

Entomofauna a dlouhodobé trendy vývoje chemismu vody v tocích pramenné oblasti Otavy

Aquatic entomocoenosis and long-term trends in stream water chemistry in the headwaters of the Otava River

Jana Růžicková^{1*}, Štěpán Hřebík² & Zuzana Kodrová¹

¹Ústav pro životní prostředí, Přírodovědecká fakulta UK, Benátská 2, CZ-12801 Praha 2, Česká republika

²Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.M., Podbabská 30, CZ-16062 Praha 6, Česká republika
*ruzicka@natur.cuni.cz

Abstract

Research was carried out in lotic ecosystems in the upper Otava River basin. Total of 101 taxa, including species endemic to the Alps and the Bohemian Forest (=Šumava Mts.) (*Ecdyonurus austriacus*, *Siphonoperla montana*), were identified. Episodically acidified streams exert lower values of most physico-chemical parameters (pH, conductivity, sulphates, chlorides, base cations) and decrease in the number of macroinvertebrate taxa and biodiversity in contrast to reference localities. At the centre of the forest decay due to the bark-beetle calamity it is possible to find enhanced values of conductivity and nitrate as well as potassium contents. Recently the values of pH and the sum of base cations increased and, on the contrary, the conductivity and the sum of strong acid anions as well as concentrations of nitrate and sulphate decreased in selected streams in the upper Otava River.

OBECNÁ CHARAKTERISTIKA TOKŮ V POVODÍ HORNÍ OTAVY

Výzkum kvality vody a bioty probíhal v oblasti NP Šumava v letech 2002–03 na vybraných 16 lokalitách toků v povodí Vydry a Křemelné, zpravidla ve třech sezonních aspektech (jarním, časně letním a letně-podzimním). Orientačně byl sledován chemismus Otavy. V povodí Vydry byly zahrnuty do výzkumu epizodicky acidifikované toky v oblasti nejvíce zasažené kůrovcovou kalamitou. Jedná se zejména o lokality toků Modravský a Roklanský a jejich přítoky, které jsou situovány v nadmořské výšce okolo 1000 m n.m. – Luzenský (Lu), Březnický (Bř), Modravský – Březník (MoB), Modravský – Modrava (MoM), Roklanský – hájenka (RoH), Roklanský – u Novohuťského (RoN), Novohuťský (No), Roklanský – Modrava (RoM). Další toky povodí Vydry, které byly vybrány jako referenční lokality se nacházejí v nadmořské výšce 650–900 m n.m. – Hamerský – Antýgl (Ha), Hrádecký – Srní (Hr), Vydra – Čeňkova pila (Vyd). V povodí Křemelné se pak jednalo o toky ve výškovém pásmu 800–900 m n.m. – Křemelná a Prášilský – Vysoké Lávky (Kř, Pr), Slatinný – Slučí tah (Sl), Jezerní – Slunečná (Je). Otava (Ot) byla sledována po soutoku Vydry a Křemelné u Čeňkovy pily. V oblasti probíhá od roku 1994 dlouhodobý výzkum bioty (makrozoobentos, ichtyofauna) a kvality vody lotických ekosystémů (např. RŮŽICKOVÁ 1998, RŮŽICKOVÁ & KOTRBOVÁ 2000, RŮŽICKOVÁ et al. 2001, 2004).

V tocích byly zaznamenány nízké hodnoty řady fyzikálně-chemických parametrů (vodivost do 37 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, dusičnany do 5,7 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$, sírany do 3,6 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$, chloridy do 0,9 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$, suma

