

# Limnologie potoka Na zeleném ve Slavkovském lese

## Limnology of the Na Zeleném Brook in the Slavkov Forest

KRÁM Pavel<sup>1,2</sup>, SENOO Takaaki<sup>3</sup>, BENEŠ Filip<sup>3</sup>, ČUŘÍK Jan<sup>1,2</sup> a VESELOVSKÝ František<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Česká geologická služba, Klárov 3, 118 21 Praha 1; [pavel.kram@geology.cz](mailto:pavel.kram@geology.cz)

<sup>2</sup> Centrum výzkumu globální změny AV ČR v.v.i., Bělidla 986/4a, 603 00 Brno

<sup>3</sup> Univerzita Karlova, Ústav pro životní prostředí, Benátská 2, 128 01 Praha 2

### Abstrakt

Příspěvek se zabývá hydrochemií a hydrobiologií potoka odvodňujícího povodí zalesněné smrkovým lesem rostoucím na amfibolitovém podloží. Toto povodí se vyznačuje příznivými hydrochemickými poměry a vysokou biodiverzitou makrozoobentosu na rozdíl od dvou jiných smrkových povodí ležících sice nedaleko, ale na geochemicky odlišném podloží (na žule, chudé na bazické kationty a na hadci, bohatém na hořčík).

### Abstract

The contribution examined stream hydrochemistry and hydrobiology of the catchment occupied by spruce forest and underlain by amphibolite. The Na Zeleném catchment exhibited favourable hydrochemical conditions and high biodiversity of macroinvertebrates in contrast to another spruce catchments (Lysina and Pluhův Bor) situated nearby but underlain by geochemically different bedrocks (base-cation poor granite and Mg-rich serpentinite).

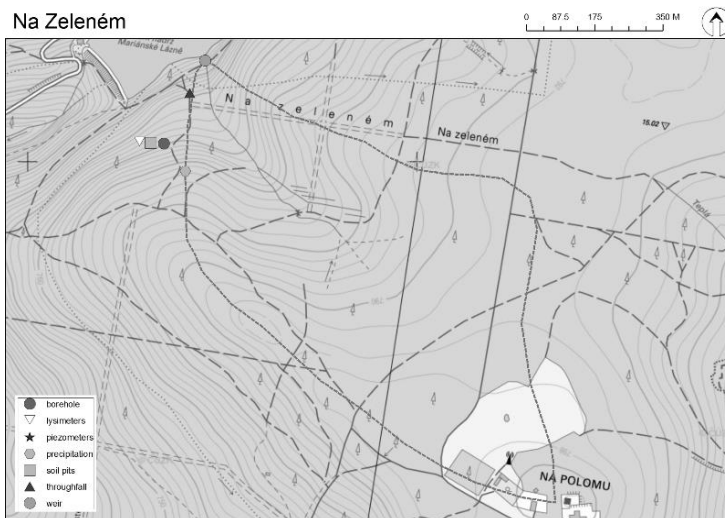
Klíčová slova: lesní potoky, pufrace acidifikace, kovy, makrozoobentos, biodiverzita

Key words: forest streams, acidification buffering, metals, macroinvertebrates, biodiversity

### POPIS ÚZEMÍ A POUŽITÉ METODY

Tři dlouhodobě zkoumaná povodí leží v CHKO Slavkovský les a jsou zalesněná téměř výhradně smrkem ztepilým (*Picea abies*) a jsou od sebe vzdálená jen 5-7 km, což zaručuje podobnou atmosférickou depozici. Povodí na Zeleném s rozlohou 0,55 km<sup>2</sup> je odvodňováno do vodní nádrže Mariánské Lázně (Obr. 1) a nalézá se 736-802 m.n.m. a na souřadnicích 50°02'sš a 12°43'vd. Bylo vzorkováno v letech 2001-2003 a v pravidelných intervalech v letech 2010-2015. V měsíčních intervalech byla odebírána potoční voda a podkorunové srážky (od roku 2009), srážky na volné ploše (od roku 2011) a půdní vody (od roku 2012). Detailní hydrochemické vzorkování na zbývajících dvou povodích začalo dříve, v září 1989 na Lysině a v listopadu 1991 na

