

SEZÓNÍ ZMĚNY KVALITY VODY V HORNÍM TOKU LABE

The water quality seasonal changes in the upper Elbe river

Adéla TURKOVÁ¹ - Jiří TŮMA¹

¹ Přírodovědecká fakulta, UHK, Rokitanského 71, 500 03 Hradec Králové,
e-mail: turkova.adela@seznam.cz, jiri.tuma@uhk.cz

Na vybraných 5 profilech (Klásterská Lhota, Debrné, Verdek, Hořenice a Hradec Králové) byly sledovány a vyhodnoceny sezónní změny u následujících ukazatelů kvality vod (BSK_5 , $CHSK_{Mn}$, pH, teplota, elektrolytická vodivost, obsah Ca^{2+} , Mg^{2+} , NH_4^+ , NO_3^- , PO_4^{3-} , obsah rozpuštěných a nerozpuštěných látek).

Úvod

Negativní zvrát v kvalitě vody v českých řekách započal po druhé světové válce jako důsledek vysokého tempa industrializace státu, a trval až do počátku 90. let. Velký problém nastal v 60. a 70. letech minulého století vlivem intenzifikace zemědělské výroby spojené s nadměrným užíváním minerálních hnojiv, kdy vlivem dešťových srážek došlo k vyplavování snadno rozpustných, především dusíkatých hnojiv do podzemních a poté povrchových vod (MARTÍNEK et VERNER 2001).

Počátkem 90. let 20. století bylo znečištění vod, zejména povrchových, vnímáno jako jeden z hlavních problémů životního prostředí České republiky. Většina významných vodních toků patřila do kategorie silně či velmi silně znečištěná voda a byly zaznamenány i vážné kontaminace podzemních vod (VOLAUFVÁ 2009).

Po roce 1990 nastává pozitivní vývoj v jakosti vody i u řeky Labe, a to zejména díky legislativním úpravám na ochranu povrchových vod, omezením nebo úplným zastavením některých výrobních zdrojů významných průmyslových zdrojů znečištění, dále výstavba a dokončení některých velkých čistíček odpadních vod (ČOV) či modernizace a rekonstrukce starších ČOV. Ke zlepšení kvality vody přispívá též i výstavba malých čistíček odpadních vod (MARTÍNEK et VERNER 2001).

Snižování množství vypouštěných látek do vodních toků se projevuje postupným zlepšováním jakosti povrchových vod v ČR. Pro hodnocení jakosti povrchových vod je základním nástrojem klasifikace do 5 tříd jakosti podle normy ČSN 75 7221 (VOLAUFVÁ 2009).

Cílem této práce bylo zhodnotit sezónní změny v kvalitě vody v horním toku řeky Labe v průběhu posledních deseti let. Byly hodnoceny tyto ukazatele: pH, elektrolytická vodivost, teplota, BSK_5 , $CHSK_{Mn}$, obsah Ca^{2+} , Mg^{2+} , PO_4^{2-} , NH_4^+ , NO_3^- , rozpuštěných a nerozpuštěných látek. Hodnoty sledovaných ukazatelů poskytl Povodí Labe s. p.

Materiál a metodika

Hlavní náplní této práce bylo zpracovat a vyhodnotit data z 5 vybraných profilů za období 1998 až 2007 získaná od Povodí Labe, s. p. Hlavními sledovanými ukazateli jakosti vody byly pH, elektrolytická vodivost, teplota, BSK_5 , $CHSK_{Mn}$, obsah dusičnanového a amoniakálního dusíku, dále fosforečnan, rozpuštěné a nerozpuštěné látky a nakonec obsah vápníku a hořčíku.

Tab. 1: Lokalizace měřených profilů.**Tab. 1:** Localization of measured profiles.

Číslo měřného profilu	Měřný profil	Tok	Km	Poznámka	Y_JTSK	X_JTSK
1	Klásterská Lhota	Labe	338,86	Za vápenkou, levý břeh v zatáčce, cca 30 m od oplocené zahrady s velkým domem.	-649918	-1000594
2	Debrné	Labe	323,48	Limnigraf cca 500 m od mostu po toku, schody, pravý břeh	-644262	-1009968
3	Verdek	Labe	315,03	Nad jezem, levý břeh, schody mezi jezem a zastřešeným mostem.	-641328	-1015752
4	Hořenice	Labe	293,04	cca 20 m pod mostem Hořenice-Jaroměř, pravý břeh, u stromu (vrba).	-633417	-1025637
5	Hradec Králové	Labe	269,17	Pravý břeh, proti budově Sokola, ČS PHM u Novákových garáží, cesta na náplavku.	-641351	-1041910

Vlastní měření bylo provedeno celkem čtyřikrát, a to 22.6.2008 za letní období, 19.10.2008 za podzimní období, 1.3.2009 za zimní období a 5.4.2009 za jarní období. Terénním měřením byly stanoveny hodnoty pH, teploty a elektrolytické vodivosti. K měření byly použity přístroje – mobilní pH metr s teploměrem značky HANNA INSTRUMENTS a konduktometr typu GRYF 107 LI.