aniontů SK do 7,0 mg.l⁻¹ a suma BK do 7,2 mg.l⁻¹). Koncentrace fosforečnanů byly zvýšeny v antropogenně ovlivněných tocích. Vyšší hodnoty CHSK byly typické pro nejvýše položené toky (maxima v povodňovém roce 2002 až 34 mg.l⁻¹). Hodnoty pH se pohybovaly v širokém rozmezí od <4,0 do 7,6. Výsledky lineární regresní analýzy vztahů mezi abiotickými parametry prokázaly signifikantní pozitivní korelaci mezi nv/NO₃⁻, nv/SA, pH/SO₄²⁻, pH/Ca²⁺, vod/Ca²⁺, vod/BC, vod/SA a negativní korelaci mezi nv/pH, nv/BC, nv/SO₄²⁻, pH/NO₃⁻, SO₄²⁻/NO₃⁻ (p < 0,05). Hierarchická shluková analýza prokázala podobnost lokalit. Toky lze rozdělit do 5 kategorií – 1. epizodicky acidifikované toky v centru kúrovcové kalamity, 2. dolní lokality toků Modravský a Roklanský, 3. Vydra, Otava a Hamerský p., 4. toky Jezerní a Prášílský, 5. toky Hrádecký, Slatinný a Křemelná. Současné trendy ve vývoji chemismu jezer (SO₄²⁻, NO₃⁻) v oblasti Šumavy odpovídají změnám v atmosférické depozici (VRBA et al. 2000). Od roku 1989 dochází ke zotavení jezerních ekosystémů z acidifikace (KOPÁČEK et al. 1998). Podobný trend byl pozorován v letech 1994–2003 v lotických ekosystémech Šumavy. V současnosti dochází ve vybraných tocích v povodí horní Otavy ke zvýšení hodnot pH a sumy bazických kationů a naopak k poklesu sumy aniontů silných kyselin (hlavně koncentrací nitrátů a síranů).

V letech 2002–03 bylo odebráno 6300 zástupců makrozoobentosu a determinováno 76 taxonů (převážně druhů a rodů). Většinu tvoří zástupci vodního hmyzu a to zejména skupiny Plecoptera, Trichoptera a Ephemeroptera. Permanentní fauna byla zastoupena významněji pouze na lokalitách Ha, Hr a Sl. Na jaře dominují Plecoptera a na většině lokalit tvoří 50–97 % společenstva. V létě Plecoptera stále dominují na lokalitách ve vyšší nadmořské výšce a tvoří 65–98 % entomofauny. Na referenčních lokalitách se pak častěji objevují Ephemeroptera a Trichoptera. Plecoptera a Trichoptera dominují na podzim. Taxonomicky nejbohatší jsou Trichoptera (26), Plecoptera (20) a Ephemeroptera (15). Na jednotlivých lokalitách bylo zachyceno 15–47 taxonů makrozoobentosu. V jarně-letním aspektu dominují ve společenstvu *Brachyptera seticornis*, později *Protonemura* sp. a *Leuctra* sp. Podzimní druhy *Diura bicaudata* a *Perlodes microcephalus* (výskyt převážně v nižší nadmořské výšce) nedosahují významnějšího zastoupení. Typickými letními zástupci jsou *Baetis alpinus*, *B. rhodani* a čel. Heptageniidae, a to zejména v tocích nižších poloh s vyšším pH. Ve výšce položených tocích se vyskytoval *Ameletus inopinatus*. Trichoptera byla zastoupena nejhojnější čeledí Drusinae (*Drusus discolor*, *D. annulatus*, *Ecclisopteryx guttulata*, *Anomalopterygella chauviniana*). Ve většině toků byla zaznamenána *Rhyacophila praemorsa* a *R. obliteratedata*. Diptera byla převážně zastoupena rodem *Dicranota* a zástupci čeledí Simuliidae a Chironomidae, Coleoptera hlavně rodem *Limnius*. K hodnocení společenstva makrozoobentosu byly použity indexy diverzity (Shannon-Wiener – DSW₁₂, Simpson), biotické indexy (Si, ASPT, BBI) a byla vypočtena dominance a ekvitalita. Dominance a ekvitalita v tocích se pohybovaly v širokém rozmezí 0,08–0,86 a 0,29–0,97. Průměrné hodnoty diverzity se na sledovaných lokalitách pohybovaly mezi 1,3–3,5 (DSW₁₂) a 2,0–8,8 (DSimps). Saprobity vypovídá o vysoké kvalitě vody v těchto tocích (0,4–1,0 – xenosaprobity-oligosaprobity). Na základě hodnot indexů ASPT (5,8–8,8) a BBI (nejčastěji 8–10) lze sledované lokality toků zařadit do I–II. třídy čistoty.

