

Hydrologie a hydrochemie dlouhodobě zkoumaného ultrabazického povodí Pluhův bor

Pavel Krám, Jan Čuřík, František Veselovský, Oldřich Myška, Anna Lamačová, Jakub Hruška, Veronika Štědrá

Česká geologická služba, Klárov 3, 118 21 Praha 1

Abstrakt

Roční průměrný srážkový úhrn do povodí Pluhův bor je 800 mm a průměrný povrchový odtok 285 mm. Odtok se pohybuje mezi 25 % a 46 % ročních srážkových vstupů do povodí. Povodí se vyznačuje vysoce efektivní neutralizací kyselé atmosférické depozice do smrkového ekosystému a to díky chemickému zvětrávání. Dochází ke snižování koncentrací síranů a ke zvyšování koncentrací rozpuštěného organického uhlíku. V povodí se akumuluje jen méně než 20 % celkového dusíku ze srážek na volné ploše. Většina dusíku povodí opouští a to převážně ve formě rozpuštěného organického dusíku.

Klíčová slova: malé lesní povodí, povrchová voda, látkové toky, dusičnany, rozpuštěný organický dusík

Úvod

Příspěvek se věnuje hydrologickým charakteristikám a vybrané hydrochemické problematice malého lesního povodí Pluhův bor, kde je k dispozici nepřetržitá řada měření z dvaadvacetiletého období.

Popis území a metody

Slavkovský les leží v severozápadních Čechách, na území Karlovarského kraje, a tvoří ho hornatina s nadmořskou výškou až téměř tisíc metrů (nejvyšší vrcholy Lesný a Lysina leží ve výšce 983 a 982 m n.m.). Chráněná krajinná oblast (CHKO) Slavkovský les se rozkládá na území o rozloze 640 km². Ta je již od začátku 19. století zalesněná zejména monokulturami smrku ztepilého. V tomto území došlo v 50. – 80. letech dvacátého století k masivnímu znečišťování kyselou atmosférickou depozicí a následně pak ke konci 90. let k velmi dramatickému poklesu depozice a z toho důvodu i k mimořádně výraznému snížení koncentrací síranů v povrchových vodách, které nemá obdoby v jiných monitorovaných územích Evropy a severní Ameriky (Shanley et al., 2004; Majer et al., 2005).

Povodí Pluhův bor leží v centrální části CHKO Slavkovský les mezi osadami Prameny, Mnichov a Louka. Nachází na jihovýchodním úbočí Vlčího hřbetu (tab. 1). Povodí Pluhův bor bylo vybráno pro dlouhodobý monitoring z geochemických a hydrochemických důvodů v roce 1991. Před tím bylo hydrochemicky monitorováno jiné hadcové povodí v této oblasti (Vlčí kámen), kde byla ale méně příznivá morfologie, která neumožňovala přesné stanovení plochy povodí (Krám et al., 2009b). Podložím povodí Pluhův bor je hlavně ultrabazický serpentinit (51 % výchozů). Ten je složen zejména z minerálů serpentinové řady s přibližným vzorcem $Mg_3Si_2O_5(OH)_4$. Půdy na hadcích mají obecně neobvyklé chemické složení, zejména vysoké obsahy Mg, Fe, Ni a Cr a nízké obsahy Ca a K. V povodí Pluhův bor se ale vyskytují i četné výchozy jiných hornin, ultrabazických tremolitických a aktinolitických břidlic (28 %) a bazických amfibolitů (13 %). Tremolitické břidlice a hlavně serpentinity se vyznačují extrémně vysokými koncentracemi Mg, Ni a Cr a nepatrnými obsahy K. Serpentinity mají navíc mizivé obsahy Ca, zatímco koncentrace Ca v tremolitických a aktinolitických břidlicích i v amfibolitech je zvýšená (Krám et al., 2009b). Půdy na Pluhově boru se vyznačují vysokou bazickou saturací (93 %). Povodí bylo okyseleno jen nepatrně, díky svému podloží se vyznačuje velmi vysokým zvětráváním složek umožňujících neutralizaci kyselé atmosférické depozice, zejména hořčíku (Hruška, Krám, 2003). Smrkový ekosystém na Pluhově boru se musí vyrovnat s příliš vysokou koncentrací hořčíku a naopak s nedostatkem některých základních živin,

jako draslíku a fosforu (Krám et al., 1997; Krám et al., 2009b; Rosenstock et al. 2014). Hadcové podloží naopak uvolňuje do vod velmi vysoké koncentrace geogenních těžkých kovů, zejména niklu a chromu. Povodí je z 88 % zalesněno nepůvodními stejnověkými monokulturami smrku ztepilého (*Picea abies*) o průměrném věku 100 let, jen v nejvyšší části se vyskytují i zbytky autochtonních porostů borovice lesní (*Pinus sylvestris*) (Krám et al. 2009b). Dlouhodobý vývoj chemického složení půd a vod na Pluhově boru byl modelován prostřednictvím geochemického modelu MAGIC (Hruška, Krám, 2003). Pomocí hydrologického modelu Brook90 bylo provedeno detailní modelování předpovídaného vlivu globální klimatické změny na odtokové poměry. Pro roky následující po roce 2070 se pro letní a podzimní období předpovídá závažné snížení průtoků vedoucí až k vyschnutí toku na Pluhově boru (Benčoková et al., 2011). Zhodnocen byl potoční makrozoobentos (Traiser et al., 2013; Horecký et al., 2013). Na Pluhově boru bylo popsáno celkem 55 taxonů makrozoobentosu, z toho dva pakomáří druhy (*Chironomidae*) byly popsány vůbec poprvé v ČR (Horecký et al., 2013).

