

Univerzita Palackého v Olomouci
Přírodovědecká fakulta
Katedra ekologie a životního prostředí



Vliv antropogenní činnosti na znečištění vybraných vodních nádrží v povodí Bečvy
Bc. Václav Plánka

Diplomová práce
předložená
na Katedře ekologie a životního prostředí
Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci

jako součást požadavků
na získání titulu Mgr. v oboru
Ochrana a tvorba krajiny

Vedoucí práce: RNDr. Petr Hekera, Ph.D.

Plánka V. (2015): Vliv antropogenní činnosti na znečištění vybraných vodních nádrží v povodí řeky Bečvy. Diplomová práce, Katedra ekologie a životního prostředí, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci, 46 pp, v češtině.

Abstrakt

Vodní nádrže jsou mnohoúčelové objekty sloužící k akumulaci vody a jejímu využití. Zásadním faktorem ovlivňujícím kvalitu zadržené vody je obsah znečišťujících látek. V diplomové práci je analyzováno a hodnoceno znečištění tří beskydských vodních nádrží (Stanovnice, Bystřička, Horní Bečva) a jejich přítoků. V období od března do listopadu r. 2014 byly v jednoměsíčních intervalech odebírány vzorky vody a zjišťovaná koncentrace dusičnanů, amoniaku, fosforečnanů a hodnoty CHSK. Na začátku a na konci tohoto období byly odebrány vzorky sedimentů a zjišťován obsah těžkých kovů Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn. Koncentrace živin, zejména amoniaku a dusičnanů negativně ovlivňovaly třídu jakosti vody. Obsah těžkých kovů v sedimentech byl s výjimkou kadmia podlimitní. Nadlimitní koncentrace kadmia byly v jarním období naměřeny v sedimentech Stanovnice a Bystřice. Znečištění nádrží bylo srovnatelné bez ohledu na jejich účel. Na základě výsledků je diskutována kvalita vody a možné zdroje znečištění. Jsou doporučeny závěry pro vodohospodářskou praxi.

Klíčová slova:

povodí, povrchová voda, přítoky, sedimenty, těžké kovy, vodárenské využití, živiny

Plánka V. (2015): Effect of anthropogenic activity on the pollution of chosen water reservoirs in the Bečva river basin. Master's thesis, Department of Ecology and Environmental Sciences, Faculty of Sciences, Palacký University in Olomouc, 46 pp, in Czech.

Abstract

Dams are multipurpose objects serving for water accumulation and its usage. A crucial factor influencing the quality of stored water is a content of pollutants. Pollution of three dams (Stanovnice, Bystřička, Horní Bečva) and of their inflows in Beskydy Mts. is analysed and evaluated in the thesis. The samples of water were taken once a month from March to November 2014, the concentrations of nitrates, ammonium and phosphates were assessed and chemical oxygen demand level was determined. The samples of sediments were taken at the beginning and the end of the research period and the content of heavy metals Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn was assessed. The concentration of nutrients, especially nitrates and ammonium affected the quality of water negatively. The content of heavy metals in sediments was sublimited except for cadmium. Overlimited concentrations of cadmium were assessed in the sediments of Stanovnice and Bystřice. Dams were similarly contaminated, irrespective of their purpose. The quality of water and possible pollution sources are discussed on the basis of the result. The conclusions for water management practice are suggested.

Keywords:

heavy metals, nutrients, surface water, sediment, tributaries, water use, watershed

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením RNDr. Petra Hekery, Ph.D. a jen s použitím citovaných literárních pramenů.

V Olomouci
25. července 2015

Podpis:

Obsah

Seznam tabulek.....	viii
Seznam obrázků.....	ix
Seznam příloh.....	x
1. Úvod	1
2. Cíle práce	3
3. Materiál a metody	4
3.1. Charakteristika zájmových nádrží.....	4
3.2. Popis odběrových míst.....	7
3.3. Odběr vzorků a jejich zpracování.....	10
3.4. Laboratorní analýzy.....	11
3.5. Statistické vyhodnocení dat.....	14
4. Výsledky	15
4.1. Obsah živin, CHSK, průtok.....	15
4.2. Těžké kovy v sedimentech.....	20
4.3. Statistické vyhodnocení dat.....	22
5. Diskuze	27
5.1. Vyhodnocení kvality vody v nádržích a jejich přítocích z hlediska obsahu živin.....	27
5.2. Zatížení sedimentů nádrží a jejich přítoků těžkými kovy.....	28
5.3. Statistické analýzy.....	30
5.4. Vodohospodářská doporučení.....	30
6. Závěr	31
Použitá literatura.....	33
Přílohy.....	37

Seznam tabulek

Tab. 1 Obsah kadmia ve vzorcích sedimentů	20
Tab. 2 Obsah chromu ve vzorcích sedimentů	20
Tab. 3 Obsah mědi ve vzorcích sedimentů	21
Tab. 4 Obsah niklu ve vzorcích sedimentů	21
Tab. 5 Obsah olova ve vzorcích sedimentů	21
Tab. 6 Obsah zinku ve vzorcích sedimentů	22
Tab. 7 Vliv způsobu využití nádrže na míru znečištění	23
Tab. 8 Vliv průtoku na koncentraci polutantů	23
Tab. 9 Vliv odběru vzorku z nádrže nebo přítoku na koncentraci polutantů	24
Tab. 10 Vzájemná korelace koncentrací živin a CHSK.....	24
Tab. 11 Vliv způsobu využití nádrže na koncentraci těžkých kovů.....	25
Tab. 12 Vliv místa odběru (přítoky x nádrže) na obsah těžkých kovů	26
Tab. 13 Korelace těžkých kovů.....	26

Seznam obrázků

Obr. 1 Přehledová mapa lokalit: 1 Stanovnice; 2 Bystřička; 3 Horní Bečva	4
Obr. 2 Mapa odběrových míst - nádrž Stanovnice.....	8
Obr. 3 Mapa odběrových míst - nádrž Bystřička	9
Obr. 4 4 Mapa odběrových míst - nádrž Horní Bečva	9
Obr. 5 Odběr vzorku vody	10
Obr. 6 Odběr vzorků sedimentů.....	10
Obr. 7 Mineralizační reaktor a spektrofotometr DR 2000	12
Obr. 8 Graf koncentrace amonných iontů v přítocích.....	16
Obr. 9 Graf koncentrace amonných iontů v nádržích	16
Obr. 10 Graf koncentrace dusičnanů v přítocích	17
Obr. 11 Graf koncentrace dusičnanů v nádržích.....	17
Obr. 12 Graf koncentrace fosforečnanů v přítocích.....	18
Obr. 13 Graf koncentrace fosforečnanů v nádržích	18
Obr. 14 Graf CHSK v přítocích	19
Obr. 15 Graf CHSK v nádržích.....	19

Seznam příloh

Příloha 1 Souhrnné hodnoty z odběrového dne 25. 3. 2014	37
Příloha 2 Souhrnné hodnoty z odběrového dne 24. 4. 2014	37
Příloha 3 Souhrnné hodnoty z odběrového dne 24. 5. 2014	37
Příloha 4 Souhrnné hodnoty z odběrového dne 17. 6. 2014	38
Příloha 5 Souhrnné hodnoty z odběrového dne 16.7.2014	38
Příloha 6 Souhrnné hodnoty z odběrového dne 29.8.2014	38
Příloha 7 Souhrnné hodnoty z odběrového dne 17.9.2014	39
Příloha 8 Souhrnné hodnoty z odběrového dne 20.10.2014	39
Příloha 9 Souhrnné hodnoty z odběrového dne 10.11.2014	39
Příloha 10 design "sedimentační pasti"	40
Příloha 13 tabulka čísla a názvu odběrových míst	41

Poděkování

Zde bych chtěl velmi poděkovat Petru Hekerovi za vstřícné, trpělivé a obohacující vedení práce. Tato práce by rovněž nevznikla bez bezmezné podpory a rad Jiřího Kociána. Poděkování patří také mé rodině, která mě materiálně i psychicky podporovala. Děkuji také Martinu Duchuslavovi za rady ke statistickým analýzám a Janu Jurášovi za pomoc při jejich vyhotovení. Martinu Rulíkovi za zapůjčení odborné literatury. Dále děkuji Povodí Moravy, jmenovitě paní Pavlíně Burdíkové. Na závěr děkuju kamarádům a všem, kdo jakkoliv přispěli ke zdárnému dokončení této práce.

V Olomouci 25. července 2015

1. Úvod

Voda pokrývá 75 % povrchu naší planety a tvoří v průměru 70 % objemu našich těl. Více než polovina všech dosud známých druhů flóry a fauny žije v akvatických ekosystémech. Terestrické ekosystémy jsou na vodě také závislé (Ball 1999; Chapin et al. 2011). Voda má rovněž řadu unikátních fyzikálních, chemických a biologických vlastností (Wetzel 2001). Naše planeta je tedy charakterizována vodou, většina jí je vázána ve světovém oceánu. Pro zavlažování a výrobu pitné vody je možné využít pouze 0,01 % z objemu vody na Zemi. Stává se tak komoditou, která každý den nabývá na hodnotě (Smol 2002). Voda však na Zemi není rozdělena rovnoměrně, její rozložení závisí jednak na odtokových poměrech, ale také na meteorologických, geografických, hydrogeologických podmínkách a na lidských aktivitách v povodích (Viessman et al. 2009).

S rozšiřováním lidské populace se zvyšují nároky na množství vody pro lidské potřeby při zachování co nejlepší kvality (Postel 2000). Česká republika patří mezi země, která na většině svého území nemá v současnosti závažný problém s množstvím vodních zdrojů. Pouze v povodí Moravy spotřeba převyšuje kapacity dostupných zdrojů (ISSaR 2014). Podle strategického plánu Ministerstva zemědělství se zavádí opatření ke zvýšení retenční schopnosti krajiny a optimalizaci vodního režimu (MZe 2007). K dosažení těchto cílů se vedle menších technických úprav, kde to přírodní podmínky dovolují, přistupuje k budování umělých rezervoárů (Viessman et al. 2009).

Vodní nádrže jsou významným krajinným prvkem. Pro člověk plní řadu funkcí, od rekreace, výroby elektrické energie, nadlepšování průtoků, až po protipovodňovou ochranu a klíčové zásobování pitnou vodou. Umělé vodní nádrže navíc vytvářejí nový typ biotopu tam, kde se tento typ dosud nenacházel. Například údolní nádrže v Beskydech tvoří prostor pro vznik ekosystému stojatých vod na místě luk a lesů, kde se stojaté vody takového objemu přirozeně nenachází.

Vzhledem ke svým přirozeným vlastnostem jsou nádrže zatíženy rizikem akumulace antropogenních, znečišťujících látek (Horne & Goldman 1994). Jednou ze základních skupin takových látek jsou anorganické polutanty. Konkrétně se jedná o živiny (N, P) a těžké kovy např. Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn. Zdroje znečištění jsou velmi různorodé, mohou být plošné i bodové, přirozené nebo lidskou činností způsobené. Nachází se buď přímo na území povodí (např. splaškové vody při chybějící koncepci

jejich likvidace, splachy z polí, živočišná výroba, černé skládky aj.) nebo mimo území povodí (např. průmyslové emise transportované do povodí dálkovým atmosférickým přenosem; Kalff 2002).