Celkově bylo v tocích povodí Vydry a Křemelné v letech 1994–1999 (nepublikováno) a 2002–03 determinováno 101 taxonů (převážně druhů) vodního hmyzu – Ephemeroptera (18), Plecoptera (26), Trichoptera (34), Diptera (12), Coleoptera (10), Megaloptera (1). V posledních dvou letech nebyly ve 3 hlavních skupinách vodního hmyzu determinovány *Amphinemura triangularis*, *Capnia* sp., *Nemoura mortoni*, *Perlodes dispar*, *Rhabdiopteryx neglecta*, *Brachyptera trifasciata*, *Heptagenia fuscogrisea*, *Siphonurus lacustris*, *Allogamus auricollis*, *Allogamus uncatas*, *Apatania fimbriata*, *Halesus digitatus*, *Chaetopteryx* cf. *major*, *Micrasema minimum*, *Notidobia ciliaris*, *Philopotamus ludificatus*. Z území Bavorské-

ho lesa uvádějí BAUER et al. (1988) následující počty EPT taxonů (9 E – 20 P – 33 T). SOLDÁN et al. (1996) pak pro střední Evropu – ČR – Šumavu – území NP uvádějí následující počet taxonů vodního hmyzu E: 120–91–61–52, P: 350–108–62–49, T: 450–220–156–124. Pro Trichoptera pak CHVOJKA & NOVÁK (2000) zpřesňují údaj pro ČR na 247 druhů. V oblasti Šumavy má tato skupina vodního hmyzu nejvíce zástupců ze všech našich pohoří, i když v porovnání s Alpami je bohatost šumavských druhů asi poloviční (NOVÁK 1996). Naše výzkumy v pramenné oblasti Otavy zachytily výskyt 1/3 E, 1/2 P a 1/4 T z území celého NP. Významný je výskyt druhů *Ecdyonurus austriacus* a *Siphonoperla montana* (endemité Alp a Šumavy). *Anomalopterygella chauviniana* se vyskytuje pouze na Šumavě (NOVÁK 1996). Z hlediska chorologického (SOLDÁN et al. 1996, 1998) se objevují druhy jihostředoevropského (*Brachyptera seicornis*, *Rhabdiopteryx neglecta*, *Taeniopteryx hubaulti*, *Amphinemura triangularis*, *Chloroperla tripunctata*, *Siphonoperla montana*, *Siphonoperla torrentium*), euroasijského (*Baetis rhodani*, *B. vernus*, *Ephemerella ignita*, *Nemoura flexuosa*, *Nemurella picteti*) a atlantsko-mediteránního (*Rhitrogena loyolaea*, *Anomalopterygella chauviniana* a *Ecclisopteryx guttulata*) původu. Dále se objevují druhy středoevropské a evropské (např. hercynské druhy *Ecdyonurus submontanus* a *E. subalpinus*, *Nemoura mortoni* a *Leuctra nigra*), subboreální (*Ameletus inopinatus*) a holarktické (*Diura bicaudata*).