Výsledky a diskuze

Výraznější změny hodnot v závislosti na ročním období byly zaznamenány pouze u následujících ukazatelů: elektrolytická vodivost, obsah dusičnanů, vápníku a hořčíku. Ostatní sledované hodnoty se lišily v jednotlivých letech, ale nevykazovaly významné změny v průběhu roku. Průměrné hodnoty těchto ukazatelů se na sledovaných profilech pohybovaly v následujícím rozmezí:

- BSK_s: 0,95–4,40 mg/l
- CHSK_{Mn}: 1,25–16,70 mg/l
- pH: 6,85–8,07
- teplota: -2,4–28,4°C
- N-NH₄⁺: 0,01–0,74 mg/l
- PO₄³⁻: 0,02–0,23 mg/l
- rozpuštěné l.: 42,0–326,0 mg/l
- nerozpuštěné l.: 2,0–171,33 mg/l

V tomto příspěvku jsme se podrobněji zaměřili na vyhodnocení ukazatelů vykazujících sezonní výkyvy.

Elektrolytická vodivost – Konduktivita

Konduktivita umožňuje okamžitý odhad koncentrace iontově rozpuštěných látek a celkové mineralizace vody. Konduktivita vodných roztoků je závislá na koncentraci iontů, jejich náboji, pohyblivosti a na teplotě vody.

Nejčistší, tzv. vodivostní voda, má při 18°C konduktivitu 0,0038mS/m, což je způsobeno elektrolytickou disociací. Běžná destilovaná voda má konduktivitu 0,03 až 0,3 mS/m, u povrchových a prostých podzemních vod se její hodnota pohybuje v rozmezí od 5 do 50 mS/m (GRÜNWALD 1999).

V grafu č. 1 jsou uvedeny hodnoty konduktivity ze všech pěti měřených profilů řeky Labe. Z tohoto grafu lze vyčíst, že nejvyšší hodnoty elektrolytické vodivosti byly naměřeny na profilu Hradec králové, kde hodnota přesáhla hranici 40 mS/m.

Podle grafu č. 2 a 3 byly nejvyšší hodnoty konduktivity naměřeny téměř vždy v zimním období a naopak nejnižší byly naměřeny v jarním období. Přes letní období zřejmě dochází k většímu uvolňování iontů v půdě, rostliny je nestačí již přijmout a v promyvnějším zimním období se dostávají do spodních vod a následně do povrchových vod. Je zde určitý časový posun, než se to projeví v analýzách povrchových vod.

Dusičnany

Dusičnany v povrchových vodách pochází především z dusíkatých hnojiv nebo z městských a průmyslových odpadních vod. Výskyt nitrifikace a denitrifikace v povrchových vodách závisí především na teplotě, pH a koncentraci rozpuštěného kyslíku.

Podle BULÍČKA (1977) je z mnoha průzkumů prokázán růst koncentrace dusičnanů ve směru toku, tzn. že v dolních úsecích toku jsou koncentrace vyšší než v horních. Podle grafu č. 4 byly nejnižší hodnoty dusičnanů naměřeny na profilu Klášterská Lhota a nejvyšší naopak na měřeném profilu Hradec Králové, podle toho můžeme potvrdit pravdivost tvrzení závislosti růstu koncentrace dusičnanů ve směru toku.

Naměřené hodnoty koncentrací dusičnanů mají přibližně sinusoidní průběh. Maximálních hodnot dosahují na jaře, což představuje 20–40 % celkového ročního odnosu dusíku, a minimum na podzim. Tento jev naznačuje, že kolísání koncentrací 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 (KVÍTEK et DOLEŽAL 2003; KVÍTEK 2007).

V letním období jsou naopak odčerpávány vegetací, včetně lesních porostů, případně extrémní koncentrace dusičnanů v povrchových vodách v letním období mohou být výsledkem i povrchového odtoku a eroze (KVÍTEK et TIPPL 2003).

Podle grafu č. 5. je názorně vidět, že z našeho vyhodnocení byly vždy nejvyšší hodnoty dusičnanů naměřeny v zimním období, kdy nastává období s intenzivním promyvným režimem.

Vápník a hořčík

Vápník a hořčík jsou v přírodních vodách značně rozšířeny. Hořčík je ve vodách zastoupen méně než vápník, i když v zemské kůře jsou obsahy těchto iontů téměř shodné. Je to způsobeno tím, že hořčík je sorbován některými horninami a jílovitými minerály, a také proto, že je více využíván rostlinami (MYSLIL 1999).

U povrchových vod patří tyto dva prvky mezi ukazatele přípustného znečištění. U vodárenských toků by neměly být překročeny hodnoty 200 mg/l pro Ca^{2+} a 100 mg/l pro Mg^{2+} . U ostatních povrchových vod by neměla koncentrace iontů Ca^{2+} překračovat hodnotu 300 mg/l a u iontů Mg^{2+} 200 mg/l (PITTER 1999).

Podle PITTRA (1999) se vápník do vodních toků dostává zejména promýváním půdního profilu. Dalším jeho zdrojem mohou být i průmyslové odpadní vody.

Podle grafu č. 6 byly nejvyšší hodnoty za období let 1998 až 2007 naměřeny na profilu Hradec Králové. Vůbec nejvyšší hodnota byla na tomto profilu naměřena v jarním období roku 2002, a to 93,1 mg/l. Tato hodnota podle ČSN 75 7221 odpovídá II. jakostní třídě vod. Naopak nejnižší hodnoty Ca^{2+} byly naměřeny na profilu Klášterská Lhota v letech 1999 a 2004 (jarní období), kde množství Ca^{2+} bylo nižší než 10 mg/l. Jakost vody na horním toku Labe může být podle obsahu vápníku řazena do I. třídy, jako velmi čistá voda.

