

TAXOCENÓZY POŠVATIEK (PLECOPTERA) VODNÝCH EKOSYSTÉMOV V POVODÍ DEMÄNOVKY (NÍZKE TATRY) A ICH OVPLYVNENIE ERÓZIOU

ILJA KRNO¹, ALENA VAŠKOVÁ² & FERDINAND ŠPORKA³

¹ Department of Ecology, Faculty of Natural Sciences Comenius University, Mlynská dolina B-2, SK-842 15 Bratislava, Slovakia [krno@fns.uniba.sk]

² Komenského 1595/2B, SK-03301 Liptovský Hrádok, Slovakia

³ Institute of Zoology, Slovak Academy of Sciences, Dúbravská cesta 9, SK-845 06 Bratislava, Slovakia [sporka@svaba.sk]

Abstract: Temporal and spatial distribution patterns of lotic larval stoneflies assemblages were investigated in Demänovka river basin (West Carpathians). Qualitative and quantitative samples were performed seasonally from October 1995 to August 1997 in 13 sampling sites. The most numerous families were represented *Leuctra*, *Protonemoura* and *Isoperla*. Analysis of functional feeding group distribution patterns clearly showed dominance of shredders in higher reaches, and collector gatherers and predators in the middle and lower reaches. Four stoneflies species assemblages were distinguished based on PCA analysis. Using permutation test CCA analysis of 15 environmental factors we selected 3 most important, according to the stones ratio of the stream, altitude and erosion index. Taxa *Brachyptera*, *Capnia* and *Protonemoura nimborum* are characteristic for silicate streams, while taxa *Leuctra braueri* and *Leuctra prima* for carbonate torrents. The stonefly metrics expressed as original-environmental and human impacts. High diversity values were related to the middle reaches. The significantly highest values of saprobic index were found in the lower reaches of the Demänovka stream. The significantly highest values of erosion index were found in the lower reaches of the Priečne stream (ski slopes).

Key words: stonefly assemblages, longitudinal zonation, ecological metrics, geology, erosion.

ÚVOD

Prvé pokusy o klasifikáciu typov tokov na základe spoločenstiev pošvatiek sa objavili v prácach BERGA (1948) a ILLIESA (1961). ILLIES & BOTOSANEANU (1963) a HAWKES (1975) následne vypracovali klasifikáciu riečnej zonácie. Vplyvom rozmanitých environmentálnych faktorov ovplyvňujúcich zonáciu pošvatiek sa zaoberali ILLIES (1952), LEVADINOV (1981), BRAUKMAN (1987), STATZNER (1987), KRNO (1984), SOLDÁN et al. (1998) a KRNO & HOLUBEC (2009).

Existujú dva základné prístupy ku klasifikácii tokov – zónačný (v prácach vyššie uvedených autorov) a kontinuálny MAITLAND (1966) a VANNOTE et al. (1980), ktorí sa ako prvý zaoberali teóriou riečného kontinua, ktoré charakterizujú plynulou zmenou fyzikálnych podmienok a následnou sériou odpovedí v štruktúre biocenóz, od prameňa k ústi. VANNOTE et al. (1980) charakterizovali tečúce vody ako starobylý, ale flexibilný systém, ktorý rýchlo odráža zmeny prostredia, ich dlhá brehová línia podmieňuje existenciu otvoreného vodného



KRNO I, VAŠKOVÁ A & ŠPORKA F, 2015: Stoneflies (Plecoptera) taxocenoses of the aquatic ecosystems of the Demänovka River Basin (Low Tatras) influenced by erosion. *Folia faunistica Slovaca*, 20 (2): 113–129.

