

ZMĚNY KVALITY POVRCHOVÝCH VOD VE VZTAHU K VYUŽÍVÁNÍ OKOLNÍ KRAJINY

Changes in surface water quality in relation to the use of the surrounding landscape

Adéla TURKOVÁ¹ – Jiří TŮMA¹

¹ Katedra biologie, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Hradec Králové
e-mail: turkova.adela@seznam.cz

Výzkum probíhal ve spolupráci s Povodí Labe, s. p. v období od 27. 11. 2011 do 26. 08. 2012. Hlavním cílem bylo vyhodnotit vliv aglomerací, intenzivního zemědělství a lesních porostů na kvalitu vody v Malostranském potoku, který se nachází severně od Hradce Králové. Nejdříve byla vyhodnocena starší data získaná od roku 2001 a stanoveny vybrané ukazatele kvality vod pro analýzy v roce 2011–2012. Byly sledovány následující parametry: BSK₅, CHSK_{Cp}, pH, elektrolytická vodivost, přítomnost koliformních, fekálních bakterií a intestinálních enterokoků dále TOC, Cl⁻, SO₄²⁻, N-NH₄⁺, N-NO₃⁻, N-NO₂⁻, N_{celk.}[?], PO₄³⁻, P_{celk.}[?] rozpuštěných a nerozpuštěných látek.

Úvod

Voda transportuje živiny, ale zúčastňuje se rovněž zprostředkování pohybu škodlivin v rámci různých ekosystémů. Důsledkem je, že může dojít ke kumulaci – nahromadění škodliviny v některé ze součástí životního prostředí. Znečištění vod je způsobováno chemickými látkami anorganického charakteru, hlavně těžkými kovy, nebo látkami organickými.

Hlavním typem znečištění vod v našich podmínkách je eutrofizace (znečištění vod nadměrným obsahem živin, především sloučenin dusíku a fosforu), která způsobuje zvýšenou produkci řas a sinic. Odpadní vody splaškové mohou být znečištěny mikrobiálně. Významnou měrou se na znečištění vod podílí také zemědělská výroba (HLADNÝ et NĚMEC 2006).

Podíl zemědělsky využívané půdy na území ČR tvoří velmi významnou část rozlohy naší země – celkem 54 %. Nepříznivé efekty zemědělství na podzemní a povrchové vody jsou do značné míry způsobeny erozí a vyplavováním látek. Cesta do vodních toků je tomuto znečištění na mnoha místech zcela otevřená, jelikož zde chybí přirozené bariéry, jako jsou meze a remízky na polích a přiběžní porost vegetace podél toků, které fungují jako velmi účinné filtry (ŠARAPATKA et ZÍDEK 2005).

Hlavním cílem této práce bylo vyhodnotit vliv okolní krajiny na kvalitu vody v Malostranském potoce. Ve spolupráci s Povodím Labe, s. p. bylo vybráno 5 profilů, na kterých byly stanoveny tyto ukazatele kvality vody – BSK₅, CHSK_{Cp}, pH, elektrolytická vodivost, přítomnost koliformních, fekálních bakterií a intestinálních enterokoků dále obsah celkového organického uhlíku (dále jen TOC), Cl⁻, SO₄²⁻, N-NH₄⁺, N-NO₃⁻, N-NO₂⁻, N_{celk.}[?], PO₄³⁻, P_{celk.}[?] rozpuštěných a nerozpuštěných látek. Malostranský potok byl vybrán záměrně z důvodu, že jeho tok je a vždy byl značně ovlivňován člověkem. Jedinou výjimkou v jinak převážně zemědělské krajině tvoří biocentrum Kaltouz, což je území tvořené vysokým podílem zachovalých lesních porostů (dubohabřiny, luhy) a bohatým bylinným podrostem.

Materiál a metodika

Hlavní náplní této práce bylo provést měření a odebrat vzorky z 5 vybraných profilů (Tab. 1) v období 27. 11. 2011, 15. 4. 2012, 24. 6. 2012 a 26. 8. 2012. Stanovení odebraných vzorků bylo provedeno Povodím Labe, s. p. Hlavními sledovanými ukazateli jakosti vody byly BSK₅, CHSK_{Cr}, pH, elektrolytická vodivost, přítomnost koliformních, fekálních bakterií a intestinálních enterokoků dále obsah TOC, Cl⁻, SO₄²⁻, N-NH₄⁺, N-NO₃⁻, N-NO₂⁻, N_{celk.}, PO₄³⁻, P_{celk.}, rozpuštěných a nerozpuštěných látek.

