



Středoškolská technika 2014

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

SLEDOVÁNÍ KVALITY VODY V ŘECE VLTAVĚ PŘI PRŮTOKU PRAHOU

Nikola Lejčková

Michal Toman

Střední průmyslová škola stavební a Vyšší odborná škola stavební

Praha 1, Dušní 17

V Praze, dne 13.5.2014

Anotace

Cílem projektu bylo zkoumat a porovnávat sledované hodnoty vody z řeky Vltavy při průtoku Prahou. Jedná se o hodnoty pH, konduktivity, vápníku a hořčíku, vápníku, chloridu, amonných iontů, dusitanů a dusičnanů a železa. Naším druhotným úkolem bylo podle naměřených hodnot Vltavu zařadit do třídy kvality vody. Odběr zkušební vzorků proběhl dvakrát. Konkrétně ve dnech 9. a 16. prosince 2013. Vzorky poté byly v krátké časové prodlevě dopraveny na ČVUT v Praze, kde probíhaly laboratorní zkoušky pod dohledem doc. Mgr. Jany Nábělkové, Ph.D.

Annotation

The aim of the project was to examine and compare the observed values of water from the Vltava river in Prague throughflow. These are the values of pH, conductivity, calcium and magnesium, calcium, chloride, ammonium, nitrates and nitrites and iron. The sampling was carried out twice. Specifically, on 9 and 16 December 2013. In a short time delay the samples were transported to the Czech Technical University in Prague, where the laboratory tests ran under the supervision of doc. Mgr. Jana Nábělková, Ph.D.

Obsah

1. Úvod
2. Vltava, střed našeho zájmu
3. Měření rychlosti znečištění vody vodních toků
4. Povrchová voda z pohledu norem
5. Zdroje znečištění
 - 5.1. *Bodový zdroj znečištění*
 - 5.1.1. *Odlehčovací komory*
 - 5.1.2. *Průmyslové odpadní vody*
 - 5.2. *Havarijní zdroj znečištění*
 - 5.3. *Plošný a difuzní zdroj znečištění*
 - 5.4. *Nečištěná odpadní voda*
6. Znečištění Vltavy
7. Ohrožení živočichové na povodí Vltavy
 - 7.1. *Bobr evropský*
 - 7.2. *Perlorodka říční*
 - 7.3. *Majka fialová*
 - 7.4. *Mřenka mramorová*
8. Vlastnosti vody
 - 8.1. *Konduktivita*
 - 8.2. *pH*
 - 8.3. *Amonné ionty*
 - 8.4. *Dusitany a dusičnany*
 - 8.5. *Železo*
 - 8.6. *Vápník a hořčík*
 - 8.7. *Chloridy*
9. Experiment
 - 9.1. *Vzorek č.1- Vltava před Prahou*
 - 9.1.1. *Popis lokality*
 - 9.1.2. *První měření*
 - 9.1.3. *Druhé měření*
 - 9.1.4. *Subjektivní názor před měřením*
 - 9.2. *Vzorek č.2- Vltava centrum*
 - 9.2.1. *Popis lokality*
 - 9.2.2. *První měření*
 - 9.2.3. *Druhé měření*
 - 9.2.4. *Subjektivní názor před měřením*
 - 9.3. *Vzorek č.2- Vltava za Prahou*
 - 9.3.1. *Popis lokality*
 - 9.3.2. *První měření*
 - 9.3.3. *Druhé měření*
 - 9.3.4. *Subjektivní názor před měřením*
10. Popis zkoušek
 - 10.1. *Konduktivita*
 - 10.2. *pH*
 - 10.3. *Vápník a hořčík*
 - 10.4. *Vápník*
 - 10.5. *Dusičnany*
 - 10.6. *Chloridy*
 - 10.7. *Amonné ionty*
 - 10.8. *Dusitany*
 - 10.9. *Železo*
11. Výsledky měření
 - 11.1. *Číselné zhodnocení*
 - 11.2. *Začlenění nadlimitních hodnot do skupin*

11.3. *Slovní zhodnocení*

11.3.1. pH

11.3.2. Vápník a hořčík

11.3.3. Elektrická vodivost

11.3.4. Dusitany

11.3.5. Dusičnany

11.3.6. Železo

11.3.7. Chloridy

11.3.8. Amonné ionty

11.3.9. Vápník

12. Závěr

13. Seznam obrázků, grafů, tabulek a map

14. Zdroje

1. Úvod

Tento projekt byl zpracován pro soutěž Středoškolské odborné činnosti 2014. Autory projektu jsou Michal Toman a Nikola Lejčková z Vyšší odborné školy stavební a Střední průmyslové školy stavební v Dušní ulici, Praha 1. Jako odborný dohled na projektu spolupracovaly Ing. Hana Matoušková, též z VOŠ a SPŠ Dušní, a doc. Mgr. Jana Nábělková, Ph.D., z Katedry zdravotního a ekologického inženýrství Stavební fakulty ČVUT v Praze.

2. Vltava, střed našeho zájmu

Vltava je se svou délkou 433 kilometrů jednou z nejdelších českých řek. Plocha povodí je celkem 28 090 km². Na povrch vyvěrá na Šumavě a kromě hlavního města protéká Českým Krumlovem, Českými Budějovicemi a dalšími městy. U středočeského města Mělník vtéká jako levý přítok do řeky Labe.

Vltava pramení ve svahu Černé hory na Šumavě ve výšce 1 315 m. n. m. Zde se vykytuje pod názvem Černý potok. Od obce Borová Lada, kde se do Černého potoka vlévá Vydří potok, nese jméno Teplá Vltava. Nedaleko odsud se k Teplé Vltavě přidává ještě Malá Vltava. V první zóně NP Šumava Mrtvý luh protéká Teplá Vltava osadou Chlum. Nedaleko odtud leží soutok Teplé a Studené Vltavy. Studená Vltava pramení na bavorské straně Šumavy. Po soutoku Teplé a Studené Vltavy nese jméno Vltava.

První velkou zastávkou je přehradní nádrž Lipno, do kterého se Vltava vlévá u obce Nová Pec. Těsně za lipenskou přehradou byla vybudována vyrovnávací přehrada Lipno II a za touto přehradou se Vltava stáčí na sever. Před prvním velkým městem Českými Budějovicemi se do Vltavy vlévá první velký tok, Malše. Druhou velkou přehradou na Vltavě je Hněvkovická přehrada, která zásobuje vodou Jadernou elektrárnu Temelín. Odtud řeka až do Prahy vytváří klidné a úzké koryto. Vltava při své cestě protéká systémem Vltavské kaskády. Nejbližším přítokem u Prahy je západočeská řeka Berounka, která se do Vltavy vlévá zleva u Zbraslavi. Po průtoku hlavním městem Vltava vytéká z úzkého profilu koryta do rozlehlé řeky a u Mělníka se vlévá do Labe. To dále pokračuje Německem do Severního moře.



Obrázek 1: Vltava

Pojem Vltavská kaskáda označuje soustavu vodních děl na řece Vltavě. Jde zejména o devět přehrad, z nichž první byly vybudovány ve 30. letech 20. století. Vltavská kaskáda zastává retenční, plavební, relaxační, vodárenský i energetický účel. Celkový výkon vodních elektráren na Vltavě je 750 MW. Retenční schopnost je podle předpokladů zastavit povodeň do velikosti dvacetileté vody. Mezi díla Vltavského systému patří již zmiňované Lipno I (329,540 km) a Lipno II (319,12 km), Hněvkovice (210,29 km), Kořensko (200,41 km), Orlík (144,77 km), Kamýk (134,73 km), Slapy (91,69 km), Štěchovice (84,44 km) a Vrané (71,32 km).

| Přehrada | Rozloha [km ²] | Objem [mil. m ³] |
|---------------|----------------------------|------------------------------|
| Lipno I | 48,70 | 306,000 |
| Lipno II | 0,33 | 1,69 |
| VD Hněvkovice | 2,68 | 21,1 |
| VD Kořensko | | 2,8 |
| VD Orlík | 27,30 | 720 |
| VD Kamýk | 1,92 | 12,8 |
| VD Slapy | 13,92 | 270 |
| VD Štěchovice | 1,14 | 11,2 |
| VD Vrané | 2,51 | 11,1 |

Tabulka 1 :Vodní nádrže na Vltavě

Mezi největší přítoky Vltavy patří: Malše (pravý přítok; 240,2 km), Lužnice (pravý přítok; 202,3 km), Sázava (pravý přítok; 78,3 km), Berounka (levý přítok; 63,4 km) a z malých přítoků na území Prahy je například Rokytky, potok Botič či Šárecký potok.

