

Společenstvo vodního hmyzu v šumavských tocích s různým stupněm acidifikace

Water insect community in streams of Bohemian Forest with different stages of acidification

Jana Růžičková

*Ústav pro životní prostředí, přírodovědecká fakulta UK, Benátská 2,
CZ-128 01 Praha 2, Česká republika*

Abstract

The community structure of aquatic insects has been studied in the upper part of the Otava river (Vydra and Křemelná streams and their tributaries, the Šumava Mountains) from 1994 to 1996. Investigated streams are influenced to different extent by acidification. According to degree of acidification, lotic ecosystems were divided into two groups: strongly acidified streams (Roklanský, Modravský, Jezerní) with low conductivity (the average pH range between 4.9 and 5.6) and less acidified streams (Hamerský, Hrádecký, Vydra, Prášilský, Křemelná, Slatinný) with higher conductivity (pH range between 6.0–6.3). Altogether 42 taxons (mostly genera) of the insect orders have been identified. Numbers of taxons as well as community diversity of aquatic insects were influenced by strong acidification of lotic ecosystems under research. In Roklanský, Modravský and Jezerní streams, numbers of taxons and biodiversity range between 16–18 taxons and 1.2–2.0, while in the rest, less acidified streams these biological parameters were in the range 23 to 28 taxons and 2.4 to 2.8.

Key words: aquatic insects, lotic ecosystems, acidification, biodiversity

Úvod

Výzkum, prováděný v letech 1994–96 v lotických ekosystémech západní oblasti NP a BR Šumava (povodí Vydry a Křemelné) v rámci mezinárodního programu Global Environment Facility (Biodiversity Protection in the Czech Republic), prokázal, že tato oblast je relativně málo ovlivněna antropogenní činností (RŮŽIČKOVÁ & al., 1997). Tato situace je patrná zejména při porovnání s toky dvou významných středočeských chráněných oblastí (CHKO a BR Křivoklátsko, CHKO Český kras), kde probíhal obdobný výzkum v rámci projektu GA UK v letech 1995–97 (RŮŽIČKOVÁ & al., 1998). Zatím byly publikovány pouze předběžné výsledky obou projektů (RŮŽIČKOVÁ & BENEŠOVÁ, 1996 a,b, RŮŽIČKOVÁ 1997).

Celkově se vodivost v šumavských tocích pohybovala mezi 12–51 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ na rozdíl od obou CHKO, kde byly hodnoty až i o několik řádů vyšší (260–1081 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$). U koncentrací hlavních živin byla situace obdobná, když obsahy dusičnanů a fosforečnanů dosahovaly maximálně 12.0 a 0.2 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ oproti až 69.0 a 1.6 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ve středočeské oblasti. Také koncentrace chloridů nepřekračovaly v šumavských tocích maximum 4.5 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ oproti až 60 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$.

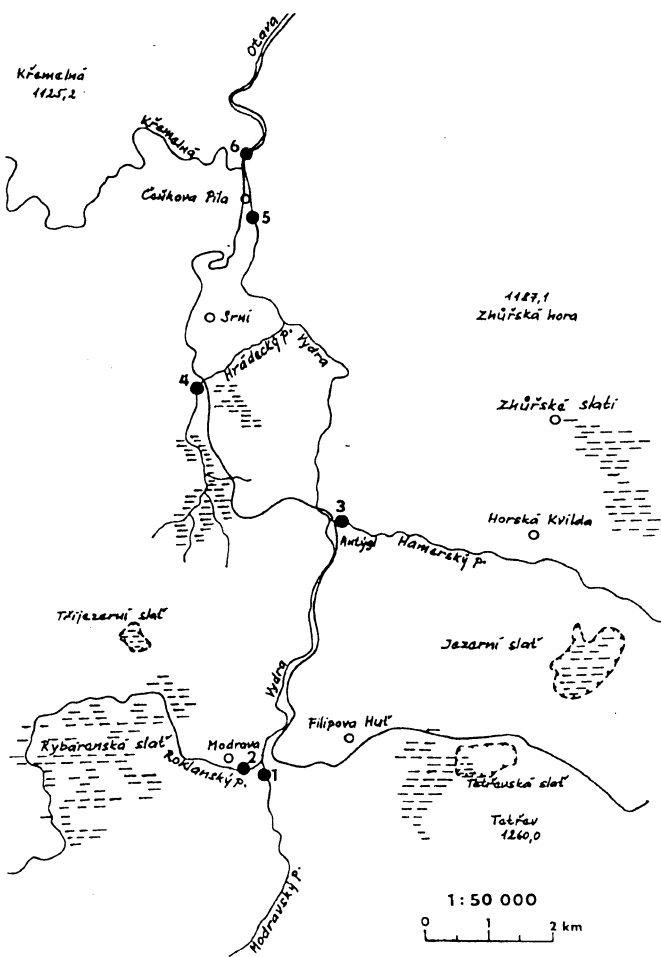
Toky v oblasti Šumavy budou patrně, i vzhledem k výše uvedenému, velmi náchylné k degradaci a pravděpodobně i poměrně malé zatížení znečišťujícími látkami se může projevit eliminací citlivých druhů ve společenstvu vodního hmyzu a v konečném důsledku i poru-

chou autoregulačních mechanismů ekosystému. V tomto příspěvku bude pozornost zaměřena zejména na charakteristiku společenstva vodního hmyzu v tocích s odlišným stupněm acidifikace.