Tab. 1: Lokalizace měřených profilů.

Tab. 1: Localization of measured profiles.

číslo měřeného profilu	měřený profil	tok	GPS souřadnice N	GPS souřadnice E
1	Před Výravou	Malostranský potok	50°15'46.451"	15°57'40.047"
2	Libřice	Malostranský potok	50°16'27.945"	15°57'34.009"
3	Kaltouz	Malostranský potok	50°17'1.627"	15°55'57.261"
4	Za Hublěsí	Malostranský potok	50°17'7.620"	15°53'41.140"
5	Skalice	Malostranský potok	50°16'49.836"	15°51'46.819"

Odběry byly provedeny do třech různých typů vzorkovnic. Klasická analytika byla odebrána do plastových vzorkovnic. Vzorky na stanovení TOC (celkový organický uhlík) a mikrobiologii byly odebrány do skleněných vzorkovnic se zábrusovým uzávěrem. Odběr na stanovení TOC se prováděl pod hladinou, kdy se vzorkovnice plnila zcela a nesměla být přítomna žádná vzduchová bublina, vzorkovnice na mikrobiologii se plnily vodou pouze do ¾. K měření pH a teploty byl použit přístroj – mobilní pHmetr s teploměrem značky HANNA INSTRUMENTS.

Výsledky a diskuze

Tato sekce je zaměřena pouze na některé vybrané ukazatele, u kterých byl patrný vliv okolní krajiny na kvalitu vody v Malostranském potoce (dusičnany, fosforečnany a intestinální enterokoky).

Dusičnany

Převážná část dusičnanů v přírodních vodách je antropogenního původu. Vznikají např. při nitrifikaci amoniaku nebo se do vod dostávají splachy ze zemědělské půdy a s různými odpadními vodami (GRÜNWARD 1999). Podle STRAŠKRABOVÉ (1995) je zvyšování koncentrace dusičnanu převážně spojeno s vyšším hnojením zemědělské půdy v blízkosti toku, ale upozorňuje také na to, že závisí na meteorologických podmínkách, kdy v suchých letech jsou koncentrace dusičnanů nižší než v letech s vyššími srážkami.

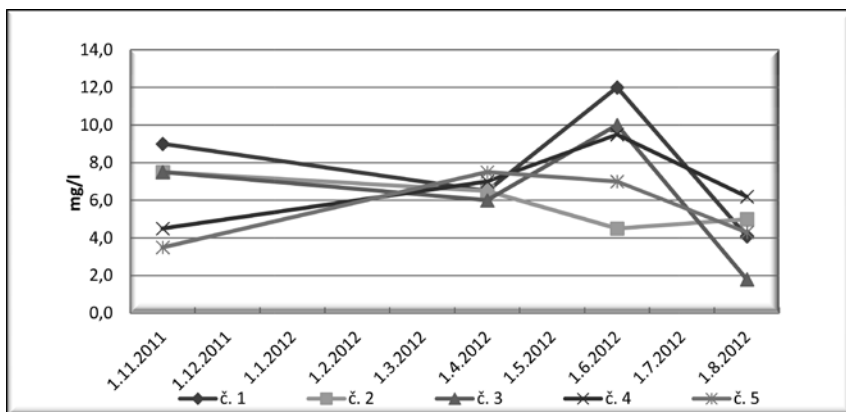
V grafu 2 je patrné, že od roku 2004 lze pozorovat pravidelné změny obsahu dusíku během roku, kdy nejvyšší hodnoty jsou téměř vždy naměřeny na jaře, což se ztotožňuje s prací KVITKA et DOLEŽALA (2003), kteří tento jev vysvětlují tím, že kolísání koncentrace nenavazuje bezprostředně na období aplikace minerálních hnojiv, živiny se v půdě během podzimu a zimy hromadí a jsou vyplavovány až při zrychlení průsaku vody, které nastává v době tání a bezprostředně po tání sněhu.