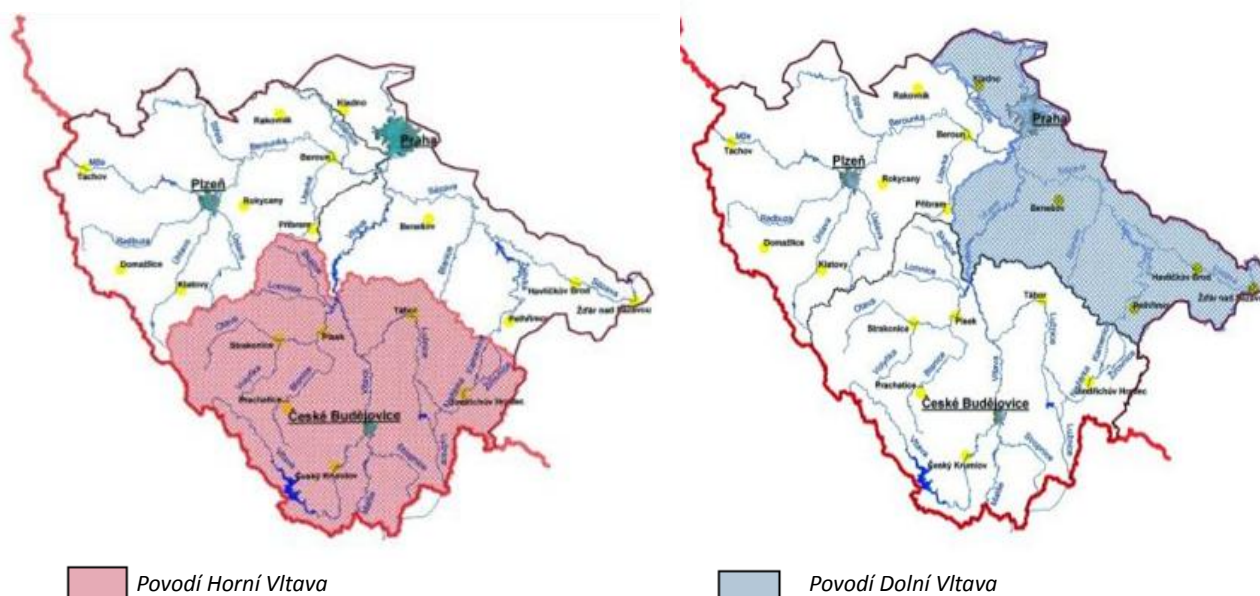
Průměrný vodní stav v místě soutoku s Labem je 94 cm a průtok 73,89 m³/s. Vzhledem k tomu, že má Vltava rozsáhlé povodí je hladina velmi proměnlivá. Běžné odchylky od normálu jsou ±25%. Úhrn dešťových srážek na povodí Vltavy byl za rok 2013 572 mm. Z bližší statistiky vyplývá, že největší množství srážkových vod spadlo v lednu (68%) a nejméně v březnu (11%). Díky tomu, že Vltava neprotéká územím, odkud by dváděla vodu vzniklou táním sněhu, je teplota vody v průběhu celého roku přibližně stejná. Průměrná roční teplota vltavské vody je 9,9 °C.

3. Měření rychlosti postupu znečištění vody

Rychlost postupu znečišťujících látek byla poprvé změřena odborníky z ČR a Německa za pomoci stopovacích prvků na české přehradě ve Vraném nad Vltavou. Tento experiment spočívá na principu vypuštění rozpuštěného sulforhodaminu G ve vodě. Koncentraci a změny zkoumalo osm kontrolních stanic na toku Vltavy pod přehradou. Získaný výsledek byl použit ke kalibraci mezinárodního modelu ALMO. Tento poplachový model slouží k modelaci šíření znečištění na toku řeky Vltavy a na Labi.

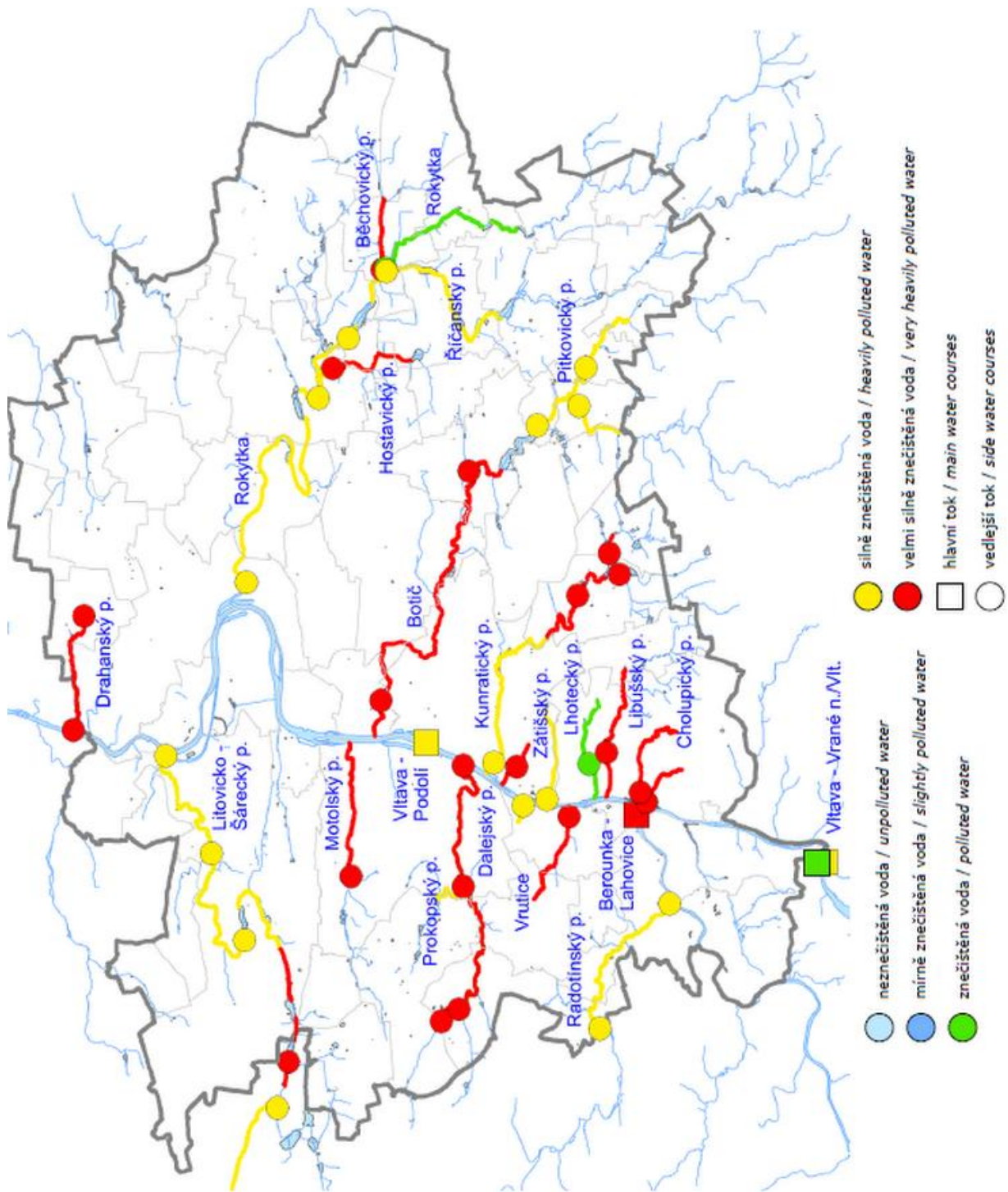
Použitá látka sulforhodaminu G je látka, která ve vodě fluoreskuje a je zcela nezávadná. Koncentraci zjišťují kontrolní stanice, které pracují na principu optometrických sond. Látka není pouhým okem patrná.

4. Povrchová voda z pohledu normy



Obrázek 2: Povodí Dolní a Horní Vltava

Jakost a kvalitu povrchové vody, na kterou jsme se zaměřili, specifikuje a určuje norma ČSN 75 72 21 Klasifikace jakosti povrchové vody. Dle této normy povrchovou vodu rozdělujeme do 5 základních skupin. Skupina 1 zahrnuje neznečištěnou vodu, skupina 2 zahrnuje mírně znečištěnou vodu, skupina 3 zahrnuje znečištěnou vodu. Skupina 4 zahrnuje silně znečištěnou vodu. A skupina 5 zahrnuje velmi silně znečištěnou vodu.



Mapa 1: Kvalita vody v pražských potocích

5. Zdroje znečištění

Obecně o jakosti vody můžeme konstatovat, že je horší v letních měsících. Způsobují to vyšší teploty, které mají za následek oteplení vody a tudíž vytvoření vhodných podmínek pro vznik mikroorganismů a bakterií.

Pojem zdroj znečištění označuje dle normy místo, které razantně ovlivňuje, zhoršuje, jakost vody v toku. Zdroje znečištění rozřazujeme do čtyř skupin. Bodový zdroj, plošný zdroj, difuzní zdroj a havarijní zdroj znečištění.

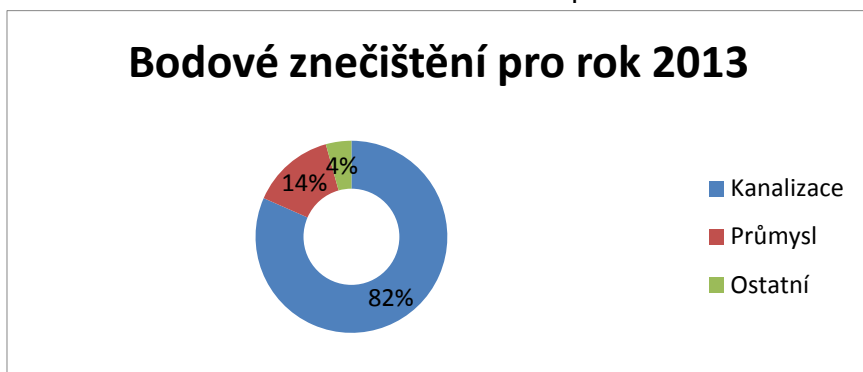
Znečištění mohou mít tedy na vině dešťové komory, odlehčovací komory, nepřipojení znečišťovatelé, ČOV s nižší účinností nebo domovní ČOV.

5.1. Bodový zdroj znečištění

Jako bodový zdroj znečištění označujeme zdroje, které se vyskytují na jednom konkrétním místě. Příkladem bodového znečištění je vyústění městské odpadní kanalizace nebo vyústění z čistíren odpadních vod, které tvoří celkem 81,6% tohoto znečištění. Dále průmyslové odpadní vody (14,1%), nebo ostatní zdroje (4,3%).

Z dostupných statistik jsme zjistili, že množství vypuštěné odpadní vody do Vltavy v Praze bylo pro rok 2013 celkem 203,674 tisíc m³ vody. To je zhruba o 19% více než v roce předcházejícím. To by měl být alarmující fakt pro odborníky i širokou veřejnost.