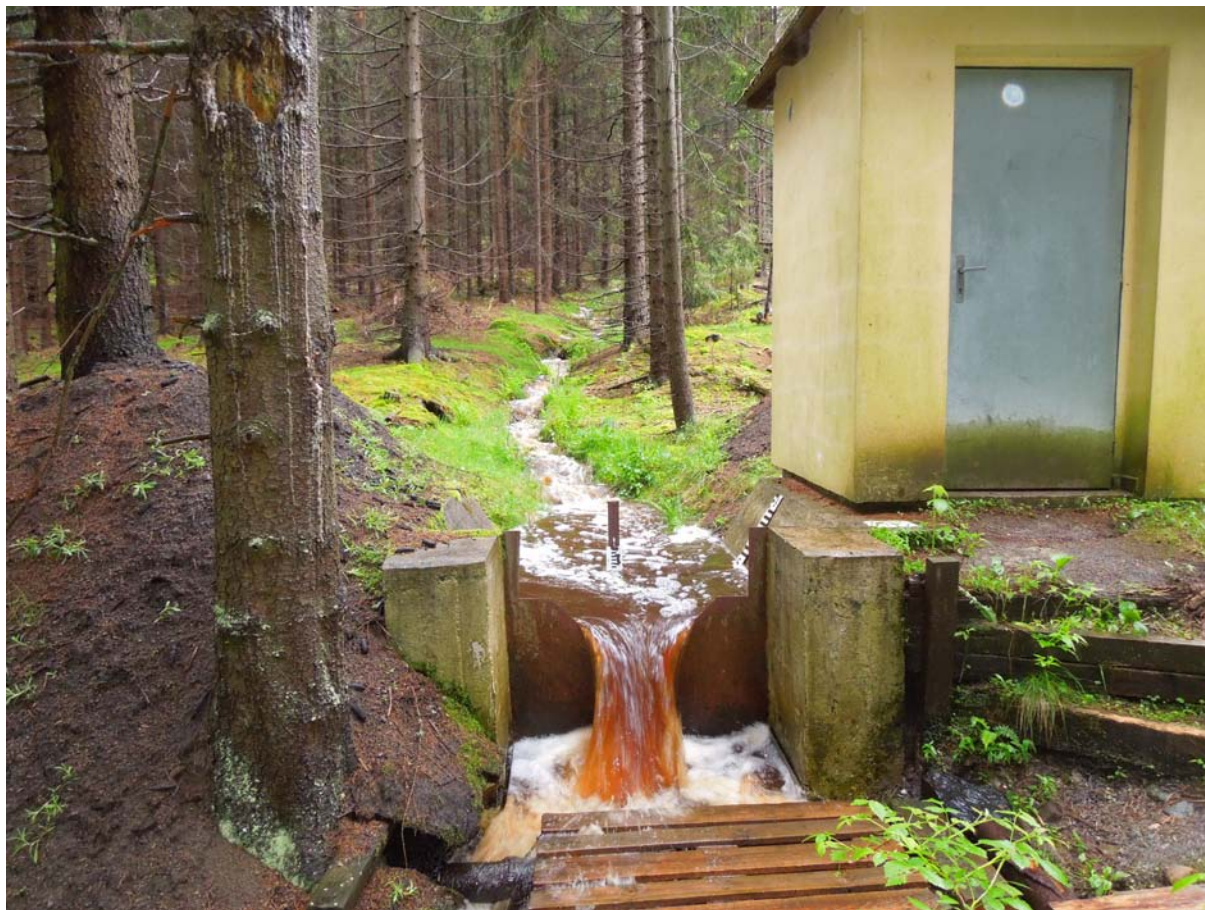
Povodí Pluhův bor je od roku 1994 součástí národní sítě malých lesních povodí GEOMON (GEOchemický MONitoring), koordinované ČGS (Fottová, Skořepová, 1998; Oulehle et al., 2008; Krám, Fottová, 2008; Lamačová et al., 2014). Pluhův bor je od roku 2010 v mezinárodní síti ILTER (International Long-Term Ecological Research, Lischeid et al., 2010). V průběhu řešení evropského projektu SoilTrEC se Pluhův bor stal součástí CZO (Critical Zone Observatory) Slavkovský les, jednou ze čtyř evropských observatoří kritické zóny, tedy zóny mezi vrcholy korun stromů a horninou (Menon et al., 2014).

