické procesy – eutrofizaci a samočištění vod. Zmínila jsem se o legislativě, kterou se řídí klasifikace kvality vody.

Věnovala jsem se popisu území, které jsem poté posuzovala dle poskytnutých dat. Vybrala jsem si povodí Botiče. Tento potok je zajímavý svým charakterem. Jeho horní a střední část protéká volnou krajinou a dolní část protéká Prahou a vlévá se do Vltavy.

V druhé části jsem zpracovávala data získaná z Povodí Vltavy s.p. Hodnotila jsem kvalitu vody ve dvou měřených profilech v Křeslicích a Nuslích. Po posouzení dat jsem klasifikovala Botič v jako znečištěná voda III. třídy. Ke klasifikaci bylo využito pět vybraných ukazatelů, které charakterizují kvalitu vody a to biochemická spotřeba kyslíku (BSK), chemická spotřeba kyslíku (CHSK), amoniový dusík, dusičnanový dusík a celkový fosfor.

Dále byly zkoumány trendy v kvalitě vody během roku. Ukázalo se, že ročnímu trendu podléhá amoniový dusík a částečně dusičnanový dusík.

Tato práce se také zabývá problematikou kvality vody po povodních. Z výsledků je patrné, že po povodních nenastávají žádné změny v kvalitě.

## 9. SEZNAM LITERATURY

BARIŠIĆ D., LULIĆ S. et MILETIĆ P., 1992: Radium and uranium in phosphate fertilizers and their impact on the radioactivity of waters. *Water research* 5: 607 – 611.

BHANGU I. et WHITFIELD P.H., 1997: *Seasonal and long-term variations in water quality of the Skeena River at Usk, British Columbia*. *Water Research* 9 : 2178 -2194.

BULÍŘ P., 1996: *Revitalizace části povodí Botiče*. In KOTLABA F. [ed]: Zpravodaj ochránců přírody okresu Praha - západ. Okresní regionální rada Českého svazu ochránců přírody okresu Praha – západ, Praha : 13 - 15.

ELLIS K.V., WHITE G. et WARN A.E, 1989: *Surface water pollution and its control*. The Macmillan Press Ltd, London: 374 s.

JHA R., BHATIA K.K.S., SINGH V. P. et OJHA C., S., P., 2005: Surface water pollution. In: LEHR J. [ed.]: *Water encyclopedia: Surface and agricultural water*. A John Wiley & Sons., Inc., New Jersey: 444 – 451.

JUST T., MATOUŠEK V., DUŠEK M., FISCHER D. et KARLÍK P., 2005 : *Vodohospodářské revitalizace a jejich uplatnění v ochraně proti povodním*. ZO ČSOP Hořovicko, Ekologické služby s.r.o., AOPK ČR, MŽP, Praha: 359 s.

KUBÍKOVÁ J., 2005: *Chráněná území ČR, sv. 12, Praha*. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Ekocentrum Brno, Praha: 225 - 228.

LESY HL. M. PRAHY, 2010: *Botič*. Lesy hl. města Prahy, online: <http://www.lesypraha.cz>, cit. 23.3.2010.

MALÝ J.et MALÁ, J., 1998: *Vliv rtuti na samočistící procesy*. In: HLAVÍNEK, P. [ed]: *Kvalita vod '98*. NOEL 2000, Brno: 169 – 177.

MALÝ J.et MALÁ J.,1996: *Chemie a technologie vody*. NOEL 2000, Brno : 200 s.

NĚMEC J, HLADNÝ J., [eds], 2006 : *Voda v České republice*. Consult Praha, Praha, 255 s.

OETKEN M., STACHEL B., PFENNINGER M. ET OEHLMANN J., 2005 : *Impact of a flood disaster on sediment toxicity in a major river system – the Elbe flood 2002 as a case study*. *Environmental Pollution* 1: 87 – 95.

OLÍAS M., NIETO J.M., SARMIENTO A.M. et CERÓN J.C., 2004: *Seasonal water quality variations in a river affected by acid mine drainage: the Odiel River (South West Spain)*. *Science Of The Total Environment* 1-3 : 267 – 281

PITTER P, 2009: *Hydrochemie*. Vydavatelství VŠCHT, Praha: 592 s.

POPL M. et FÄHNRICH J., 1999: *Analytická chemie životního prostředí*. Vydavatelství VŠCHT, Praha : 218 s.

PORTÁL VEŘEJNÉ ZPRÁVY ČR, 2010, online <http://geoportal.cenia.cz>. cit. 23. 3. 2010

RIEDER M., 1997: *Sledování jakosti vody*. In: VAŠÁTKO J.[ed]: Hydrometeorologická data pro vodohospodáře. Česká vědecká vodohospodářská společnost, Praha : 31- 34.