Obsah vápníku v povrchových vodách je závislý i na vegetačním období. S porovnáním se závěry práce TŮMA et KAPLANOVÁ (2004) byly i v horním toku Labe naměřeny nižší hodnoty spíše v období vegetace než v období vegetačního klidu. Podle literatury PITTER (1999) by tomu mělo být právě naopak.

Hlavní zdrojem hořčíku v povrchových vodách je promývání půdního profilu. Hořčík je však ve vodách mnohem méně kvantitativně zastoupen než vápník. Důvodem je jednak jeho menší zastoupení v zemské kůře a dále je to spojeno s jeho menší pohyblivostí v půdě. Dalším zdrojem hořčíku pak mohou být odpadní vody z průmyslu.

Podle grafu č. 8 jsou nejvyšší hodnoty Mg^{2+} naměřeny na profilu Hradec Králové a naopak nejnižší na měřeném profilu Klášterská Lhota. Ani na jednom měřeném profilu však nebyla překročena limitní hodnota 25 mg/l. Proto může být celý horní tok Labe řazen podle obsahu Mg^{2+} do I. třídy jakosti vod (klasifikace provedena podle ČSN 75 7221).

Obsah hořčíku je, podobně jako u vápníku, ovlivňován změnami teplot a úhrnem srážek během roku, kdy se může v různé formě projevit tzv. zředňovací efekt.

Souhrn

Na vybraných 5 profilech horního toku řeky Labe byly vyhodnoceny ukazatelé kvality vody (BSK₅, CHSKMn, pH, teplota, elektrolytická vodivost, obsah Ca^{2+} , Mg^{2+} , NH_4^+ , NO_3^- , PO_4^{3-} , rozpuštěných a nerozpuštěných látek) za období 1998–2007, které poskytlo Povodí Labe, s. p. Vlastní terénní měření probíhalo v období od 22.6.2008 do 5.4.2009 a byly jim stanoveny hodnoty pH, teploty a elektrolytické vodivosti. Po vyhodnocení všech těchto ukazatelů lze sezónní změny prokázat u teploty, elektrolytické vodivosti, obsahu NO_3^- , rozpuštěných látek, PO_4^{3-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} . U ostatních ukazatelů nedocházelo ke změnám v závislosti na vegetačním období.

Summary

The selected 5 profiles of the upper Elbe river were evaluated indicators of water quality (BOD₅, CHSKMn, pH, temperature, electrolytic conductivity, content of Ca^{2+} , Mg^{2+} , NH_4^+ , NO_3^- , PO_4^{3-} , dissolved and suspended solids) for the period 1998–2007, which provided the Elbe River, sp. The actual field measurements conducted in the period from the 22 June 2008 to the 4 May 2009 and pH, temperature and electrolytic conductivity were determined. After evaluating all of these indicators seasonal changes temperature, electrolytic conductivity, NO_3^- , solute, PO_4^{3-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} were found. Other indicators depending on the growing season were not changed.

Literatura

- BULÍČEK J. et al., 1977: Voda v zemědělství. SZN, Praha.
- GRÜNWALD A., 1999: Voda a ovzduší 20. ČVUT, Praha.
- KVÍTEK T., 2007: Zatravnňování orné půdy s vysokým rizikem infiltrace – opatření pro cílené snižování koncentrací dusičnanů ve vodách, VUMOP.
- KVÍTEK T., DOLEŽAL F., 2003: Vodní a živinný režim povodí Kopaninského toku na Českomoravské vrchovině. *Acta hydrologica slovacca, Bratislava: 255–264.*
- KVÍTEK T., TIPPL M., 2003: Ochrana povrchových vod před dusičnany z vodní eroze a hlavní zásady protierozní ochrany v krajině. *Zemědělské informace, ÚZPI Praha.*
- MARTÍNEK P., VERNER S., 2001: Význam rozhodujících opatření pro jakost vody Labe. *Jakost vody a ekosystémy v Labi: 54–64.*
- PITTER P., 1999: Hydrochemie. Druhé přepracované a rozšířené vydání, SNTL Praha.
- MÝSLIL V. et al., 1999: VODA-ZEMĚ-ŽIVOT. MŽP, Praha.
- TŮMA J., KACÁLKOVÁ L., 2004: Změny vybraných ukazatelů kvality povrchových vod v oblasti Králicka. *Vč. Sb. Přír. - Práce a studie, 11: 13–23.*
- TŮMA J., KAPLANOVÁ M., 2004: Změny vybraných ukazatelů kvality vody v toku Divoké Orlice. *Vč. Sb. Přír. - Práce a studie, 11: 25–35.*

VOLAUFŮVÁ L., 2009: Kvalita povrchových vod v České republice a její vývoj. *Cenia, česká informační agentura životního prostředí* [online]. Dostupný z WWW: <[http://www.cenia.cz/web/www/cenia-akt-tema.nsf/\\$pid/MZPMSFT33PSN](http://www.cenia.cz/web/www/cenia-akt-tema.nsf/$pid/MZPMSFT33PSN)>.