[in Slovak, with English abstract]

Received 6 February 2015

Accepted 17 April 2015

Published 20 August 2015



ekosystému, úzko súvisí s suchozemskými ekosystémami. Túto teóriu vo svojich prácach potvrdzujú NAIMANN et al. (1987), MINSHALL et al. (1992), KRNO et al. (1996). Rozdiel zonálneho a kontinuálneho pohľadu na hodnotenie vodných biotopov prekonávajú vo svojej práci PERRY & SCHAFFER (1987), ktorí tvrdia, že gradient zmien taxonomického zloženia makrozoobentosu v tokoch je postupný, avšak spojený s náhlymi zmenami, ktoré sú sprevádzané zjavným zvýšením diverzity. Ku kombinácii oboch pohľadov sa prikláňajú aj HILDREW & TOWNSEND (1987).

Výborným indikátorom zonácie, zdravia horských a podhorských tokov a prírodných podmienok ovplyvňujúcich vodné ekosystémy sú pošvatky. Pošvatky sú užitočné biologické indikátory pôvodnosti a kvality riečnej krajiny, odrážajúce degradáciu toku a využitie krajiny (KRNO, 2009; KRNO, ŽIAK, 2012). K spoznaniu súčasného stavu spoločenstiev pošvatiek horských a podhorských tokov Nízkych Tatier prispel predovšetkým KRNO (1978, 1982, 1987).

Erózia pôdy je dôsledkom geomorfologických vlastností povodia (ŠTEFANOVIČ et al. 2007). Erózia pôdy je prirodzený jav, pod vplyvom veľkého množstva faktorov (geomorfologické, geologické, pedologické, meteorologické, hydrologické, biologické, atď.). Okrem prirodzeného aspektu zohráva veľmi negatívnu úlohu antropogénny faktor. Erózia sa prejavuje buď priamym účinkom v oblasti erózie, ktorá sa prejavuje degradáciou pôdy a prírodného prostredia, alebo nepriamym vplyvom mimo zónu erózie, čo sa prejavuje transportom sedimentov prostredníctvom hydrografickej siete povodia (ŠTEFANOVIČ et al. 2007). Okrem ekonomickej činnosti človeka ovplyvňujú eróziu pôdy aj niektoré neekonomicke činnosti – rekreácia, najmä masová výstavba lyžiarskych stredísk atď. V dôsledku toho sú hospodárske a sociálne dôsledky erózie pôdy veľmi významné. V súvislosti s kandidatúrou Tatier na ZOH sa dostávala do popredia otázka vplyvu výstavby lyžiarskych a ubytovacích zariadení na okolité ekosystémy. Rozsiahly výskum daného problému robil v Alpách FRANTZ (1979). CERNUSCA (1987) sa zaoberal vplyvom lyžiarskych zariadení v Alpách na suchozemskú flóru a faunu. V Tatrách sa vplyvom zjazdoviek na vegetáciu zaoberali botanici ČUNDEŘLÍKOVÁ & MARHOLD (1984). KOCIAN (1992) sledoval negatívny vplyv zjazdového lyžovania na výskyt suchozemských stavovcov. MIDRIAK (1993) sledoval v Nízkych Tatrách zvýšený odnos pôdy vplyvom odlesnenia. Negatívny vplyv zjazdoviek na krajinu priťahuje odborníkov z viacerých hládísk. Krajinné-ekologické predpoklady pre návrh lyžiarskych tratí v oblasti Nízky ch Tatier spracovala HRNČIAROVÁ (1996).

Vplyvom odstraňovania lesnej vegetácie a následnej erózie na toky a ich oživenia sa zaoberali

GOLLDAY et al. (1992). Poukazujú predovšetkým na zvýšený stupeň mineralizácie a tým spôsobenú zmenu chemizmu vody vplyvom erózie. MINSHALL et al. (1992) a KRNO et al. (1995), KRNO & ŽIAK (2012) sa zaoberajú vplyvom erózie na vodné spoločenstvá. Ako hlavný vplyv na spoločenstvá makrozoobentosu uvádzajú obrusovanie nárastov a upchávanie intersticiálnych priestorov a tým zmeny v potravných gildách spoločenstiev.