Problémem vodních nádrží Bystřička, Horní Bečva a Stanovnice je výskyt polutantů v jejich povodí. (Kosour 2010) Setkat se zde můžeme jak s bodovým, tak plošným znečištěním. Konkrétně v povodí těchto nádrží není zcela vyhovující likvidace splaškových vod. Vyskytují se zde splachy z polí, hnojiště z živočišné výroby, atmosférické depozice, černé skládky aj. Tyto problémy zhoršují kvalitu vody v nádržích, způsobují eutrofizaci, přinášejí možná zdravotní rizika a komplikují nebo znemožňují jejich správnou funkci. Důležité je zjistit i případnou koncentraci těžkých kovů, kvůli vážným zdravotním rizikům, např. teratogenní a karcinogenní účinky (Bencko et al. 1995). V případě vodní nádrže Stanovnice toto znečištění navíc zvyšuje náklady na úpravu pitné vody (Korabík & Orság 2009).

Porovnáním referenční nádrže na pitnou vodu Stanovnice, u které se nepředpokládá větší znečištění výše uvedenými polutanty, s nádržemi Bystřička a Horní Bečva, kde se toto zatížení naopak předpokládá, můžeme zjistit společné ukazatele některých znečištění a míru antropogenního vlivu. Nikdo se dosud nezabýval problémem znečištění těchto nádrží komplexně z pohledu všech tří nádrží. Zatímco VN Stanovnice je v odborné literatuře zmiňována poměrně často (např. Válek 1995, Válek & Daniš 1999, etc.), o zbývajících dvou nádržích to nelze tvrdit. Z důvodů zastavení negativních trendů, zachování dosavadního využití nádrží, zachování kvalitní vody pro budoucnost a zlepšení stavu je nutné znát míru a povahu znečištění u těchto vodních nádrží.

2. Cíle práce

Diplomová práce si klade tyto cíle:

- 1) Pravidelně odebrat vzorky vod ze sledovaných nádrží a jejich přítoků, provést analýzy obsahu živin ve vodách a obsahu těžkých kovů v sedimentech sledovaných nádrží.
- 2) Zhodnotit kvalitu vody na základě zjištěných parametrů.

3. Materiál a metody

3.1. Charakteristika zájmových nádrží

Zájmové nádrže byly pro výzkum vybrány z těchto důvodů:

- kvalita vody – nádrže Bystřička a Horní Bečva mají sníženou kvalitu vody, zatímco Stanovnice je charakteristická velmi kvalitní vodou (Válek 1995)
- umístění v povodí Bečvy – snadnější porovnatelnost v rámci podobných abiotických podmínek (geologie, roční srážkový úhrn, atd.)
- historicky doloženým náchylnostem ke znečištění nebo k trvalému zhoršení stavu (Válek et al. 1997).
- různému typu managementu, využití, účelu
- různému stáří - Bystřička je nejstarší nádrž nad soutokem Moravy s Dyjí, Stanovnice byla dokončena v roce 1985 (PMO 2015)
- různé míře jejich antropogenního zatížení



Obr. 1 Přehledová mapa lokality: 1 Stanovnice; 2 Bystřička; 3 Horní Bečva

3.1.1. Stanovnice

Vodní nádrž Stanovnice, někdy též uváděna jako VN Karolinka, je vodárenská nádrž v podhůří Javorníků, v CHKO Beskydy. Nachází se jižně od města Karolinka. Je známá velmi kvalitní vodou díky uchované oligosaprobii, kvalita vody se však může přechodně zhoršit při jarním tání nebo nízkém objemu zadržené vody. Zmiňované vodní dílo bylo vybudováno v letech 1977–1985 na řece Stanovnici, přítoku Vsetínské Bečvy. Hráz je 35,5 m vysoká, sypaná, kamenitá s těsnícím jádrem. Maximální hloubka je 35 m, celková zatopená plocha je 20,68 ha, objem maximálního nadržení činí 7,65 mil. m³ s kótou 520 m n. m. Minimální průtok pod přehradou je 30 l/s. Hlavním

účelem vodního díla Stanovnice je vodárenský odběr, protipovodňová ochrana a zajištění minimálního průtoku (Korabík & Orság 2009). VN zásobuje pitnou vodou okres Vsetín, Kloboucko, část okresu Přerov a okresu Zlín (Korabík 2001).

Povodí o ploše 22,80 ha je geomorfologicky velmi členité, na hlavní údolí toku Stanovnice se napojují hluboká boční údolí s příkrými svahy se sklonem až 30°. Z geologického hlediska je povodí tvořeno karpatským flyšem. Půdním typem je zde kambizem a fluvizem. Lesnatost povodí činí 70 %. Hlavním tokem v povodí je Velká Stanovnice, která pramení pod vrcholem Javorník (Válek 1995). Pravostranné přítoky jsou co do vodnatosti zanedbatelné. Levostranné přítoky jsou významnější a mají charakter bystřin. Největším z nich je Malá Stanovnice pramenící pod Stolovým vrchem a ústí do Velké Stanovnice 100 m před začátkem zátopy. Dalšími levostrannými přítoky jsou Baďurka, Kání a Prženka. Tyto přítoky mají bystřínný charakter pouze při jarním tání sněhu, v létě hladina klesá až na úroveň spodní vody. Celkově má povodí i nádrž uchovanou oligotrofii. Oživení toků z hlediska biomasy v povodí na příkladu makrozoobentosu uvádějí (Válek & Daniš 1999). Makrozoobentos se skládá z následujících skupin: Ephemeroptera 70 %, Plecoptera 4 %, Trichoptera 5 %, ostatní 21 %.

Antropogenní působení na jakost/trofii vody má vliv zejména při její snížené hladině (plánované opravy, sucha; Válek 1995). Za relevantní antropogenní vlivy v povodí můžeme považovat rozsáhlou těžbu dřeva v soukromých lesích, rozšiřování rekreačního využití povodí, které nemá kanalizaci, a případně bodové znečištění způsobené činnostmi malých soukromých zemědělců (Válek et al. 1997).

3.1.2. Bystřička

Vodní nádrž Bystřička byla postavena v letech 1908–1912 severovýchodně od stejnojmenné obce ve Vsetínských vrších, její hráz patří mezi nejstarší v České republice. Je první hrází postavenou na karpatském flyši, který postrádá souvislé nepropustné vrstvy. Původně měla zásobovat kontroverzní projekt Odra-Dunaj-Labe, dnes slouží k rekreaci, jako povodňová ochrana, nadlepšuje odtok pro vodárenský odběr a také je zde instalována malá vodní elektrárna. Od roku 2003 je prohlášena kulturní památkou pro své technické vybavení a architektonické řešení. Vodní dílo přehrazuje údolí řeky Bystřice, koruna hráze má výšku 36,5 m, s tvarem oblouku o poloměru 135 m, v 387 m n. m. Materiálem zděné hráze je místní lomový kámen (droba) a

cementová malta. Hloubka hráze je v maximu 26 m, zátopa dosahuje 38 ha, při maximálním nadržení 4,4 mil m³ (PMO 2015).

Povodí je poměrně rozsáhlé (63,8 km²), nachází se v něm několik obcí (Velká Lhota, Valašská Bystřice, Malá Bystřice). Do řeky Bystřice se vlévá řada levostranných i pravostranných, často bezejmenných potoků, které odvodňují osady a vzdálenější části obcí. Bystřice protéká Valašskou Bystřicí a stéká se s Malou Bystřicí, do které také ústí řada menších přítoků. Významným pravostranným přítokem nádrže je potok Vesník, který odvodňuje část obce Velká Lhota. Geomorfologicky se dá údolí popsat jako otevřené, s četnými vrcholy nad 600 m n. m. Nevyšším vrcholem je Tanečnice (912 m n. m.), pod kterým pramení řeka Bystřice. Na flyšovém podloží se nachází různé druhy kambizemě, glej a fluvizem. (ČGS 2015). V okolí nádrže se nachází značné množství rekreačních objektů.

3.1.3. Horní Bečva

Vodní nádrž Horní Bečva se nachází 3 km východně od stejnojmenné obce. Byla postavena roku 1944. Nádrž Horní Bečva je v rámci této práce nejmenší ze studovaných nádrží. Je nejmenší jak objemem nádrže 0,665 mil. m³, tak i plochou povodí 14,14 km². Původní funkcí bylo zapojení do systému malých nádrží nutných pro zásobování tehdy uvažovaného kanálu Dunaj-Odra-Labe a také ochrana proti povodním. Dnes se nádrž využívá k rekreačním účelům, výrobě elektrické energie, rybímu hospodářství, zajištění minimálního průtoku a jako povodňová ochrana. Vodu zadržuje 13,7 m vysoká, zemní, sypaná, oblouková hráz o poloměru 220 m, stavěná z materiálu, který se těžil v místních lomech, v prostoru nádrže. Kóta koruny hráze činí 564,6 m n. m. Návodní strana je opevněná kamennou dlažbou (PMO 2015).

Povodí je tvořeno pravostranným přítokem nádrže, potokem Sergač, pramenícím v PP Kladnatá, a Rožnovskou Bečvou, která pramení pod vrcholem Vysoká (1024 m n. m.). Podložím je karpatský flyš na kterém se nacházejí půdní typy zastoupené: gleji histickými, modálními, fluvickými, četnými druhy kambizemí, rankerem a pseudoglejem. V blízkém okolí nádrže se nachází převážně rekreační a rezidenční zástavba.

3.2. Popis odběrových míst

Odběrová místa (příloha č. 13) byla vybrána s ohledem na umístění limnigrafů, aby průtok odběrového místa odpovídal průtoku odečteného z tohoto zařízení. Místa pro odběr byla také vybrána s ohledem na hloubku koryta a dostatečnou vodnatost řečiště i při nižších stavech vody tak, aby byla zajištěna potřebná hloubka pro odběr.

3.2.1. Odběrová místa na nádrži Stanovnice

Odběrové místo č. 1 - Stanovnice se nachází 10 m od lapače splavenin, těsně před začátkem vzduť. Od soutoku Malé a Velké Stanovnice je vzdálené 20 m po proudu, na souřadnicích: 49°19'59.953"N, 18°15'22.120"E v 526 m n. m. Koryto toku má v těchto místech technicky upravený charakter, na dně se nachází částice všech velikostí, několik desítek centimetrů velké kusy slepenců a pískovců s ostrými hranami, štěrk, písek, jíl a hrubý, nerozložený organický materiál. Foto viz příloha 11.

Odběrové místo č. 2 na Malé Stanovnici se nachází v proudnici, na souřadnicích 49°20'0.771"N, 18°15'14.376"E, 100 m od ústí do Velké Stanovnice. Koryto je plně upravené, břehy jsou zpevněné kamenným záhozem. Do vody na okraji pravého břehu se sesouvá půda a kameny ze záhozu, jinak převládá štěrk. Foto viz příloha 12.

Na Velké Stanovnici se odběrové místo č. 3 nachází bezprostředně pod lapačem splavenin 250 m nad soutokem s Malou Stanovnicí. Souřadnice: 49°20'3.275"N, 18°15'13.430"E, v nadmořské výšce 530 m. Proud zde začíná zpomalovat, dochází k sedimentaci všech velikostních frakcí, převládá štěrk. Jsou zde připraveny i kameny s rozměry nad 100 cm. Toto odběrové místo během provádění odběrů několikrát změnilo prostorový charakter.

Vzorkování v samotné nádrži Stanovnice (odběrové místo č. 4) probíhalo pomocí teleskopického vzorkovače co nejdál od okraje, směrem ke středu nádrže. Odběr byl prováděn z levého břehu, ze silnice, která vede přímo do vody nádrže. Souřadnice: N 49°20'39.34" E 18°14'06.96“.