Mezi největší zdroj odpadní vody z kanalizací a ČOV na toku Vltavy patří pochopitelně hlavní město Praha. Množství znečištění odpadní vody vytékající z kanalizačních stok a ČOV ovlivňuje hlavně zalidnění, průmyslová výroba v dané oblasti i funkčnost a efektivita čištění v čistírnách odpadních vod.



Graf 1: Složení bodového znečištění

5.1.1. Odlehčovací komory

S městskou odpadní vodou velmi úzce souvisí odlehčovací komory. Tyto podzemní nádrže se nachází na všech stokových sítích. Fungují na jednoduchém principu. V době velkých přivalových nebo trvalých dešťů do čistíren odpadních vod přitéká velké množství

vody. Velmi zředěné znečištění této vody by mohlo ovlivnit život bakterií, které čistí vodu v čistírnách odpadních vod. Tyto bakterie se živí nečistotami vyskytujícími se ve vodě, a proto v případě vysokého zředění odpadní vody by nedostávaly dostatek potravy a mohly by uhynout. Abychom zabránili úhynu těchto prospěšných bakterií, se po dosažení určité hladiny začnou odpadní vody odvádět do odlehčovacích komor. V těchto "bazénech" voda poseká do okamžiku, kdy deště ustanou. V ten moment se voda začne řízeně odvádět do čistírny, kde je vyčištěna a vypuštěna do toku.

S touto problematikou úzce souvisí ředící poměr. Tento poměr začíná být aktuální při dlouhých deštích. V době, kdy začíná být odlehčovací komora plná. V takovém případě se voda z ní začíná vypouštět rovnou do blízkého vodního toku, na tzv. recipientu. Do vodního toku se smí vypouštět dle normy jen voda znečištěná do určité hodnoty. Jak znečištěnou vodu musíme zředit, abychom ji mohli vypustit do přírody bez čištění, to nám říká právě ředící poměr.

K posouzení funkce odlehčovací komory podle poměru ředění je potřebné provádět měření hydraulických veličin na přítoku. K posouzení pomocí hydraulických výpočtů dochází v případě, že kritický průtok nebyl ještě dosažen.

5.1.2. Průmyslové odpadní vody

Průmyslová odpadní voda patří mezi nejsledovanější typy odpadních vod. Z hlediska klasifikace dle normy se většinou jedná o vodu 2. a 3. skupiny. Tedy o vodu mírně znečištěnou a znečištěnou. Z tohoto důvodu podstupuje tato voda před vypuštěním do řeky vždy mechanické, mechanicko-biologické nebo chemické čištění. Průmyslová odpadní voda obsahuje především širokou škálu látek, kterou získá při výrobním procesu. Mezi největší producenty bodového znečištění na toku Dolní Vltavy se řadí elektrárna Alpiq Generation s.r.o. u Kladna, nebo firma Česká rafinérská v oblasti Kralup nad Vltavou. Jmenované podniky leží na toku pod Prahou, tudíž ovlivňují jakost vody až před samotným soutokem s řekou Labe.

5.2. Havarijní zdroj znečištění

Jako havarijní zdroj znečištění se označuje mimořádné nebo závažné znečištění vodního toku.

5.3. Plošný a difuzní zdroj znečištění

Plošné a difuzní zdroje se vyznačují nízkou koncentrací znečišťujících látek, protože se do vody nedostávají na jediném místě, ale přidávají se po delší dobu na delším úseku

toku. Je tedy velmi obtížné je lokalizovat a najít jejich zdroj. V některých případech se může jednat o sezónní hnojení nebo starou skládku odpadu.

5.4. Nečištěná odpadní voda

Za nečištěnou odpadní vodu můžeme považovat vodu, která při průmyslovém procesu, např. chlazení, nebyla znečištěna natolik, aby musela projít procesem čištění. Taková voda se vypouští do vodního toku hned. Největšími producenty na území Prahy jsou Národní divadlo, pivovar Staropramen na Smíchově, budova České filharmonie nebo budova Klementina.

6. Znečištění Vltavy

Za vlády komunismu a socialismu by se o Vltavě dalo říci, že byla to stoka, ve které se otráví vše živé. Sametová revoluce v roce 1989 neznamenala změnu jen pro obyvatele České republiky, ale i pro rostliny a živočichy ve Vltavě. Od té doby prošla Vltava velikou očišťovnou, na jejímž konci je jakost vody, ve které přežijí i ryby velmi citlivé na kvalitu vody. Podle mnohých zdrojů za tuto skokovou změnu může fakt, že se u nás začaly využívat i zahraniční metody pro čištění splaškových vod. První velkou rekonstrukcí v devadesátých letech byla rekonstrukce čistíren Větrník, Český Krumlov a České Budějovice na horním toku Vltavy. Vltavská voda z pohledu celku, tj. průměrná kvalita vody na celém povodí Vltavy, se zařazuje do skupiny neznečištěné nebo mírně znečištěné vody. Ovšem v roce 2005 se voda řadila do skupiny znečištěné vody.

Na čistotě vody se výrazně podílí Ústřední čistírna odpadních vod v Praze, která sice nesplňuje veškeré přísné evropské normy, ale na kvalitu vody má zásadní vliv. Praha se svou aglomerací cca 1. milion obyvatel patří bezesporu mezi největší znečišťovatele celého toku Vltavy. Ovšem nedá se říct, že kvalita vody pod hlavním městem by byla zásadně horší, než nad Prahou.



Obrázek 3: ČOV Trója

Asi největším ukazatelem čistoty vody je to, že ryby z Vltavy se mohou konzumovat. Před dvaceti lety žilo ve Vltavě asi 22 druhů ryb. Dnes v nich zde žije o 50% více. Povzbuzující je i to, že se na toku Vltavy v posledních letech vyskytuje i úhoř, který sice není

chráněný, ale na našich tocích je velmi ojedinělý. Paradoxně největší a nejbohatší výskyt ryb je v úseku od vtoku Vltavy do Prahy k pražské Libni.

Obecně lze konstatovat, že problém není s průmyslovým znečištěním. V poslední době se výrazně navýšil výskyt živin a pesticidů, které kromě odpadních vod pocházejí i z rozptýlených sídel nebo zemědělství.

7. Ohrožení živočichové na povodí Vltavy

7.1. Bobr evropský

Latinsky *Castor fiber* je nejvíce ohroženým druhem z řad savců. Zároveň je to náš největší hlodavec uzpůsobený k životu ve vodě. Pro život ve vodě je přizpůsoben plovacími blánami, zploštělým ocasem a velmi tlustou a masnou srstí. Je náchylný na prudké změny vlastností vody.



Obrázek 4: Bobr evropský

7.2. Perlorodka říční

Latinsky *Margaritifera margaritifera* je sladkovodní druh mlže z čeledi perlorodkovitých. Tato čeleď je velmi náročná na čistotu vody. Obzvláště perlorodky v mladším stádiu věku jsou náchylné na znečištění vody. Z těchto důvodů se tyto měkkýši vyskytují hlavně na horním toku Vltavy v oblasti Šumavy.



Obrázek 5: Perlorodka říční

7.3. Majka fialová

Latinsky *Meloe violaceus* je brouk z čeledi majkovitých. Je typický svými skácenými nožičkami, které zakrývají zadeček jen částečně. V nebezpečí vylučuje nažloutlou jedovatou tekutinu. Tento jed obsahuje prudce jedovatý alkaloid kantaridin, který je pro člověka smrtelně jedovatý již při 30 mg.



Obrázek 6: Majka fialová

7.4. Mřenka mramorová

Latinsky *Barbatua barbatua* je velmi drobný druh ryby. Díky své velikosti je velmi náchylná na znečištění vody, ve které žije. V minulých dobách byla na našem území vcelku rozšířená, ale v důsledku znečištění vod se její počet rapidně snížil. Mřenka se většinou zdržuje u dna v tekoucích vodách. Velmi často se ukrývá pod kameny nebo kořeny stromů.



Obrázek 7: Mřenka mramorová

8. Vlastnosti vody

8.1. Konduktivita

Též měrná elektrická vodivost. Popisuje schopnost vody vést proud. Čím je konduktivita vyšší, tím lépe látka vede proud.

8.2. pH

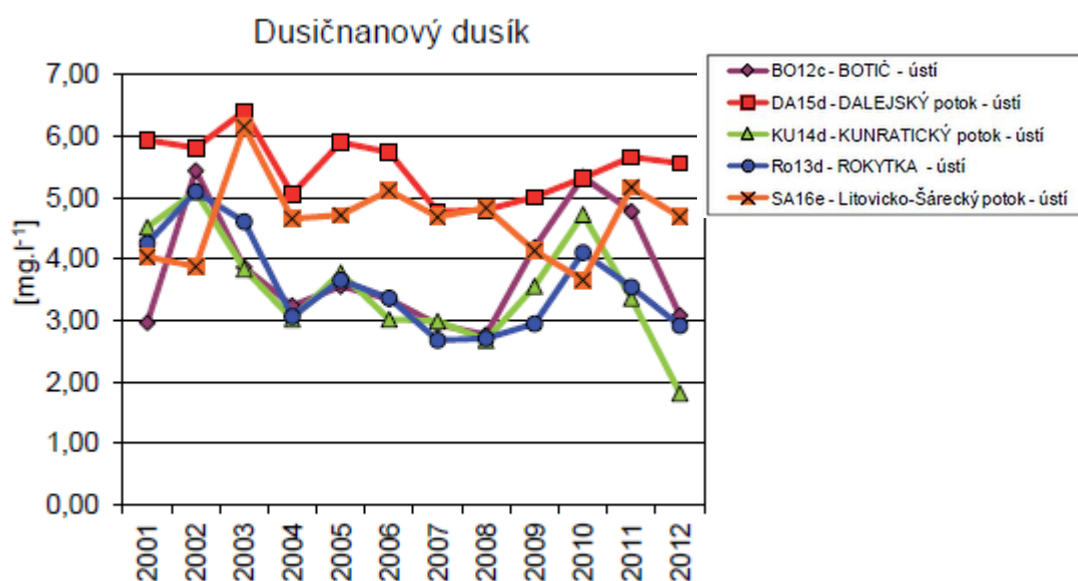
Též vodíkový exponent. Tento chemický exponent vyjadřuje, zda je daná látka kyselá nebo alkalická (zásaditá). PH se vyjadřuje na logaritmické stupnici od 0 do 14. Voda s pH do 7 je kyselá. Naopak voda s pH nad 7 je zásaditá. Voda s pH rovno 7 je neutrální.