Pluhově boru. Tato povodí se vyznačují extrémním chemismem povrchových vod. Pro Lysinu je typická vysoká kyselost vod a související vysoké koncentrace Al ve vodě, uvolňovaného z půd, díky bazickými kationty chudému žulovému podloží, neschopnému pufovat kyselou depozici. Naopak Pluhův bor má odtok mírně zásaditý a chemismus, hlavně co se týká kationtů, je značně ovlivněn hořčíkem bohatým hadcovým substrátem. Chemické složení vod amfibolitového povodí Na zeleném je mezi těmito extrémy (Krám et al. 2012). Hydrobiologie Lysiny a Pluhova boru již byla podrobně studována (Krám et al. 2008, Horecký et al. 2013, Traister et al. 2013). Všechny analýzy vod byly provedeny v akreditované laboratoři ČGS. Alkalita byla měřena granovskou titrací, pH skleněnou elektrodou, kationty na AAS nebo ICP, anionty na HPLC, DOC a celkový dusík vysokoteplotní oxidací, frakce hliníku podle Driscolla. Detaily laboratorních stanovení byly popsány (Krám et al. 2012). Průtok při odběrech byl měřen nádobou a také byl počítán pomocí hydraulických vztahů pro měrný přepad s úhlem 90°. Nad měrným přepadem patřícím Povodí Ohře s.p. byl 23.10.2013 vzorkován úsek toku dlouhý asi 100 m nad přepadem metodou kicking (Frost et al. 1971). Makrozoobentos určili T. Senoo a F. Beneš.

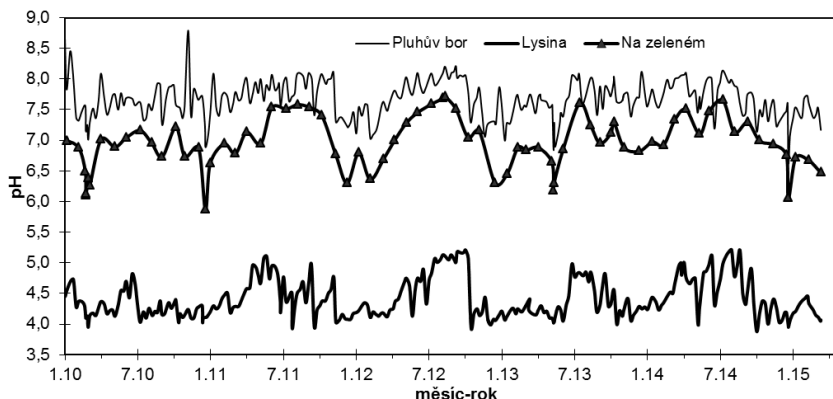


Obr. 1: Povodí Na zeleném s rozvodnicí a symboly ukazujícími umístění vrtu, lyzimetrů, odběráků srážek, půdních jam, odběráků podkorunových srážek a přepadu.

## VÝSLEDKY A DISKUZE

Průběh hodnot pH potoka Na zeleném i dvou dalších srovnávaných potoků za intenzivně monitorované období je na Obr. 2 a odráží momentální hydrologické podmínky. Zvýšené pH se vyskytovalo za nízkých průtoků a naopak nejnižší pH bylo měřeno za povodní. Průměrné pH potoka Na zeleném, počítané z aritmetického průměru  $H^+$  za hydrol. roky 2010-2014, bylo 6,74 a medián byl 6,95 (Tab. 1).