Na základě kvalifikace jakosti povrchových vod dle ČSN75 7221 lze kvalitu vody v Malostranském potoce dle našeho měření zařadit do 1. až 3. třídy jakosti vod. Nejvyšší hodnoty byly naměřeny v období 24. 6. 2012 na 1. a 3. měřeném profilu (před Výravou, Kaltouz) viz. graf 1.

Tab. 2: Obsah dusičnanů $N-NO_3^-$.

Tab. 2: The values of nitrate $N-NO_3^-$.

N-NO ₃ ⁻ (mg/l)					
měřený profil	27. 11. 2011	15. 4. 2012	24. 6. 2012	26. 8. 2012	Průměr/ Average
č. 1	9,0	6,5	12,0	4,1	7,9
č. 2	7,5	6,5	4,5	5,0	5,9
č. 3	7,5	6,0	10,0	1,8	6,3
č. 4	4,5	7,0	9,5	6,2	6,8
č. 5	3,5	7,5	7,0	4,3	5,6



Obr. 1: Obsah dusičnanů na jednotlivých profilech.

Fig. 1: The measured values of nitrate in the individual profiles.

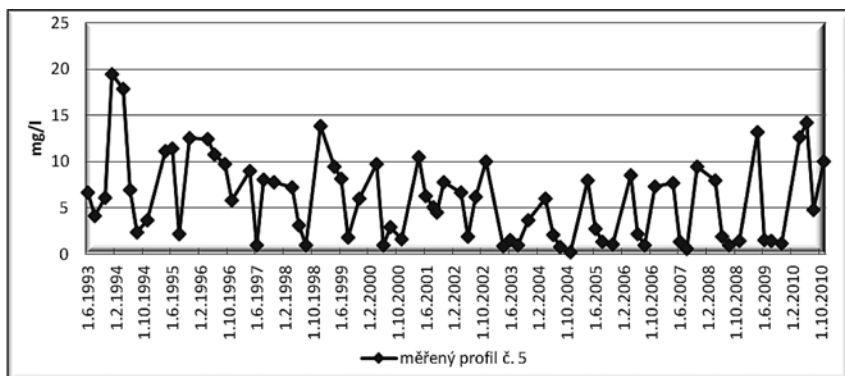
Tab. 3: Obsah dusičnanů $N-NO_3^-$ na měřeném profilu č. 5.

Tab. 3: The values of nitrate $N-NO_3^-$ in the measured profile No. 5.

měřený profil č. 5	N-NO ₃ ⁻ (mg/l)	měřený profil č. 5	N-NO ₃ ⁻ (mg/l)
22. 6. 1993	6,680	24. 4. 2002	6,700
24. 8. 1993	4,120	26. 6. 2002	1,920
2. 11. 1993	6,140	21. 8. 2002	6,200
11. 1. 1994	19,440	20. 11. 2002	9,980

Tab. 3: pokračování.**Tab. 3:** continuation.

měřený profil č. 5	N-NO ₃ ⁻ (mg/l)	měřený profil č. 5	N-NO ₃ ⁻ (mg/l)
5. 4. 1994	17,910	22. 4. 2003	0,900
7. 6. 1994	6,900	24. 6. 2003	1,500
9. 8. 1994	2,390	26. 8. 2003	1,000
15. 11. 1994	3,690	18. 11. 2003	3,700
4. 4. 1995	11,190	20. 4. 2004	6,000
6. 6. 1995	11,450	22. 6. 2004	2,100
22. 8. 1995	2,200	10. 8. 2004	0,800
7. 11. 1995	12,540	2. 11. 2004	0,200
9. 4. 1996	12,420	19. 4. 2005	8,000
4. 6. 1996	10,780	21. 6. 2005	2,700
10. 9. 1996	9,730	23. 8. 2005	1,300
19. 11. 1996	5,840	8. 11. 2005	1,100
15. 4. 1997	8,980	25. 4. 2006	8,500
17. 6. 1997	0,999	20. 6. 2006	2,200
20. 8. 1997	8,090	22. 8. 2006	1,000
18. 11. 1997	7,760	21. 11. 2006	7,300
7. 4. 1998	7,270	17. 4. 2007	7,700
16. 6. 1998	3,080	26. 6. 2007	1,300
25. 8. 1998	0,999	14. 8. 2007	0,600
8. 12. 1998	13,850	20. 11. 2007	9,500
20. 4. 1999	9,480	22. 4. 2008	8,000
22. 6. 1999	8,140	24. 6. 2008	1,900
10. 8. 1999	1,770	19. 8. 2008	1,000
23. 11. 1999	6,020	18. 11. 2008	1,400
18. 4. 2000	9,760	7. 4. 2009	13,200
20. 6. 2000	0,999	9. 6. 2009	1,500
22. 8. 2000	2,960	4. 8. 2009	1,400
21. 11. 2000	1,660	3. 11. 2009	1,200
24. 4. 2001	10,460	13. 4. 2010	12,600
19. 6. 2001	6,310	8. 6. 2010	14,200
21. 8. 2001	5,110	10. 8. 2010	4,800
18. 9. 2001	4,560	2. 11. 2010	10,000
20. 11. 2001	7,760		