ĚPIZODICKY ACIDIFIKOVANÉ TOKY V OBLASTI POSTIŽENÉ KŮROVCOVOU KALAMITOU

Průměrné hodnoty vodivosti se v tocích pohybovaly v rozmezí 21,7–23,1 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ a maxima dosahovala 28,2 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, hodnoty pH pak mezi 4,6–5,2. Hodnota pH=5,5 je považována za horní limit acidifikace. Nejvýraznější a nejdéle trvající poklesy pH provázejí jarní tání sněhu (pH <4) a mohou trvat i několik týdnů. Povodňový rok 2002 se vyznačoval vysokými hodnotami CHSK (průměrné hodnoty v tocích 17,8–24,7 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$, max. 33,6 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$). Povodí toků bylo dlouhodobě nasyceno v jarním období, což dokládají i vysoké průtoky v profilu Modrava, které kontinuálně přetrvávaly od dubna do poloviny května (po více než 3 týdny překračovaly průtoky 8 $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ a maximální hodnota průtoku 27 $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ byla 8krát vyšší než je průměr). Na acidifikaci toků ve vyšších polohách podílejí zejména dusičnany (průměrné hodnoty v tocích v rozmezí 2,5–4,1 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$, max. do 5,7 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$). Významný podíl nitrátů na sumě anionů silných kyselin (i více než 60%) pravděpodobně souvisí s poklesem biospotřeby a následnými procesy (mineralizace, urychlení nitrifikace a zvýšení odtoku). Naopak nízké obsahy síranů v tocích (průměr 0,9–1,6 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$, max. do 1,9 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) lze vysvětlit celkovým poklesem atmosférické depozice síry a vysokou síranovou adsorpční kapacitou šumavských půd (HRUŠKA & MAJER, 1996). Obsahy chloridů se pohybovaly okolo 0,3 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ a fosforečnanů v průměru 0,02–0,06 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ (max. do 0,07 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$). Suma aniontů SK se v průměru v tocích pohybovala v rozmezí 3,5–5,4 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ (max. 6,9 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) a suma BK 2,8–3,6 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ (max. do 3,8 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$). BK byly zastoupeny hlavně kationty vápníku a sodíku. Nízké obsahy BK souvisejí s dlouhodobou acidifikací (vyluhování z půdy). Na nejvýše položených lokalitách v centru kalamity byly zaznamenány nejvyšší hodnoty vodivosti, nitrátů a mírně zvýšené obsahy draslíku. Lokalita RoM byla typická nejvyššími hodnotami pH (max až 6,5).

Celkově bylo v tocích zaznamenáno 47 taxonů makrozoobentosu. Redukce oproti referenčním lokalitám byla zaznamenána ve všech skupinách vodního hmyzu. Ephemeroptera, Plecoptera a Trichoptera byla zastoupena 7, 13 a 19 taxony. Počet taxonů makrozoobentosu se na jednotlivých lokalitách toků pohyboval mezi 15–25. Hlavně v těchto tocích byl zastoupen *Ameletus inopinatus*, *Nemurella picteti* a *Apatania* sp. Ke vzácnějším nálezům patří ze skupiny Plecoptera zaznamenané druhy *Perlodes microcephalus*, *Isoperla oxylepis*, *Sipho-*

noperla montana, *Chloroperla tripunctata*, *Leuctra nigra* a ze skupiny Trichoptera zjištěné druhy *Rhyacophila polonica*, *R. dorsalis*, *Potamophylax latipennis*, *P. cingulatus*, *Psychomyia pusilla*, *Chaetopteryx villosa*, *Sericostoma* sp. V porovnání se SOLDÁNEM (1996) byla *Leuctra nigra* zjištěna jen v Mo, přestože je uváděna jako hojná, *Isoperla oxylepis* byla zjištěna i v nadmořské výšce nad 1000 m n.m. (Lu, MoB), *Siphonoperla montana* i v Ro a Mo. Menší tolerance jepic k acidifikaci oproti pošvatkám je obecně známa a projevila se i při předcházejících výzkumech v oblasti (RŮŽIČKOVÁ 1998). Na většině lokalit byla zjištěna nižší diverzita společenstva, což je v souladu s předcházejícími výzkumy acidifikovaných toků v oblasti Šumavy (RŮŽIČKOVÁ 1998, RŮŽIČKOVÁ & KOTRBOVÁ 2000, RŮŽIČKOVÁ et al. 2001, 2004). Průměrné hodnoty diverzity se pohybovaly v rozmezí 1,3–2,5 (DSW_{12}) a 2,0–4,8 ($DSimps$).