8.3. Amonné ionty

Amonné ionty mají vliv na organismy a rostliny žijící ve vodě. Zejména pak na ryby. Ve vodě, kde je velké množství těchto iontů, ryby umírají velmi rychle.

8.4. Dusitany a dusičnany

Dusitany a dusičnany se ve vodě objevují už od počátku. Velmi úzce souvisí s koloběhem dusíku v přírodě. V nedávné historii bylo množství dusíku zvýšeno tím, že bylo používáno jako umělé hnojivo. Velké množství hnojiva prosáklo půdou až na zdroje pitné vody, proto se od této metody hnojení v dnešní době upouští.



Graf 2: Obsah dusičnanů na pražských potocích (zdroj: Praha životní prostředí 2012)

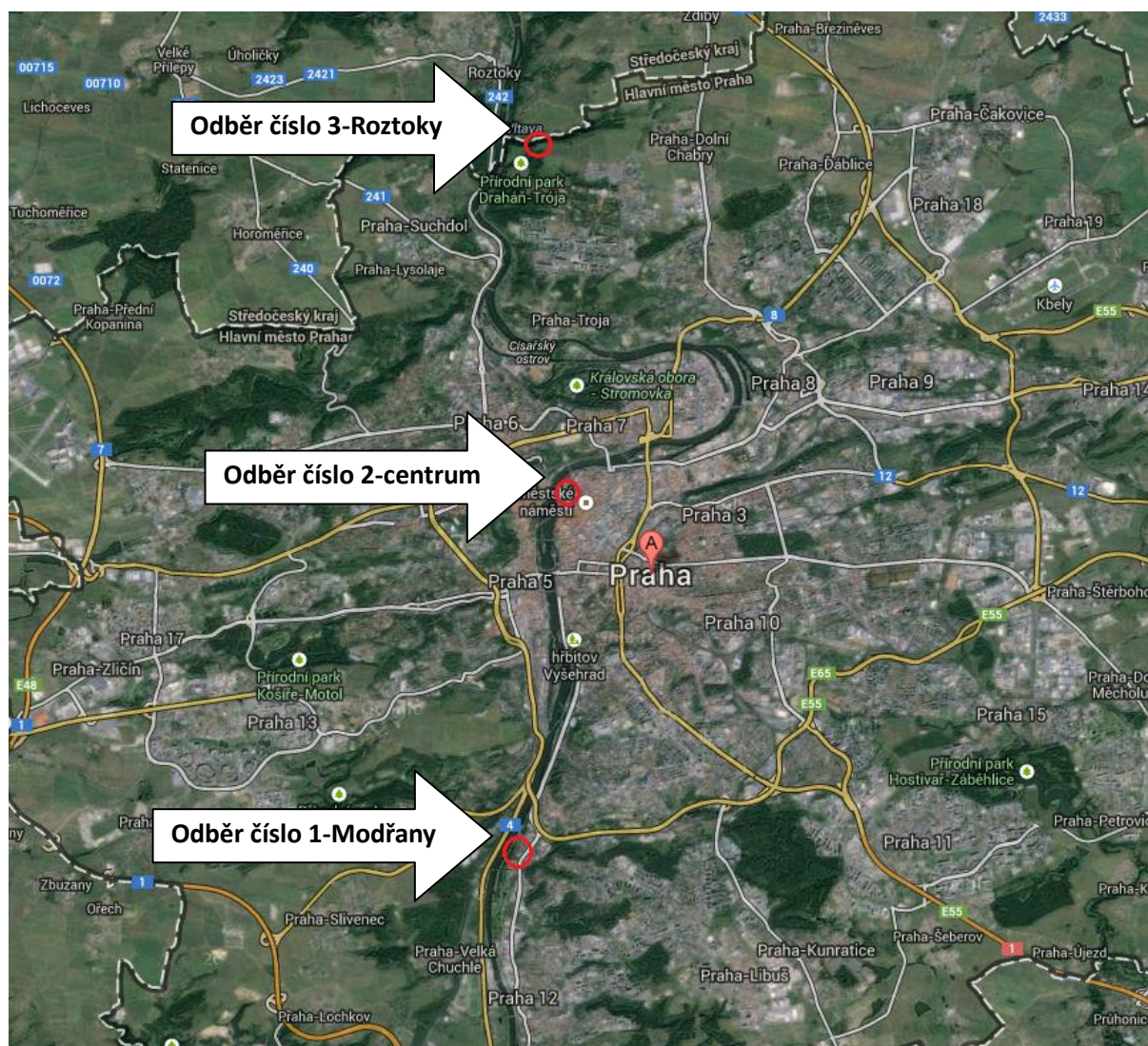
8.5. Železo

Železo je v malém množství pro člověka příhodné. Ale i tak se u pitné vody musí monitorovat. U pitné vody železo cítíme negativně hlavně smyslovými vjemy (zejména čich a chuť).

8.6. Vápník a hořčík

Tyto dvě látky mají vliv zejména na tvrdost vody. Čím je ve vodě více kationtů hořčíku a vápníku, tím má voda větší předpoklad pro vznik vodního nebo také kotelního kamene. Obsah vápníku i hořčíku je dán hlavně horninovým podložím, ve kterém se voda nachází.

9. Experiment



Mapa 2: Zakreslení odběrných stanišť

9.1. Vzorek č. 1- Vltava před Prahou

9.1.1. Popis lokality

Adresa: Modřany, Praha 4, asi 100 m pod zdymadlem v Modřanech

Lokalita Praha Modřany by se dala považovat za pomyslnou bránu, kterou Vltava přitéká do české metropole. Odběrné místo vzorku se nachází v těsné blízkosti Vodního díla Modřany a pod soutokem Vltavy s Berouňkou. Z hlásného profilu Praha-Chuchle vyplývá, že průměrný vodní stav je 55 cm a průměrný průtok 75,3 m³/s. Dle podrobnější zprávy můžeme zjistit, že hladina v době prvního odběru (9.12.2013) byla zhruba na své obvyklé hodnotě. Konkrétně na výšce 56 cm. Průtok, který v tu dobu protékal korytem, byl 109 m³/s. Nic se nezměnilo ani do druhého odběru, který proběhl 16.12.2013. Hladina tehdy nepatrně stoupla na hodnotu 61 cm a průtok se ustálil na hodnotě 78,1 m³/s. Z dlouhodobého hlediska můžeme tedy konstatovat, že Vltava v této části nemá ani klesající ani rostoucí trend.

9.1.2. První měření

Datum: 9.12.2013
Čas odběru: cca 7:30
Počasí: Slabý jihovýchodní vítr, lehké mrholení, teplota ±6°C
Teplota vody: 8,1°C

9.1.3. Druhé měření

Datum: 16.12.2013
Čas odběru: cca 7:30
Počasí: Slabý vítr, slunečno, teplota ±1°C
Teplota vody: 7,9°C

9.1.4. Subjektivní názor před měřením

Vzhledem k lokalitě, která se nachází před Prahou, si myslím, že můj vzorek bude nejčistější. Výsledné hodnoty by neměl zkreslovat ani fakt sněžení a následného solení. Mé místo odběru se nachází pod zdymadlem v Modřanech. Proto si myslím, že by se ve vodě mohly nacházet nějaké mastné látky a oleje. Druhým faktem, který dle mého názoru mění kvalitu vody je to, že zhruba 4 km nad místem odběru se nachází soutok Berouňky a Vltavy. Zároveň se v těsné blízkosti soutoku nachází přístav, ve kterém může docházet ke znečištění průmyslovými oleji a ropnými látkami.

9.2. Vzorek č. 2-Vltava centrum

9.2.1. Popis lokality:

Adresa: náplavka u Čechova mostu (blízké okolí baru Jazzboat)

Průměrný vodní stav na stanovišti v centru hlavního města se pohybuje v intervalu 230-250cm, jak vyplývá z grafu měrné stanice Na Františku. V době prvního měření, tedy 9.12.2013 byl vodní stav 251cm. O týden později (16.12.2013) se hladina Vltavy snížila na hodnotu 246cm. Vyšší vodní sloupec v době prvního odebrání vzorku je důsledkem krátkého sněžení ze předchozího víkendu. Sníh během neděle a pondělního dopoledne roztál a v důsledku toho se hladina zvedla na svou horní normálovou hranici. Průtok v obou termínech měření byl velmi podobný. Oba dny odběru se průtok ustálil na hodnotě 78,2 m³/s s odchylkou do 10%. Můžeme tedy konstatovat, že řeka má setrvalý trend průtoku.

9.2.2. První odběr

Datum: 9.12.2013
Čas odběru: cca 12:20
Počasí: Zataženo, místy dešťové přeháňky, teplota ±6°C
Teplota vody: 7,8°C
Poznámky: Víkend před odběrem se v Praze objevilo první výrazné sněžení. Za sobotu nasněžilo zhruba 8cm souvislé sněhové pokrývky. K solení silnic došlo v malém množství.