Obr. 2: Obsah dusičnanů v N-NO_3^- na měřeném profilu č. 5 (výsledky získané od Povodí Labe, s. p.).

Fig. 2: The values of nitrate N-NO_3^- obtained from Povodí Labe, s. p. in the measured profile No. 5.

Fosforečnany

Přírodním zdrojem fosforu v přírodních vodách je rozpouštění některých minerálů a zvětralých hornin (PITTER 1999). Podle GRÜN WALDA (1999) je dalším zdrojem fosforu v povrchových vodách antropogenní činnost spojená s používáním fosforečných hnojiv v zemědělství a vypouštěním nedostatečně vyčištěných splaškových a průmyslových odpadních vod. Fosfor se do vody dostává také z rozkládající odumřelé vodní flóry a fauny usazující se jako sediment na dně toků a vodních nádrží. Proto se sloučeniny fosforu vyskytují zpravidla v mnohem větších koncentracích v povrchových vodách než vodách podzemních. Fosforečnany se podílejí na eutrofizaci povrchových vod, která vede k masovému rozvoji řas. Vzhledem k eutrofizaci je celkový fosfor uveden jako ukazatel přípustného znečištění povrchových vod. Přípustná hodnota veškerého fosforu pro povrchové vody je 0,4 mg/l (PITTER 1999).

Podle grafu 3 znázorňující koncentrace fosforečnanů na jednotlivých měřených profilech je patrné, že nejnižší hodnoty fosforečnanů byly naměřeny vždy v počátku vegetační sezóny, což lze pozorovat i v grafu 4, ve kterém jsou zaznamenána data od Povodí Labe na měřeném profilu č. 5 (Skalice). Toto zjištění se shoduje s hodnocením práce KAPLANOVÉ (2003), která podobný průzkum prováděla na toku Divoké Orlice.

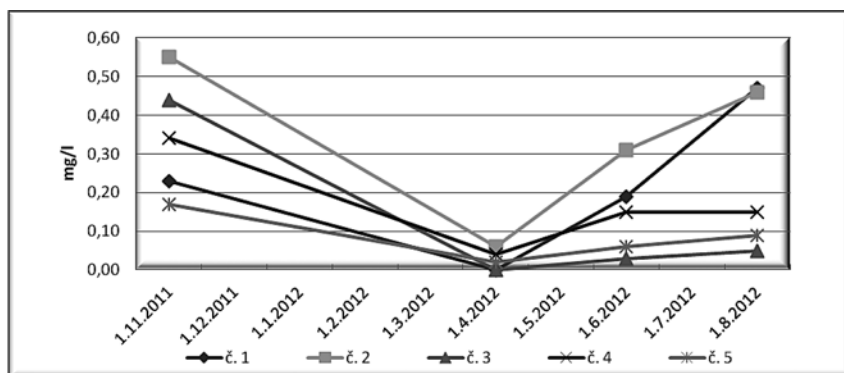
Podle LANGHAMMERA (2002) je odbourávání fosforu v tocích poměrně pozvolné a zvýšení koncentrací fosforu pod výpustí odpadních vod tak zpravidla ovlivní úroveň zátěže na dlouhém úseku toku.