Dlouhodobý koncept monitoringu povrchových vod Slavkovského lesa je postaven na zkoumání i dalších tří geochemicky kontrastních povodí, která jsou ale také zalesněna převážně smrkem ztepilým a jsou od sebe vzdálená jen 5 – 10 km, což zaručuje podobné klimatické podmínky i atmosférickou depozici. Podloží povodí Lysina (27,3 ha) je tvořeno granitem a vyskytují se tam minerální půdy, často podzolizované (Krám et al., 1997; Krám, 2011) a odtok je kyselý s vysokou koncentrací toxického hliníku (Krám et al., 2009a). Povodí Černého potoka (15,2 ha) má sice téměř totožné granitové podloží, ale vzhledem k plošší morfologii jeho velkou část pokrývá rašeliniště (Hruška et al., 1996, 1997) a odtok z toho povodí je extrémně kyselý. Další zkoumané povodí Na zeleném (55,0 ha) je budováno převážně bazickým amfibolitem (Krám et al., 2012, 2013) a jeho odtok je téměř neutrální. Ve Slavkovském lese existují i jiná povodí na uvedených třech podložích (granit, amfibolit, serpentinit), jejichž hydrochemické charakteristiky jsou velmi podobné (Krám, 2005).

Nejbližší klimatická stanice (Mariánské Lázně, úpravna vody) se nachází 10 km jihozápadně od povodí Pluhův bor v nadmořské výšce 690 m, na souřadnicích 49°59' s.š., 12°42' v.d. Průměrná teplota na této stanici je 6°C. Dvě odběrné nádoby na srážky, umístěné na povodí Pluhův bor od hydrologického roku 2002, jsou v nadmořské výšce 750 m, plocha s totožnými odběráky podkorunových srážek THD je 715 m n.m. (pět odběráků, od hydrologického roku 1992) a plocha THH je 770 m n.m. (pět odběráků, až od hydrologického roku 2002). Používá se hydrologický rok probíhající od 1. listopadu do 31. října. Měření srážek na volné ploše přímo v povodí před rokem 2002 nebylo možné, protože povodí bylo zcela zalesněné. Tato situace se změnila v posledních více než deseti letech, protože na povodí začala těžba dospělých smrkových porostů, které byly místy napadeny kůrovcem. V roce 1991 byl vybudován na Pluhově boru měrný přeliv s plovákovým limnigrafem a začalo pravidelné monitorování odtoku (obr. 1). Kontinuální měření průtoků a výpočty průměrných denních průtoků probíhají od 1.11.1991. Od roku 1994 se monitorují půdní vody ve dvou mělkých hloubkách pomocí lyzimetrů a od roku 2012 se půdní vody monitorují již v pěti hloubkách (10 – 90 cm). Chemické analýzy vod byly provedeny v akreditované laboratoři ČGS. Kyselost (pH) a alkalita byly měřeny skleněnou elektrodou hned po návratu z terénu, ostatní složky byly měřeny během několika týdnů, přitom vzorky byly umístěny v temnu a v teplotě 4 až 6°C. Anionty byly měřeny na HPLC, kationty na AAS, nejnověji na ICP MS, NH₄ a fosfor byly měřeny fotometricky. Rozpuštěný organický dusík byl počítán jako rozdíl mezi celkovým N (změřeném vysokoteplotní oxidací) a sumou N-NO₃ a N-NH₄.

Tabulka 1: Stručný popis povodí Pluhův bor ve Slavkovském lese.

Souřadnice	Plocha (ha)	Nadm. výška (m)	Hornina	Porost
50°04' s.š., 12°46' v.d.	21,6	690 – 804	Hadec (serpentinit)	Smrk ztepilý (<i>Picea abies</i>)



Obr. 1: Měrný přeliv na povodí Pluhův bor ve Slavkovském lese během povodně dne 2. června 2013.

Výsledky a diskuse

Roční průměrný srážkový úhrn za období 22 let do povodí Pluhův bor je 800 mm (dopočteno z dvánáctiletého měření na Pluhově boru a z dvaadvacetiletého měření v Mariánských Lázních) a průměrný odtok je 285 mm, což odpovídá 36 % vstupu vody do povodí (tab. 1). Srážkové úhrny se pohybovaly od minim v hydrologických letech 1997 a 2003 do maxima (srážky 1010 mm rok⁻¹, podkorunové srážky 693 mm rok⁻¹) v povodňovém roce 2002. Nejnižší odtokové výšky byly zaznamenány v roce 2004 (182 mm rok⁻¹), 1996, 1997 a 1993, naopak nejvyšší v roce 2002 (460 mm rok⁻¹), 2013, 2005 a 1995. Procentuálně odteklo nejméně srážek v letech 2004 (25 % srážek na volné ploše, tab. 2; 37 % podkorunových srážek, tab. 1) a 1992, nejvíce pak v letech 1999 (72 % podkorunových srážek) a 2002 (46 % srážek na volné ploše, 66 % podkorunových srážek).