STAŇA I., 1996: *Revitalizace části povodí Botiče od rybníka Bořín po Černý rybník*. In KOTLABA F. [ed]: Zpravodaj ochránců přírody okresu Praha - západ. Okresní regionální rada Českého svazu ochránců přírody okresu Praha – západ, Praha : 10 - 12.

TICHÝ M., 2004: *Toxikologie pro chemiky*. Nakladatelství Karolinum, Praha: 120 s.

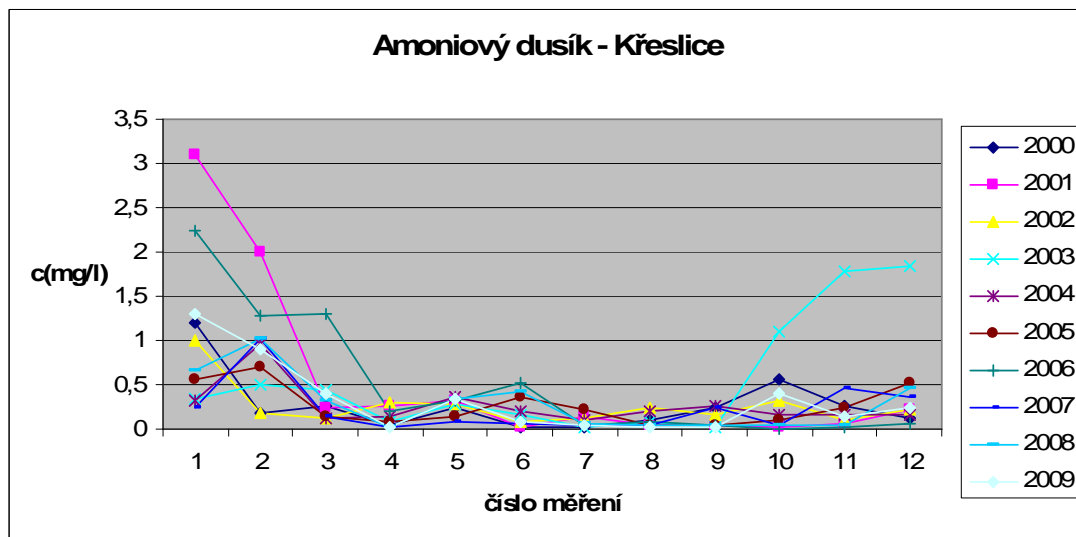
TÖLGYESSY J., et al., 1989: *Chémia, biológia a toxikológia vody a ovzdušia* . Vydavatelství Slovenské akademie věd, Bratislava: 536 s.

VOTRUBA L., PATERA A., 1983 : *Teplotní režim vodních toků, nádrží a vodních děl*. Československá akademie věd, Academia, Praha : 550 s.

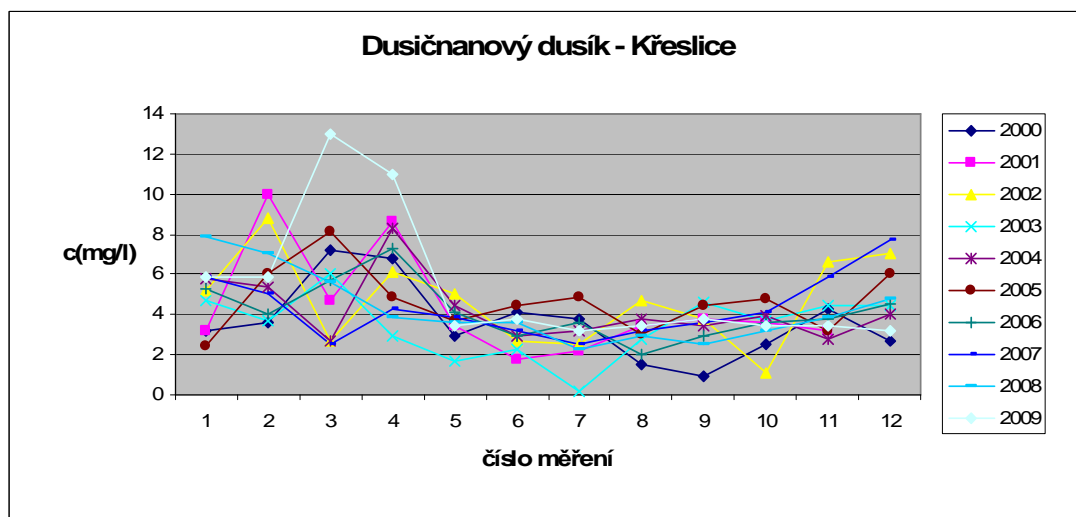
Zákon 164/2001 Sb. lázeňský zákon v platném znění