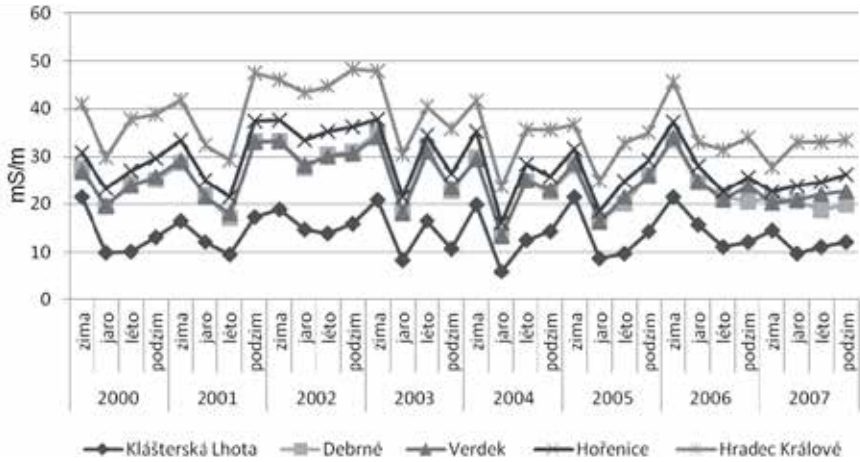
Poděkování

Touto cestou bychom chtěli poděkovat Povodí Labe s. p. za poskytnutí veškerých dat jakosti vody na horním toku Labe. Výzkum byl podpořen z prostředků Specifického výzkumu UHK 2119/2011.

Došlo: 6. 1. 2012

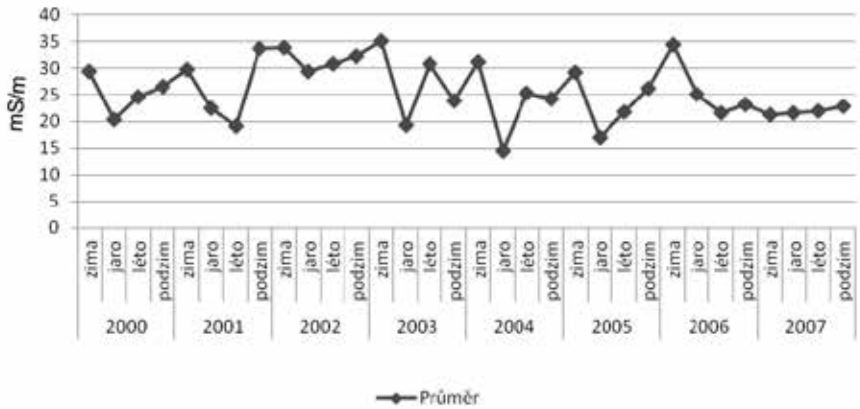
Tab. 2: Průměrné hodnoty konduktivity.**Tab. 2:** The average values of conductivity.

Rok	Roční období	Průměrné hodnoty konduktivity v mS/m						
		Klásterská Lhota	Debrné	Verdek	Hořenice	Hradec Králové	Průměr	Směrodatná odchylka
2000	zima	21,40	27,65	26,75	30,90	40,90	29,52	6,46
	jaro	9,80	19,45	19,73	23,28	29,78	20,41	6,48
	léto	10,13	24,37	23,83	27,03	37,73	24,62	8,81
	podzim	13,10	25,10	25,87	29,70	38,87	26,53	8,31
2001	zima	16,40	28,60	29,25	33,35	41,85	29,89	8,23
	jaro	12,03	21,78	21,38	24,98	32,50	22,53	6,60
	léto	9,47	17,03	17,97	21,47	29,27	19,04	6,44
	podzim	17,33	33,17	33,00	37,50	47,67	33,73	9,78
2002	zima	18,93	33,20	33,30	37,70	46,13	33,85	8,82
	jaro	14,60	27,60	28,25	33,35	43,35	29,43	9,31
	léto	13,83	30,38	29,98	35,28	44,83	30,86	10,06
	podzim	15,83	30,93	30,57	36,17	48,37	32,37	10,48
2003	zima	20,77	35,07	33,97	37,90	47,93	35,13	8,71
	jaro	8,20	18,55	18,15	21,40	30,45	19,35	7,12
	léto	16,45	32,30	31,00	34,35	40,38	30,90	7,91
	podzim	10,70	22,70	23,50	26,53	35,87	23,86	8,08
2004	zima	19,83	29,80	29,50	35,23	41,57	31,19	7,18
	jaro	5,95	13,60	13,25	16,10	23,70	14,52	5,70
	léto	12,43	24,75	25,03	28,48	35,68	25,27	7,53
	podzim	14,23	22,4	23,07	25,80	35,53	24,21	6,85
2005	zima	21,50	28,10	28,55	31,55	36,65	29,27	4,94
	jaro	8,70	16,65	16,20	18,38	24,88	16,96	5,17
	léto	9,67	19,97	21,47	24,90	32,87	21,78	7,52
	podzim	14,20	26,17	26,00	29,33	35,10	26,16	6,83
2006	zima	21,40	33,35	34,00	37,30	45,75	34,36	7,84
	jaro	15,68	24,38	24,88	28,05	33,08	25,21	5,69
	léto	11,00	21,70	20,83	22,70	31,40	21,53	6,48
	podzim	12,17	20,40	23,90	25,57	34,00	23,21	7,10
2007	zima	14,57	21,23	20,27	22,63	27,93	21,33	4,29
	jaro	9,67	20,60	20,87	23,83	32,93	21,58	7,45
	léto	11,10	18,67	22,10	24,67	32,93	21,89	7,16
	podzim	12,13	19,77	22,67	26,17	33,43	22,83	7,03



Obr. 1: Sezónní změny konduktivity (graf 1).