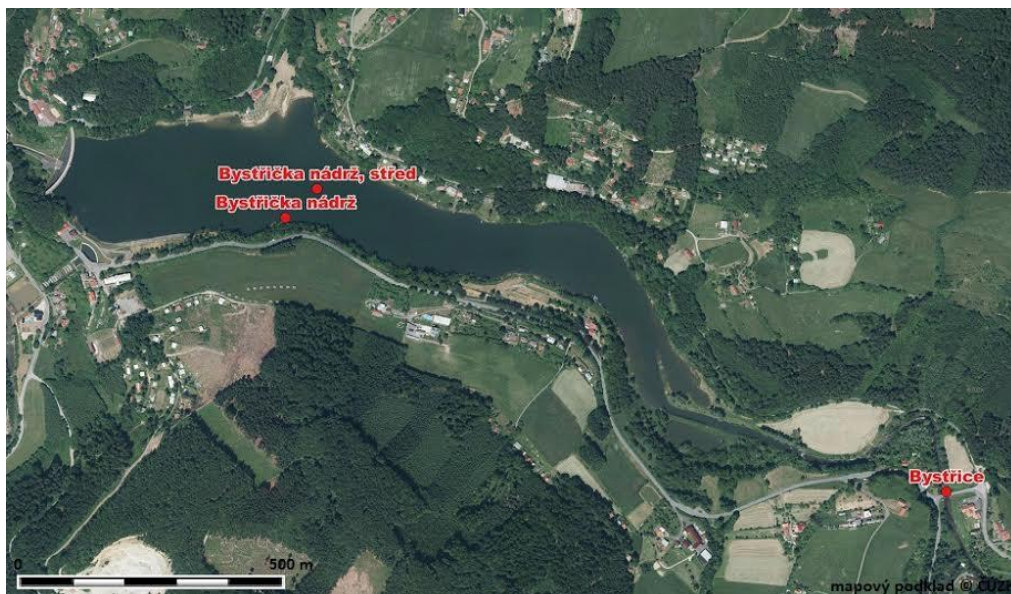


Obr. 2 Mapa odběrových míst - nádrž Stanovnice

3.2.2. Odběrová místa na nádrži Bystřička

Vzorky z blízkosti středu nádrže (odběrové místo č. 5) byly odebrány na souřadnicích: 49°25'22.169"N, 18°1'36.034"E Alternativou pro vzorkování za nepříznivých podmínek bylo místo 49°25'20.134"N, 18°1'33.099"E. Toto odběrové stanoviště se nachází na levém břehu, téměř uprostřed vodního díla, naproti ústí přítoku Vesník.

Odběrové stanoviště č. 6 se nachází na stejnojmenném přítoku přehrady Bystřička pod mostem a jezem, poblíž restaurace U Bušů. Dno je kamenité a šterkovité, břehy upravené, uprostřed řečiště se nachází kamenitý náplav, na kterém roste vrbový nálet. Přesná lokalizace: 49°25'6.145"N, 18°2'41.347"E.



Obr. 3 Mapa odběrových míst - nádrž Bystřička

3.2.3. Odběrová místa na nádrži Horní Bečva

Z loďky byly odebírány vzorky uprostřed nádrže, na souřadnicích: $49^{\circ}25'17.508''\text{N}$, $18^{\circ}18'58.626''\text{E}$ alternativně ze břehu, uprostřed hráze na: $49^{\circ}25'21.616''\text{N}$, $18^{\circ}18'54.590''\text{E}$ (odběrové místo č. 7). Odběrové stanoviště č. 8 se nachází na Rožnovské Bečvě, na souřadnicích $49^{\circ}25'8.645''\text{N}$, $18^{\circ}19'15.958''\text{E}$ nad nádrží, u kamenolomu, v ohbí říčky, cca 15 m od mostu, proti proudu nad říčním stupněm. Dno je kamenité, s několika říčními stupni, břehy jsou zpevněné kamenným záhozem.



Obr. 4 4 Mapa odběrových míst - nádrž Horní Bečva

3.3. Odběr vzorků a jejich zpracování

Odběr vzorků vody pro analýzu obsahu nutriétů probíhal v nádržích Bystřička, Horní Bečva a Stanovnice od 25. 3. 2014 do 10. 11. 2014, v pravidelných jednoměsíčních intervalech. Vzorky vody z nádrží byly odebírány hloubky z cca 20 cm. Jako vzorkovnice, pro odběr vody byly použity 0,5l PET lahve od kojenecké vody (Horáková et al. 2007).



Obr. 5 Odběr vzorku vody

Odběr vzorků sedimentů proběhl dvakrát, a to 24. 4. 2014 a 10. 11. 2014. Materiál odebraný z hloubky 1–10 cm, ze dna přítoků nebo nádrží byl na místě pomocí plastových pomůcek, metodou mokrého síťování homogenizován, přes 2 mm síto a přelit do plastových vzorkovnic (viz obr. 6.). Veškeré vzorky byly odebrány jak ze samotných nádrží (z alternativních stanovišť), tak i z hlavních přítoků (Bystřička, Rožnovská Bečva, Velká Stanovnice a Malá Stanovnice). Samotný odběr probíhal pomocí jednoduchého, teleskopického odběrového zařízení (vzorkovač), na kterém byl připevněn držák pro vzorkovnici a hliníková nádoba (Al nebyl ve vzorcích zjišťován) pro odběr sedimentů. Odběry byly provedeny a vzorky skladovány podle ČSN 75 7051.



Obr. 6 Odběr vzorků sedimentů

3.4. Laboratorní analýzy

3.4.2. Stanovení amonných iontů

Ke stanovení amoniaku (NH_4^+) jsem na BLANK použil 10 ml deionizované vody a 3 kapky Nesslerova činidla. Do připravených kyvet jsem odpipetoval 10 ml vody z jednotlivých vzorků a přidal rovněž 3 kapky Nesslerova činidla, což je tetrajodortuřnatan sodný, ten reagoval s amoniakem a hydroxidem alkalických kovů za vzniku tetrajodortuřnatanu amonného, žluté sloučeniny v roztoku, který lze fotometricky vyhodnotit. Kyvety jsem důkladně zamíchal, otřel a po 10 minutách změřil absorbanci na spektrofotometru HACH DR 2000, při $\lambda = 425$ nm. Pomocí kalibrační křivky jsem přepočítal zjištěnou absorbanci na mg/l.

3.4.1. Stanovení dusičnanů

Obsah dusičnanového dusíku (N-NO_3^-) v odebraných vzorcích jsem zjišťoval následujícím způsobem. Připravil jsem BLANK vzorek, tj. 10 ml deionizované vody. Do PE zkumavek jsem odměřil 10 ml vzorku a do každé přidal obsah 1 balení reagentie NitraVer5 (for 10 ml). Vzorky jsem promíchal 1 min. a poté je nechal 5 min. reagovat. Kadmium obsažené v NitraVer 5 zredukovalo v prostředí kyseliny sírové dusičnany na dusitany, z dusitanů vznikne diazoniová sůl, která reaguje s kyselinou salicylovou za vzniku žlutě zbarveného roztoku (HACH1993). Intenzita zbarvení roztoku je úměrná koncentraci dusičnanů ve vzorku vody. Na spektrofotometru HACH DR 2800 jsem zvolil metodu č. 355, která měří při $\lambda = 500$ nm. Odečítané hodnoty byly v mg/l. V případě, že přístroj indikoval, že je obsah zjištěných iontů nad rozsahem měřitelnosti, byl vzorek naředěn 10x a celý postup se opakoval (Horáková et al. 2007).

3.4.3. Stanovení fosforečnanů

Pro stanovení fosforečnanů (PO_4^{3-}) jsem použil následující postup. Jako BLANK jsem odměřil 25 ml deionizované vody. Z každého vzorku jsem odebral 25 ml do PE zkumavek, jako reagentii přidal balení PhosVer 3 (for 25 ml) a míchal do rozpuštění. Fosforečnany reagují s molybdenanem amonným v kyselém prostředí za vzniku fosfomolybdenanu amonného, který dává roztoku intenzivní modrou barvu (HACH 1993). Po 10 min. jsem na spektrofotometru HACH DR 2800 zvolil metodu č. 490, která měří při $\lambda = 890$ nm. V případě, že přístroj indikoval, že je obsah zjištěných

iontů nad rozsahem měřitelnosti, byl vzorek naředěn 10x a celý postup se opakoval (Horáková et al. 2007).

3.4.4. Stanovení CHSK dichromanem draselným

Chemická spotřeba kyslíku (CHSK) se používá pro stanovení koncentrace organických látek ve vodě. Analýza CHSK je nedílnou součástí při rozboru povrchových vod i při klasifikaci jejich jakostních tříd. Metoda je založena na oxidaci organických látek ve vzorku, silným oxidačním činidlem. (Heřčík 2009)

V praxi se používá mnoho metod zjišťování CHSK, v této práci byla použita tzv. modifikovaná semimikrometoda, kdy se jako oxidační činidlo používá dichroman draselný ($K_2Cr_2O_7$). Reakce probíhá za katalyzování stříbrnými ionty síranu stříbrného (Ag_2SO_4) v prostředí kyseliny sírové při dvouhodinovém varu. Aby se předešlo zkreslení výsledků chloridy (Cl_2), přidává se na odbourávání chloridů síran rtuťnatý (Hg_2SO_4). Nejdříve je nutné připravit potřebné roztoky:

50 ml *oxidačního roztoku* jsem připravil z 37,5 ml deionizované vody, 0,51 g dichromanu draselného, 8,4 ml kyseliny sírové a 1,66 g síranu rtuťnatého.

Na 100 ml *katalyzátorového roztoku* jsem navážil 0,1 g síranu stříbrného a rozpustil v koncentrované kyseliny sírové o objemu 100 ml.

Do skleněné zkumavky jsem odpipetoval 2 ml vzorku, 1 ml *oxidačního roztoku*, 3 ml *katalyzátorového roztoku* a směs důkladně promíchal. Zkumavky jsem uzavřel a vložil na 120 min. do mineralizačního HACH COD Reactoru vyhřátého na 150°C. Po vychladnutí jsem kyvety otřel a změřil absorbanci chromitých iontů ve spektrofotometru HACH DR 2000 při vlnové délce $\lambda = 600$ nm (Horáková et al. 1989).



Obr. 7 Mineralizační reaktor a spektrofotometr DR 2000

3.4.4. Stanovení těžkých kovů v sedimentech

Vzorky sedimentů byly před samotnou analýzou upraveny následovně: v den odběru byly přelity do nádob vyložených plastovými foliemi a náležitě popsány. Po vysušení byly jednotlivé vzorky zhomogenizovány a prosety přes 0,5 mm jemné sítko.



obr. č. 1 Sušení sedimentů

Ze vzniklé jemnozeme jsem navážil přibližně 0,6 g a dal dosušit do sušičky sušárny Sanyo na 30 min při teplotě 105°C. Z každého vysušeného a vychladlého vzorku jsem odvážil 500 mg. Navážku jsem přesypal do teflonových, mineralizačních nádob. V digestoři jsem přidal mineralizační činidla: 2 ml HNO₃ a 6 ml HCl. Nádobky jsem po lehkém promíchání a odpěnění připravil do karuselu a vložil do mikrovlnného mineralizačního zařízení BERGHOF a spustil příslušný program.

Mineralizace jedné sady vzorků trvala 25 min., vzorky chladly 35 min. Výsledný mineralizát jsem doplnil deionizovanou vodou na 50 ml, obsah promíchal a přefiltroval do uzavíratelných PE nádob. Vybrané těžké kovy byly analyzovány na atomovém absorpčním spektrometru AAS AVANTAS fy. GBC pomocí automatického podavače vzorků a po předdefinování měřených parametrů.

3.5 Statistické vyhodnocení dat

Statistické vyhodnocení dat proběhlo v programu IBM SPSS Statistics for Windows. Pro testování stanovených hypotéz jsem využil vhodných standardních statistických metod: jednocestná ANOVA a neparametrický test (Spearmanův korelační koeficient).

4. Výsledky

Od 25. 3. 2014 do 10. 11. 2014 jsem odebral celkem 86 vzorků, z toho 72 vzorků povrchových vod a 14 vzorků sedimentů.