Charakteristika oblastí a vybraných biotopů vodních toků

NP a CHKO Šumava představuje relativně málo obydlené a současně nejrozsáhlejší zalesněné území střední Evropy. Území má z velké části horský charakter a četná rašeliniště, s bohatou a rozmanitou flórou a faunou, představují specifický a významný krajinný prvek. Šumava je také chráněnou oblastí přirozené akumulace vod a z hlediska tvorby vodních zdrojů je naším nejvýznamnějším územím.

Kromě přirozené acidifikace vod se, a to zejména ve vyšších polohách, uplatňují i vlivy spojené s dálkovým přenosem škodlivin. Ve středních a nižších polohách pak představuje významný antropogenní vliv eutrofizace spojená s vypouštěním odpadních vod a zemědělskou činností (zejména louky a pastviny). Dále se uplatňují i používané lesnické technologie (např. těžba dřeva po kůrovcové kalamitě). V neposlední řadě je důležitým faktorem i stoupající zatížení území turistikou.



Obr. 1. – Schematická mapa lokalit v povodí Vydry

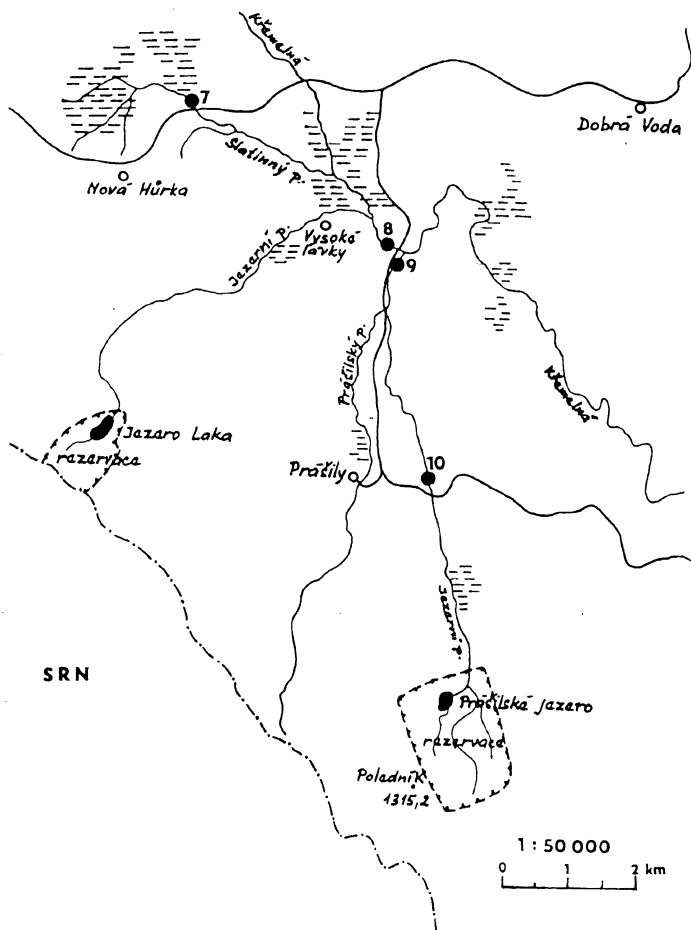
Fig. 1. – Schematic map of localities in the Vydra watershed

Do výzkumu byly zařazeny toky převážně lesního charakteru ve větší nadmořské výšce (750–1000 m.n.m.), které se nacházejí v povodí Vydry a Křemelné (Obr. 1, 2). Pro oblast Povydí je typické větší osídlení, hojně turistické využití a omezená pastva. V povodí Křemelné (donedávna uzavřený vojenský prostor) je pak obyvatelstvo koncentrováno do Prášil a oblast je také hojně turisticky navštěvována.

Toky ve výškovém pásmu okolo 1000 m.n.m. (Roklanský, Modravský – nad Modravou a Jezerní potok, který odtéká z Prášilského jezera) jsou silněji ovlivněny přirozenou i antropogenní acidifikací. U ostatních, méně acidifikovaných toků (Hamerský potok – Antýgl, Hrádecký potok – Srní, Vydra a Otava – Čeňkova pila) se kromě slabého antropogenního vlivu uplatňuje i charakter geologického podloží (Křemelná a Prášilský potok – Vysoké Lávky, Slatinný potok – Slučí Tah).