9.2.3. Druhý odběr

Datum: 16.12.2013
Čas odběru: cca 12:20
Počasí: Slunečno, mrazivé počasí, teplota ±3°C
Teplota vody: 8,9°C

9.2.4. Subjektivní názor před měření

Myslím, že naměřené hodnoty nebudou až tak znepokojující. Místo odběru je sice v centru, ale v okolí místa odběru se nenachází žádný velký zdroj, který by negativně ovlivnil jakost vody. Kvalitu vody prvního vzorku nezmění dle mého názoru ani fakt, že dva dny před tím proběhlo první větší nasolování ulic. Solení sice probíhalo na území takřka celého centra hlavního města, ale nebylo tak razantní, aby se to na kvalitě vody nějak výrazně odrazilo.

9.3. Vzorek č. 3-Vltava za Prahou

9.3.1. Popis lokality

Adresa: Roztoky u Prahy, ústí Únětického potoka do Vltavy (horní část Roztok)

Z hlediska stability vodního stavu se jedná o ustálený vodní tok. Hladina se drží na průměrném průtoku 83,3 m³/s. Hloubka v okolí odběrného stanoviště je zhruba 97 cm. Ze zjištěných informací jsme vyčetli, že v době prvního odběru (8.12.2013) byla hloubka pod hranicí normálu. Konkrétně mluvíme o hloubce 81 cm. Naopak při měření 15.12.2013 byla hladina vody o 15 cm nad hranicí průměrné hladiny. Způsobilo to krátkodobé víkendové sněžení, po kterém nastalo rychlé tání.

9.3.2. První odběr

Datum: 8.12.2013
Čas odběru: cca 18:00
Počasí: Zataženo, teplota $\pm 9^{\circ}\text{C}$
Teplota vody: 8,3 $^{\circ}\text{C}$
Poznámky: Odběr byl proveden 1 metr od břehu.

9.3.3. Druhý odběr

Datum: 15.12.2013
Čas odběru: cca 19:00
Počasí: Slunečno, občasné sněhové přeháňky, teplota $\pm 0^{\circ}\text{C}$
Teplota vody: 7,5 $^{\circ}\text{C}$
Poznámky: Odběr byl proveden 1 metr od břehu.

9.3.4. Subjektivní názor před měřením

Oba vzorky byly odebrány v podvečerních hodinách. Je tedy možné, že voda bude znečištěnější, než kdybych vzorek odebral ráno nebo v dopoledních hodinách. Jako bodový zdroj znečištění můžeme považovat VUAB Pharma a.s. nebo farmaceutickou společnost. Na samém okraji Prahy je navíc umístěna Čistírna odpadních vod v Tróji, která bude mít na kvalitu vody také veliký význam. Odebraný vzorek na první pohled nepůsobil nijak znečištěně.

** voda v obou případech byla odebrána den před měřením*

10. Popis zkoušek

10.1. Konduktivita:

Měření proběhlo pomocí konduktometru. Jednotkou je uS.



Obrázek 8: Konduktometr

10.2. pH:

Měření proběhlo pomocí pHmetru.



Obrázek 9: Spektrometr

10.3. Vápník a hořčík:

Odměříme si 100ml (V_0) odebraného vzorku a přidáme kyselinu chlorovodíkovou o konzistenci 0,1mol/l. Poté přidáme indikátor eriochromčerní. Roztok se nám zbarví do vínově červené. Déle titrujeme odměrným roztokem chelatonu, konzistence 0,05mol/l (EDTA), do modré barvy (V_e).

$$c(\text{Ca} + \text{Mg}) = \frac{V_e * c(\text{EDTA}) * 10^3}{V_0}$$

10.4. Vápník:

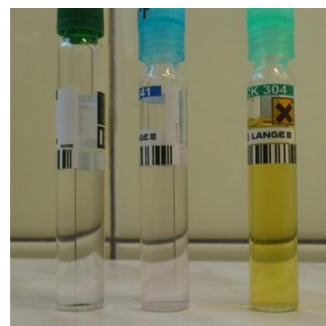
K provedení zkoušky je potřeba odpipetovat 100ml (V_0) vzorku, do kterého se přidá 10ml činidla murexid. Vzniklý roztok je nutné důkladně promísit. Vzniklá směs nabude vínově červeného odstínu. Závěrem experimentu je titráž chelatonu do modrofialových odstínů (V_e). Konzistence chelatonu 0,05mol/l (EDTA).

$$c(\text{Ca}) = \frac{V_e * c(\text{EDTA}) * 10^3}{V_0}$$

10.5. Dusičnany:

Obě zkoušky byly provedeny pomocí kyvetových testů LCK 339.

Do kyvety byl odpipetován 1 ml vzorku. Kyveta byla uzavřena a důkladně protřepána. Poté směs necháme 15 minut reagovat. Výsledek měření vyhodnotil spektrofotometr, který si vlnovou délku nastavil automaticky podle čárového kódu kyvety.



Obrázek 10: Kyvetové testy

10.6. Chloridy:

Z daného vzorku odpipetujeme 100ml (V_0) vody do titrační baňky. Připravíme si 5% chroman draselný a přidáme 1ml do odpipetovaného vzorku. Vzniklá sloučenina se dostatečně promíchá. Vzniklá barva směsi je žlutá. Dále titrujeme roztokem dusičnanu stříbrného (koncentrace 0,05 mol/l) do rezavého zbarvení (V_e).

$$c(\text{Cl}) = \frac{V_e * c(\text{AgNO}_3) * 10^3}{V_0}$$



Obrázek 11: Rezavé zbarvení

10.7. Amonné ionty:

Obě zkoušky byly provedeny pomocí kyvetových testů LCK 304. Do kyvety bylo odpipetováno 5ml vzorku a přidán prášek z uzávěru kyvety. Po smíchání prášku se vzorkem jsme nechali vzorek stát 15 minut. Závěrem bylo vyhodnocení spektrofotometrem, který si vlnovou délku nastavil automaticky podle čárového kódu kyvety.



Obrázek 12: Spektrometr

10.8. Dusitany:

Odpipetujeme 25ml vzorku a přidáme 2,5ml kyseliny sulfanilové. Důkladně promísíme a necháme odsát 10 minut. Poté přidáme 2,5ml kopulačního činidla, opět promísíme a necháme odstát 20 minut. Dále připravenou směs doplníme destilovanou vodou po rysku 50ml. Míru dusitanů změříme na spektrofotometru o vlnové délce 540nm a výslednou hodnotu (A) dosadíme do výpočtového vzorce. Hodnota k označuje konstantu, která je rovna 0,07203.

Do kyvety bylo odpipetováno 2ml vzorku a přidán prášek z uzávěru kyvety. Po smíchání prášku se vzorkem jsme nechali vzorek stát 10 minut. Závěrem bylo vyhodnocení spektrofotometrem, který si vlnovou délku nastavil automaticky podle čárového kódu kyvety. První měření bylo prováděno pomocí kyvetových testů LCK 341.

10.9. Železo:

Při stanovení celkového železa ve zkoumané vodě si nejprve odměříme 50ml vody, do které přidáme 2,5ml kyseliny chlorovodíkové (HCl v konzistenci 1:1). Do vzniklé směsi přimícháme 5ml 20% roztoku thiokyanatanu draselného. Následní změříme absorpci (A) na spektrometru při vlnové délce 300nm. Získanou hodnotu můžeme buď dosadit do grafu, nebo ji můžeme dosadit do výpočtového vzorce. Dosazení do výpočtového vzorce je pro výpočet přesnější. Hodnota k označuje konstantu, která je rovna 0,3266.

$$c(\text{Cl}) = \frac{V_e * c(\text{AgNO}_3) * 10^3}{V_0}$$

11. Výsledky měření

11.1. Číselné zhodnocení

| | | Vzorek 1 | | Vzorek 2 | | Vzorek 3 | | Limit |
|-----------------|-------|----------|--------|----------|--------|----------|--------|-------|
| | | 9.12. | 16.12. | 9.12. | 16.12. | 9.12. | 16.12. | |
| pH | - | 7,4 | 7,1 | 7,33 | 7,33 | 7,24 | 6,98 | 6-8 |
| Konduktivita | μS/cm | 349 | 351 | 333 | 349 | 397 | 366 | <500 |
| Vápník a hořčík | mg/l | 1,75 | 1,7 | 1,95 | 1,35 | 3,5 | 1,8 | <110 |
| Vápník | mg/l | 0,85 | 0,78 | 0,95 | 0,93 | 2,5 | 1,025 | <200 |
| Chloridy | mg/l | 1,15 | 2,5 | 1,45 | 2,2 | 3,1 | 1,75 | <300 |
| Amonné ionty | mg/l | 0,11 | 0,1 | 0,081 | 0,133 | 0,02 | 0,063 | <1,5 |
| Dusitany | mg/l | 0,034 | 0,095 | 0,343 | 0,088 | 0,255 | 0,106 | <0,02 |
| Dusičnany | mg/l | 53,2 | 20,02 | 48,32 | 52,36 | 51,6 | 51,1 | <7 |
| Železo | mg/l | 1,157 | 1,809 | 0,9596 | 1,2982 | 1,347 | 1,982 | <2 |