Výsledky analýz vody (obsah živin, CHSK, průtok) a sedimentů (obsah těžkých kovů) jsou prezentovány odděleně ve dvou podkapitolách. Po nich následuje podkapitola se statistickým vyhodnocením dat.

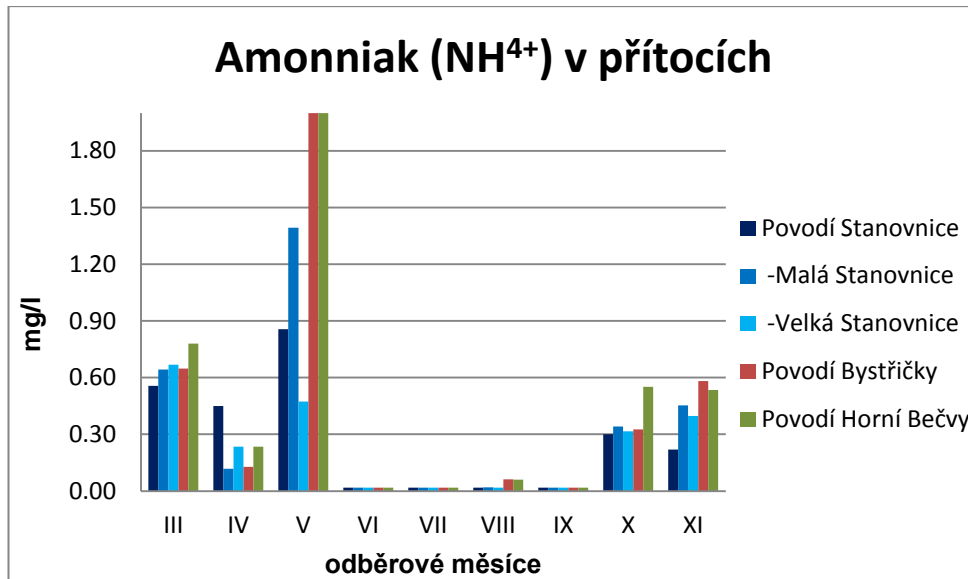
4.1 Obsah živin, CHSK, průtok

Naměřené hodnoty živin, CHSK a průtoku jsou shrnuty v grafických výstupech společně s komentáři k jednotlivým měřeným charakteristikám. Tyto hodnoty se také, dle jednotlivých termínů odběrů, nacházejí v souhrných tabulkách v příloze 1-9.

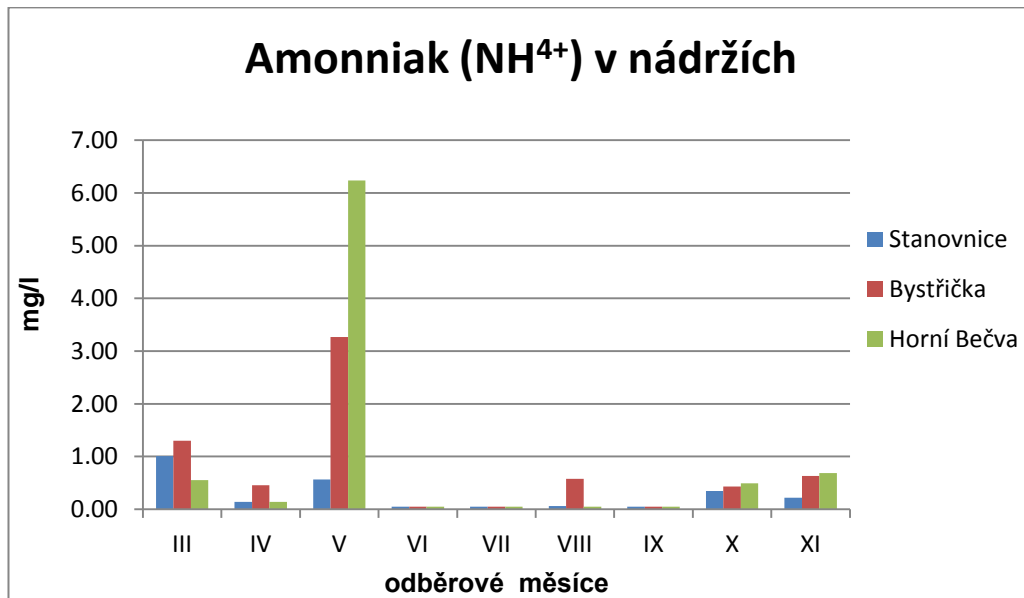
4.1.1 Koncentrace amonných iontů

V naměřených hodnotách amonných iontů (obr. 8) lze vysledovat sezónní dynamiku. Na přítocích byly v březnu koncentrace amonných iontů druhé nejvyšší za celé období měření, v následujícím měsíci došlo k jejich snížení, ovšem v květnu koncentrace prudce vystoupala a na všech přítocích s výjimkou Velké Stanovnice dosahovala nejvyšších hodnot za sledované období. Ty v případě Malé Stanovnice, Bystřičky a Bečvy dosahovaly hodnot III. třídy („znečištěná voda“) v klasifikaci jakosti povrchových vod, pro amoniakální dusík. V letních měsících (červen-září) došlo k prudkému snížení koncentrace, která byla většinou pod mezí detekce. V říjnu a listopadu hodnoty amonných iontů opět vzrostly.

Analogická sezónní dynamika se projevila i na přehradách, přičemž na Bystřičce a zvláště Horní Bečvě dosáhla v květnu koncentrace amonných iontů hodnot IV. třídy („silně znečištěná voda“) a V. třídy („velmi silně znečištěná voda“) v klasifikaci jakosti povrchových vod pro amoniakální dusík.



Obr. 8 Graf koncentrace amonných iontů v přítocích

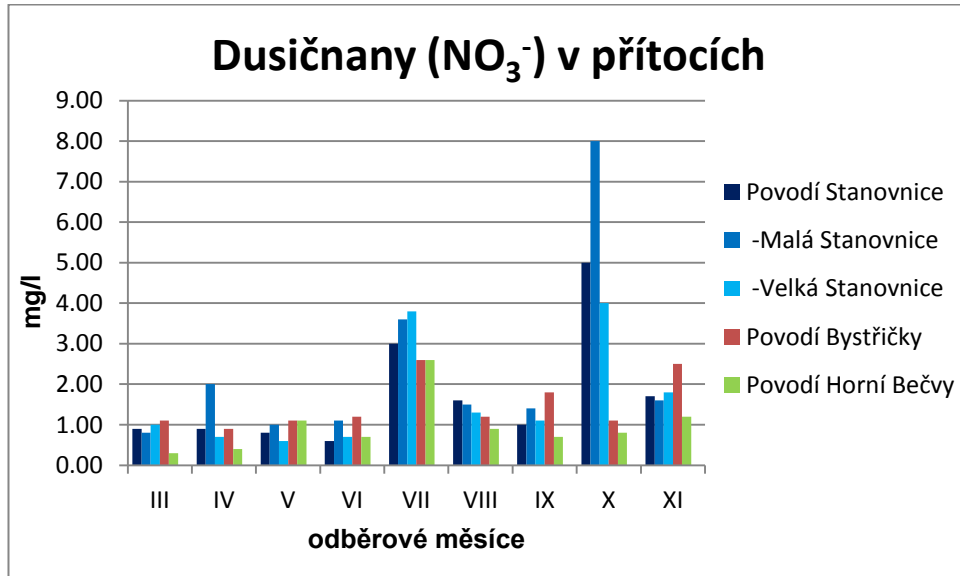


Obr. 9 Graf koncentrace amonných iontů v nádržích

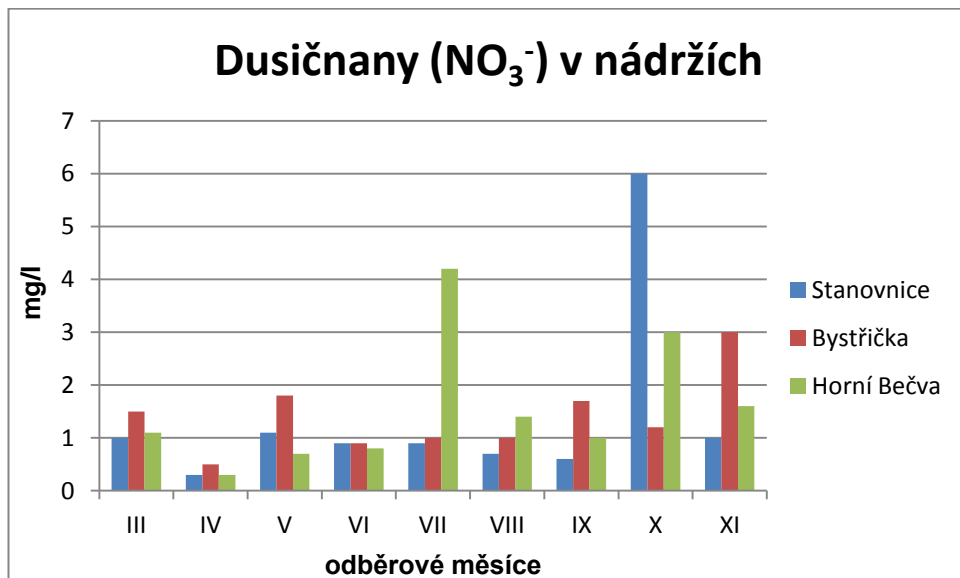
4.1.2 Obsah dusičnanů

Koncentrace dusičnanů byla na přítocích v průběhu roku relativně vyrovnaná. Zvýšených hodnot dosahovala v červenci, kdy v případě Bystřičky a Horní Bečvy dosahovala nejvyšších hodnot za celé období měření. Na přítocích v povodí Stanovnice bylo výrazně vysokých a současně maximálních hodnot dosaženo v říjnu.

Na přehradách byla koncentrace dusičnanů v průběhu roku také relativně vyrovnaná. K červencovému nárůstu koncentrace, podobně jako u přítoků, došlo pouze na Horní Bečvě. Podobně jako na přítocích Stanovnice došlo i v samotné přehradě k velmi výraznému nárůstu v říjnu. Na Bystřičce byla nejvyšší koncentrace až v listopadu, tedy v měsíci, kdy byla i druhá nejvyšší koncentrace dusičnanových iontů v jejím povodí.