Fig. 1: The seasonal changes of conductivity (graph 1).



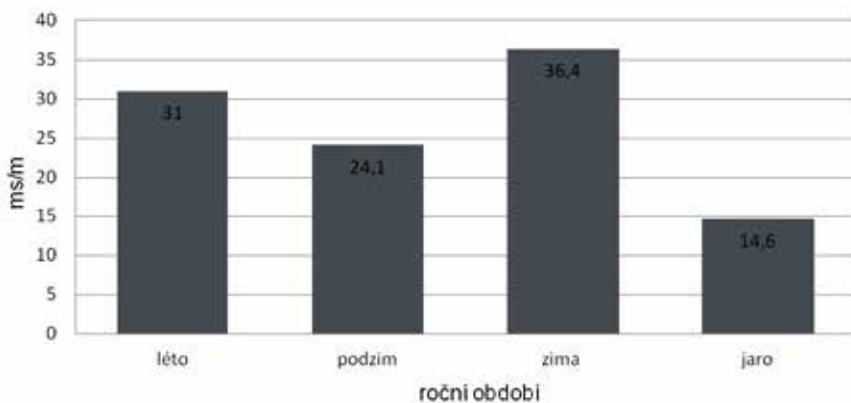
Obr. 2: Průměrné hodnoty konduktivity (graf 2).

Fig. 2: The average values of conductivity (graph 2).

Tab. 3: Vlastní měření konduktivity.

Tab. 3: The measurement of conductivity.

Vlastní měření – konduktivity v mS/m								
Datum	Roční období	Klásterská Lhota	Debrné	Verdek	Hořenice	Hradec Králové	Průměr	Směrodatná odchylka
22.6.2008	léto	14,73	31,00	30,90	34,50	43,80	31,0	9,39
19.10.2008	podzim	8,30	18,00	23,20	28,30	42,70	24,1	11,41
1.3.2009	zima	33,50	33,60	34,00	37,10	43,60	36,4	3,86
5.4.2009	jaro	8,73	12,70	14,60	17,50	19,40	14,6	3,73

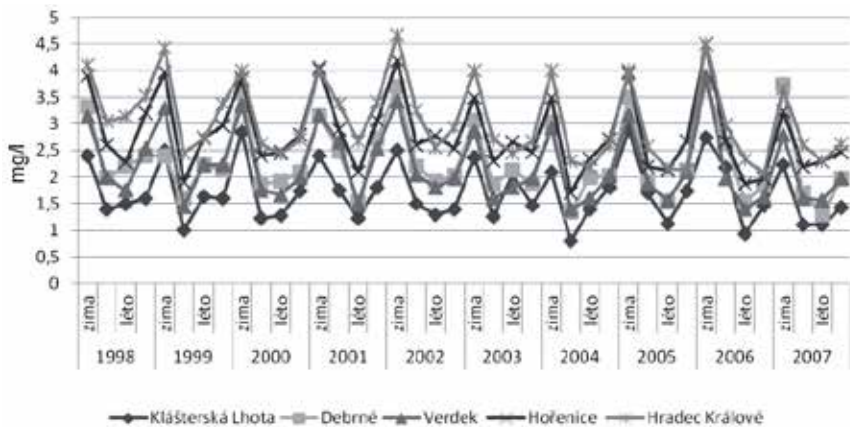


Obr. 3: Vlastní měření – průměrné hodnoty konduktivity (graf 3).

Fig. 3: The measurement – average values of conductivity (graph 3).

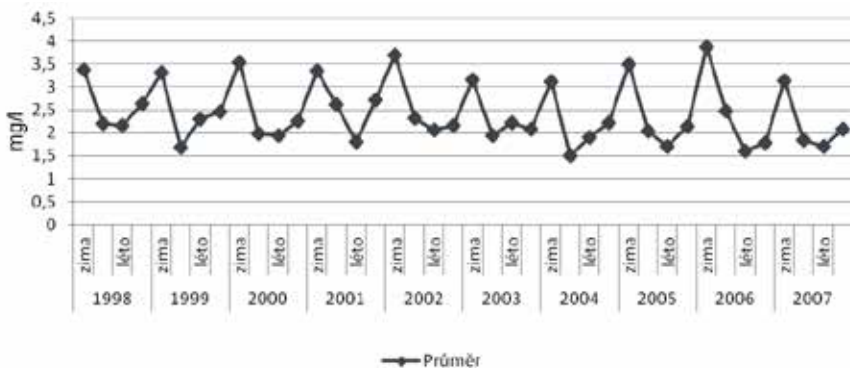
Tab. 4: Průměrné hodnoty dusičnanů.**Tab. 4:** The average values of nitrate.