- hodnoty přesahující limit

Tabulka 2: Výsledné hodnoty

11.2. Začlenění nadlimitních hodnot do skupin

| Třída jakosti vody | Ia | Ib | II | III | IV |
|--|-------------|-----------|-------------|------------------|------------------------|
| | velmi čistá | čistá | znečištěná | silně znečištěná | velmi silně znečištěná |
| Ukazatele chem. Stavů | | | | | |
| Chloridy (mg.l ⁻¹ Cl ⁻) | <50 | 50 – 200 | 200 – 300 | 300 – 400 | > 400 |
| Sířany (mg.l ⁻¹ SO ₄ ²⁻) | <80 | 80 – 150 | 150 – 250 | 250 – 300 | > 300 |
| Celková tvrdost (mmol.l ⁻¹) | <1,8 | 1,8 – 3,6 | 3,6 – 5,4 | 5,4 – 7,2 | > 7,2 |
| Vápník (mg.l ⁻¹ Ca ²⁺) | <75 | 75 – 150 | 150 – 200 | 200 – 300 | > 300 |
| Hořčík (mg.l ⁻¹ Mg ²⁺) | <25 | 25 – 50 | 50 – 100 | 100 – 200 | > 200 |
| Rozpuštěné látky (mg.l ⁻¹) | <300 | 300 – 500 | 500 – 800 | 800 – 1200 | > 1200 |
| Nerazpuštěné látky (mg.l ⁻¹) | <20 | 20 | 20 – 30 | 30 – 50 | > 50 |
| Osobní ukazatele : | | | | | |
| Amoniak (mg.l ⁻¹ NH ₄ ⁺) | <0,5 | 0,5 – 1 | 1 – 3 | 3 – 10 | > 10 |
| Dusičnany (mg.l ⁻¹ NO ₃ ⁻) | <5 | 5 – 15 | 15 – 330 | 30 – 50 | > 50 |
| Vodíkové ionty (pH) | >6,5 - <8,5 | 6,5 – 8,5 | 6 – 8,5 | 5,5 – 9 | <5,5 – 9 |
| Celkové železo (mg.l ⁻¹ Fe) | <0,3 | 0,3 – 0,5 | 0,5 – 1 | 1 – 1,5 | > 1,5 |
| Mangan (mg.l ⁻¹ Mn) | <0,1 | 0,1 | 0,1 – 0,3 | 0,3 – 0,8 | > 0,8 |
| Kyanidy (mg.l ⁻¹ CN ⁻) | 0 | < 0,01 | 0,01 – 0,02 | 0,02 – 0,1 | > 0,1 |
| Teplota vody (°C) | <22 | 22 – 23 | 23 – 24 | 24 – 26 | > 26 |
| Zápach | bez zápachu | nevýrazná | nevýrazná | slabý zápach | silný zápach |
| Oleje | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

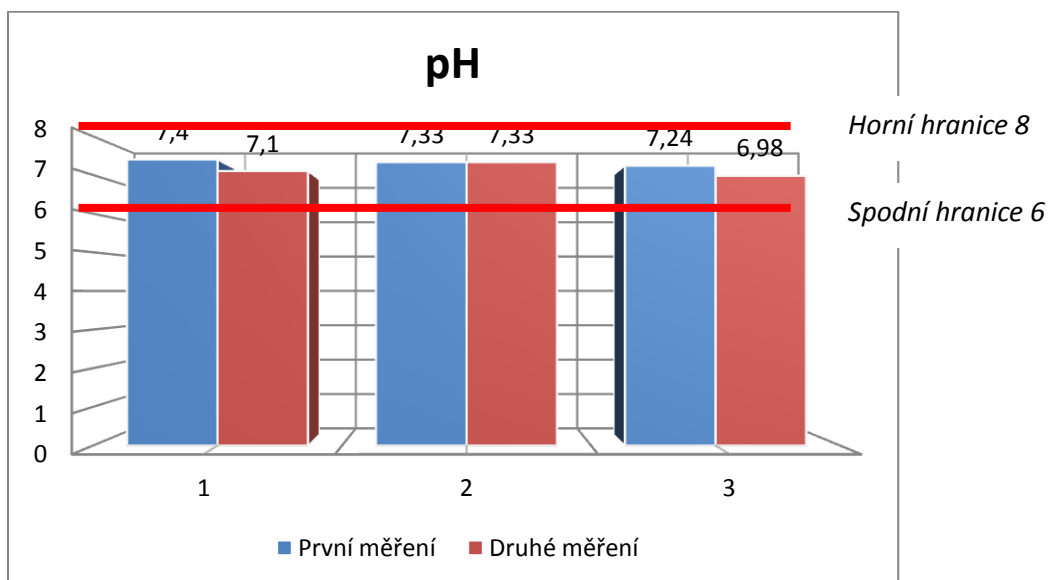
Tabulka 3: Hodnoty pro zařazení nadlimitních hodnot

11.3. Slovní zhodnocení

Pozn.: Pod číslem "1" jsou uvedeny výsledky z místa odběru Praha-Modřany, pod číslem "2" Praha-centrum a pod číslem "3" Praha-Rožtoky.

11.3.1. pH

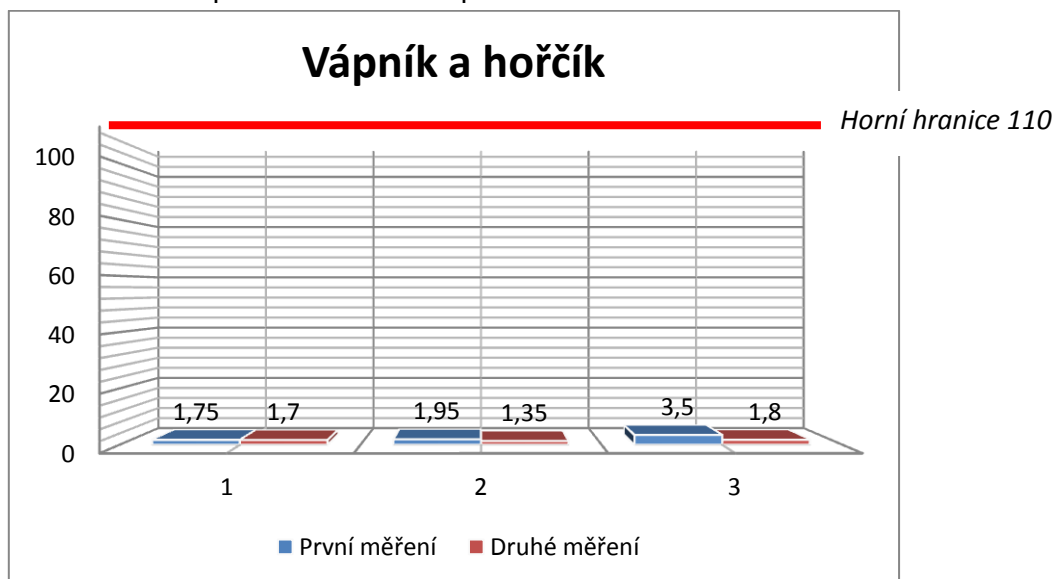
Hladina pH se na jednotlivých místech Prahy zásadně neměnila. Neliší se ani v závislosti na jednotlivá data. U druhého vzorku byly dokonce naměřeny hodnoty stejné. Limitní hodnota se pro určení pH pro povrchovou vodu pohybuje v intervalu 6 až 8. Tyto vzorky splňují limit, ale velmi zřídka se naměřené hodnoty shodují. Ze záznamu z prvního měření je vidno, že pH vody se při průtoku Prahou nepatrně snížilo.



Graf 3: Naměřené hodnoty pH

11.3.2. Vápník a hořčík

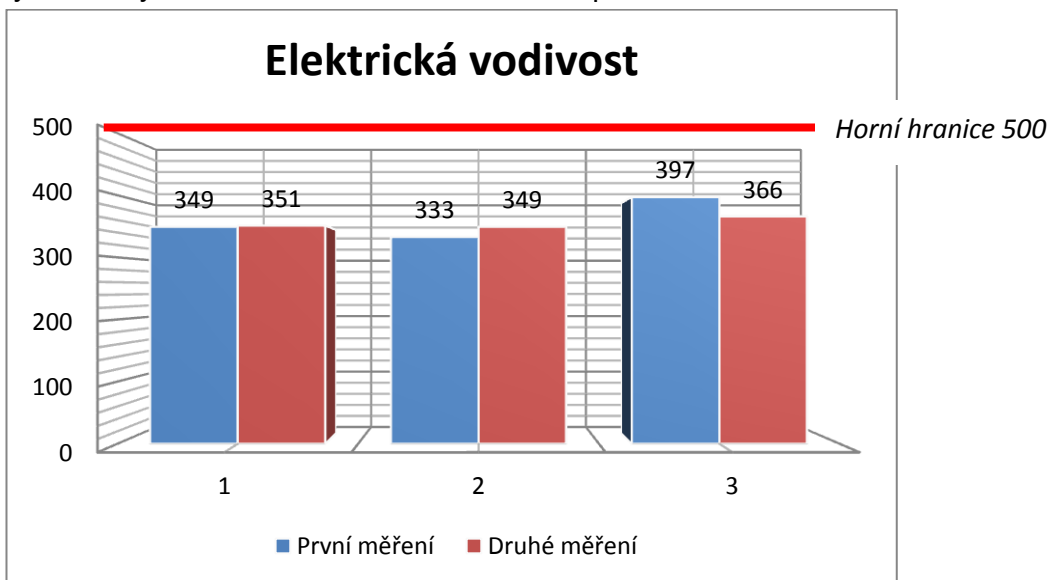
Hodnoty vápníku a hořčíku, chloridu a hodnoty vápníku se ustálily hluboko pod hranicí normy. To má za následek fakt, že voda ve Vltavě je velmi měkká. I přes tuto vlastnost vápník s hořčíkem nepatrně vzrostl.



Graf 4: Naměřené hodnoty vápníku a hořčíku

11.3.3. Elektrická vodivost

Zásadní změny nenastávaly ani u hodnot elektrické vodivosti. Pouze v jednom případě z celkových šesti se hodnota rapidně zvedla k 400. Ovšem i v tomto případě zůstala pod hranicí normy. V důsledku toho, že před odběrem prvního vzorku se vyskytly hojné sněhové přeháňky, byly ulice Prahy soleny. To má za následek vcelku výrazné zvýšení elektrické vodivosti na místě posledního odběru.