Obr. 10 Graf koncentrace dusičnanů v přítocích

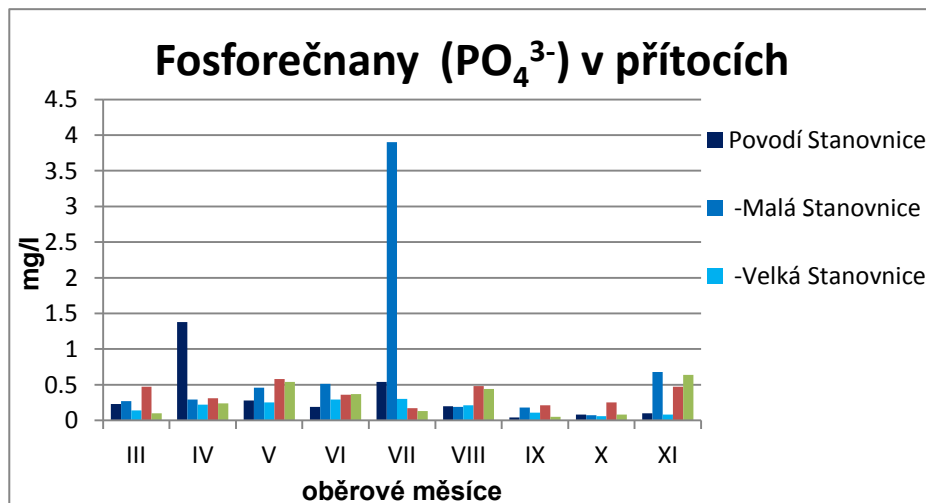


Obr. 11 Graf koncentrace dusičnanů v nádržích

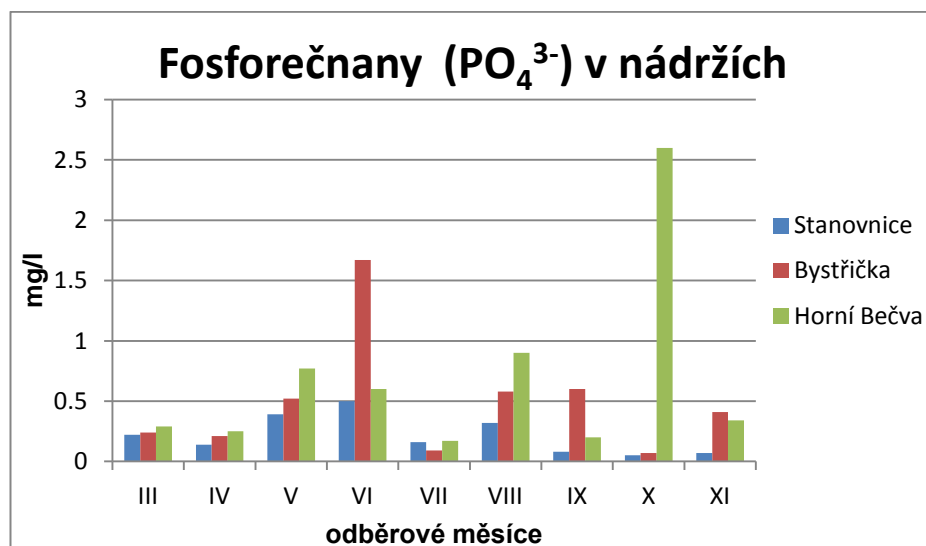
4.1.3. Obsah fosforečnanů

Koncentrace fosforečnanů se na přítocích udržovala ve sledovaném období většinou pod hodnotou 0,5 mg/l. Přičemž limit pro III. třídu jakosti pro celkový fosfor je < 0,4. Dva ojedinělé výrazné výkyvy jsem naměřil ve Stanovnici v dubnu a zejména na Malé Stanovnici v červenci. Výkyvy fosforečnanů dosahovaly V. třídy jakosti, která je stanovena pro celkový fosfor, jehož jsou fosforečnany součástí.

V rámci nádrží jsem zjistil nejnižší zatížení fosforečnany na Stanovnici. Na Bystřičce jsem zaznamenal výraznější nárůst koncentrace pouze v květnu. Na Horní Bečvě jsem při většině měření zjistil nejvyšší hodnoty ve srovnání s ostatními nádržemi.



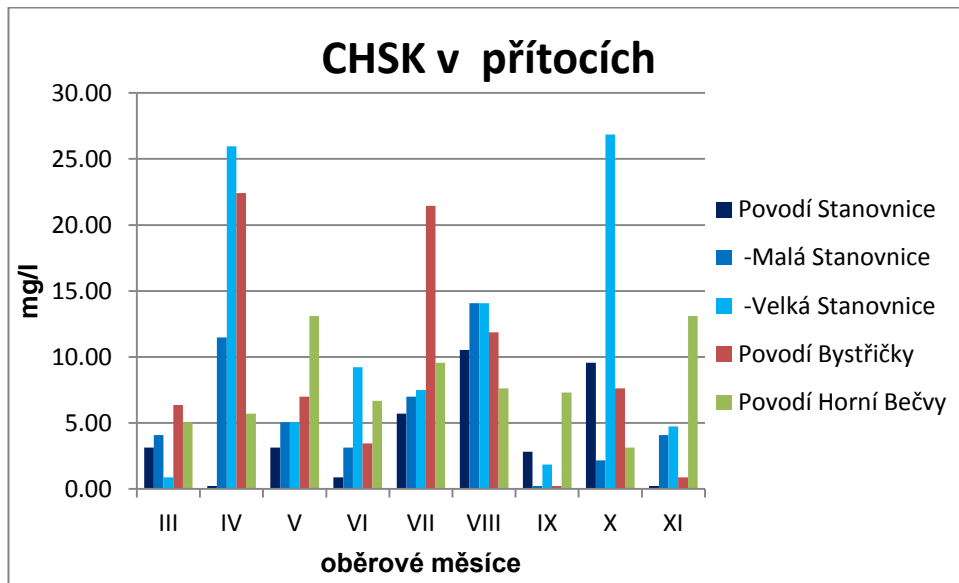
Obr. 12 Graf koncentrace fosforečnanů v přítocích



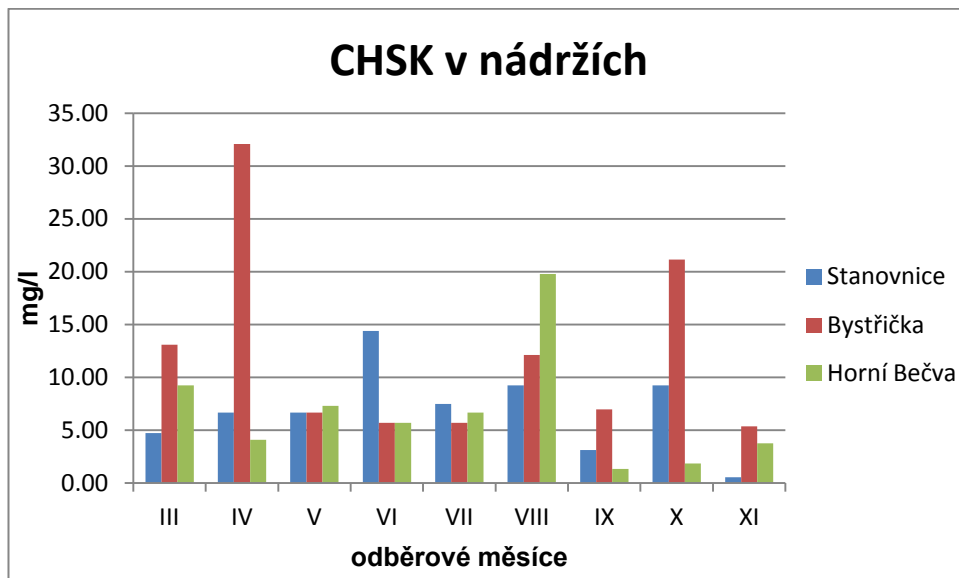
Obr. 13 Graf koncentrace fosforečnanů v nádržích

4.1.4 CHSK

Hodnoty chemické spotřeby kyslíku byly jak na přítocích, tak na přehradách ve většině případů v průběhu roku pod hodnotou 15 mg/l, která dle klasifikace jakosti povrchových vod v rámci tohoto parametru značí I. třídu jakosti („neznečištěná voda“). Dosažení II. třídy jakosti povrchových vod došlo v červnu na nádrži Bystřička, v červenci na Malé Stanovnici a říjnu na přehradě Horní Bečva.



Obr. 14 Graf CHSK v přítocích



Obr. 15 Graf CHSK v nádržích

4.2 Těžké kovy v sedimentech

Naměřené hodnoty těžkých kovů jsou uvedeny v jednotlivých dílčích tabulkách. Hodnoty, které přesáhly limit pro konkrétní těžký kov daný vyhláškou Ministerstva zemědělství č. 257/2009 Sb., o používání sedimentů na zemědělské půdě, jsou zvýrazněny červeně. Hodnoty jsou uvedené jako mg.kg-1 v sušině. Limity jednotlivých těžkých kovů jsou uvedeny v komentářích tabulek. Místa v tabulkách, kde chybí hodnoty z důvodu absence sedimentu k odebrání, jsou označena hvězdičkou. Koncentrace daného prvku, menší než mez detekce přístroje, je označena < symbolem.

Tab. 1 Obsah kadmia ve vzorcích sedimentů

odběrové místo/č.	25. 3. 2014 mg.kg-1	10. 11. 2014 mg.kg-1	průměr
1 Stanovnice	4.1	<0.2	2.2
2 Malá Stanovnice	1.2	<0.2	0.7
3 Velká Stanovnice	3.8	<0.2	2.0
4 Karolinka nádrž	2.5	<0.2	1.4
5 Bystřička nádrž	*	<0.2	<0.2
6 Bystřice	3.6	<0.2	1.9
7 Horní Bečva nádrž	<0.2	<0.2	<0.2
8 Bečva	<0.2	*	<0.2

limit: 1 mg.kg-1

Tab. 2 Obsah chromu ve vzorcích sedimentů

odběrové místo/č.	25. 3. 2014 mg.kg-1	10. 11. 2014 mg.kg-1	průměr
1 Stanovnice	34.4	39.0	36.7
2 Malá Stanovnice	35.2	58.8	47.0
3 Velká Stanovnice	31.8	52.9	42.4
4 Karolinka nádrž	14.5	52.2	33.4
5 Bystřička nádrž	*	5.3	5.3
6 Bystřice	28.3	5.2	16.8
7 Horní Bečva nádrž	33.3	30.7	32.0
8 Bečva	17.3	*	17.3

limit: 200 mg.kg-1

Tab. 3 Obsah mědi ve vzorcích sedimentů

odběrové místo/č.	25. 3. 2014 mg.kg-1	10. 11. 2014 mg.kg-1	průměr
1 Stanovnice	12.7	13.8	13.3
2 Malá Stanovnice	13.7	17.6	15.7
3 Velká Stanovnice	30.3	20.6	25.5
4 Karolinka nádrž	0.5	12.3	6.4
5 Bystřička nádrž	*	<0.1	<0.1
6 Bystřice	10.6	<0.1	5.4
7 Horní Bečva nádrž	19.9	14.6	17.3
8 Bečva	38.3	*	38.3

limit: 100 mg.kg-1

Tab. 4 Obsah niklu ve vzorcích sedimentů

odběrové místo/č.	25. 3. 2014 mg.kg-1	10. 11. 2014 mg.kg-1	průměr
1 Stanovnice	49.1	48.3	48.7
2 Malá Stanovnice	42.8	59.1	51.0
3 Velká Stanovnice	50.0	58.3	54.2
4 Karolinka nádrž	8.9	25.9	17.4
5 Bystřička nádrž	*	4.6	4.6
6 Bystřice	33.8	5.5	19.7
7 Horní Bečva nádrž	27.0	25.6	26.3
8 Bečva	13.1	*	13.1

limit: 80 mg.kg-1

Tab. 5 Obsah olova ve vzorcích sedimentů

odběrové místo/č.	25. 3. 2014 mg.kg-1	10. 11. 2014 mg.kg-1	průměr
1 Stanovnice	9.6	9.3	9.5
2 Malá Stanovnice	9.3	12.2	10.8
3 Velká Stanovnice	13.2	14.1	13.7
4 Karolinka nádrž	7.6	18.1	12.9
5 Bystřička nádrž	*	2.8	2.8
6 Bystřice	12.2	2.8	7.5
7 Horní Bečva nádrž	15.6	9.3	12.5
8 Bečva	10.2	*	10.2

limit: 100 mg.kg-1

Tab. 6 Obsah zinku ve vzorcích sedimentů

odběrové místo/č.	25. 3. 2014 mg.kg-1	10. 11. 2014 mg.kg-1	průměr
1 Stanovnice	64.3	64.8	64.6
2 Malá Stanovnice	58.7	77.8	68.3
3 Velká Stanovnice	75.0	93.4	84.2
4 Karolinka nádrž	45.6	140.0	92.8
5 Bystřička nádrž	*	31.4	31.4
6 Bystřice	59.9	34.7	47.3
7 Horní Bečva nádrž	119.1	86.1	102.6
8 Bečva	91.4	*	91.4

limit: 300 mg.kg-1

4.3. Statistické vyhodnocení dat

Z naměřených, výše uvedených souborů dat, byly ve statistickém programu IBM SSPS otestovány následující hypotézy:

- vliv způsobu využití nádrží na míru znečištění (vodárenské x jiné využití nádrže)
- vliv průtoku na míru znečištění
- vliv místa odebrání vzorku na míru znečištění (přítoky x nádrže)
- korelace koncentrací jednotlivých polutantů mezi sebou

Výsledné hodnoty statistických analýz jsou zvýrazněny červeně.