Materiál a metodika

Odběry a zpracování biologického materiálu i vzorků pro analýzu fyzikálně-chemických parametrů kvality vody proběhly na 10-ti výše uvedených tocích standartními limnologickými

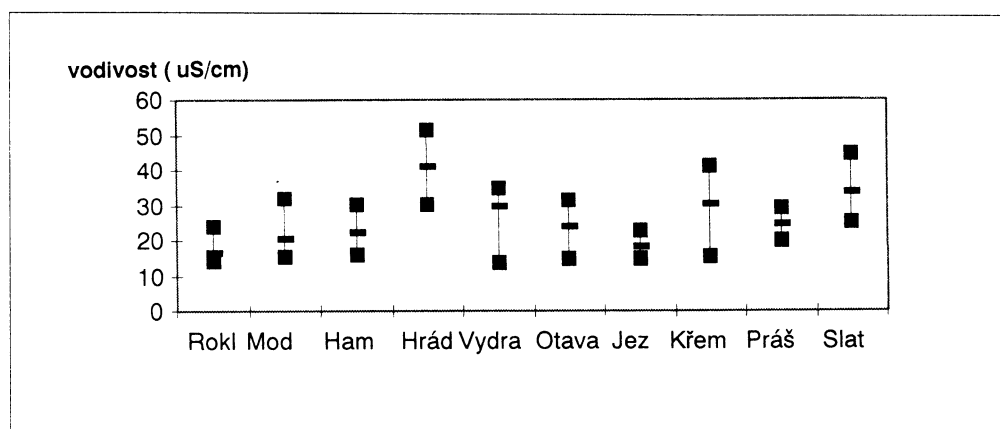
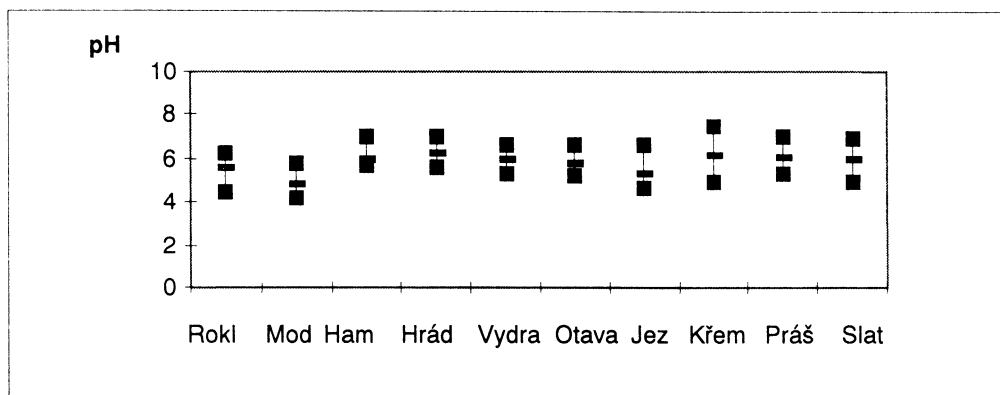


Obr. 2. – Schematická mapa lokalit v povodí Křemelné
 Fig. 2. – Schematic map of localities in the Křemelná watershed