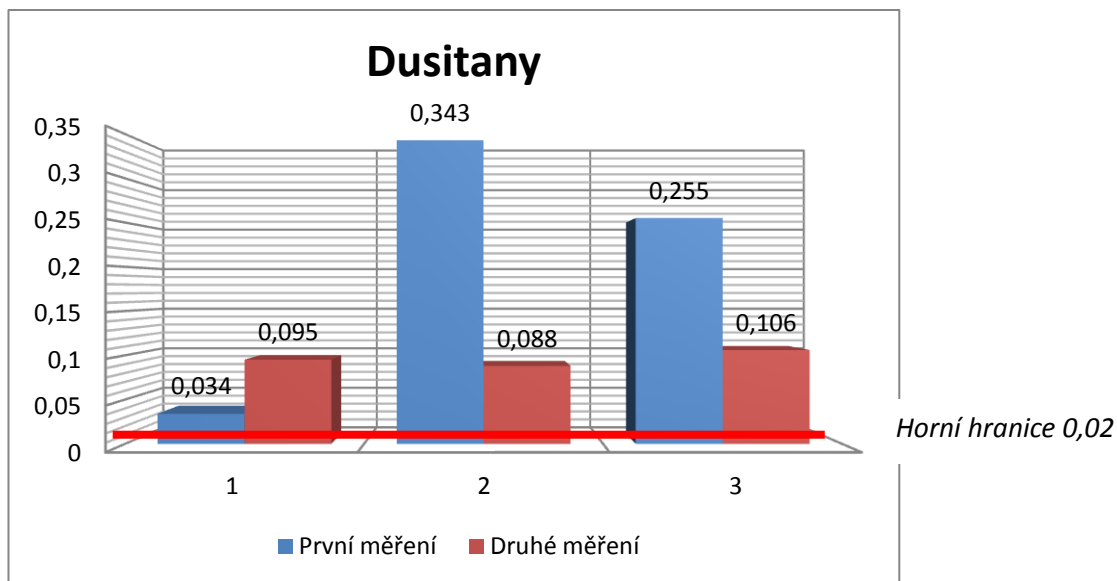
Graf 5: Naměřené hodnoty elektrické vodivosti

11.3.4. Dusitany

U skupiny dusitanů už jsou výsledky zajímavější. Při pohledu na tabulku je vidět, že hodnoty byly ve všech případech překročeny. Rozdíl mezi nejnižší a nejvyšší naměřenou hodnotou je znatelný. Pozoruhodné je, že nejvyšší naměřená hodnota byla v době, kdy nedošlo k dešťovým ani sněhovým srážkám.

Obvykle má zvýšenou hodnotu dusitanů na svědomí výskyt srážek, biologický odpad nitrifikace, hnojení zemědělských pozemků nebo lidská činnost.

U výsledků z prvního měření můžeme mluvit spíše o ojedinělém stavu. Výsledek, kde se hodnota dusitanů takto výrazně zvedne v centru Prahy a poté zase klesne je velmi ojedinělý.



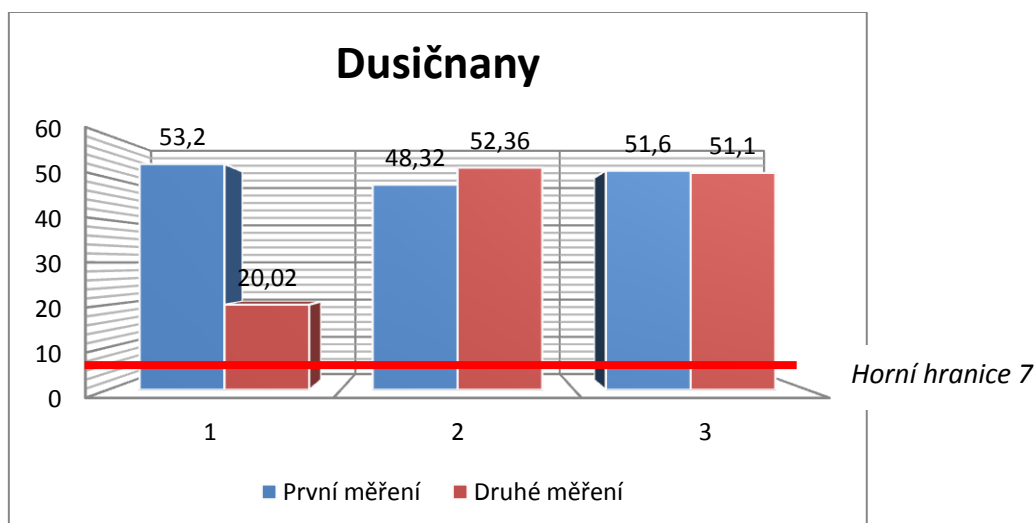
Graf 6: Naměřené hodnoty dusitanů

11.3.5. Dusičnany

Množství dusičnanů také několikanásobně překračuje hodnotu stanovenou normou pro kvalitu povrchových vod.

Při porovnání naměřených hodnot z tabulky č. 2 je vidno, že vzorek prvního stanoviště prvního měření, vzorek druhého stanoviště druhého měření a oba vzorky třetího stanoviště zařazujeme do skupiny IV, tedy velmi silně znečištěné. Vzorek druhý prvního měření řadíme do skupiny III, silně znečištěné. A vzorek druhý prvního měření zařazujeme do skupiny II, znečištěné.

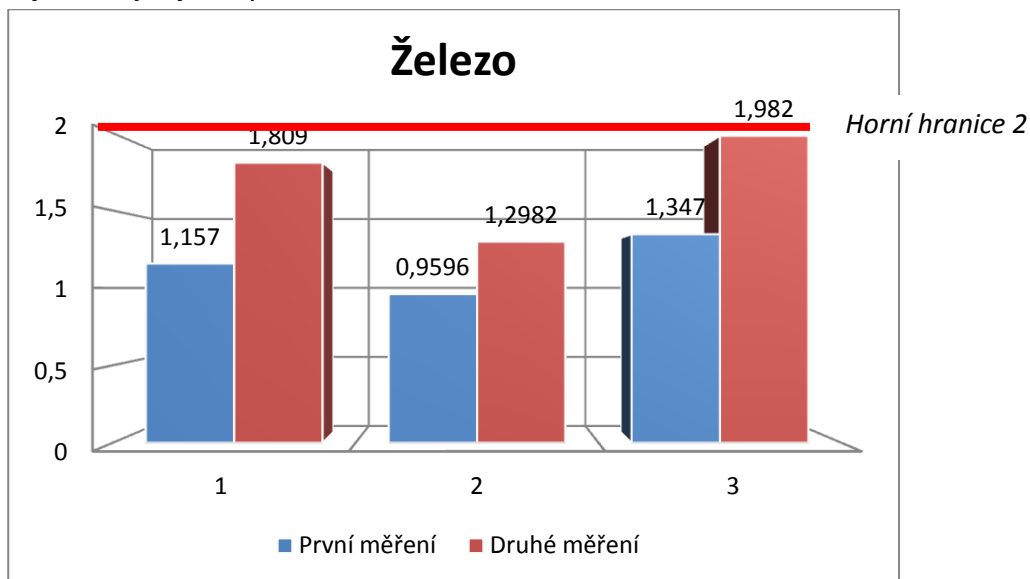
Dusičnany se používají na výrobu minerálních hnojiv. Odtud se snad dostávají do vodních toků. Dalším možným původem jejich zvýšené hladiny jsou abnormálně odusičnatělé zvířecí výkaly. Posledním možným původcem je lidská činnost.



Graf 7: Naměřené hodnoty dusičnanů

11.3.6. Železo

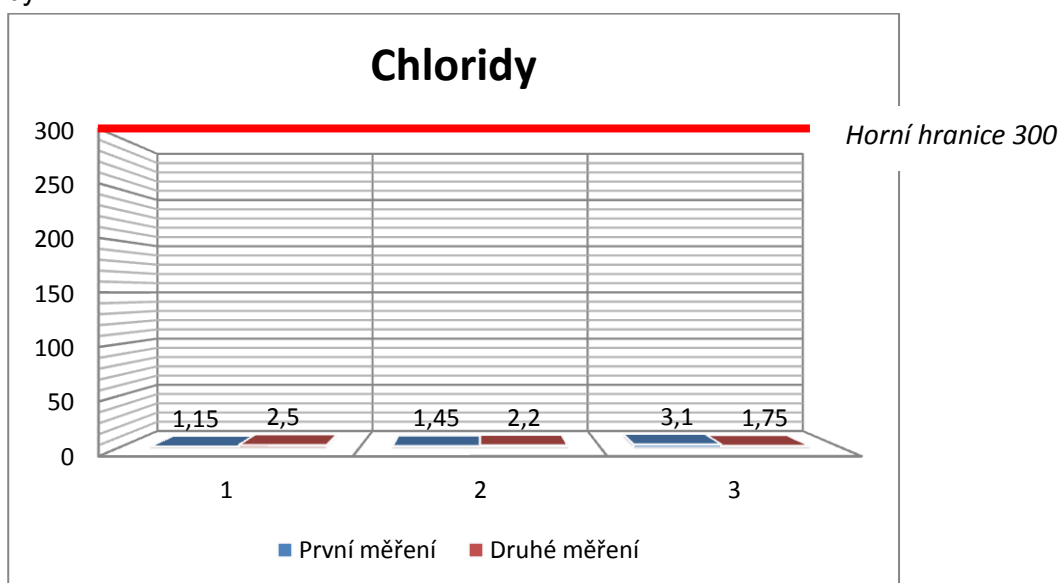
Železo s vyšší hodnotou bylo u všech tří vzorků naměřeno v době druhého měření. Může to být následek změn místních podmínek nebo nárazového bodového zdroje. Na tuto možnost klademe větší důraz. Jak již víme, železo se příměrně zvyšuje se zvyšujícím průtokem.