Rok	Roční období	Průměrné hodnoty N-NO ₃ ⁻ v mg/l						
		Klásterská Lhota	Debrné	Verdek	Hořenice	Hradec Králové	Průměr	Směrodatná odchylka
1998	zima	2,40	3,33	3,13	3,90	4,10	3,37	0,60
	jaro	1,40	2,00	2,00	2,60	3,05	2,21	0,57
	léto	1,50	2,20	1,75	2,28	3,13	2,17	0,56
	podzim	1,60	2,40	2,53	3,20	3,53	2,65	0,67
1999	zima	2,50	2,40	3,30	3,97	4,43	3,32	0,80
	jaro	1,00	1,60	1,45	1,90	2,45	1,68	0,48
	léto	1,63	2,23	2,23	2,75	2,73	2,31	0,41
	podzim	1,60	2,13	2,23	2,97	3,37	2,46	0,63
2000	zima	2,85	3,60	3,35	3,85	4,00	3,53	0,41
	jaro	1,23	1,88	1,75	2,40	2,63	1,98	0,49
	léto	1,27	1,93	1,67	2,47	2,43	1,95	0,46
	podzim	1,73	2,10	2,00	2,80	2,70	2,27	0,41
2001	zima	2,40	3,15	3,15	4,05	4,00	3,35	0,62
	jaro	1,75	2,48	2,65	2,90	3,38	2,63	0,54
	léto	1,23	1,53	1,50	2,10	2,67	1,81	0,52
	podzim	1,80	2,73	2,53	3,07	3,40	2,71	0,54
2002	zima	2,50	3,70	3,43	4,20	4,67	3,70	0,74
	jaro	1,50	2,20	2,05	2,60	3,25	2,32	0,58
	léto	1,30	1,93	1,80	2,78	2,55	2,07	0,53
	podzim	1,40	2,03	1,97	2,53	2,93	2,17	0,52
2003	zima	2,37	3,07	2,87	3,50	4,00	3,16	0,55
	jaro	1,25	1,85	1,60	2,30	2,70	1,94	0,51
	léto	2,05	2,13	1,80	2,65	2,45	2,22	0,30
	podzim	1,47	1,87	1,97	2,47	2,67	2,09	0,43
2004	zima	2,10	3,03	2,93	3,50	4,00	3,11	0,63
	jaro	0,80	1,35	1,40	1,70	2,30	1,51	0,49
	léto	1,40	2,00	1,60	2,35	2,20	1,91	0,36
	podzim	1,80	2,03	2,03	2,70	2,60	2,23	0,35
2005	zima	2,90	3,50	3,15	3,95	4,00	3,50	0,43
	jaro	1,70	1,90	1,87	2,20	2,57	2,05	0,31
	léto	1,13	1,53	1,57	2,13	2,17	1,71	0,39
	podzim	1,73	2,13	2,10	2,67	2,13	2,15	0,30
2006	zima	2,75	3,75	3,90	4,50	4,50	3,88	0,64
	jaro	2,18	2,63	1,98	2,68	2,98	2,49	0,36
	léto	0,93	1,53	1,40	1,87	2,33	1,61	0,47
	podzim	1,47	1,83	1,63	1,97	2,07	1,79	0,22
2007	zima	2,23	3,73	2,80	3,23	3,67	3,13	0,56
	jaro	1,10	1,70	1,60	2,20	2,60	1,84	0,52
	léto	1,10	1,30	1,57	2,30	2,30	1,71	0,50
	podzim	1,43	1,97	1,97	2,47	2,63	2,09	0,42



Obr. 4: Sezónní změny obsahu N-NO₃⁻ (graf 4).

Fig. 4: The seasonal changes of N-NO₃⁻ (graph 4).

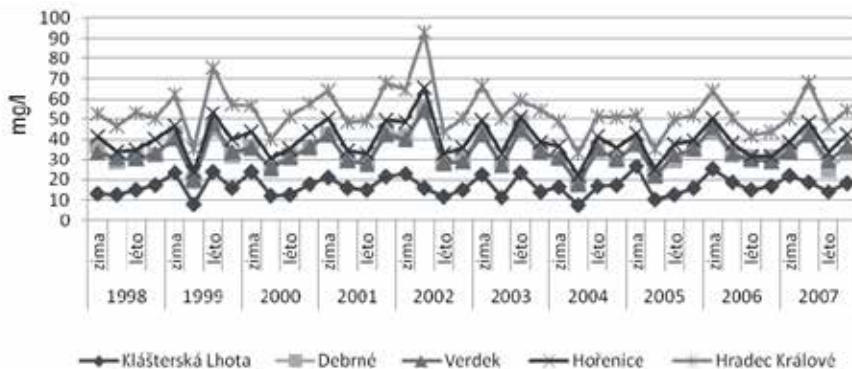


Obr. 5: Průměrné hodnoty N-NO₃⁻ (graf 5).

Fig. 5: The average values of N-NO₃⁻ (graph 5).

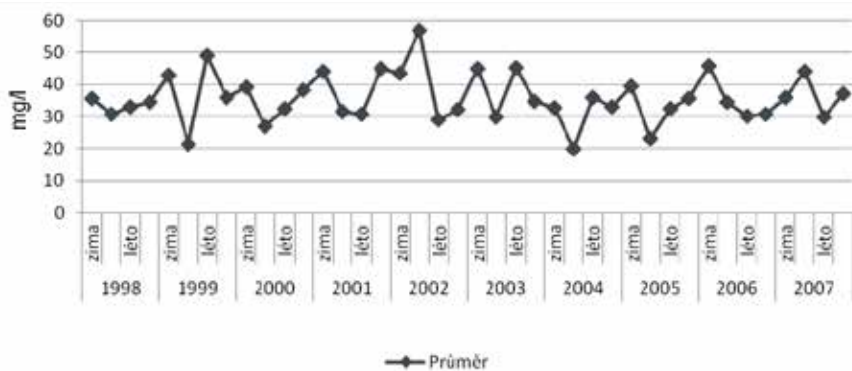
Tab. 5: Průměrné hodnoty vápenatých iontů.**Tab. 5:** The average values of calcium ions.