Mediány pH pro zbývající dvě povodí z měření do března 2013 (Krám et al. 2013) byly pro Pluhův bor vyšší (7,70) a pro Lysinú podstatně nižší (4,26), ale pro Na zeleném 6,99, tedy srovnatelné s novější hodnotou. Průměrný průtok při vzorkování byl  $12,6 \text{ l s}^{-1}$ , medián  $2,6 \text{ l s}^{-1}$ , min. průtok  $0,05 \text{ l s}^{-1}$  a max. průtok byl  $157 \text{ l s}^{-1}$ .



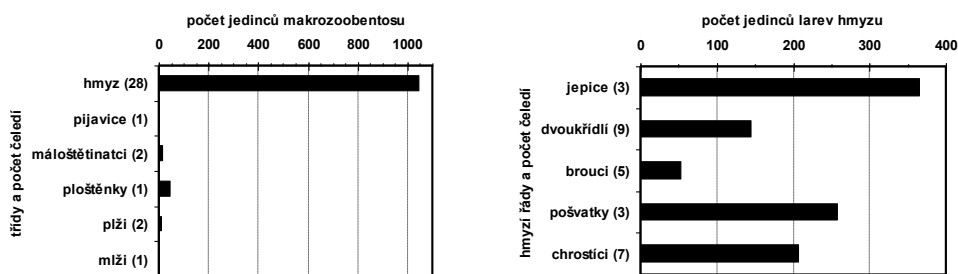
Obr. 2: Hodnoty pH měsíčních odběrů potoční vody Na zeleném a týdenních odběrů na Lysině a Pluhově boru od ledna 2010 do dubna 2015.

Povrchová voda Na zeleném je typu Ca-Mg-Na-HCO<sub>3</sub>-SO<sub>4</sub> v období nízkých průtoků a Ca-Mg-Na-SO<sub>4</sub> typu v období vysokých průtoků (pro kationty a anionty >20 eq%). Alkalita je vysoká, zejména při nízkých průtocích, jen při největších povodních klesá ke kritické hodnotě  $50 \mu\text{eq l}^{-1}$  (Tab. 1). N se vyskytuje hlavně jako organicky vázaný a zbývající část je ve formě NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Koncentrace DOC je středně vysoká a zvyšuje se za povodní, což odráží větší podíl mělkých půdních vod v povrchovém odtoku a DOC je tak hlavním faktorem krátkodobého okyselení vod. Koncentrace toxických kovů je vzhledem k příznivému pH nízká, což se týká zejména Al<sup>3+</sup>, jehož koncentrace jsou nízké (Tab. 1). To je příznivý faktor, zejména ve srovnání se špatně pufovaným a z toho důvodu velmi acidifikovaným potokem na Lysině, kde byl medián koncentrace Al<sup>3+</sup>  $270 \mu\text{g l}^{-1}$  a maximální koncentrace až  $640 \mu\text{g l}^{-1}$  (Krám et al. 2013). Naopak na výborně pufovaném Pluhově boru se ale do vody uvolňují těžké kovy z podloží, hlavně Ni (medián  $97 \mu\text{g l}^{-1}$ , max.  $314 \mu\text{g l}^{-1}$ ) a Cr (medián  $13 \mu\text{g l}^{-1}$ , max.  $79 \mu\text{g l}^{-1}$ ). Koncentrace těchto kovů v potoce Na zeleném je ale řádově nižší. Chemismus potoka Na zeleném je tedy příznivý z hlediska hydrobiologického narozdíl od Lysině a Pluhova boru.

Tab. 1: Přehled vybraných parametrů v potoční vodě Na zeleném v hydrologických letech 2010-2014. DIN = rozpuštěný anorganický N ( $\text{NO}_3\text{-N} + \text{NH}_4\text{-N}$ ), DON = rozpuštěný organický N (celkový N minus DIN), DOC = rozpuštěný organický C, Ali = anorganický monomerní Al.