REFERENČNÍ LOKALITY

S poklesem nadmořské výšky a zvětšující se plochou povodí vzrůstá obsah síranů oproti nitrátům. Nejvyššími hodnotami pH (průměrné hodnoty 6,7–7,0, max. 7,3), vodivosti (okolo $30 \mu S \cdot cm^{-1}$, max. $35 \mu S \cdot cm^{-1}$), síranů ($2,7$ – $3,2 \text{ mg} \cdot l^{-1}$, max. $3,4 \text{ mg} \cdot l^{-1}$), chloridů (okolo $0,7 \text{ mg} \cdot l^{-1}$) i sumy BK ($5,7$ – $6,1 \text{ mg} \cdot l^{-1}$, max. $7,2 \text{ mg} \cdot l^{-1}$) se vyznačovaly toky Hr, Kř a Sl. Lze zaznamenat zvýšené obsahy většiny kationtů (kromě draslíku). Další lokality mají některé specifické rysy – Pr (nízké hodnoty vodivosti – max. do $20 \mu S \cdot cm^{-1}$, CHSK, fosforečnanů, síranů i BK), Je (nízké pH – min <5 , vodivost – max. do $15 \mu S \cdot cm^{-1}$, fosforečnany, sírany, BK a naopak vyšší hodnoty nitrátů), Ha (nejnižší obsah nitrátů). Hamerský potok je tokem s nejvíce zalesněným povodím – mezi anionty převažují sírany a nitráty se podílejí pouze 10 % na sumě aniontů silných kyselin. Toky Vydra a Otava se v žádném ukazateli významně neodlišovaly a zjištěné hodnoty odpovídaly průměru.

V tocích bylo zaznamenáno 74 zástupců makrozoobentosu a kromě *R. polonica* a *Ch. villosa* se zde vyskytovaly všechny taxony jako v tocích postižených kůrovcovou kalamitou. Nejvyšší počet taxonů (39–47) a diverzita byly zjištěny v tocích s nejvyššími hodnotami fyzikálně-chemických ukazatelů (Hr, Kř, Sl). V ostatních tocích (Ha, Pr, Je, Vyd) se počet taxonů pohyboval mezi 21–28. Nejnižší počet taxonů ve Vydrě je pravděpodobně důsledkem specifické povahy habitatu v tomto peřejnatém toku (morfologie koryta, balvanité dno). Pouze v této kategorii toků se vyskytovaly druhy *Crenobia alpina* a *Gammarus fossarum*. Oproti tokům ovlivněným následky kůrovcové kalamity se zde vyskytovaly druhy *Ecdyonurus submontanus*, *Rhitrogena semicolorata*, *Ephemerella ignita*, *Brachycentrus montanus*, *Hydropsyche pellucidula* a *Taeniopteryx hubaulti*. Ke vzácnějším nálezům v těchto tocích patří *Baetis vernus*, *Ecdyonurus austriacus*, *E. subalpinus*, *Ephemerella mucronata*, *Isoperla rivulorum*, *Siphonoperla montana*, *Siphonoperla torrentium*, *Perla marginata*, *Nemoura flexuosa*, *Leuctra nigra*, *Silo pallipes*, *Beraemyia hrabei*, *Odontocerum albicorne*, *Rhyacophila tristis*, *Plectrocnemia conspersa*, *Potamophylax cingulatus*, *Liponeura*, *Eleophila submarmorata*, *Pedicia rivosa*, *Oreodytes sanmarkii*. V porovnání se SOLDÁNEM (1996) byla *Isoperla rivulorum* zjištěna i v nižších polohách (Ha, Hr), hojně uváděná *Siphonoperla torrentium* se vyskytovala pouze v Je. Průměrné hodnoty diverzity se v tocích Ha, Hr, Kř a Sl pohybovaly v rozmezí 2,8–3,5 (DSW_{12}) a 5,3–8,8 ($DSimps$). V tocích Je, Pr a Vyd byly zjištěné indexy diverzity obdobné popř. vyšší než v tocích postižených kůrovcovou kalamitou ($DSW_{12}=2,0$ – $2,7$ a $DSimps=3,8$ – $5,0$).