Rok	Roční období	Průměrné hodnoty Ca ²⁺ v mg/l						
		Klásterská Lhota	Debrné	Verdek	Hořenice	Hradec Králové	Průměr	Směrodatná odchylka
1998	zima	13,43	36,73	33,53	41,37	52,83	35,58	12,86
	jaro	12,55	28,85	30,80	34,15	46,70	30,61	10,96
	léto	15,23	31,15	30,15	35,08	53,23	32,97	12,17
	podzim	17,53	32,17	33,07	40,03	50,17	34,59	10,69
1999	zima	23,23	42,77	40,37	46,77	62,30	43,09	12,53
	jaro	8,05	19,40	20,30	23,75	35,45	21,39	8,79
	léto	23,98	44,98	47,55	53,30	75,18	49,00	16,42
	podzim	15,77	31,77	34,30	40,23	57,47	35,91	13,48
2000	zima	23,70	36,40	35,95	43,75	56,65	39,29	10,81
	jaro	12,25	25,45	25,60	30,63	40,18	26,82	9,04
	léto	12,97	32,33	30,70	35,53	51,07	32,52	12,15
	podzim	18,00	36,00	36,33	43,63	57,60	38,31	12,82
2001	zima	21,05	42,35	42,35	50,40	64,00	44,03	13,95
	jaro	16,08	29,98	29,40	34,50	48,33	31,66	10,36
	léto	15,20	28,70	27,80	33,23	48,77	30,74	10,82
	podzim	21,73	43,77	42,40	49,37	67,90	45,03	14,79
2002	zima	23,10	41,30	40,17	48,50	64,57	43,53	13,42
	jaro	16,20	55,40	54,35	65,75	93,10	56,96	24,71
	léto	11,90	28,05	27,95	32,93	43,70	28,91	10,26
	podzim	15,17	30,80	29,20	36,00	50,10	32,25	11,28
2003	zima	22,60	43,97	42,40	49,57	66,33	44,97	14,04
	jaro	11,25	28,00	26,90	33,35	50,40	29,98	12,59
	léto	23,38	48,65	44,53	50,65	59,35	45,31	11,99
	podzim	14,10	33,47	33,90	38,53	54,63	34,93	12,95
2004	zima	16,43	30,57	30,67	36,87	48,90	32,69	10,52
	jaro	7,85	18,75	18,05	22,15	33,50	20,06	8,24
	léto	16,73	34,33	35,95	41,55	51,05	35,92	11,24
	podzim	17,55	30,60	30,10	35,85	50,55	32,93	10,67
2005	zima	26,80	37,20	38,20	42,95	51,75	39,38	8,13
	jaro	10,65	22,15	21,85	25,33	35,60	23,12	7,98
	léto	12,73	29,50	32,07	37,70	49,63	32,33	12,00
	podzim	16,07	36,13	35,53	39,53	51,63	35,78	11,44
2006	zima	25,15	44,00	46,25	50,40	64,05	45,97	12,52
	jaro	18,98	32,43	32,95	38,33	50,40	34,62	10,15
	léto	15,07	31,27	30,03	31,93	41,90	30,04	8,60
	podzim	16,87	31,27	29,07	31,90	43,90	30,60	8,60
2007	zima	22,13	35,07	34,10	38,60	50,17	36,01	8,99
	jaro	18,77	42,33	42,47	48,53	68,40	44,10	15,86
	léto	13,97	24,77	29,67	33,70	46,70	29,76	10,74
	podzim	18,40	33,07	36,97	42,43	54,53	37,08	11,82



Obr. 6: Sezónní změny obsahu Ca²⁺ (graf 6).

Fig. 6: The seasonal changes of Ca²⁺ (graph 6).

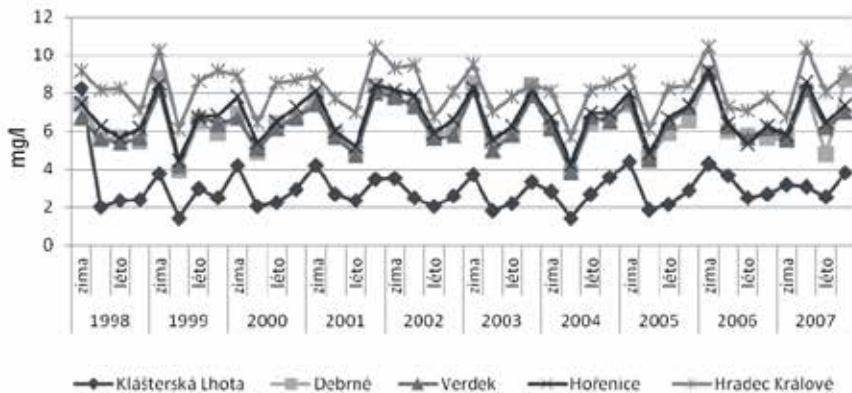


Obr. 7: Průměrné hodnoty Ca²⁺ (graf 7).