Zvýšené průtoky jsou na Pluhově boru i na třech dalších geochemicky kontrastních povodích spojeny s nejméně příznivým chemickým složením potoční vody, s nejnižším pH (obr. 2) a s nejvyššími koncentracemi většiny toxických kovů (na Pluhově boru Ni, Cr, Al), kdy významná část odtékající vody z povodí proudí v kyseleném prostředí mělkých organických lesních půd. Naopak všechny hodnoty s nejvyšším pH reprezentují období nízkého průtoku. Velice odlišná hydrochemická situace těchto povodí je způsobena zejména různým stupněm chemického zvětrávání podloží (Hruška, Krám,

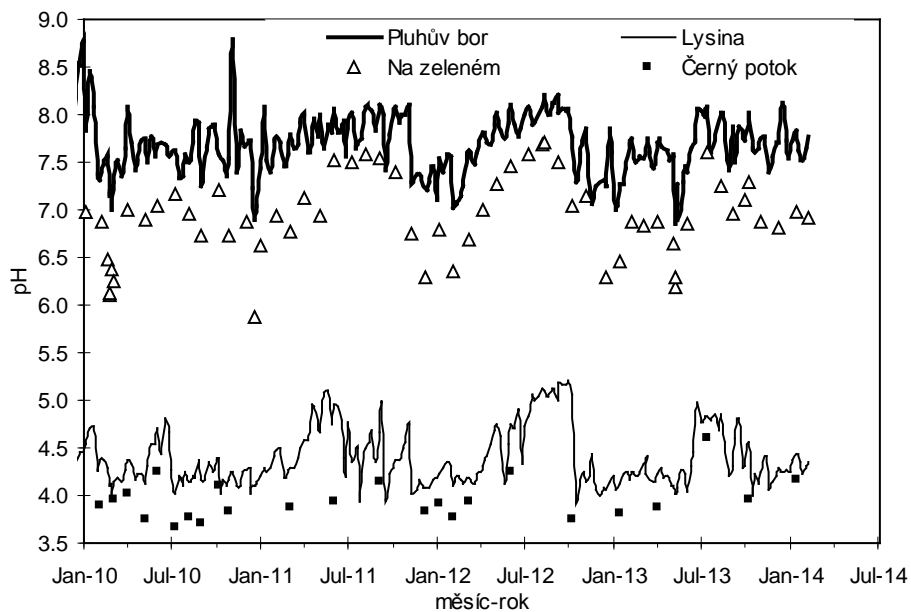
2003), pufrujícím kyselou atmosférickou depozicí zejména prostřednictvím bazických kationtů. V současné době pokračuje vymývání dříve nahromaděné síry z atmosférické depozice v povodí Pluhův bor (obr. 3), které je doprovázeno výrazným zvyšováním koncentrací rozpuštěného organického uhlíku v povrchových vodách (Hruška et al., 2009).

Tabulka 2: Základní hydrologická bilance povodí Pluhův bor za monitorovací období 22 let. Plocha pro měření podkorunových srážek (throughfall) THD leží 715 m n.m., plocha THH je 770 m n.m.

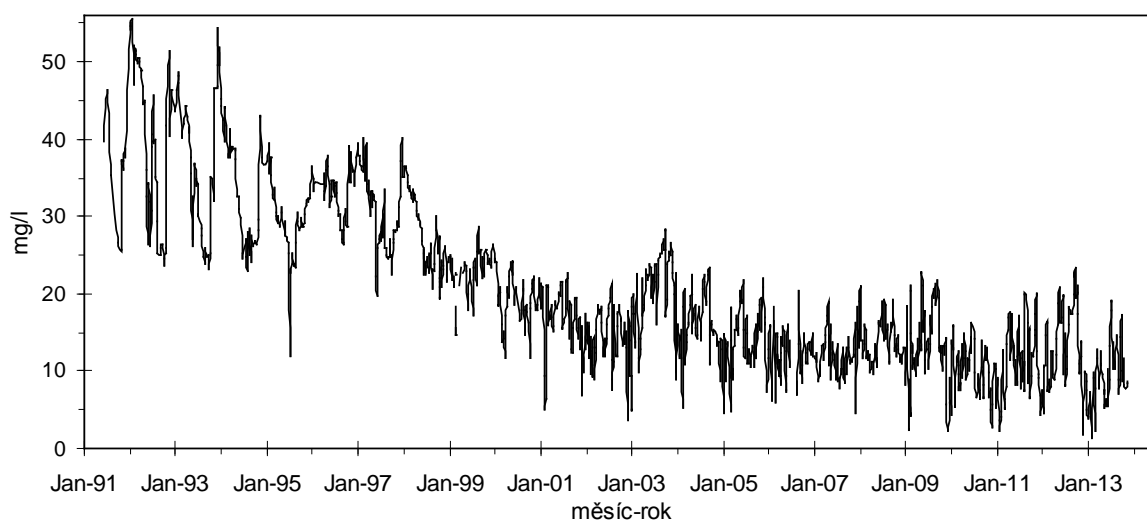
Hydrolog. rok	Srážky Mar. Lázně úprav. vody (ČHMÚ) mm rok ⁻¹	Srážky PLB mm rok ⁻¹	Podkorunové srážky			Odtok PLB mm rok ⁻¹	Odtok PLB % podkorun. srážek
			PLB plocha THD	THH plocha	průměr		
1992	843		684			235	34
1993	836		562			226	40
1994	916		573			285	50
1995	1037		646			337	52
1996	759		494			194	39
1997	699		398			226	57
1998	914		385			241	63
1999	820		366			264	72
2000	933		511			299	59
2001	828		503			274	54
2002	1084	1010	696	689	693	460	66
2003	704	637	414	438	426	251	61
2004	783	722	490	477	484	182	37
2005	892	878	605	635	620	369	61
2006	940	807	554	595	575	294	53
2007	919	946	639	623	631	308	48
2008	856	812	579	544	562	292	50
2009	906	759	503	497	500	269	53
2010	788	794	591	570	581	310	52
2011	802	759	566	567	567	283	50
2012	839	710	491	489	490	272	55
2013	942	839	642	657	650	389	61
Počet roků	12	12	12	12	12	12	12
Průměr	871	806	564	565	565	307	54
Medián	874	801	573	569	571	293	53
Směr. odch.	95	99	76	75	75	69	7
Minimum	704	637	414	438	426	182	37
Maximum	1084	1010	696	689	693	460	66
Počet roků	22		22			22	22
Průměr	865		541			285	53
Medián	850		558			279	53
Směr. odch.	93		92			62	9
Minimum	699		366			182	34
Maximum	1084		696			460	72