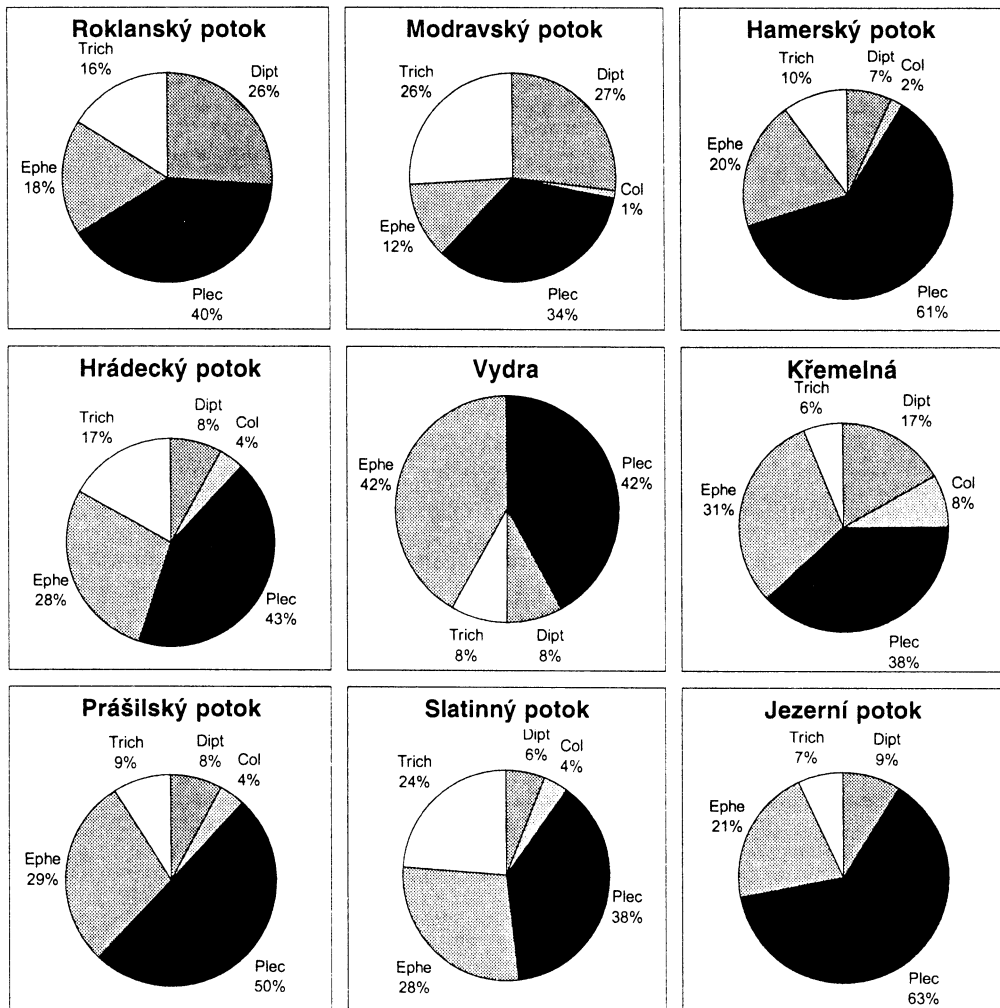
postupy. Makrozoobentos byl odebírán bentickým sběračem v proudnici zkoumaných toků (kromě Otavy) v sezóně let 1994–96 a zástupci vodního hmyzu byli sledováni především v jarně-letním a letně-podzimním aspektu, výjimečně pak i v období časného léta (květen 1994 a 1995, duben a červen 1996, září 1994 a 1996). Organismy byly determinovány do nižších taxonomických jednotek (převážně rodů) podle ROZKOŠNĚHO & al.(1980). Bylo stanoveno zastoupení jednotlivých taxonů ve společenstvu a určena průměrná diverzita společenstva vodního hmyzu (SHANNON & WEAVER, 1963 in KLEM & al., 1990).

Výsledky a diskuse

Lotické ekosystémy v povodí Vydry a Křemelné jsou do různé míry postiženy acidifikací. Z hlediska odlišných hodnot pH a vodivosti (Obr. 3) lze toky rozdělit do dvou základních kategorií.



Obr. 3. – Průměrné, minimální a maximální hodnoty pH a vodivosti v tocích na území NP a BR Šumava.
Fig. 3. – Average, minimal and maximal values of pH and conductivity in the streams on the territory of the Šumava National Park and Biosphere Reserve.



Obr. 4. – Procentuální zastoupení jednotlivých řádů vodního hmyzu v šumavských tocích.
Fig. 4. – Percentage of the individual orders of freshwater insects in the streams of the Šumava Mountains.

Do první kategorie patří silněji acidifikované toky s nižšími hodnotami vodivosti, kde se průměrné hodnoty pH pohybují mezi 4.9–5.6 a průměrná vodivost pak v rozmezí 16.5 až 20.6 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Jedná se o Modravský a Roklanský potok na Modravě a Jezerní potok v oblasti Prášílska. Uvedené toky jsou situovány na náhorních planinách v horské oblasti Šumavy, ve výškovém pásmu okolo 1000 m, a provázeny rozsáhlejšími mokřadními systémy, z nichž některé mají i mezinárodní význam (např. Modravské slatě).

Nejnižší průměrné hodnoty pH byly zjištěny v Modravském potoce, kde byla zaznamenána současně i vůbec nejnižší hodnota pH ze sledovaných toků ($\text{pH} = 4.2$) v období jarního tání v dubnu 1996. Naopak Roklanský potok se vyznačoval nejnižší průměrnou vodivostí s minimální naměřenou hodnotou–14.1 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. V obou těchto tocích v povodí Vydry byly

zjištěny nejvyšší průměrné hodnoty CHSK (huminové látky) a NO³⁻ (okolo 10 a 5 mg.l⁻¹) z toků zkoumaných v západní oblasti Šumavy.