Cieľom tejto práce bolo zachytiť zmeny v druhovom zložení taxocenóz pošvatiek, ekologických metrík meniacich sa v rámci ekologického gradientu (nadmorská výška, vodnatosť) od vysokopoložených horských bystrín až po ústie podhorského toku Demänovky do Váhu (Nízke Tatry). Zároveň sme sa snažili zachytiť vplyv zvýšenej erózie na spoločenstvom pošvatiek. Zvýšenú eróziu sme predovšetkým sledovali na prítoku Demänovky (Priechne) v rokoch 1995–1997, ktorý zberá vody z lyžiarsky nadmerne využívaných svahov Chopka.

MATERIÁL A METÓDY

Charakteristika územia

Riečka Demänovka (lok. 1–7) je ľavostranným prítokom horného Váhu (Obr. 1). Preteká cez Demänovskú dolinu, ktorá vybieha na sever z hlavného hrebeňa Nízkych Tatier. Pramenná oblasť najvyššie položených prítokov leží v priestore od Poľany (1890 m) až po Krupovú hoľu (1927 m). V severných dolinách skupiny Ďumbier, bolo v poslednej dobe viac ľadovcov (DROPPA 1972). Pod Lúčkami sa Demänovská dolina výrazne zužuje a prehľbuje do bralnatého kaňonu, pričom horniny kryštalinika prechádzajú do sedimentárnych súvrství križňanského príkrovu (LACIKA 1992). Na tomto rozhraní sa nachádza veľké množstvo ponorov DROPPA (1957). Vďaka vode, ktorá sa tratí v ponoroch, vznikol unikátny, 22 km dlhý, jaskynný systém s 9 horizontálnymi úrovňami. Ako riečka Demänovka opúšťa Demänovskú dolinu, vstupuje do flyšovej Liptovskej kotliny, kde vytvára typické riečne terasy (DROPPA 1970). Povodie riečky Demänovky leží na rozhraní chladnej a mierne teplej klimatickej oblasti (JAKÁL & MAZÚR 1980). Riečka Demänovka je tokom 4. rádu. Od prameňa až po ústie do Váhu prekonáva vzdialenosť 19 km a približný výškový rozdiel je 1000 m. Plocha povodia, ktorá dosahuje 61 km², má pretiahnutý tvar, pomer jej šírky k dĺžke toku je 1:3. Lesnatosť tejto oblasti dosahuje 60 %, pričom dominantnou drevinou je smrek obyčajný. V povodí Demänovky spadne priemerne 1072 mm zrážok. Priemerné hodnoty špecifického odtoku dosahujú 18 l.s⁻¹ na km² (BALCO 1977). V roku 1996 bol priemerný prietok 1,218 m³.s⁻¹, pričom jeho hodnoty sa pohybovali od 0,11 m³.s⁻¹ do 11,67 m³.s⁻¹. V roku 1997 bol priemerný prietok 0,816 m³.s⁻¹, pričom jeho hodnoty sa pohybovali od 0,17 m³.s⁻¹ do 12,61 m³.s⁻¹. Maximálny prietok

býva v apríli a minimálny v zimnom období. Na základe uvedených charakteristík môžeme povodie riečky Demänovky zaradiť k stredohorskému typu B1 (ŠIMO 1972). Stredohorský charakter Demänovky podmieňujú tiež jej špecifické teplotné pomery. Riečka prijíma početné prítoky, pričom väčšina z nich pramení vo vysokých polohách. Tečú pritom úzkymi zalesnenými údoliami. Ich teplota okrem letných mesiacov zvyčajne nepresahuje 8 °C. Na základe teplotného režimu tokov (Obr. 2) môžeme pomerne dobre rozlíšiť chladnú periódu (december až marec) a teplú periódu (máj až október). Maximálna letná teplota v horských bystrinách sa pohybovala okolo 10 °C. Letné maximum v podhorských tokoch dosahovalo len 13 °C. Nízke teploty vody v povodí Demänovky sú ovplyvnené orientáciou Demänovskej doliny na sever a podzemnými vodami vyvierajúcimi z jaskynných systémov.