Tabulka 3: Doplňující hydrologická bilance povodí Pluhův bor za posledních 12 let. Intercepce byla počítána jako rozdíl mezi srážkami a podkorunovými srážkami. Evapotranspirace (ET) byla zjednodušeně počítána jako rozdíl mezi podkorunovými srážkami a odtokem (ET bez intercepce) nebo jako rozdíl mezi srážkami a odtokem (ET celková) se zanedbáním podpovrchového odtoku z povodí.

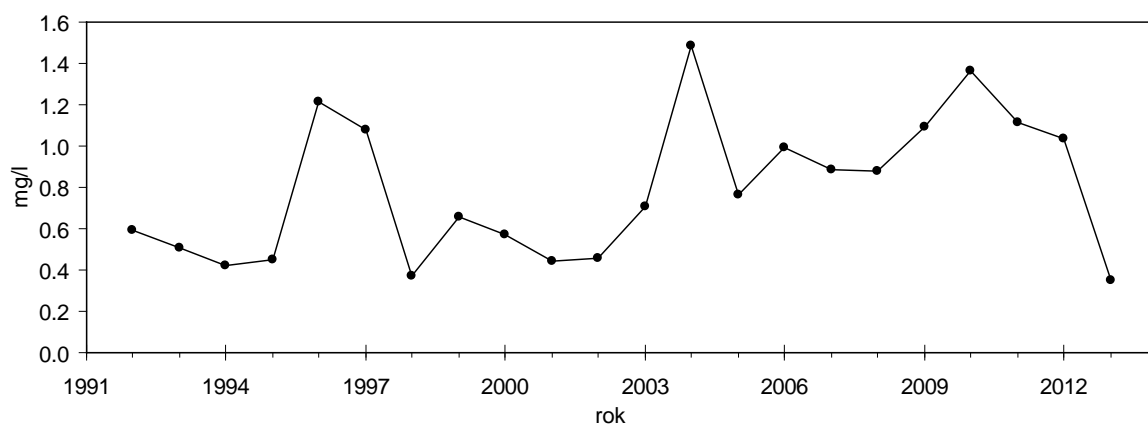
Hydrolog. rok	Intercepce	Evapotranspirace bez intercepce	Evapotranspir. celková	Intercepce	Evapotranspirace bez intercepce	Evapotranspir. celková	Odtok
	mm rok ⁻¹			% srážek			
2002	317	233	550	31	23	54	46
2003	211	175	386	33	27	61	39
2004	238	302	540	33	42	75	25
2005	258	251	509	29	29	58	42
2006	232	281	513	29	35	64	36
2007	315	323	638	33	34	67	33
2008	250	270	520	31	33	64	36
2009	259	231	490	34	30	65	35
2010	213	271	484	27	34	61	39
2011	192	284	476	25	37	63	37
2012	220	218	438	31	31	62	38
2013	189	261	450	23	31	54	46
Počet	12	12	12	12	12	12	12
Průměr	241	258	500	30	32	62	38
Medián	235	266	500	31	32	62	38
Směr. od.	40	38	61	3	5	5	5
Minimum	189	175	386	23	23	54	25
Maximum	317	323	638	34	42	75	46