Poděkování. Za zapůjčení družicových snímků děkujeme M. Šimovi (Orbitec Consulting). Finanční prostředky na výzkum byly poskytnuty GAUK (projekt 150/2002).

LITERATURA

- CHOVKA P. & NOVÁK K., 2000: Additions and corrections to the checklist of Trichoptera (Insecta) from the Czech and Slovak Republics. *Sborník Národního Muzea v Praze*, řada B, Přírodní vědy, 56(3–4): 103–120.
- HRUŠKA J. & MAJER V., 1996: Retention of human-induced sulphur in soils: a factor preventing acidification in surface water of Bohemian Forest. *Silva Gabreta*, 1: 143–149 (in Czech).
- KOPÁČEK J., HEJZLAR J., STUHLÍK E., FOTT J. & VESELÝ J., 1998: Reversibility of acidification of mountain lakes after reduction in nitrogen and sulphur emissions in Central Europe. *Limnology and Oceanography*, 43: 357–361.
- NOVÁK K., 1996: Caddisflies (Trichoptera) of the Šumava Mountains. *Sborník Jihočeského Muzea v Českých Budějovicích*, Přírodní vědy, 36: 51–61 (in Czech).
- RŮŽICKOVÁ J., 1998: Water insect community in streams of Bohemian Forest with different stages of acidification. *Silva Gabreta*, 2: 199–209 (in Czech).
- RŮŽICKOVÁ J. & KOTRBOVÁ M., 2000: Aquatic entomocoenosis in lotic ecosystems of the upper Vydra basin (Šumava National Park, Czech Republic). *Silva Gabreta*, 5: 135–148.
- RŮŽICKOVÁ J., OCÁSKOVÁ I., BENEŠOVÁ L. & HLÁSENSKÝ I., 2001: Natural and anthropogenic factors and their influence on water quality and diversity of aquatic insects in the Šumava NP and BR. In: *Aktuality šumavského výzkumu*, MÁNEK J. (ed.) Sborník z konference, Srní 2.–4. 4. 2001, pp. 70–74 (in Czech).
- RŮŽICKOVÁ J., HREBIK Š. & KODROVÁ Z., 2004: Macroinvertebrate communities and water quality in episodically acidified lotic ecosystems in the mountain region affected by bark beetle calamity. (in press)
- SOLDÁN T., 1996: A review of stoneflies (Plecoptera) of the Šumava Mountains with notes to their present occurrence. *Sborník Jihočeského Muzea v Českých Budějovicích*, Přírodní vědy, 36: 37–47 (in Czech).
- SOLDÁN T., PAPAČEK M., NOVÁK K. & ZELENÝ J., 1996: The Šumava Mountains : a unique biocentre of aquatic insects (Ephemeroptera, Odonata, Plecoptera, Megaloptera, Trichoptera and Heteroptera-Nepomorpha). *Silva Gabreta*, 1: 179–186.
- SOLDÁN T., ZAHŘÁDKOVÁ S., HELEŠIC J., DUŠEK L. & LANDA V., 1998: Distributional and Quantitative Patterns of Ephemeroptera and Plecoptera in the Czech Republic: A Possibility of Detection of Long-term Environmental Changes of Aquatic biotopes. *Folia Facultatis Scientiarum Naturarium Universitatis Masarykianae Brunensis*, Biologia, 98: 1–305.
- VRBA J., KOPÁČEK J. & FOTT J., 2000: Long-term limnological research of the Bohemian Forest lakes and their recent status. *Silva Gabreta*, 4: 7–28.