Graf 8: Naměřené hodnoty železa

11.3.7. Chloridy

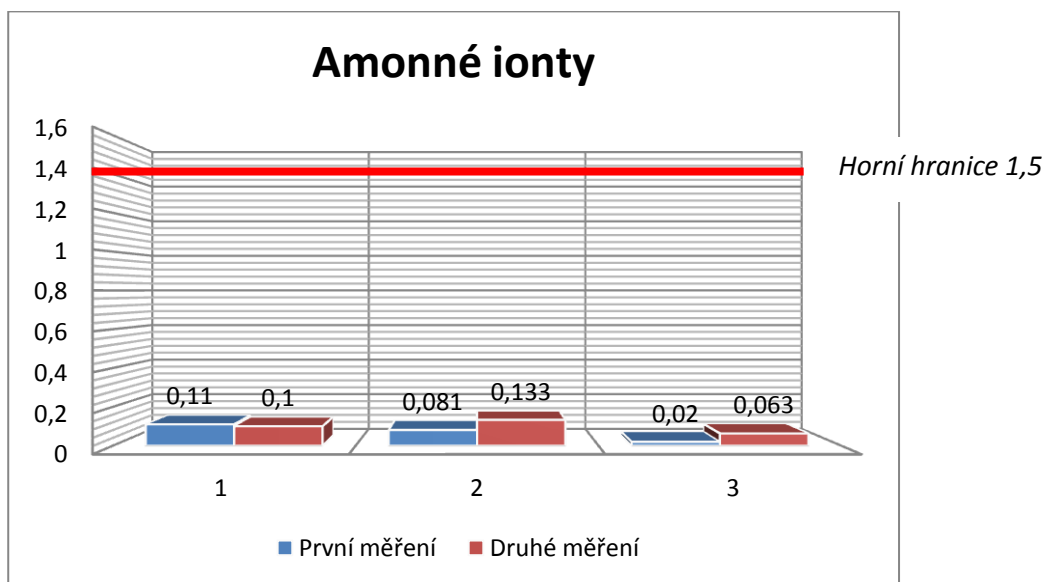
Hodnoty chloridů zůstaly po celou dobu měření hluboko pod hranicí normy. Nejvyšší hodnota byla naměřena u třetího odběrného místa při prvním odběru. Naše domněnka je, že se tak stalo v závislosti na vypouštění vyčištěných vod soukromé osoby.



Graf 9: Naměřené hodnoty chloridů

11.3.8. Amonné ionty

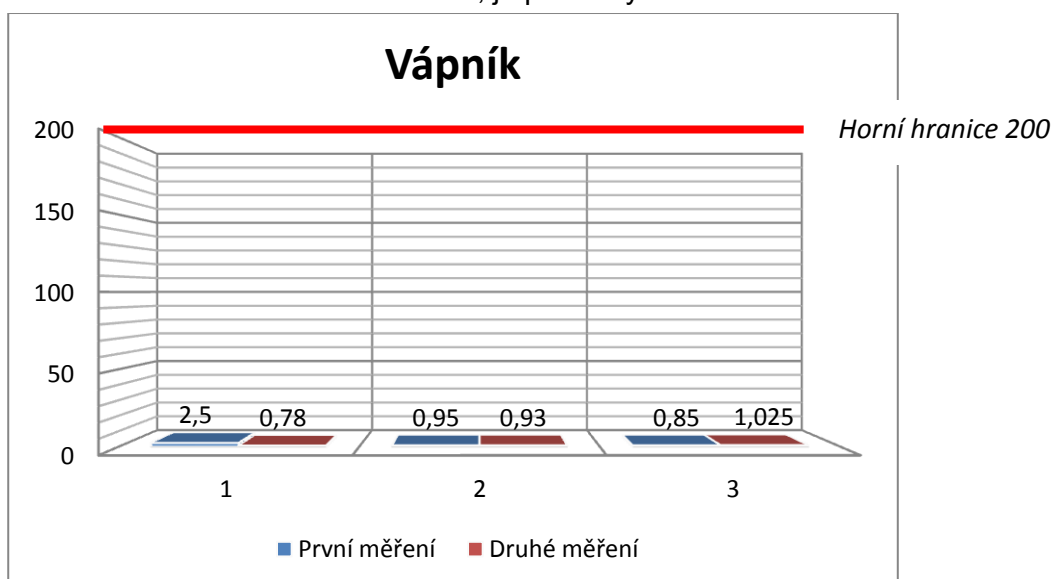
Při pohledu na graf nás zarazila jedna vlastnost. Veškeré hodnoty jsou přibližně stejné. K náhlému poklesu dojde u třetího odběrného místa. V obou případech odběru byly naměřeny nejnižší hodnoty amonných iontů. Na základě toho můžeme teoreticky konstatovat, že v oblasti posledního odběrného místa žije nejvíce vodních živočichů.



Graf 10: Naměřené hodnoty amonných iontů

11.3.9. Vápník

Největší obsah vápníku byl zaznamenán na místě prvního odběru v době prvního měření. Je vidno, že pokles vůči druhému měření na stejném místě je razantní. Proto nejspíš za zvýšenou první hodnotu může lidská činnost. Plyne tak z faktu, že obsah vápníku úzce souvisí s vápenitostí podloží. Aby se obsah vápníku tak razantně změnil za tak krátkou dobu, je prakticky nemožné.



Graf 11: Naměřené hodnoty vápníku

12. Závěr

Podle námi provedených měření jsme zjistili, že Vltava při průtoku Prahou neprochází výraznou změnou.

Z tabulkových hodnot například z ročenky Praha životní prostředí pro rok 2009 jsme vyčetli, že vodní tok Vltava z celkového hlediska řadíme do 4. skupiny, tedy do skupiny silně znečištěných vod. V předchozích kapitolách bylo ovšem řečeno, že se jakost vody ve Vltavě razantně zlepšuje. Pravda je taková, že jako vody posuzujeme podle nejhoršího výsledku měření. V našem případě tedy podle dusitanů a dusičnanů. Díky těmto dvou prvkům se Vltava řadí do této skupiny. Na druhou stranu směřodatná by měla být i skutečnost, že jak již bylo řečeno, množství ryb se ve Vltavě stále zvětšuje. Ba dokonce se dají i konzumovat.

Dle našeho názoru by měla být větší váha přikládána praktickému a skutečnému výsledku.

Velmi pozitivním zjištěním bylo, že zbylé sledované hodnoty vody na území hlavního města se zdržovaly ve skupině velmi čisté vody.

Při pohledu na jakost vody ve Vltavě nedochází k výraznému zhoršení ani zlepšení na území Prahy, jak by se mohlo zdát. Zjednodušeně řečeno, Praha není nejhorší bodový zdroj na povodí Vltavy.

V případě, že se podíváme na konkrétní naměřené hodnoty například u hodnot vápníku a hořčíku, vápníku a chloridu, se naměřené hodnoty pohybují v rádech setin hodnot, které jsou normou povoleny. Naopak mnohonásobně překročený limit byl zaznamenán v oblasti dusitanů a dusičnanů. To je ten důvod, proč Vltavu z celkového pohledu řadíme do znečištěné skupiny. Nejvyšší hodnota vodivosti (konduktivity) byla zaznamenána na vzorku ze třetího stanoviště při prvním odběru 9.12.2013. Naše domněnka je, že konduktivita byla zvýšena v důsledku mírného solení při víkendových sněhových přeháňkách.

Je také důležité si uvědomit, že některé hodnoty jsou příměrně zvyšujícím se průtokem. Například hodnoty železa a především dusitanů a dusičnanů se zvyšují průtokem Prahou. Naopak u hodnot například chloridů nebo vápníku tomu tak není. U těchto hodnot závisí pouze na lokalitě a koncentraci.

Vzhledem k tomu, že naše odběry vody a měření proběhlo pouze dvakrát, jsou tyto hodnoty pouze orientační. Pro přesnější a specifitější výsledky bychom toto měření museli provádět dlouhodobě.

Řeka je velmi silný element. Každým kilometrem se mění teplota vody, jakost vody i její vzhled. Z našeho měření vyplývá, že k posuzování jednotlivých vlastností jakosti vody a k řece jako k celku se musí přistupovat velmi individuálně.

13. Seznam obrázků, grafů, map a tabulek

Obrázek 1: Vltava

Obrázek 2: Povodí Dolní a Horní Vltavy

Obrázek 3: ČOV Trója

Obrázek 4: Bobr evropský

Obrázek 5: Perlorodka říční

Obrázek 6: Majka fialová

Obrázek 7: Mřenka mramorová

Obrázek 8: Konduktometr

Obrázek 9: Spektrometr

Obrázek 10: Kyvetové testy

Obrázek 11: Rezavé zbarvení

Obrázek 12: Spektrometr

Graf 1: Složení bodového znečištění

Graf 2: Obsah dusičnanů na pražských potocích

Graf 3: Naměřené hodnoty pH

Graf 4: Naměřené hodnoty vápníku a hořčíku

Graf 5: Naměřené hodnoty elektrické vodivosti

Graf 6: Naměřené hodnoty dusitanů

Graf 7: Naměřené hodnoty dusičnanů

Graf 8: Naměřené hodnoty železa

Graf 9: Naměřené hodnoty chloridů

Graf 10: Naměřené hodnoty amonných iontů

Graf 11: Naměřené hodnoty vápníku

Mapa 1: Kvalita vody na pražských potocích

Mapa 2: Zakreslení odběrných stanovišť

Tabulka 1: Vodní nádrže na Vltavě

Tabulka 2: Výsledné hodnoty

Tabulka 3: Hodnoty pro zařazení nadlimitních hodnot

14. Zdroje

- Praha životní prostředí 2006, Ročenka-zpráva o životním prostředí
- Praha životní prostředí 2009, Ročenka-zpráva o životním prostředí
- Agua.cz
- Fontanus.cz
- EnviWeb.cz
- Povodivltavy.cz
- Vliv extrémních srážek na činnost odlehčovacích komor a stokového systému (Dagmar Háňková)
- Zdravotní vodohospodářské stavby pro 3. ročník SOŠ stavebních (Sobotáles)
- Konzultace s konzultanty doc. Mgr. Janou Nábělkovou, Ph.D. a Ing. Hanou Matouškovou