Hodnoty fosforečnanů nejsou uvedeny samostatně v ČSN 75 7221, proto jsme je klasifikovali dle celkového obsahu fosforu. Nejvyšší hodnoty byly naměřeny 27. 11. 2011. Zde by mohl sehrát výraznou roli rozklad organické hmoty na konci vegetační sezóny. Zvýšené množství se projevuje i u vzorků odebraných 26. 8. 2012 na profilech č. 1, 2 a 3 (viz graf 3), které mohlo být způsobeno např. vypouštěním nedostatečně vyčištěných splaškových vod. Kvalitu vody podle obsahu celkového fosforu lze zařadit do 1.–4. třídy jakosti vod.

Tab. 4: Obsah fosforečnanů v P-PO₄³⁻.

Tab. 4: The values of phosphates P-PO₄³⁻.

P-PO ₄ ³⁻ (mg/l)					
měřený profil	27. 11. 2011	15. 4. 2012	24. 6. 2012	26. 8. 2012	Průměr/ Average
č. 1	0,23	<0,01	0,19	0,47	0,30
č. 2	0,55	0,06	0,31	0,46	0,35
č. 3	0,44	<0,01	0,03	0,05	0,17
č. 4	0,34	0,04	0,15	0,15	0,17
č. 5	0,17	0,02	0,06	0,09	0,09



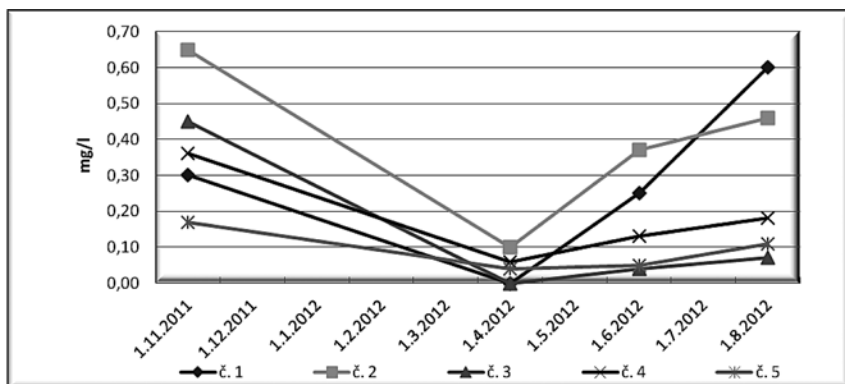
Obr. 3: Obsah fosforečnanů na jednotlivých profilech.

Fig. 3: The measured values of phosphates in the individual profiles.

Tab. 5: Obsah celkového fosforu P-P_{celk.}

Tab. 5: The values of total phosphorus P-P_{celk.}

P _{celk.} (mg/l)					
měřený profil	27. 11. 2011	15. 4. 2012	24. 6. 2012	26. 8. 2012	Průměr/ Average
č. 1	0,30	<0,01	0,25	0,60	0,38
č. 2	0,65	0,10	0,37	0,46	0,40
č. 3	0,45	<0,01	0,04	0,07	0,19
č. 4	0,36	0,06	0,13	0,18	0,18
č. 5	0,17	0,04	0,05	0,11	0,09



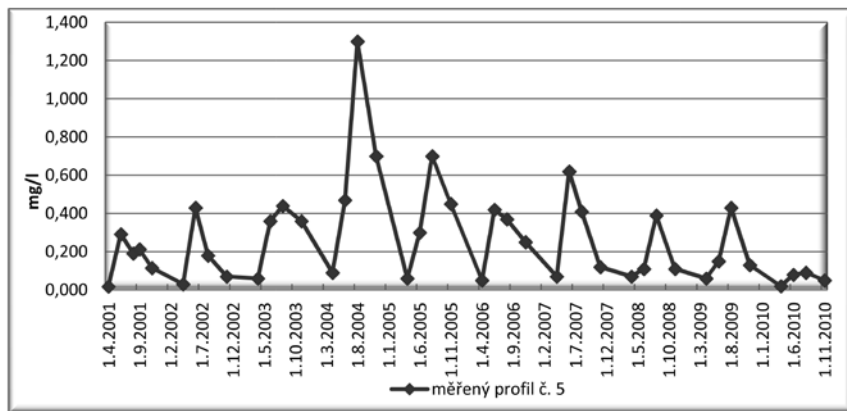
Obr. 4: Obsah celkového fosforu na jednotlivých profilech.