Do druhé kategorie lze zařadit slabě acidifikované toky s vyššími hodnotami vodivosti. Průměrné hodnoty pH jsou v rozmezí 6.0–6.3 (s výjimkou Otavy, kde je tato hodnota pouze 5.8) a vodivost se pohybuje mezi 22–41 μS.cm⁻¹. Toky se nacházejí ve výškovém pásmu nad 750 m. V povodí Křemelné se jedná se o toky Prášílský, Křemelná (Vysoké Lávkvy) a Slatinný (Slučí Tah) a v povodí Vydry pak o toky Hamerský (Antýgl), Hrádecký (Srnlý) a nejnižže položené lokality Vydra a Otava (Čeňkova Pila).

Obě výše uvedené krajní průměrné hodnoty vodivosti byly zjištěny v peřejnatém Hamerském potoce (nejnižší vodivost) a odpadními vodami z obce a zemědělskou činností (pastva) zatěžovaném Hrádeckém potoce (nejvyšší vodivost). V Hrádeckém potoce svědčí o negativním antropogenním vlivu i nejvyšší zjištěný průměrný obsah chloridů (1.5 mg.l⁻¹) a maximální hodnota vodivosti zjištěná ve zkoumané oblasti (51 μS.cm⁻¹). Průměrná vodivost ostatních toků se pohybuje mezi 25–34 μS.cm⁻¹. V Křemelné pak byla zaznamenána nejvyšší hodnota pH (7.5). Vyšší pH bylo charakteristické v některých odběrech i pro jiné toky (Hamerský, Hrádecký, Prášílský, Slatinný), kde antropogenní vlivy způsobují bohatší trofické podmínky uvedených lokalit. Spolupodílet se však může i odlišná geologická stavba v povodí zkoumaných toků, a to zejména v povodí Křemelné.

Teplota vody je vzhledem k horskému charakteru toků trvale nízká (při výzkumech se teplota vody pohybovala pouze mezi 1–11 °C) a proto se zde vyskytuje fauna, která je na tyto podmínky adaptována.

Tabulka 1. – Výskyt jepic (*Ephemeroptera*) a pošvatek (*Plecoptera*) ve zkoumaných tocích.

Table 1. – The occurrence of mayflies (*Ephemeroptera*) and stoneflies (*Plecoptera*) in the investigated streams.

	Rok	Mod	Ham	Hrád	Vydra	Křem	Práš	Slat	Jez
<i>Ephemeroptera</i>	3	1	4	4	6	6	5	6	1
<i>Baetis</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Ecdyonurus</i> sp.	+		+		+	+	+	+	
<i>Epeorus</i> sp.				+	+	+	+	+	
<i>Ephemerella</i> sp.				+	+	+	+	+	
<i>Heptagenia</i> sp.	+		+		+	+		+	
<i>Rhitrogena</i> sp.			+	+	+	+	+	+	
<i>Plecoptera</i>	9	9	9	8	7	7	10	9	8
<i>Amphinemura</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Brachyptera</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Capnia</i> sp.	+	+							
<i>Chloroperla</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Diura</i> sp.		+	+				+	+	+
<i>Isoperla</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Leuctra</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Nemoura</i> sp.	+		+				+	+	+
<i>Perlodes</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Protonemura</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Rhabdiopteryx</i> sp.				+			+		