4.3.1. Analýza dat vzorků vod

V tab. 7 jsou výsledky ANOVA, pomocí které jsem zjišťoval, zda je vztah mezi účelem či využíváním nádrže a jejich znečištěním. V získaných datech tato analýza ukázala, že není signifikantní vztah mezi mírou znečištění nádrží a jejich účelem (nádrž na pitnou vodu vs. rekreační využití).

Tab. 7 Vliv způsobu využití nádrže na míru znečištění

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
NH_1 * Typ	Between Groups (Combined)	.013	1	.013	1.721	.194
	Within Groups	.533	70	.008		
	Total	.546	71			
NNO_1 * Typ	Between Groups (Combined)	.144	1	.144	1.853	.178
	Within Groups	5.439	70	.078		
	Total	5.583	71			
PO4_1 * Typ	Between Groups (Combined)	3.841	1	3.841	.667	.417
	Within Groups	403.306	70	5.762		
	Total	407.147	71			
CHSK_1 * Typ	Between Groups (Combined)	79.399	1	79.399	1.808	.183
	Within Groups	3074.026	70	43.915		
	Total	3153.425	71			

Další analýza (tab. 8) signifikantně prokázala, že průtok má vliv na koncentraci amonných iontů a fosforečnanů v přítocích. A naopak, že chemická spotřeba kyslíku a dusičnany průtokem ovlivněny nebyly.

Tab. 8 Vliv průtoku na koncentraci polutantů

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
NH_1 * Prutok	Between Groups (Combined)	.120	31	.004	4.255	.005
	Within Groups	.011	12	.001		
	Total	.131	43			
NNO_1 * Prutok	Between Groups (Combined)	1.722	31	.056	.706	.789
	Within Groups	.944	12	.079		
	Total	2.666	43			
PO4_1 * Prutok	Between Groups (Combined)	367.160	31	11.844	13.920	.000
	Within Groups	10.210	12	.851		
	Total	377.370	43			
CHSK_1 * Prutok	Between Groups (Combined)	1182.443	31	38.143	.656	.832
	Within Groups	697.369	12	58.114		
	Total	1879.812	43			

Následující analýza testovala, zda měl typ odběrného místa (přítoky vs. nádrže) vliv na CHSK a obsah polutantů. Z analyzovaných dat (tab. 9) vyplývá, že místo odběru vzorků vliv nemá.

Tab. 9 Vliv odběru vzorku z nádrže nebo přítoku na koncentraci polutantů

			Sum of	df	Mean	F	Sig.
			Squares		Square		
NH_1 * Nadrz_reka	Between	(Combined)	.011	1	.011	1.421	.237
	Groups						
	Within Groups		.535	70	.008		
	Total		.546	71			
NNO_1 * Nadrz_reka	Between	(Combined)	.001	1	.001	.014	.906
	Groups						
	Within Groups		5.582	70	.080		
	Total		5.583	71			
PO4_1 * Nadrz_reka	Between	(Combined)	9.677	1	9.677	1.704	.196
	Groups						
	Within Groups		397.471	70	5.678		
	Total		407.147	71			
CHSK_1 * Nadrz_reka	Between	(Combined)	20.208	1	20.208	.451	.504
	Groups						
	Within Groups		3133.217	70	44.760		
	Total		3153.425	71			

Analýza (tab. 10) neparametrickým testem (Spearmanův korelační koeficient), ukázala, že CHSK a jiné sledované parametry nejsou ve významné vzájemné korelaci.

Tab. 10 Vzájemná korelace koncentrací živin a CHSK

	Prutok	NH_1	NNO_1	PO4_1	CHSK_1
Prutok	X	-.101	-.058	.108	-.147
NH_1	-.101	X	.220	-.259	-.126
Spearman's rho NNO_1	-.058	.220	X	.056	.032
PO4_1	.108	-.259	.056	X	.145
CHSK_1	-.147	-.126	.032	.145	X

4.3.2. Analýza dat vzorků sedimentů

Podle této analýzy (tab. 11) má způsob využití nádrže (vodárenské vs. jiné využití) mírný vliv pouze na olovo.

Tab. 11 Vliv způsobu využití nádrže na koncentraci těžkých kovů

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
CD * Typ	Between Groups (Combined)	1.394	1	1.394	2.574	.160
	Within Groups	3.250	6	.542		
	Total	4.644	7			
CR * Typ	Between Groups (Combined)	45768.251	1	45768.251	1.811	.227
	Within Groups	151635.488	6	25272.581		
	Total	197403.739	7			
CU * Typ	Between Groups (Combined)	101.888	1	101.888	1.277	.302
	Within Groups	478.708	6	79.785		
	Total	580.595	7			
NI * Typ	Between Groups (Combined)	96053.445	1	96053.445	2.146	.193
	Within Groups	268545.495	6	44757.583		
	Total	364598.940	7			
PB * Typ	Between Groups (Combined)	148.264	1	148.264	12.492	.012
	Within Groups	71.214	6	11.869		
	Total	219.478	7			
ZN * Typ	Between Groups (Combined)	1898.204	1	1898.204	3.395	.115
	Within Groups	3354.344	6	559.057		
	Total	5252.548	7			

Tato ANOVA (v tab. 12 na další straně) prokázala, že na obsah těžkých kovů nemělo vliv místo odběru, tedy zda byly odebrány v nádržích nebo v jejich přítocích. To znamená, že zatížení těžkými kovy bylo obdobné jak na přítocích, tak i v nádržích.

Tab. 12 Vliv místa odběru (přítoky x nádrže) na obsah těžkých kovů

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
CD * Nadrz_reka	Between Groups (Combined)	.001	1	.001	.002	.968
	Within Groups	4.643	6	.774		
	Total	4.644	7			
CR * Nadrz_reka	Between Groups (Combined)	476.407	1	476.407	.015	.908
	Within Groups	196927.332	6	32821.222		
	Total	197403.739	7			
CU * Nadrz_reka	Between Groups (Combined)	85.160	1	85.160	1.031	.349
	Within Groups	495.436	6	82.573		
	Total	580.595	7			
NI * Nadrz_reka	Between Groups (Combined)	113246.208	1	113246.208	2.703	.151
	Within Groups	251352.732	6	41892.122		
	Total	364598.940	7			
PB * Nadrz_reka	Between Groups (Combined)	.316	1	.316	.009	.929
	Within Groups	219.162	6	36.527		
	Total	219.478	7			
ZN * Nadrz_reka	Between Groups (Combined)	1031.771	1	1031.771	1.467	.271
	Within Groups	4220.777	6	703.463		
	Total	5252.548	7			

Korelace v (tab. 13) ukazuje, že v datech ze získaných vzorků je silná kladná závislost mezi koncentrací mědi a niklu, průměrně kladná závislost mezi koncentrací olova a mědi a průměrná kladná závislost mezi koncentrací olova a niklu.

Tab. 13 Korelace těžkých kovů

	CD	CR	CU	NI	PB	ZN	
Spearman's rho	CD	X	.330	-.165	.190	.089	.406
	CR	.330	X	-.024	.310	.357	-.357
	CU	-.165	-.024	X	.810	.595	.429
	NI	.190	.310	.810	X	.571	.310
	PB	.089	.357	.595	.571	X	.476
	ZN	.406	-.357	.429	.310	.476	X

5. Diskuze

5.1 Vyhodnocení kvality vody v nádržích a jejich přítocích z hlediska obsahu živin

Vyšší koncentrace amoniaku v jarním a podzimním období dokládá zvýšenou zátěž organickými dusíkatými látkami živočišného a rostlinného původu (proteiny, aminokyseliny, atd.; Pitter 2009). To mohlo být způsobeno např. únikem splaškových vod, nebo kontaminací povrchového odtoku srážek při prudších deštích odpadem ze soukromé zemědělské produkce. Nebo zde ještě může být souvislost s nahromaděným rostlinným materiálem např. listovým opadem, jeho rozkladem s následným uvolněním živin, při vyšším průtoku (Barry et al 1989). V případě, že by se jednalo o amoniakální dusík anorganického původu, mohl by být zdrojem splach z polí, pokud by se na jaře a na podzim aplikovala dusíkatá hnojiva.

Naopak snížení koncentrace amonných iontů až pod mez jejich detekce v červnu až září (obr. 8 a 9) byl zřejmě zapříčiněn vyčerpáním výše uvedeného znečištění v předchozím období, které rozkládají amonifikační bakterie. Jako primární produkt tohoto rozkladu jsou právě amonné ionty (Ward 1996). Následně byly pravděpodobně ionty amoniaku spotřebovány při procesu nitrifikace (Focht & Verstraete 1977) nitrifikačními organismy ve vodě s dostatkem kyslíku. Což dokládá i graf znázorňující zvýšenou chemickou spotřebu kyslíku ve stejném období (obr. 12 a 13). To vysvětluje zvýšené koncentrace dusičnanů v období července až října (obr. 10 a 11) Přesto však nebyla při statistické analýze zkoumaných dat signifikantně prokázána korelace těchto dvou forem dusíku (viz tab. 9). Avšak pro přesnější určení mikrobiálního oživení ve zkoumaných vodách by bylo zapotřebí mikrobiologických rozborů, které nebyly předmětem výzkumu této práce.

Je nutné zmínit, že použitá klasická metoda pro stanovení amoniakálního dusíku, tzv. „Nesslerova“ metoda, není zcela optimální pro jeho stanovení v přírodních vodách. Produktem reakce amoniakálního dusíku s Nesslerovým činidlem je totiž jodid oximerkuriamidu, který má stejnou absorpční schopnost světla při stejné vlnové délce jako

humínové kyseliny, které se v přírodních vodách vyskytují. Je tedy možné, že výsledky této analýzy byly zatíženy pozitivní chybou (Horáková et al. 2007).

Všechny látky zkoumané ve vodách však nebyly nikdy zjištěny v koncentracích, které by znamenaly trvalou hrozbu pro účel jejich dosavadního využívání. Nadlimitní koncentrace živin v některých měsících, či přechodně zvýšené zatížení polutanty však jsou varovným signálem ukazujícím na nutnost intenzivnějšího monitoringu nejen těchto látek.

5.2 Zatížení sedimentů nádrží a jejich přítoků těžkými kovy

Nejvýznamnějším zjištěním v rámci analýzy těžkých kovů byly nadlimitní koncentrace kadmia ve vzorcích sedimentů odebraných 25. 3. 2014 na nádržích i přítocích vodních nádrží Bystřička a Stanovnice. Přirozené pozadí kadmia je v sedimentech průměrně $0,35 \text{ mg.kg}^{-1}$ v sušině, nejvíce pak v jílovitých sedimentech, $0,8 \text{ mg.kg}^{-1}$ (Beneš & Pabijánová 1987). Data z odebraných vzorků však byla až čtyřnásobně vyšší (viz výsledky). Sedimenty z těchto zmiňovaných nádrží, ve kterých je koncentrace kadmia vyšší, než je stanovený limit vyhláškou č. 257/2009 Sb., nemohou být při případném odbahnění nebo pravidelném čištění lapačů splavenin použity na zemědělské půdě. Pro těžké kovy v sedimentech není zatím stanovený žádný jiný legislativní limit, s kterým by bylo možné zjištěné zatížení těžkými kovy porovnat, také proto byl použit limit uvedený ve vyhlášce výše.