Fig. 4: The measured values of total phosphorus in the individual profiles.

Tab. 6: Obsah fosforečnanů P-PO₄³⁻ na měřeném profilu č. 5.

Tab. 6: The values of phosphates P-PO₄³⁻ in the measured profile No. 5.

měřený profil č. 5	P-PO ₄ ³⁻ (mg/l)	měřený profil č. 5	P-PO ₄ ³⁻ (mg/l)
24. 4. 2001	0,018	25. 4. 2006	0,050
19. 6. 2001	0,292	20. 6. 2006	0,420
21. 8. 2001	0,191	22. 8. 2006	0,370
18. 9. 2001	0,213	21. 11. 2006	0,250
20. 11. 2001	0,115	17. 4. 2007	0,070
24. 4. 2002	0,030	26. 6. 2007	0,620
26. 6. 2002	0,430	14. 8. 2007	0,410
21. 8. 2002	0,180	20. 11. 2007	0,120
20. 11. 2002	0,070	22. 4. 2008	0,070
22. 4. 2003	0,060	24. 6. 2008	0,110
24. 6. 2003	0,360	19. 8. 2008	0,390
26. 8. 2003	0,440	18. 11. 2008	0,110
18. 11. 2003	0,360	7. 4. 2009	0,060
20. 4. 2004	0,090	9. 6. 2009	0,150
22. 6. 2004	0,470	4. 8. 2009	0,430
10. 8. 2004	1,300	3. 11. 2009	0,130
2. 11. 2004	0,700	13. 4. 2010	0,020
19. 4. 2005	0,060	8. 6. 2010	0,080
21. 6. 2005	0,300	10. 8. 2010	0,090
23. 8. 2005	0,700	2. 11. 2010	0,050



Obr. 5: Obsah fosforečnanů P-PO₄³⁻ na měřeném profilu č. 5 (získané od Povodí Labe, s. p.).

Fig. 5: The values of phosphates P-PO₄³⁻ obtained from Povodí Labe, s. p. in the measured profile No. 5.

Intestinální enterokoky

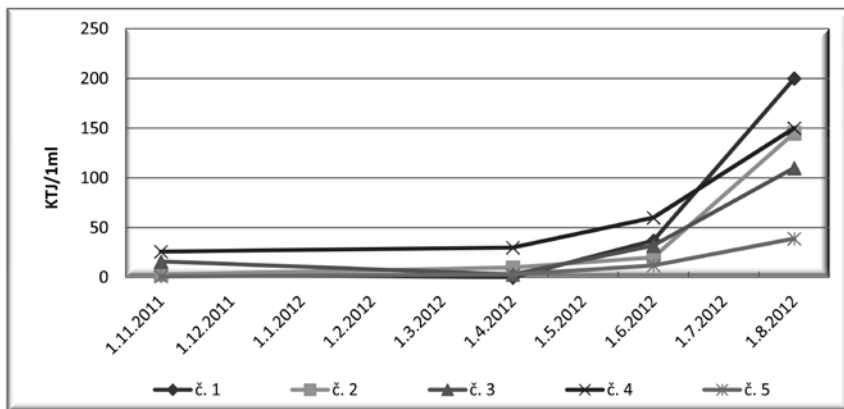
Za intestinální enterokoky (dříve fekální streptokoky) jsou považovány grampozitivní koky, většinou uspořádané do řetízků s antigenovou skupinou D a negativní katalázou. Mají schopnost množit se v rozmezí teploty 10–45 °C, rostou i při poměrně vysokých koncentracích solí (6,5 % chloridu sodného) a při hodnotě pH 9,1. Intestinální enterokoky jsou významným indikátorem fekálního znečištění. Jsou citlivější vůči vnějším vlivům než skupina koliformních bakterií (kam patří i *E. coli*) a ve vodě se zřídka pomnožují (BAUĐIŠOVÁ 2009). Hlavním zdrojem celkového mikrobiálního znečištění jsou komunální odpadní vody, skládky, uložště hnoje a dalších zemědělských odpadů, dále způsob a časování hnojení pozemků, pastviny a volně žijící zvířata.