HEIS VÚV, 2010. online: <http://heis.vuv.cz/>, cit. 26. 3. 2010

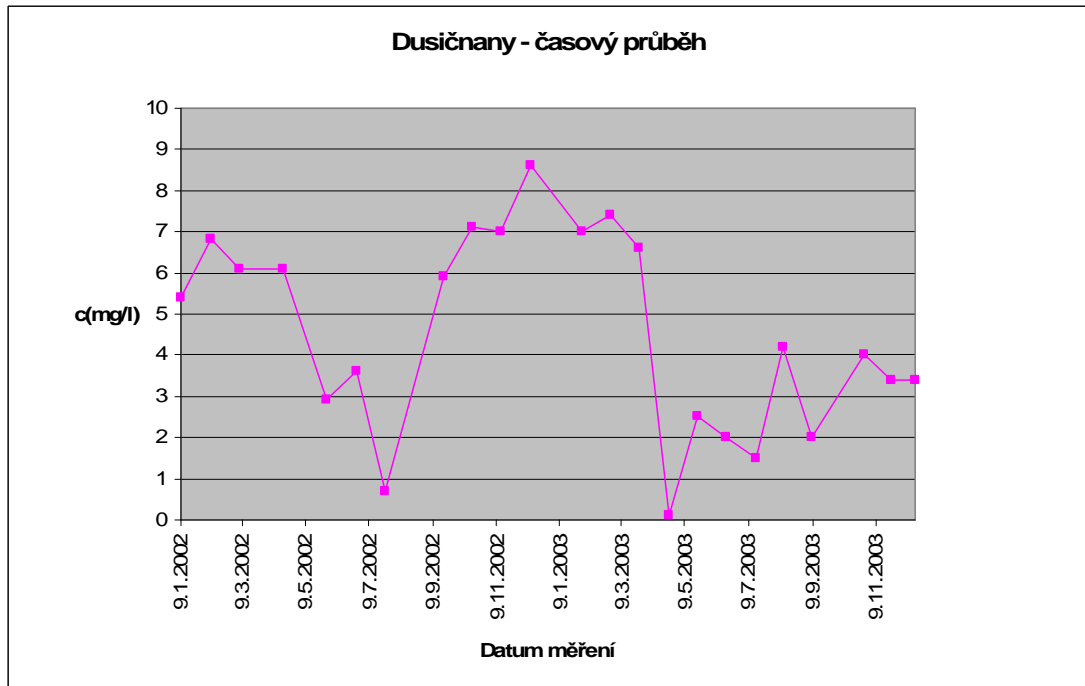
## 10. PŘÍLOHY



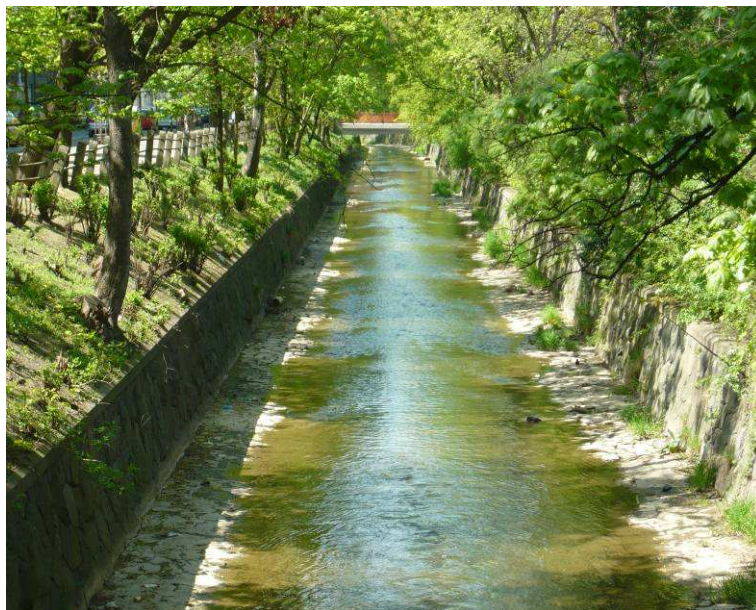
obr. 3



obr. 4

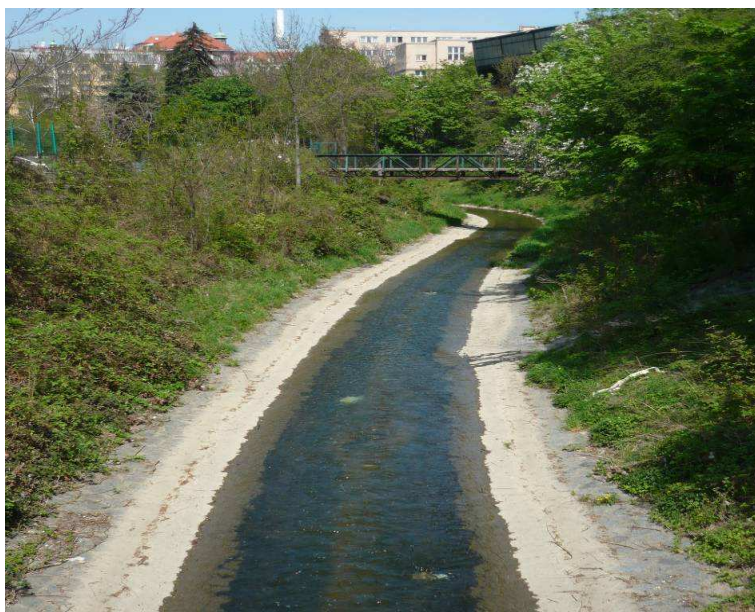


Obr. 5



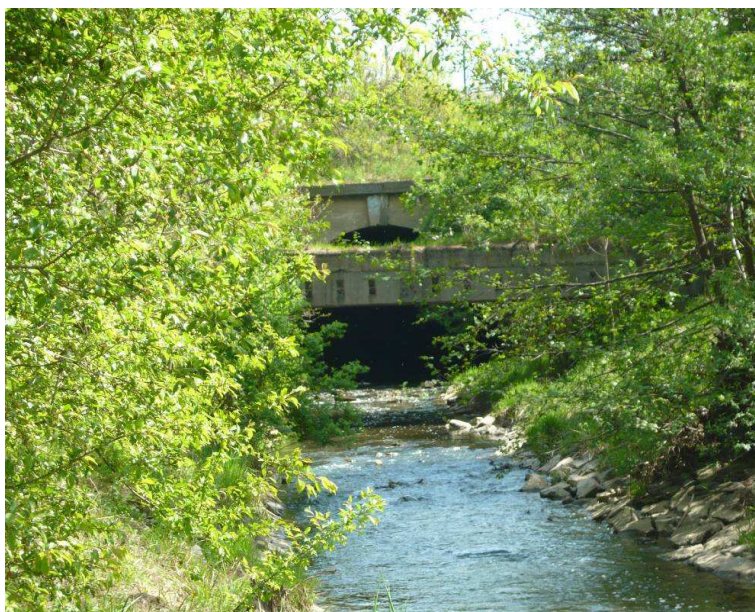
Obr. 6

Regulovaný tok Botiče Sekaninova – Nusle