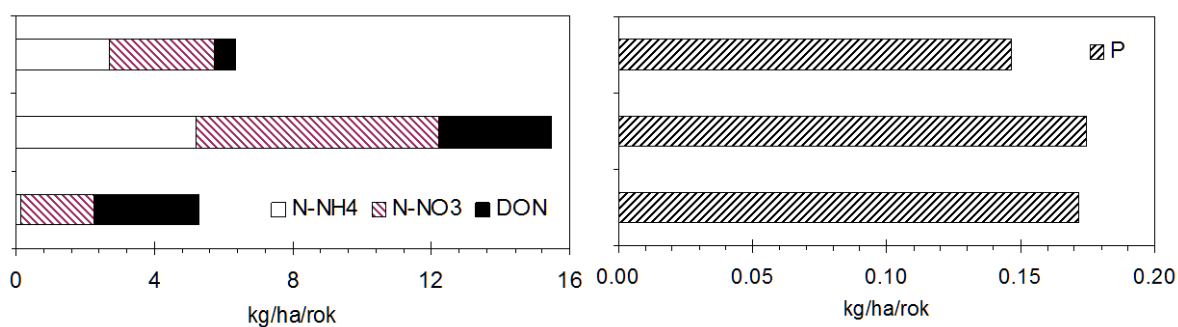
Obr. 2: Týdenní hodnoty pH potoka Pluhova boru v období 2010 až 2014. Porovnání s geochemicky kontrastními smrkovými povodími Slavkovského lesa. Týdenní hodnoty z granitového povodí Lysina, měsíční z amfibolitového povodí Na zeleném a nepravidelné z rašelinného povodí Černý potok.



Obr. 3: Týdenní hodnoty koncentrací síranů (SO_4) potochní vody Pluhova boru v období červen 1991 až listopad 2013.



Obr. 4: Roční průměrné průtokem vážené koncentrace dusičnanového dusíku (N-NO_3) potochní vody Pluhova boru ve dvaaadvacetiletém období 1992 až 2013.



Obr. 5: Roční látkové toky hlavních eutrofizačních složek: a) amonného dusíku (N-NH_4), dusičnanového dusíku (N-NO_3), rozpuštěného organického dusíku (DON) a b) celkového fosforu potochní vody Pluhova boru v letech 2012 až 2013. Horní sloupce reprezentují srážky na volné ploše, prostřední sloupce podkorunové srážky a dolní sloupce potochní vodu.

Okamžitý průtok při odběru povodně 2.6.2013 (obr. 1) byl 72 l s^{-1} , potok byl neutrální (pH 6,9), koncentrace síranů byla snížena (5 mg l^{-1}) a organického uhlíku zvýšena (52 mg l^{-1}). Průměrné roční průtokem vážené koncentrace dusičnanového dusíku (obr. 4) mají jiný vývoj než sírany. Vzestup koncentrací přibližně v období 1998 – 2012 koresponduje s těžbou stromů v povodí, a tím pádem se zvýšenou mineralizací organického opadu (jehličí) a organických vrstev půdy díky vyššímu osvětlení. Obr. 5 zobrazuje látkové toky pouze hlavních eutrofizačních faktorů, dusíku a fosforu a má omezené časové pásmo, jelikož fosfor byl měřen jen v letech 2012 – 2013. Látkové toky anorganického rozpuštěného dusíku (DIN) mají největší podíl na celkovém dusíku ve srážkách (91 %), nižší podíl v podkorunových srážkách (79 %) a nejnižší podíl v povrchové vodě (42 %), což znamená, že většina dusíku opouští povodí v závěrovém profilu ve formě rozpuštěného organického dusíku (DON, 58 %). Celkově opouští povodí 84 % celkového rozpuštěného dusíku, který vstoupil do povodí ve formě srážek na volné ploše. Látkové toky v podkorunových srážkách jsou sice daleko vyšší (obr. 5), ale jen jejich část pochází ze suché atmosférické depozice, většina patrně pochází z vnitřního koloběhu stromů, zejména těch napadených kůrovcem. Prokázalo se, že na povodí je fosfor, díky hadcovému podloží, hlavní nedostatkovou a limitující živinou pro smrky a mykorrhizu (Rosenstock et al., 2014). Látkové toky fosforu na povodí jsou ale vyrovnané (obr. 5), potokem odchází o 18 % fosforu víc, než kolik do povodí přichází ze srážek.

Závěry

Zpracované hydrologické charakteristiky povodí jsou založeny na 22 hydrologických letech měření. Roční průměrný srážkový úhrn do povodí Pluhův bor byl 800 mm a průměrný povrchový odtok byl 285 mm. Povrchový odtok byl v průměru na úrovni 36 % srážkových úhrnů, ale pohyboval se v širokém rozmezí, mezi 25 a 46 %. Zvýšené průtoky jsou spojeny se snižováním pH potoční vody a se zvyšováním koncentrací kovů, v případě Pluhova boru zejména hliníku, niklu a chromu. Při porovnání Pluhova boru se smrkovými povodími Slavkovského lesa na jiném podloží z hlediska geochemické reaktivity se ukazuje, že Pluhův bor má nejvyšší schopnost neutralizace kyselé atmosférické depozice a to díky chemickému zvětrávání bazických kationtů, zejména hořčíku. Pokračuje snižování koncentrací síranů v povrchové vodě, započaté v devadesátých letech a naopak se dlouhodobě zvyšují koncentrace rozpuštěného organického uhlíku. Látkové toky celkového fosforu do a z povodí jsou vyrovnané. Došlo k pravděpodobně relativně krátkodobému vzrůstu koncentrace dusičnanů, vzhledem k působení opadu vzniklému v důsledku lokální těžby stromů. Povodí opouští přes 80 % celkového dusíku, který do povodí vstoupil ze srážek. Téměř 60 % tohoto dusíku v povrchovém odtoku je ve formě rozpustěného organického dusíku.