Fig. 7: The average values of Ca²⁺ (graph 7).

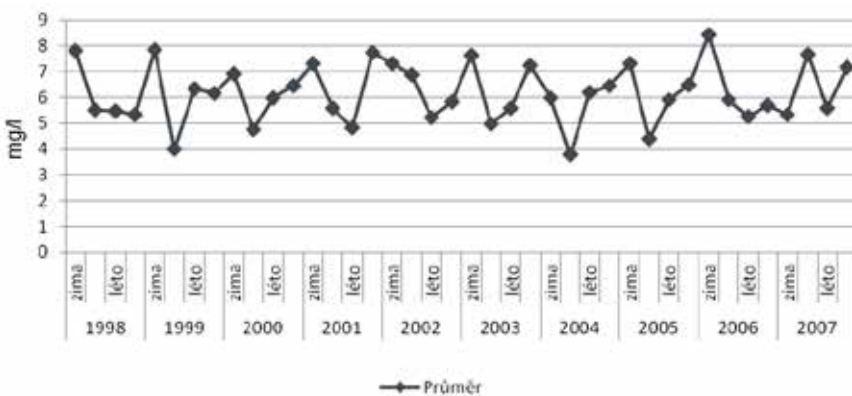
Tab. 6: Průměrné hodnoty hořečnatých iontů.**Tab. 6:** The average values of magnesium ions.

Rok	Roční období	Průměrné hodnoty Mg ²⁺ v mg/l						
		Klásterská Lhota	Debrné	Verdek	Hořenice	Hradec Králové	Průměr	Směrodatná odchylka
1998	zima	8,23	7,43	6,67	7,47	9,20	7,80	0,86
	jaro	2,00	5,60	5,55	6,25	8,15	5,51	1,99
	léto	2,35	5,68	5,38	5,65	8,25	5,46	1,87
	podzim	2,37	5,43	5,60	6,17	7,10	5,33	1,59
1999	zima	3,77	8,77	8,13	8,47	10,23	7,87	2,17
	jaro	1,40	3,90	4,15	4,45	6,10	4,00	1,51
	léto	2,98	6,50	6,85	6,75	8,65	6,35	1,85
	podzim	2,50	5,90	6,33	6,83	9,20	6,15	2,15
2000	zima	4,20	6,95	6,70	7,80	8,95	6,92	1,57
	jaro	2,05	4,90	5,08	5,35	6,45	4,77	1,46
	léto	2,27	6,40	6,17	6,50	8,53	5,97	2,04
	podzim	2,93	6,70	6,70	7,27	8,70	6,46	1,91
2001	zima	4,20	7,85	7,40	8,10	8,95	7,30	1,63
	jaro	2,70	5,83	5,65	5,98	7,73	5,58	1,62
	léto	2,33	4,87	4,73	5,17	7,00	4,82	1,49
	podzim	3,47	8,40	8,00	8,40	10,40	7,73	2,29
2002	zima	3,53	7,77	7,80	8,17	9,33	7,32	1,98
	jaro	2,50	7,35	7,25	7,85	9,45	6,88	2,33
	léto	2,03	5,83	5,63	5,93	6,75	5,23	1,65
	podzim	2,60	6,10	5,77	6,57	8,07	5,82	1,79
2003	zima	3,70	8,53	8,17	8,23	9,50	7,63	2,02
	jaro	1,80	5,40	5,00	5,55	7,05	4,96	1,73
	léto	2,20	5,77	5,83	6,23	7,80	5,57	1,84
	podzim	3,30	8,43	7,85	8,15	8,43	7,23	1,98
2004	zima	2,83	6,17	6,13	6,70	8,10	5,99	1,73
	jaro	1,40	3,85	3,80	4,25	5,70	3,80	1,38
	léto	2,70	6,45	6,75	7,00	8,15	6,21	1,85
	podzim	3,57	6,80	6,50	6,93	8,47	6,45	1,60
2005	zima	4,40	7,40	7,65	8,05	9,15	7,33	1,58
	jaro	1,85	4,63	4,50	4,85	6,08	4,38	1,38
	léto	2,17	5,93	6,43	6,70	8,27	5,90	2,02
	podzim	2,90	6,53	7,20	7,37	8,40	6,48	1,89
2006	zima	4,30	9,05	9,10	9,20	10,45	8,42	2,12
	jaro	3,65	6,00	6,25	6,38	7,28	5,91	1,21
	léto	2,50	5,77	5,63	5,30	7,07	5,25	1,50
	podzim	2,70	5,63	6,17	6,23	7,77	5,70	1,66
2007	zima	3,17	5,57	5,50	5,80	6,73	5,35	1,18
	jaro	3,10	8,13	8,20	8,60	10,40	7,69	2,44
	léto	2,53	4,80	6,20	6,43	8,03	5,60	1,84
	podzim	3,80	8,70	6,97	7,37	9,07	7,18	1,86



Obr. 8: Sezónní změny Mg²⁺ (graf 8).

Fig. 8: The seasonal changes of Mg²⁺ (graph 8).



Obr. 9: Průměrné hodnoty Mg²⁺ (graf 9).

Fig. 9: The average values of Mg²⁺ (graph 9).