Kadmium se do vody a tedy následně i do sedimentů může dostat z půdy. Průměrný obsah v sušině nekontaminované půdy je $0,01-1,1 \text{ mg.kg}^{-1}$. Do půdy se dostává buď přirozeně z matečných hornin a minerálů např. sfalerit či kalamín, nebo s přidanými hnojivy či fungicidy s obsahem kadmia (IRZ 2015). Běžný obsah kadmia v půdě je maximálně $1,5 \text{ mg.kg}^{-1}$ (Beneš & Pabijánová 1987). V povodí studovaných nádrží se však nevyskytují horniny ani minerály se zvýšeným obsahem kadmia (cf. Menčík et al. 1983). Současně zemědělská činnost zde není zdaleka natolik rozsáhlá a intenzifikovaná, aby jí bylo možné zvýšené koncentrace kadmia vysvětlit. Jeho původ z podloží nebo zemědělské činnosti lze tedy vyloučit.

Kadmium se do prostředí dostává také při jeho těžbě a zpracování. Významné koncentrace se nacházejí i v ovzduší, kam se dostává buď přirozeně, např. při sopečné činnosti, nebo antropogenně při spalování fosilních paliv a odpadů. Lidskou činností se uvolňuje přibližně 8x více kadmia než přírodními procesy (IRZ 2015). Právě spalování fosilních paliv a odpadů a následná atmosférická depozice je pravděpodobně zodpovědná za zvýšené jarní koncentrace kadmia v sedimentech nádrží i přítoků Bystřičky a Stanovnice.

Při spalování látek obsahujících kadmium se tento prvek silně váže na emitovaný popílek, ten perzistuje v atmosféře i déle než týden a je tedy schopen dálkového transportu (IRZ 2015). Podíl kadmia tvoří až z 95 % frakce polétavého prachu PM_{2,5}, částic menších než 2,5 μm (Kazmarová 2013). Tyto částice fungují jako kondenzační jádra pro vzdušnou vlhkost za vzniku vertikálních srážek (Vysoudil 2004). V teplém období mají srážky dešťový charakter a případné znečištění je pod mezí detekce, či jsou hodnoty v mezích stanovených limitů. V zimních měsících se tyto srážky, s obsahem popílků s těžkými kovy, hromadí v podobě sněhu na ploše povodí (Beneš 1993). Při rozpuštění sněhu se tyto částice hromadně dostanou do vody a následně usazováním do sedimentů. S nárazovým znečištěním, po tání sněhu, se VN Stanovnice potýká dlouhodobě (Korabík & Orság 2009).

Vysvětlení původu kadmia prostřednictvím atmosférické depozice je však poněkud v nesouladu s jeho absencí v zaznamenaných koncentracích na odběrných místech VN Horní Bečva. Důvodem nicméně může být přirozené přesouvání sedimentů, kdy sedimenty s vyšším obsahem kadmia již nebyly na odběrových místech přítomny, nebo místní orograficko-meteorologické podmínky, kdy mohlo docházet k depozici kadmiiem kontaminovaných srážek převážně mimo povodí.

Zatížení ostatními těžkými kovy bylo pod ve vyhlášce č. 257/2009 Sb. uváděným limitem. Hranici se nejbližně přiblížil obsah niklu, dosahoval až 75 % limitu. V nádržích Stanovnice, Bystřička a jejich přítocích byly zjištěny vyšší koncentrace kadmia, než v nádrži Horní Bečva. To odkazuje na fakt, že se kadmium a nikl obvykle vyskytují v antropogenním zatížení společně. Tato korelace se však v získaných datech nepotvrdila. Naopak byla zjištěna silná, kladná korelace niklu a mědi (tab. 13).

Pro zjištění možné stratifikace sedimentů v nádrži by bylo vhodné instalovat v nádržích vertikálně jednoduché lapače sedimentů z PET lahví. Zavěšené pod sebou v

přesných intervalech a při několikerém opakování by tyto lapače mohly přinést zajímavé informace o prostorovém i časovém vývoji sedimentů a jejich kontaminace těžkými kovy. Tato zařízení jsem již navrhl (viz příloha 10). Nicméně můj pokus o realizaci těchto "sedimentačních pastí" narazil na řadu překážek.

5.3 Statistické analýzy

Statistické zhodnocení dat ukázalo, že přesto že VN Stanovnice slouží jako zdroj pro úpravu pitné vody, můžou zde být koncentrace zjišťovaných látek stejné nebo i vyšší (např. olovo), než u zbylých dvou nádrží. Dále, že průtok kladně ovlivňuje koncentrace amoniakálního dusíku a fosforečnanů ve vodě. Z čehož vyplývá, že tyto látky byly do vody splachovány z plošného zdroje. V provedených analýzách se také neprojevil přirozený kumulační efekt nádrží, takže v získaných datech byla koncentrace potencionálně znečišťujících látek podobná, jak v nádržích, tak v přítocích.

Pro robustnější statistické analýzy s vyšší vypovídající hodnotou a možností obecného vztažení výsledků (Lepš 1996) by bylo nutné odebírat a vyhodnocovat vzorky v častějších intervalech, na více nádržích. Dále pro lepší reprezentativnost vzorků sedimentů bych doporučil jejich odběr v místě trvalé akumulace na dně nádrží potápěči.

5.4 Vodohospodářská doporučení

V nádržích Bystřička a Horní Bečva se neprokázaly výrazně větší vyšší koncentrace škodlivých látek než v nádrži Stanovnice. A i přes zatížení živinami by šlo, při extremizaci klimatických podmínek (Kalff 2002), uvažovat o Bystřičce a Horní Bečvě jako o budoucím, možném zdroji surové vody pro její úpravu na pitnou, byť za zvýšení nákladů na její čištění. Také by tuto vodu bylo možné využít jako technickou vodu tam kde není nezbytná voda pitná (zalévání, napouštění bazénů, splachování toalet, mytí aut, etc.).

6. Závěr

Předložená diplomová práce se zabývá znečištěním vybraných nádrží. Porovnává mezi sebou vodní nádrž Stanovnici, jejímž hlavním účelem je vodárenský zdroj, s nádržemi Bystřička a Horní Bečva, které slouží převážně k rekreaci. V povodí těchto nádrží se nachází potenciální zdroje znečištění, které mohou negativně ovlivnit kvalitu vody. Tato práce zjišťuje výskyt a koncentraci vybraných látek a konfrontuje je s účelem nádrží, přítoky a jejich průtokem.

Výzkum probíhal od března do listopadu 2014. V každém měsíci se uskutečnil odběr vody z jednotlivých nádrží a jejich hlavních přítoků. V březnu a v listopadu byl také proveden odběr vzorků sedimentů. Vzorky byly analyzovány v laboratoři. Následně byly vyhodnocovány a převedeny do grafických výstupů a statisticky analyzovány. Ve vodách byly sledovány tyto ukazatele: NH^{4+} , NO^{3-} , PO^{4+} , CHSK, v sedimentech byly zjišťovány koncentrace těchto těžkých kovů: Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn.

V rámci výzkumu byla zjištěna sezónní dynamika amonných iontů jak v nádržích, tak v přítocích. U dusičnanového dusíku byly hodnoty, vyjma překročení v červenci a říjnu, v I. třídě pro jakost povrchových vod. Ve sledovaných vodách bylo zjištěno nárazové výrazné zatížení fosforečnanů. Chemická spotřeba kyslíku se pohybovala v první, ojediněle druhé třídě pro jakost povrchových vod. Ze zjišťovaných těžkých kovů překročilo limit pro použití sedimentů na zemědělské půdě pouze kadmium. Limit byl překročen více než čtyřnásobně, v průměru pak více než dvojnásobně.

Ze statistického zhodnocení získaných dat vyplynulo, že není signifikantní vliv účelu nádrže na míru znečištění zjišťovanými polutanty. Dále, že průtok kladně ovlivňuje koncentraci amonných a fosforečnanů. Také bylo zjištěno, že se v míře znečištění neliší přítoky a nádrže. Taktéž koncentrace živin ve vodách, či hodnota CHSK vzájemně neovlivňují svou koncentraci. Naproti tomu byla zjištěna silná kladná závislost koncentrací mědi a niklu, průměrně kladná závislost mezi koncentrací olova a mědi a průměrná kladná závislost mezi koncentrací olova a niklu.

Na základě získaných dat je možné říci, že znečištění, jakost vod a míra antropogenního vlivu v povodí těchto nádrží je signifikantní a si zaslouží další pozorování a případně i další ještě komplexnější a dlouhodobější výzkum. Jelikož je z těchto údajů patrný antropogenní vliv, bylo by dobré ho v povodí zkoumaných nádrží dále zkoumat a ošetřit tak, aby nádrže mohly dál plnit svou funkci, při udržení, nebo zlepšení kvality vod v nich.

Použitá literatura

- Ball P. 1999. Life's Matrix: A Biography of Water. New York: Farrar Straus at Giroux. 272 s.
- Bencko V, Cikrt M, Lener J. 1995. Toxické kovy v životním a pracovním prostředí člověka. 2. vydání. Praha: Grada. 282 s.
- Beneš S. 1993. Obsahy a bilance prvků ve sférách životního prostředí. Praha: Ministerstvo zemědělství. 88 s.
- Beneš S, Pabianová J. 1987. Přirozené obsahy, distribuce a klasifikace prvků v půdách. Praha: Vysoká škola zemědělská. 205 s.
- [ČGS] Česká geologická služba. 2015. Půdní mapa České republiky 1:50000. [citováno 17. 3. 2015]. Dostupný z: <http://mapy.geology.cz/pudy/>
- Focht DD, Verstraete W. 1977. Biochemical Ecology of Nitrification and Denitrification. *Advances in Microbial Ecology* 1: 135–214.
- HACH. 1991–1993. Water analysis handbook. 5. vydání. Loveland: HACH Company. 652 s.
- Heřčík M. 2009. Životní prostředí základy environmentalistiky. 1. vydání. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava. 150 s.
- Horáková M, Lischke P, Grünwald A. 1989. Chemické a fyzikální metody analýzy vod. 2. vydání. Praha: Nakladatelství technické literatury. 389 s.
- Horáková M, Janda V, Koller J, Kollerová L', Palatý J, Koubíková J, Pokorná D, Kujalová H, Schejbal P, Smrčková Š, Strnadová N, Sýkora V. 2007. Analytika vody. 2. vydání. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická. 335 s.

- Horne AJ, Goldman CR. 1994. *Limnology*. 2. vydání. New York: McGraw-Hill. 576 s.
- Chapin FS, Matson PA, Vitousek PM. 2011. *Principles of terrestrial ecosystem ecology*. New York: Springer. 529 s.
- IBM Corp., 2011. *IBM SPSS Statistics for Windows, Version 20.0*. Armonk, New York: IBM Corp.
- [IRZ] Integrovaný registr znečištění. 2015. Kadmium a jeho sloučeniny (jako Cd). [citováno 14. 7. 2015]. Dostupný z: http://irz.cz/repository/latky/kadmium_a_jeho_slouceniny.pdf
- [ISSaR] Informační systém statistiky a reportingu. 2014. Je využívání vody v ČR udržitelné s ohledem na zachování dostupnosti zdrojů vody i do budoucna? [citováno 27. 2. 2015]. Dostupný z: <http://issar.cenia.cz/issar/page.php?id=1573>
- Kalff J. 2002. *Limnology: inland water ecosystems*. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall. 592 s.
- Kazmarová H, Kotlík B, Lustigová M, Mikešová M, Puklová V, Velická H, Vrbíková V, Hrušková H, Mocová M. 2014. Zdravotní důsledky a rizika znečištění ovzduší. Odborná zpráva za rok 2013. Praha: Státní zdravotní ústav. 137 pp.
- Kopáček J, Hejzlar J. 1998. Water chemistry of surface tributaries to the acidified mountain lakes in the Bohemian Forest. *Silva Gabreta* 2: 175–197.
- Korabík M. 2001. *Provozní řády úpraven vody*. Vsetín: Vodovody a kanalizace Vsetín, a. s. 32 s.
- Korabík M, Orság L. 2009. Historie vodárenské nádrže Stanovnice a úpravny vody Karolinka: Soustava a Fenomén II. *Sborník Voda Zlín 2009*: 59–64.
- Korsour D. 2010. Vodní nádrže ve správě Povodí Moravy. Zhoršuje se kvalita vody i zákona. *Veronica* 3/2010: 5.