Poděkování

Tento výzkum podpořily GAČR (210/11/1369) a Evropská komise (FP7 244118 SoilTrEC). Autoři děkují kolegům z ČGS (D. Fottové, F. Oulehlemu, V. Chlupáčkové, V. Bláhovi, J. Farkašovi, M. Novákovi a T. Chumanovi) za spolupráci a J. Václavkovi z Teplé za pravidelný týdenní monitoring na povodí Pluhův bor. Poděkování patří i pracovníkům ČHMÚ Plzeň za zaslání klimatických dat.

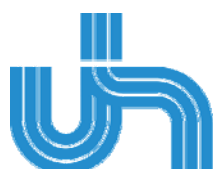
Literatura

- Benčoková, A., Krám, P., Hruška, J. (2011): Future climate and flow patterns changes in Czech headwater catchments. *Climate Research*, 49, 1 – 15.
- Fottová, D., Skořepová, I., (1998): Changes in mass element fluxes and their importance for critical loads: GEOMON network, Czech Republic. *Water, Air, and Soil Pollution* 105, 365 – 376.
- Horecký, J., Rucki, J., Stuchlík, E., Krám, P., Křeček, J., Bitušík, P. (2013): Benthic macroinvertebrates of headwater streams with extreme hydrochemistry. *Biologia*, 68, 303 – 313.
- Hruška, J., Krám, P. (2003): Modelling long-term changes of streamwater chemistry in two catchments with contrasting vulnerability to acidification. *Hydrology and Earth System Sciences*, 7, 525 – 539.
- Hruška, J., Johnson, C. E., Krám, P. (1996): The role of organic solutes in the chemistry of acid-impacted bog waters of the western Czech Republic. *Water Resources Research*, 32, 2841 – 2851.

- Hruška, J., Johnson, C. E., Krám, P. and Liao, C. Y. (1997): Organic solutes and the recovery of a bog stream from chronic acidification. *Environmental Science and Technology*, 31, 3677 – 3681.
- Hruška, J., Krám, P., McDowell, W. H., Oulehle, F. (2009): Increased dissolved organic carbon (DOC) in Central European streams is driven by reductions in ionic strength rather than climate change or decreasing acidity. *Environmental Science and Technology*, 43, 4320 – 4326.
- Krám, P. (2005): Chemické složení odtoku ze tří geochemicky kontrastních podloží (leukogranit – serpentinit – amfibolit). In: Šír M., Tesař M. (eds.) *Hydrologie malého povodí 2005*, Ústav pro hydrodynamiku AVČR, Praha, 181 – 186.
- Krám, P. (2011): Hydrologická bilance dlouhodobě monitorovaného povodí Lysina. In: Šír M., Tesař M. (eds.) *Hydrologie malého povodí 2011*, Ústav pro hydrodynamiku AVČR, Praha, 259 – 265.
- Krám, P., Fottová, D. (2008): Extrémy denních odtoků ze sítě lesních povodí GEOMON. In: Šír M., Tesař M., Lichner L. (eds.) *Hydrologie malých povodí 2008*, Ústav pro hydrodynamiku AVČR, Praha, 155 – 161.
- Krám, P., Hruška, J., Wenner, B. S., Driscoll, C. T., Johnson, C. E. (1997): The biogeochemistry of basic cations in two forest catchments with contrasting lithology in the Czech Republic. *Biogeochemistry*, 37, 173 – 202.
- Krám, P., Hruška, J., Driscoll, C. T., Johnson, C. E., Oulehle, F. (2009a): Long-term changes in aluminum fractions of drainage waters in two forest catchments with contrasting lithology. *Journal of Inorganic Biochemistry*, 103, 1465 – 1472.
- Krám, P., Oulehle, F., Štědrá, V., Hruška, J., Shanley, J. B., Minocha, R., Traister, E. (2009b): Geocology of a forest watershed underlain by serpentine in central Europe. *Northeastern Naturalist*, 16/ Spec.5, 309 – 328.
- Krám, P., Hruška, J., Shanley, J. B. (2012): Streamwater chemistry in three contrasting monolithologic catchments. *Applied Geochemistry*, 27, 1854 – 1863.
- Krám, P., Myška, O., Čuřík, J., Veselovský, F., Hruška, J. (2013): Drainage water chemistry in geochemically contrasting catchments. In: Stojanov, R., Žalud, Z., Cudlín, P., Farda, A., Urban, O., Trnka M. (eds.) *Global Change and Resilience From Impacts to Response*, Conference Proceedings, Global Change Research Centre, Academy of Sciences of the CR, Brno, 173 - 177.
- Lamačová, A., Hruška, J., Krám, P., Stuchlík, E., Farda, A., Chuman, T., Fottová, D. (2014): Runoff trends analysis and future projections of hydrologic patterns in small forested catchments. *Soil and Water Research*, v tisku.
- Lischeid, G., Krám, P., Weyer, C. (2010): Tracing biogeochemical processes in small catchments using non-linear methods. In: Muller F., Baessler C., Schubert H., Klotz S. (eds.) *Long-term ecological research – between theory and application*. Springer, Berlin. 221 – 242.
- Majer, V., Krám, P., Shanley, J. B. (2005): Rapid regional recovery from sulfate and nitrate pollution in streams of the western Czech Republic – comparison to other recovering areas. *Environmental Pollution*, 135, 17 – 28.
- Menon, M., Rouseva, S., Nikolaidis, N. P., van Gaans, P., Panagos, P., de Souza, D. M., Ragnarsdottir, K. V., Lair, G. J., Weng, L., Bloem, J., Kram, P., Novak, M., Davidsdottir, B., Gisladottir, G., Robinson, D. A., Reynolds, B., White, T., Lundin, L., Zhang, B., Duffy, C., Bernasconi, S. M., de Ruiter, P., Blum, W. E. H., Banwart, S. A. (2014): SoilTrEC: A global initiative on critical zone research and integration. *Environmental Science and Pollution Research*, 21, 3191 – 3195.
- Oulehle, F., McDowell, W. H., Aitkenhead-Peterson, J. A., Krám, P., Hruška, J., Navrátil, T., Buzek, F., Fottová, D. (2008): Long-term trends in stream nitrate concentrations and losses across watersheds undergoing recovery from acidification in the Czech Republic. *Ecosystems*, 11, 410 – 425.
- Rosenstock, N., Smits, M., Berner, C., Kram, P., Wallander, H. (2014): Rock-eating fungi are picky eaters. *European Geosciences Union General Assembly, Vienna. Geophysical Research Abstracts* 16: EGU2014 – 11891.
- Shanley, J. B., Krám, P., Hruška, J., Bullen, T. D. (2004): A biogeochemical comparison of two well-buffered catchments with contrasting histories of acid deposition. *Water, Air, and Soil Pollution: Focus*, 4/2-3, 325 – 342.
- Traister, E. M., McDowell, W. D., Krám, P., Fottová, D., Kolaříková, K. (2013): Persistent effects of acidification on stream ecosystem structure and function. *Freshwater Science*, 32, 586 – 596.