Složka	Jednotka	Aritm. průměr	Medián	Minimum	Maximum
pH	pH jednotka	6,7	7,0	5,9	7,7
alkalita	$\mu\text{eq l}^{-1}$	360	250	44	920
Ca	$\text{mg l}^{-1}$	6,7	5,7	2,9	11,9
Mg	$\text{mg l}^{-1}$	3,1	2,8	1,3	5,0
K	$\text{mg l}^{-1}$	0,75	0,69	0,27	1,3
Na	$\text{mg l}^{-1}$	4,0	3,9	2,1	6,0
$\text{HCO}_3$	$\text{mg l}^{-1}$	21,8	15,0	2,7	56,0
$\text{SO}_4$	$\text{mg l}^{-1}$	15,6	15,5	9,2	36,0
DIN	$\text{mg l}^{-1}$	0,18	0,09	0,05	1,0
DON	$\text{mg l}^{-1}$	0,28	0,27	0,04	0,6
DOC	$\text{mg l}^{-1}$	8,9	8,2	5,2	18,1
P	$\mu\text{g l}^{-1}$	26	22	8	93
Ni	$\mu\text{g l}^{-1}$	2,4	2,1	0,2	12
Cr	$\mu\text{g l}^{-1}$	0,7	0,5	0,3	2,1
Ali	$\mu\text{g l}^{-1}$	5	5	<5	7

Na zeleném bylo určeno celkem 35 čeledí makrozoobentosu (Obr. 3), z toho bylo 28 čeledí hmyzu (*Insecta*). Dále byla nalezeny 2 čeledi máloštětinatců (*Oligochaeta*) a plžů (*Gastropoda*) a 1 čeleď pijavic (*Hirudinea*), ploštěnek (*Turbellaria*) a mlžů (*Bivalva*). Nejvíce čeleděmi hmyzu byli zastoupeni dvoukřídlí (*Diptera*, 9), chrostíci (*Trichoptera*, 7), brouci (*Coleoptera*, 5), jen 3 čeledi měly jepice (*Ephemeroptera*) a pošvatky (*Plecoptera*) a jen 1 čeleď měly střechatky (*Megaloptera*). Popsáno bylo 1113 jedinců makrozoobentosu, z toho 1042 jedinců hmyzu (Obr. 4). V třídě hmyzu byli nejvíce zastoupeni jepice (365 jedinců, 35%), pak pošvatky (257 jedinců, 25%), chrostíci (207 jedinců, 20%), dvoukřídlí (144 jedinců, 14%), brouci (53 jedinců, 5%) a střechatky (16 jedinců, 2%). U ostatních tříd makrozoobentosu bylo nalezeno 42 ploštěnek, 15 máloštětinatců, 10 plžů, 3 mlži a 1 pijavice. Mezi jepicemi bylo zjištěno nejvíce jepic nízkožábřých (*Leptophlebiidae*), celkem 250, z toho 100 jedinců druhu *Habroleptoides modesta* a dalších 150 bylo popsáno jako g.sp.juv. Další hojnou čeledí jepic byly dvoukřídlé jepice (*Baetidae*). Mezi pošvatkami dominovali jedinci čeledi *Leuctridae* v počtu 219, z toho 209 jedinců bylo zařazeno do druhu *Leuctra nigra*. Daleko nejpočetnější mezi chrostíky byli zástupci čeledě *Polycentropodidae*, zařazení do druhu *Plectrocnemia conspersa*, v počtu 161. Mezi dvoukřídlími dominovali zástupci čeledi pakomárovitých (*Chironomidae*) s počtem 91 kusů. Nejvíce zastoupenou čeledí brouků byli mokřadníkovití (*Scirtidae*), zařazení jako *Elodes* spp.juv., s 31 jedinci. Zjištěné střechatky zastupoval druh střechatka začoudlá (*Sialis fuliginosa*), z čeledi střechatkovitých (*Sialidae*).



Obr. 3a: Počet jedinců a čeledí (v závorce) makrozoobentosu, b: Počet jedinců a čeledí (v závorce) larev hmyzu na potočích Na zeleném.