- Lepš J. 1996. Biostatistika. České Budějovice: Jihočeská univerzita. 166 s.
- Menčík E, Adamová M, Dvořák J, Dudek A, Jetel J, Jurková A, Hanzlíková E, Honša V, Peslová H, Rybářová L, Šmíd B, Šebesta J, Tyráček J, Vašíček Z. 1983. Geologie Moravskoslezských Beskyd a Podbeskydské pahorkatiny. Praha: Československá akademie věd. 307 s.
- [MZe] Ministerstvo zemědělství. 2007. Plán hlavních povodí České republiky schválený usnesením vlády České republiky ze dne 23. května 2007 č. 562.
- Pitter P. 2009. Hydrochemie. 4. vydání. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická. 592 s.
- [PMO] Povodí Moravy. 2015. VD Bystřička. [citováno 15. 3. 2015]. Dostupný z: <http://www.pmo.cz/cz/uzitecne/vodni-dila/bystricka/>
- Postel S. 2000. Entering an era of water scarcity: The challenges ahead. *Ecological Applications*. 10: 941–948
- Smol JP. 2002. Pollution of lakes and rivers: a paleoenvironmental perspective. London: Arnold. 280 s.
- Taylor BR, Parkinson D, Parsons WFJ. 1989. Nitrogen and Lignin Content as Predictors of Litter Decay Rates: A Microcosm Test. *Ecology* 70: 97–104.
- Válek J. 1995. Nádrž Stanovnice a úpravna vody Karolinka: Soustava a fenomén. Sborník Pitná voda z údolních nádrží, Tábor: 361–366.
- Válek J, Janík V, Dolanský J. 1997. Nádrž Stanovnice a úpravna vody Karolinka za povodně. *Sovak6/10*: 9–13.
- Válek J, Daniš P. 1999. Makrozoobentos v povodí Stanovnice. Sborník Aktuální otázky vodárenské biologie, Praha: 158–162.

Viessman W, Hammer MJ, Perez EM, Chadik PA. 2009. Water supply and pollution control. 8. vydání. USA: Pearson international edition. 861 s.

Vysoudil M. 2004. Meteorologie a klimatologie. Olomouc: Univerzita Palackého. 281 s.

Ward BB. 1996. Nitrification and ammonification in aquatic systems. Life Support & Biosphere Science: International Journal of Earth Space 3(1-2): 25–29.

Wetzel RG. 2001. Limnology: lake and river ecosystems. 3. vydání. San Diego: Academic Press. 1006 s.

Legislativní předpisy a normy

Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 257/2009 Sb., o používání sedimentů na zemědělské půdě

ČSN 75 7221. Jakost vod. Klasifikace jakosti povrchových vod.

Přílohy

Hodnoty v tabulkách označené symbolem < byly pod mezí detekce příslušného přístroje.

Příloha 1 Souhrnné hodnoty z odběrového dne 25. 3. 2014

odběrové místo č.	NH_4^+ mg/l	N-NO_3^- mg/l	PO_4^{3-} mg/l	CHSK mg/l	Průtok m^3/s
1 Stanovnice	0.56	0.90	0.23	3.12	0.15
2 Malá Stanovnice	0.64	0.80	0.27	4.09	0.02
3 Velká Stanovnice	0.67	1.00	0.14	<1.00	0.13
4 Karolinka nádrž	1.01	1.00	0.22	4.73	-
5 Bystřička nádrž	1.30	1.50	0.24	13.10	-
6 Bystřice	0.65	1.10	0.47	6.35	0.32
7 Horní Bečva nádrž	0.55	1.10	0.29	9.24	-
8 Bečva	0.78	0.30	0.10	5.05	0.21

Příloha 2 Souhrnné hodnoty z odběrového dne 24. 4. 2014

odběrové místo č.	NH_4^+ mg/l	N-NO_3^- mg/l	PO_4^{3-} mg/l	CHSK mg/l	Průtok m^3/s
1 Stanovnice	0.45	0.90	1.38	<1.00	0.12
2 Malá Stanovnice	<0.02	2.00	0.29	11.49	0.01
3 Velká Stanovnice	<0.02	0.70	0.22	25.96	0.11
4 Karolinka nádrž	<0.02	0.30	0.14	6.66	-
5 Bystřička nádrž	0.45	0.50	0.21	32.08	-
6 Bystřice	<0.02	0.90	0.31	22.43	0.86
7 Horní Bečva nádrž	<0.02	0.30	0.25	4.09	-
8 Bečva	<0.02	0.40	0.24	5.70	0.34

Příloha 3 Souhrnné hodnoty z odběrového dne 24. 5. 2014

odběrové místo č.	NH_4^+ mg/l	N-NO_3^- mg/l	PO_4^{3-} mg/l	CHSK mg/l	Průtok m^3/s
1 Stanovnice	0.86	0.80	0.28	3.12	0.12
2 Malá Stanovnice	1.39	1.00	0.46	5.05	0.02
3 Velká Stanovnice	0.47	0.60	0.25	5.05	0.10
4 Karolinka nádrž	0.57	1.10	0.39	6.66	-
5 Bystřička nádrž	3.27	1.80	0.52	6.66	-
6 Bystřice	2.00	1.10	0.58	6.98	0.32
7 Horní Bečva nádrž	6.24	0.70	0.77	7.31	-
8 Bečva	2.00	1.10	0.54	13.10	0.18

Příloha 4 Souhrnné hodnoty z odběrového dne 17. 6. 2014

odběrové místo č.	NH_4^+ mg/l	N-NO_3^- mg/l	PO_4^{3-} mg/l	CHSK mg/l	Průtok m^3/s
1 Stanovnice	<0.02	0.60	0.19	<1.00	0.90
2 Malá Stanovnice	<0.02	1.10	0.51	3.12	0.30
3 Velká Stanovnice	<0.02	0.70	0.29	9.23	0.60
4 Karolinka nádrž	<0.02	0.90	0.50	14.38	-
5 Bystřička nádrž	<0.02	0.90	1.67	5.70	-
6 Bystřice	<0.02	1.20	0.36	3.45	0.09
7 Horní Bečva nádrž	<0.02	0.80	0.60	5.70	-
8 Bečva	<0.02	0.70	0.37	6.66	0.70

Příloha 5 Souhrnné hodnoty z odběrového dne 16.7.2014

odběrové místo č.	NH_4^+ mg/l	N-NO_3^- mg/l	PO_4^{3-} mg/l	CHSK mg/l	Průtok m^3/s
1 Stanovnice	<0.02	3.00	0.54	5.70	0.82
2 Malá Stanovnice	<0.02	3.60	3.90	6.99	0.24
3 Velká Stanovnice	<0.02	3.80	0.30	7.49	0.58
4 Karolinka nádrž	<0.02	0.90	0.16	7.49	-
5 Bystřička nádrž	<0.02	1.00	0.09	5.70	-
6 Bystřice	<0.02	2.60	0.17	21.44	0.32
7 Horní Bečva nádrž	<0.02	4.20	0.17	6.66	-
8 Bečva	<0.02	2.60	0.13	9.55	0.82

Příloha 6 Souhrnné hodnoty z odběrového dne 29.8.2014

odběrové místo č.	NH_4^+ mg/l	N-NO_3^- mg/l	PO_4^{3-} mg/l	CHSK mg/l	Průtok m^3/s
1 Stanovnice	<0.02	1.60	0.20	10.52	0.39
2 Malá Stanovnice	<0.02	1.50	0.19	14.07	0.40
3 Velká Stanovnice	<0.02	1.30	0.21	14.07	0.35
4 Karolinka nádrž	0.44	0.70	0.32	9.26	-
5 Bystřička nádrž	0.57	1.00	0.58	12.13	-
6 Bystřice	0.43	1.20	0.48	11.86	0.70
7 Horní Bečva nádrž	0.37	1.40	0.90	19.80	-
8 Bečva	0.42	0.90	0.44	7.62	0.36

Příloha 7 Souhrnné hodnoty z odběrového dne 17.9.2014

odběrové místo č.	NH_4^+ mg/l	N-NO_3^- mg/l	PO_4^{3-} mg/l	CHSK mg/l	Průtok m^3/s
1 Stanovnice	<0.02	1.00	0.04	2.81	0.58
2 Malá Stanovnice	<0.02	1.40	0.18	<1.00	0.30
3 Velká Stanovnice	<0.02	1.10	0.11	1.84	0.55
4 Karolinka nádrž	<0.02	0.60	0.08	3.12	-
5 Bystřička nádrž	<0.02	1.70	0.60	6.99	-
6 Bystřice	<0.02	1.80	0.21	<1.00	1.38
7 Horní Bečva nádrž	<0.02	1.00	0.20	1.34	-
8 Bečva	<0.02	0.70	0.05	7.31	0.72

Příloha 8 Souhrnné hodnoty z odběrového dne 20.10.2014

odběrové místo č.	NH_4^+ mg/l	N-NO_3^- mg/l	PO_4^{3-} mg/l	CHSK mg/l	Průtok m^3/s
1 Stanovnice	0.30	5.00	0.08	9.55	0.10
2 Malá Stanovnice	0.34	8.00	0.07	2.15	0.01
3 Velká Stanovnice	0.32	4.00	0.06	26.85	0.09
4 Karolinka nádrž	0.35	6.00	0.05	9.26	-
5 Bystřička nádrž	0.43	1.20	0.07	21.14	-
6 Bystřice	0.33	1.10	0.25	7.62	0.32
7 Horní Bečva nádrž	0.50	3.00	2.60	1.84	-
8 Bečva	0.55	0.80	0.08	3.12	0.12

Příloha 9 Souhrnné hodnoty z odběrového dne 10.11.2014

odběrové místo č.	NH_4^+ mg/l	N-NO_3^- mg/l	PO_4^{3-} mg/l	CHSK mg/l	Průtok m^3/s
1 Stanovnice	0.22	1.70	0.10	<1.0	0.53
2 Malá Stanovnice	0.45	1.60	0.68	4.08	0.07
3 Velká Stanovnice	0.40	1.80	0.08	4.74	0.46
4 Karolinka nádrž	0.22	1.00	0.07	<1.0	-
5 Bystřička nádrž	0.63	3.00	0.41	5.38	-
6 Bystřice	0.58	2.50	0.47	<1.0	-
7 Horní Bečva nádrž	0.68	1.60	0.34	3.77	-
8 Bečva	0.53	1.20	0.64	13.10	0.44

Příloha 10 design "sedimentační pasti"



Příloha 11 odběrové místo č. Velká stanovnice Stanovnice



Příloha 12 odběrové místo Malá Stanovnice



Příloha 113 tabulka čísla a názvu odběrových míst

Číslo a název odběrného místa

- 1 Stanovnice**
 - 2 Malá Stanovnice**
 - 3 velká Stanovnice**
 - 4 Karolinka nádrž**
 - 5 Bystřička nádrž**
 - 6 Bystřice**
 - 7 Horní Bečva nádrž**
 - 8 Bečva**
-