Kvalita vody dle klasifikace ČSN 75 7221 je podle přítomnosti enterokoků na Malostranském potoce řazena do 1.–5. třídy jakosti vod (tab. 5, 6). Nejvyšší hodnoty byly zjištěny 26. 8. 2012, kdy na čtyřech z pěti měřených profilů byla několikanásobně překročena hodnota pro 5. třídu jakosti vod. Je velice obtížné vysvětlit, co by mohlo stát za tímto jevem. Podle obsahu celkového fosforu, jehož nejvyšší hodnoty byly též naměřeny 26. 8. 2012, se můžeme domnívat, že tento jev mohl být způsoben např. vypouštěním nedostatečně vyčištěných splaškových vod.

Tab. 7: Hodnoty zjištěných enterokoků.

Tab. 7: The values of enterococci.

měřený profil	enterokoky (KTJ/1ml)				Průměr/ Average
	27. 11. 2011	15. 4. 2012	24. 6. 2012	26. 8. 2012	
č. 1	3	0	37	200	60
č. 2	3	10	20	145	45
č. 3	16	3	32	110	40
č. 4	26	30	60	150	67
č. 5	1	3	12	39	14



Obr. 6: Naměřené hodnoty enterokoků na jednotlivých profilech.

Fig. 6: The measured values of enterococci in the individual profiles.

Tab. 8: Hodnoty enterokoků na měřeném profilu č. 5.

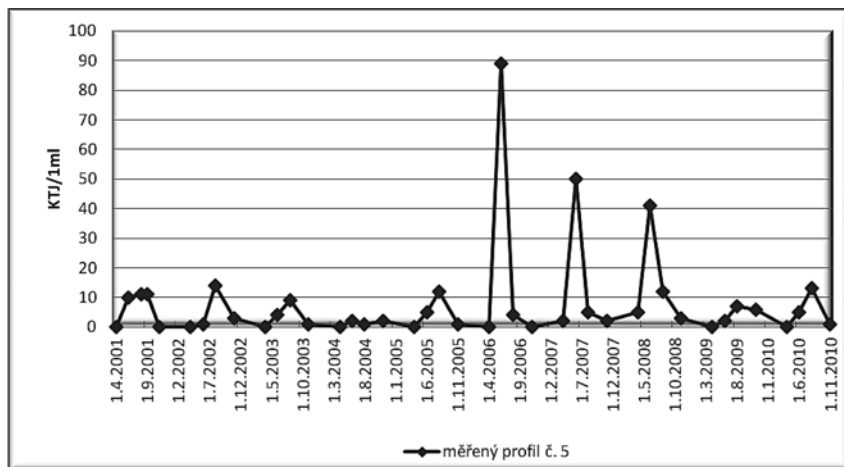
Tab. 8: The values of enterococci in the measured profile No. 5.

měřený profil č. 5	enterokoky (KTJ/1ml)	měřený profil č. 5	enterokoky (KTJ/1ml)
24. 4. 2001	0	25. 4. 2006	0
19. 6. 2001	10	20. 6. 2006	89
21. 8. 2001	11	22. 8. 2006	4
18. 9. 2001	11	21. 11. 2006	0
20. 11. 2001	0	17. 4. 2007	2
24. 4. 2002	0	26. 6. 2007	50
26. 6. 2002	1	14. 8. 2007	5
21. 8. 2002	14	20. 11. 2007	2
20. 11. 2002	3	22. 4. 2008	5
22. 4. 2003	0	24. 6. 2008	41
24. 6. 2003	4	19. 8. 2008	12
26. 8. 2003	9	18. 11. 2008	3
18. 11. 2003	1	7. 4. 2009	0
20. 4. 2004	0	9. 6. 2009	2
22. 6. 2004	2	4. 8. 2009	7
10. 8. 2004	1	3. 11. 2009	6
2. 11. 2004	2	13. 4. 2010	0

Tab. 8: pokračování.