U ostatních tříd makrozoobentosu byly všechny ploštěnky popsány jako *Polycelis* sp. z čeledi ploštěnkovitých (*Planariidae*) a mezi máloštětinatci dominovala čeleď žížalicovitých (*Lumbriculidae*) s počtem 14 jedinců. Již dříve byla zjištěna závislost biodiverzity na kyselosti vod (Traister et al. 2013). Vysoké pH potoka Na zeleném, z hlediska pufrace kyselá depozice rovnoměrná a dostatečné zastoupení bazických kationtů a nízké koncentrace toxických kovů umožnily hojný výskyt makrozoobentosu a jeho vysokou biodiverzitu vyjádřenou vysokým počtem 35 zjištěných čeledí makrozoobentosu. Toto je v kontrastu s biodiverzitou makrozoobentosu zjištěnou v dříve zkoumaných potocích Slavkovského lesa (Traister et al. 2013, Horecký et al. 2013), zejména s nízkou biodiverzitou kyselého potoka Lysina s vysokými koncentracemi Al<sup>3+</sup> i s průměrnou biodiverzitou potoka Pluhova boru, sice výborně pufovaného proti acidifikaci, ale zatíženého toxickými kovy geogenního původu.

## PODĚKOVÁNÍ

Výzkum byl financován evr. projektem SoilTrEC (FP7 244118), projektem EHP-CZ02-OV-1-020-2014 (EHP a Norské fondy) a MŠMT v rámci programu NPU I, č. proj. LO1415. Děkujeme za pomoc E. Stuchlíka, J. Hrušky, V. Chlupáčkové, O. Myšky a T. Chumana.

## LITERATURA

- Frost S. (1971) Evaluation of kicking technique for sampling stream bottom fauna. *Canadian Journal of Zoology* **49**: 167 – 173.
- Horecký J., Rucki J., Stuchlík E., Krám P., Křeček J. and Bitušík P. (2013) Benthic macroinvertebrates of headwater streams with extreme hydrochemistry. *Biologia* **68**: 303 – 313.

- Krám P., Traister E., Kolaříková K., Oulehle F., Skořepa J. a Fottová D. (2008) Potoční makrozoobentos devíti vybraných povodí sítě GEOMON. *Zprávy o geologických výzkumech*: 160 – 166.
- Krám P., Hruška J. and Shanley J. B. (2012) Streamwater chemistry in three contrasting monolithologic catchments. *Applied Geochemistry* **27**: 1854 – 1863.
- Krám P., Myška O., Čuřík J., Veselovský F. and Hruška J. (2013) *Drainage water chemistry in geochemically contrasting catchments*. In: Stojanov R. et al. (eds.) *Global Change and Resilience From Impacts to Response Conf. Proc.*, GCRC ASCR, Brno, str. 173 – 177.
- Traister E. M., McDowell W. D., Krám P., Fottová D. and Kolaříková K. (2013) Persistent effects of acidification on stream ecosystem structure and function. *Freshwater Science* **32**: 586 – 596.



**XVII. KONFERENCE  
České limnologické společnosti  
a Slovenskej limnologickej spoločnosti  
„VODA – VĚC VEŘEJNÁ“**

**SBORNÍK PŘÍSPĚVKŮ**



**29. června – 3. července 2015, Mikulov  
Vanda Rádková a Jindřiška Bojková (eds.)**

## Citace

RÁDKOVÁ Vanda (ed.) a BOJKOVÁ Jindřiška (ed.). *XVII. konference České limnologické společnosti a Slovenskej limnologickej spoločnosti „Voda – věc veřejná“: Sborník příspěvků*. Brno: Masarykova univerzita, 2015. ISBN 978-80-210-7874-1.

Vanda Rádková a Jindřiška Bojková (eds.)

**XVII. konference České limnologické společnosti a Slovenskej limnologickej spoločnosti**

**„Voda – věc veřejná“**

Sborník příspěvků

Vydala Masarykova univerzita, Žerotínovo nám. 617/9, 601 77 Brno

1. vydání, 2015

Tisk: GNT s.r.o., Purkyňova 1678/8, 612 00 Brno