Charakteristika základných environmentálnych dát tokov je uvedená v tabuľke 1. Potok Priečne (lok. 8–10), najmä jeho dolná časť, preteká cez lyžiarsky terén, priteká spod Chopka. Potok Radová (11, 12) je ľavostranný kaňonovitý prítok spod Sinej. Rakový potok (13) preteká cez PR Jelšie.

Metodika

Počas dvoch rokov terénneho výskumu (október 1995 – august 1997) sme v povodí Demänovky sledovali 13 vybraných stacionárov.

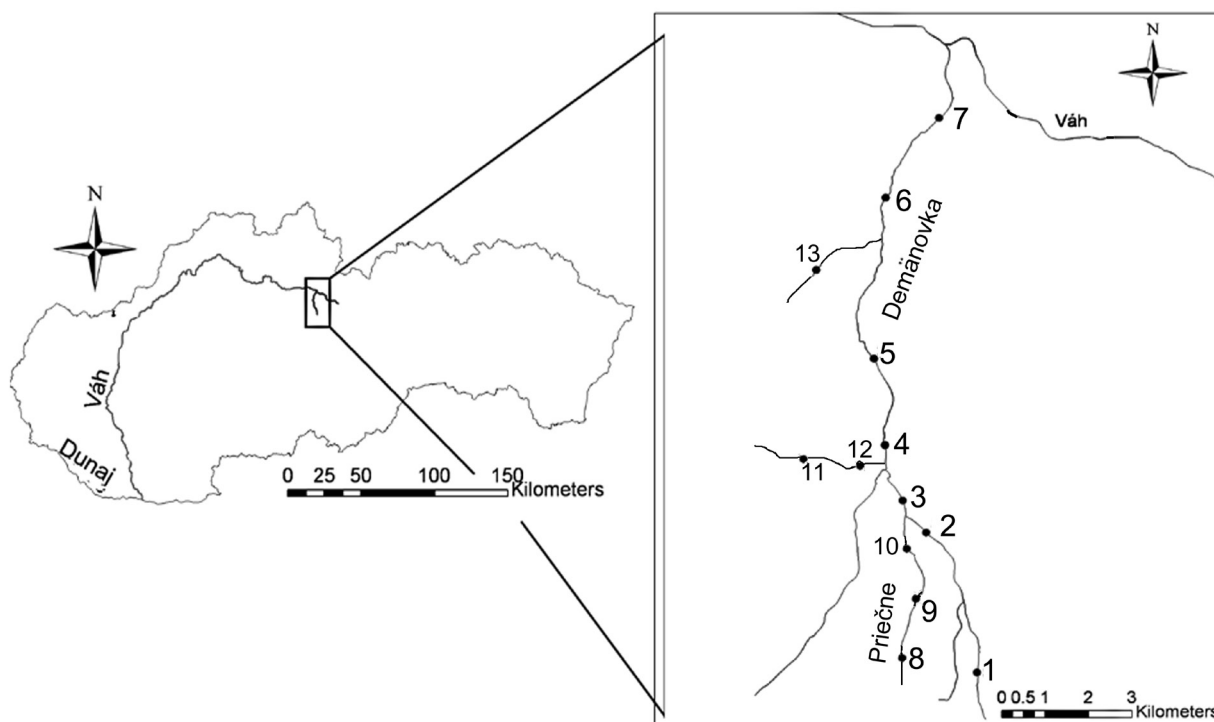
Kvalitatívne odbery makrozoobentosu sme robili na 13 stanovištiach v pravidelných štvrtročných intervaloch. Pri odberoch sa použila tzv. „kicking

technique“, ktorú prvý krát použil HYNES (1961). Vzorky sme odoberali naprieč celým tokom.