Tab. 8: continuation.

měřený profil č. 5	enterokoky (KTJ/1ml)	měřený profil č. 5	enterokoky (KTJ/1ml)
19. 4. 2005	0	8. 6. 2010	5
21. 6. 2005	5	10. 8. 2010	13
23. 8. 2005	12	2. 11. 2010	1



Obr. 7: Hodnoty enterokoků na měřeném profilu č. 5 (získané od Povodí Labe, s. p.).

Fig. 7: The values of enterococci obtained from Povodí Labe, s. p. in the measured profile No. 5.

Souhrn

Na předem vybraných 5 profilech Malostranského potoka byly provedeny odběry vzorků v období 27. 11. 2011, 15. 4. 2012, 24. 6. 2012 a 26. 8. 2012, které byly následně analyzovány v laboratořích Povodí Labe, s. p. Po konzultaci s Povodím Labe byly stanoveny tyto ukazatelé kvality vody: BSK₅, CHSK_{Cr}, pH, elektrolytická vodivost, přítomnost koliformních, fekálních bakterií a intestinálních enterokoků dále obsah TOC, Cl⁻, SO₄²⁻, N-NH₄⁺, N-NO₃⁻, N-NO₂⁻, N_{celk.}³⁻, PO₄³⁻, P_{celk.}, rozpuštěných a nerozpuštěných látek. Vlastním měřením byly stanoveny pouze hodnoty pH a teploty.

Summary

The pre-selected 5 profiles of the Malostransky creek were sampled during the 27. 11. 2011, 15. 4. 2012, 24. 6. 2012 and 26. 8. 2012 which were subsequently determined in the laboratories of Povodí Labe, s. p. The following indicators of the water quality: BSK₅, CHSK_{Cr}, pH, electrolytic conductivity, amount of the coliform bacteria, the faecal bacteria and the intestinal enterococci and the content of TOC, Cl⁻, SO₄²⁻, N-NH₄⁺, N-NO₃⁻, N-NO₂⁻, N_{total}³⁻, PO₄³⁻, P_{total}, dissolved and undissolved substances were provided after consultation with the Povodí Labe, s. p. Only pH values and temperature were determined by self measurements.

Poděkování

Touto cestou bychom chtěli poděkovat společnosti Povodí Labe, s. p. za stanovení vzorků a zapůjčení vzorkovnic. Jmenovitě bychom dále poděkovali panu Mgr. Janu Špačkovi, Ph.D. za proškolení při odběrech vzorků a panu Mgr. Pavlu Hájkovi, Ph.D. za poskytnuté podklady k Malostranskému potoku. Příspěvek vznikl za podpory SV UHK 2124/2012.

Literatura

- BAUDIŠOVÁ D., 2009: Mikrobiální kontaminace povrchových vod a hlavní zdroje nečištění. *VÚVT. G. M., Praha*
- ČSN 75 722: Jakost vod – Klasifikace jakosti povrchových vod. Datum účinnosti od 1. 11. 1998.
- GRÜNWARD A., 1999: Voda a ovzduší 20. *ČVUT, Praha*
- HLADNÝ J., NĚMEC J. et al., 2006: Voda v České republice. *Consult, Praha*
- KVÍTEK T., DOLEŽAL F., 2003: Vodní a živinný režim povodí Kopaninského toku na Českomoravské vrchovině. *Acta hydrologica slovac, Bratislava: 255–264.*
- LANGHAMMER J., 2002: Kvalita povrchových vod a jejich ochrana. *UK, Praha*
- PITTER P., 1999: Hydrochemie. Druhé přepracované a rozšířené vydání, *SNTL Praha*
- ŠTRAŠKRABOVÁ V., 2005: Dusíkový paradox. *Vesmír* [online]
- ŠARAPATKA B., ZÍDEK T., 2005: Šetrné formy zemědělského hospodaření v krajině a agro-environmentální programy, *Ministerstvo zemědělství* [online]. Dostupný z WWW: <http://www.foa.cz/webAdmin3/sendUniData.php?GUID=udGOfiJemRapy8e8>
- TŮMA J., KAPLANOVÁ M., 2004: Změny vybraných ukazatelů kvality vody v toku Divoké Orlice. *Vč. Sb. Přír. – Práce a studie, 11: 25-35.*

Došlo: 20. 2. 2014