Obr. 7

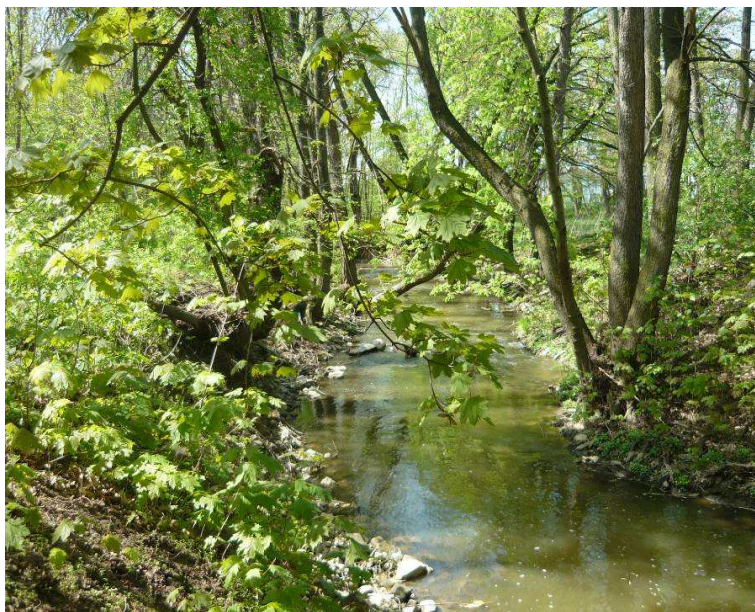
Vršovice – u stadionu Bohemians 1905



Obr. 8

Uzavřený tok – Plynárna Michle





Obr. 9  
Přírodní památka Meandry Botiče



Obr. 10  
Nádrž Hostivař





Obr. 11  
Křeslice



Obr. 12  
Újezd u Průhonic



Obr. 13  
Povodně 2002 – Újezd u Průhonic