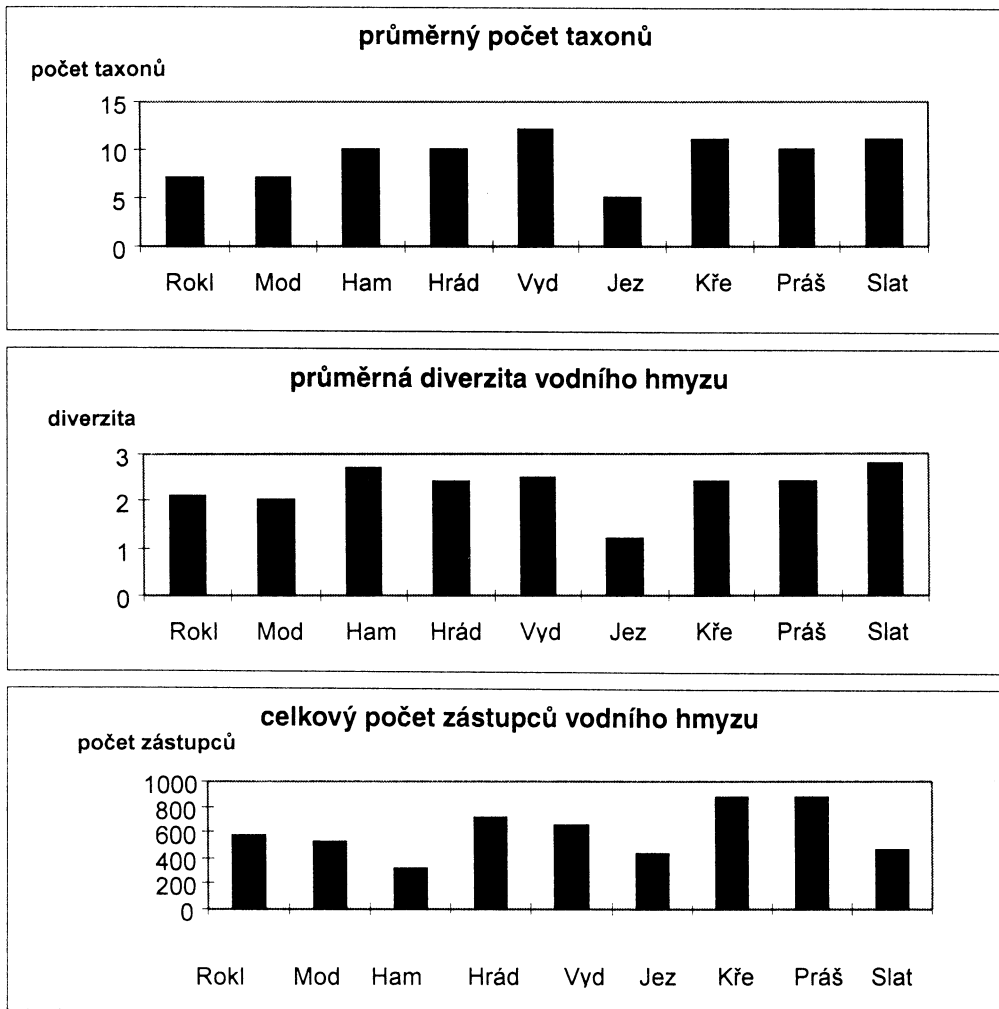
Tabulka 2. – Výskyt chrostíků (*Trichoptera*), dvoukřídlých (*Diptera*) a brouků (*Coleoptera*) ve zkoumaných tocích.)

Table 2. – The occurrence of caddisflies (*Trichoptera*), true flies (*Diptera*) and beetles (*Coleoptera*) in the investigated streams.

	Rok	Mod	Ham	Hrád	Vydra	Křem	Práš	Slat	Jez
Trichoptera	2	2	4	6	8	4	5	5	3
<i>Drusinae</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Hydropsyche</i> sp.					+				
<i>Leptoceridae</i>					+			+	
<i>Micrasema</i> sp.							+		
<i>Notidobia</i> sp.					+				
<i>Odontocerum</i> sp.				+					
<i>Philopotamus</i> sp.			+		+	+			+
<i>Plectrocnemia</i> sp.				+					
<i>Polycentropidae</i>			+	+					
<i>Rhyacophila</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Sericostoma</i> sp.					+		+	+	
<i>Stenophylacini</i>				+	+	+	+	+	
Diptera	4	5	5	5	5	7	4	4	4
<i>Atherix</i> sp.	+	+		+	+	+	+	+	
<i>Dicranota</i> sp.	+	+	+	+		+		+	
<i>Hexatoma</i> sp.						+			
<i>Chironomidae</i>		+	+	+		+	+		+
<i>Limoniidae</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Liponeura</i> sp.					+				
<i>Simuliidae</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Tipula</i> sp.			+		+	+			+
Coleoptera	0	1	1	2	0	2	1	3	0
<i>Brychius</i> sp.								+	
<i>Elmidae</i>				+		+		+	
<i>Helodes</i> sp.			+						
<i>Noterus</i> sp.		+							
<i>Orectochilus</i> sp.				+		+	+	+	

Oblast Šumavy je biogeograficky velmi cenná. Fauna je tvořena z boreoalpinních a montánních, ale i čistě alpských a hercynských elementů, které jsou doplněny druhy mediteránního původu. Z celkového počtu 91 zástupců řádu *Ephemeroptera* na území České republiky se v oblasti Šumavy vyskytuje 61, ze 108 *Plecopter* 62, z 220 *Trichopter* 156 a ze 64 *Odonat* 32 druhů, což představuje 50–79 % druhů žijících v České republice (SOLDAN & al., 1996). Oblast Šumavy představuje významné refugium pro ohrožené a vymírající druhy. Některé ze sledovaných lokalit v povodí Vydry a Křemelné jsou zahrnuty do souborné publikace LANDY & SOLDANA (1989), která se zabývá rozšířením skupiny *Ephemeroptera* na českém území s ohledem na kvalitu vody.