Předmluva editorů

Kniha obsahuje plné texty vědeckých článků. Články byly připraveny jako příspěvky pro konferenci s mezinárodní účastí „Hydrologie malého povodí 2014“, která se konala 22. až 24. 4. 2014 v Praze. Články neprošly jazykovou ani věcnou kontrolou. Konferenci pořádaly: Ústav pro hydrodynamiku AVČR, v.v.i., Praha; Ústav hydrologie SAV, Bratislava; Česká vědeckotechnická vodohospodářská společnost, Praha; Český hydrometeorologický ústav, Praha; Český národní výbor pro hydrologii.



Mediálním partnerem konference byla společnost Vodní hospodářství spol. s r.o.



Vědecký výbor konference: Blažková Šárka, Císlerová Milena, Daňhelka Jan, Doležal František, Holko Ladislav, Kodešová Radka, Kovář Pavel, Kulhavý Zbyněk, Lichner Lubomír, Miklánek Pavol, Novák Viliam, Parajka Juraj, Pekárová Pavla, Škvarenina Jaroslav, Tesař Miroslav, Vogel Tomáš

Knihu vydal Ústav pro hydrodynamiku AVČR, v. v. i., v Praze roku 2014 v rámci řešení projektu TA02021451 a Český hydrometeorologický ústav.

Foto na obálce: © Vladislav Hošek

Název: Hydrologie malého povodí 2014

Editoři: Karel Brych, Miroslav Tesař

Vydal: © Ústav pro hydrodynamiku AVČR, v. v. i., Pod Patankou 30/5, 166 12 Praha 6

© Český hydrometeorologický ústav, Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 412

Rok vydání: 2014

Místo vydání: Praha

ISBN 978-80-02-02525-2 (Ústav pro hydrodynamiku AVČR, v. v. i.)

ISBN 978-80-87577-32-5 (Český hydrometeorologický ústav)

HYDROLOGIE MALÉHO POVODÍ

2014

1. díl

str. 1 – 302



Organizace
Spojených národů
pro výchovu, vědu a kulturu

United Nations
Educational, Scientific and
Cultural Organization

Organisation
des Nations Unies
pour l'éducation,
la science et la culture

Pod záštitou

České komise
pro UNESCO

Under the patronage of
the Czech Commission
for UNESCO

Sous patronage de
la Commission tchèque
pour l'UNESCO

Editoři: Karel Brych, Miroslav Tesař

Ústav pro hydrodynamiku AV ČR, v. v. i., Pod Paťankou 30/5, 166 12 Praha 6

Praha, 2014