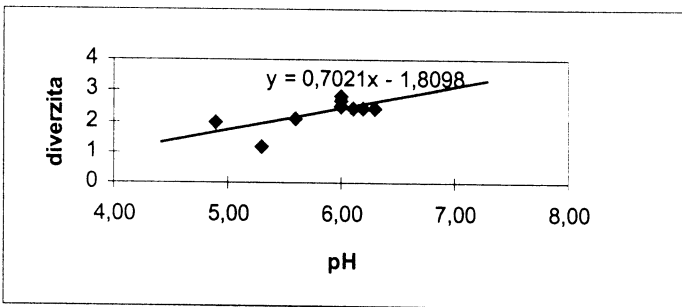
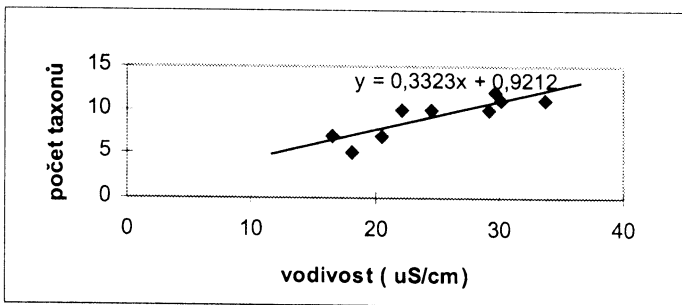
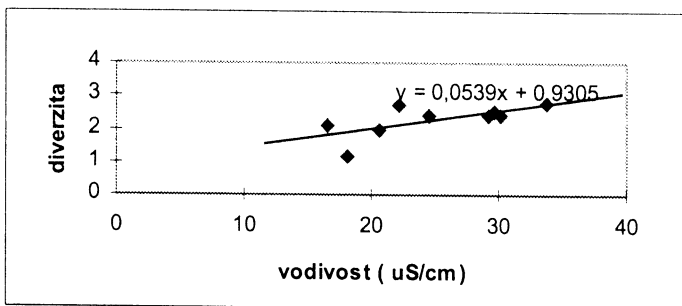
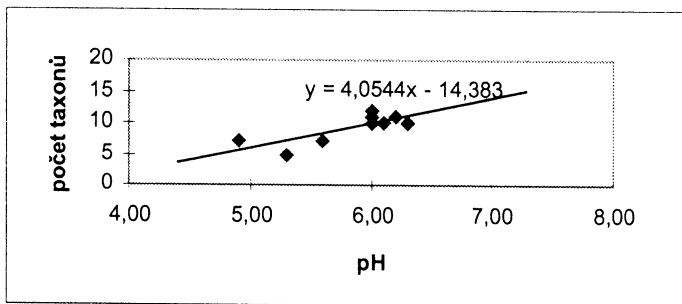
Z Obr. 4, kde je shrnuto procentuální zastoupení jednotlivých řádů vodního hmyzu ve sle-



Obr. 5. – Průměrný počet taxonů, průměrná diverzita a celkový počet zástupců vodního hmyzu v tekoucích vodách na území BR Šumava

Fig. 5 – Mean numbers of taxa, mean diversity and total number of individuals of freshwater insects on the territory of the Šumava Mountains.

dovaných tocích, je patrná převaha skupiny *Plecoptera*, která tvoří více než 50 % v tocích Hamerský, Prášilský a Jezerní a 35–43 % pak v ostatních tocích. Významný podíl skupiny *Ephemeroptera* je nápadný ve Vydře, kde tvoří 42 % společenstva. Ve více acidifikovaných tocích je z hlediska procentuálního zastoupení vodního hmyzu patrná redukce ve skupině *Ephemeroptera* (na 12–21 % oproti ostatním tokům, kde je tato skupina zastoupena 20 až 42 %) a naopak se více objevují *Diptera* (9–27 % oproti 6–8 % ve zbývajících tocích, s výjimkou Křemelně). *Coleoptera* se v tocích s nízkými hodnotami pH vyskytovala spíše vyjímčně.



Obr. 6. – Vztahy mezi vybranými biologickými a chemickými parametry v šumavských tocích.
 Fig. 6. – Relationships between selected biological and chemical parameters in the streams of the Šumava Mountains

Celkově bylo zaznamenáno v šumavských tocích 42 taxonů (převážně rodů) vodního hmyzu (Tab.1, 2). Nejrozmanitější je s 27 taxony Slatinný potok. Ve více acidifikovaných tocích je pak patrné chudší zastoupení tohoto společenstva, které se pohybuje mezi 16 až 18 taxony (rody) oproti 23–26 v méně acidifikovaných vodách. Ze skupiny *Ephemeroptera* se vyskytují v tocích s nejnižšími hodnotami pH pouze 1–3 rody (oproti 4–6) a chybí zde např. rody *Epeorus*, *Ephemerella* a *Rhitrogena*. Obdobně je v takových vodách redukována i skupina *Trichoptera* na 2–3 taxony (oproti 4–8), kde převažují zástupci podčeledi *Drusinae* a rodu *Rhyacophila*, kteří se však objevují i v ostatních zkoumaných tocích. *Plecoptera* jsou zastoupena v obou kategoriích toků 7–10 rody. Ve všech tocích jsou pak hojné rody *Brachyptera*, *Leuctra*, *Perlodes* a *Protonemura*. V některých vodách pak nabývají na významu rody *Isoperla* (Hamerský, Prášilský a Slatinný p.) ev. *Diura* (Jezerní p.). Pouze na silněji acidifikovaných biotopech se objevuje *Capnia* sp. Skupina *Diptera* pak i přes významnější procentuální zastoupení zůstává v acidifikovanějších vodách z hlediska počtu taxonů v relaci s ostatními toky (4–7 taxonů).

Důsledky acidifikace se projevují i na průměrných hodnotách počtu taxonů a diverzity společenstva vodního hmyzu (Obr.5). Ve vodách postižených silnější acidifikací bylo zaznamenáno v průměru pouze 5–7 taxonů (oproti 10–12). Index diverzity byl nejnižší v Jezerním p. ($D=1.2$) a o něco vyšší pak v Modravském a Roklanském p. ($D=2.0$ a 2.1). V méně acidifikovaných vodách se diverzita pohybovala mezi 2.4–2.5 (většina toků) a 2.7–2.8 (Hamerský a Slatinný p.).

V šumavských tocích (Růžičková, 1997) byla zjištěna pozitivní korelace mezi průměrnými hodnotami počtu taxonů vodního hmyzu popř. diverzity společenstva a průměrnými hodnotami pH a vodivosti ve zkoumaných tocích ($r_{\text{pH}} = 0.81$ popř. 0.68 a $r_c = 0.86$ popř. 0.68 , vše signifikantní na 0.05 % hladině významnosti) – Obr. 6.

Na závěr lze tedy shrnout, že výraznější acidifikace se ve zkoumaných lotických ekosystémech západní oblasti Šumavy při porovnání s méně acidifikovanými biotopy projevila změnami v procentuálním zastoupení jednotlivých skupin vodního hmyzu, dále pak redukcí počtu taxonů a poklesem biodiverzity společenstva.

Literatura

- KLEM D. J. & al., 1990: Macroinvertebrate field and laboratory methods for evaluating the biological integrity of surface waters. *United States Environmental Protection Agency: 1–256*.
- LANDA V. & SOLDÁN T., 1989: Rozšíření řádu Ephemeroptera v ČSSR s ohledem na kvalitu vody. *Studie ČSAV, Praha 17: 1–170*.
- ROZKOŠNÝ R. & al., 1980: Klíč vodních larev hmyzu. *ČSAV, Praha, Academia: 1–521*.
- RŮŽIČKOVÁ J., 1997: Diverzita společenstva makrozoobentosu ve vybraných tocích povodí Otavy (NP a BR Šumava). *Sborník referátů z XI. Limnologické konference ČLS a SLS, Třeboň: 158–162*.
- RŮŽIČKOVÁ J. & BENEŠOVÁ L., 1996 a: Benthic macroinvertebrates as indicators of biological integrity in lotic freshwater ecosystems of large-scale protected areas in the Czech republic: preliminary results. *Silva Gabreta 1: 165–168*.
- RŮŽIČKOVÁ J. & BENEŠOVÁ L., 1996 b: Biodiverzita toků ve vybraných chráněných oblastech přírody ČR. *Sborník abstraktů z celostátního semináře k 25. výročí Ramsarské konvence: Mokřady České republiky, Třeboň: 164–165*.
- RŮŽIČKOVÁ J., BENEŠOVÁ L., Čihař M. & Hovorka J., 1997: Ochrana biologické diverzity toků na území Národního parku a Biosférické rezervace Šumava. *Závěrečná zpráva mezinárod-*

ního programu *Global Environment Facility (Biodiversity Protection in the Czech republic)*.
Ústav pro životní prostředí, Přírodovědecká fakulta UK v Praze: 1–69.

RŮŽIČKOVÁ J., BENEŠOVÁ L., PIVNIČKA K., ŠVÁTORA M., TONIKA J. & ČIHAR M., 1998: Bioindikátory kvality vody v lotických ekosystémech chráněných oblastí přírody ČR. *Závěrečná zpráva projektu Grantové agentury UK. Ústav pro životní prostředí, Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze: 1–60.*

SOLDÁN T., PAPÁČEK M., NOVÁK K. & ZELENÝ J., 1996: The Šumava Mountains: an unique bio-centre of aquatic insects (*Ephemeroptera, Odonata, Plecoptera, Megaloptera, Trichoptera and Heteroptera – Nepomorpha*). *Silva Gabreta 1: 179–186.*