Kvantitatívne odbery makrozoobentosu a detritu sme robili počas dvoch rokov v dvojmesačných intervaloch na lokalitách 2 a 10. Na potoku Priečne (lokality 10) sme sledovali vplyv erózie na štruktúru spoločenstva makrozoobentosu. Lokalita 2 (Demänovka) nebola vystavená eróznemu tlaku a slúžila ako kontrola. Na kvantitatívne odbery sme použili Kubičkov bentometer trojuholníkového tvaru, o ploche 0,1 m² (HELAN et al. 1973). Z hrubého substrátu skaly (makro- a mezolital) sme odoberali vzorku z plochy 0,3 m². Kvantitatívny odber z jemného substrátu (akal, piesok) bol odobraný z plochy 0,1 až 0,2 m².

Na lokalitách 2 a 10 sme zároveň s kvantitatívnymi vzorkami makrozoobentosu odoberali aj vzorky hrubého bentického materiálu (CBOM). Vzorky jemného (FBOM) a ultrajemného (UFBOM) materiálu sme odoberali pomocou trubice zarazenej do dna, o priemere 19 cm (na substráte skaly 3 ×, na substráte piesok 1–2 × (KRNO et al. 1996). Partikulárny organický materiál (POM) bol vysušený 3,5 hod pri 105 °C, potom bol na porcelánových miskách žíhaný v muflovej peci 3,5 hod pri 550 °C a odvážený ako AFDM. Pri jarých, letných a jesenných odberoch sa na týchto stanovištiach brali vzorky vody na stanovenie doplnkových fyzikálno-chemických parametrov (pH, vápnika, dusičnanov a BSK5).

Pri vyhodnotení štruktúry spoločenstiev pošvatiek sme použili nasledovné metriky:



Obrázok 1. Mapa povodia riečky Demänovky.

Tabuľka 1. Fyzikálne a fyziografické charakteristiky skúmaných tokov povodia Demänovky.

Číslo lokality	Nadmorská výška [m]	Spád [‰]	Šírka [m]	Hĺbka [m]	Mach [odhad 3 stupne]	Skaly [odhad 5 stupňov]	Štrk a piesok [odhad 5 stupňov]	Maximálna teplota [°C]
1	1350	167	1,3	0,12	3	5	1	8,7
2	940	101	6,0	0,35	2	5	2	10,8
3	870	47	6,5	0,30	2	5	2	10,1
4	810	45	9,0	0,30	1	5	2	8,2
5	740	28	12,0	0,30	1	4	3	11,3
6	635	15	13,0	0,35	1	5	2	12,1
7	590	16	11,0	0,45	0	4	3	9,8
8	1360	146	2,0	0,10	3	5	1	8,7
9	1030	120	2,5	0,10	1	4	3	10,2
10	930	74	2,3	0,15	1	3	3	9,3
11	920	220	1,5	0,05	3	5	2	10,3
12	850	105	1,8	0,10	3	5	2	10,2
13	700	33	0,5	0,02	0	0	5	13,5

Počet druhov (S), α -diverzitu, saprobný index (Si) – KRNO (2013), index druhovej diverzity (H) – (SHANNON & WEAVER 1949), index vyrovnanosti (e) PIELOU (1966), priemerné skóre pošvatiek (SAS), a celkové skóre pošvatiek (STS) boli vyhodnotené podľa KRNO (2007), LN_index (erózný index) – vyhodnotený podľa KRNO et al. (2015).

Vyššie uvedené ekologické metriky sme stanovili pre jednotlivé sezónne odbery a výslednú hodnotu na základe celoročných údajov.

Podobnosť spoločenstiev pošvatiek na základe relatívnej druhovej početnosti sme použili PCA, Na analýzu vzťahov pošvatiek povodia Demänovky a vybraných environmentálnych faktorov prostredia sme sa rozhodli použiť kanonickú korešpondenčnú analýzu (CCA). Na selektovanie najvýznamnejších faktorov sme použili metódu „forward selection“. Každú vybranú premennú sme testovali Monte Carlo permutačným testom s 999 permutáciami a zistili sme, či jej vplyv na rozmiestnenie druhov v ordinačnom priestore je náhodný alebo štatisticky významný (TER BRAAK 1991).

VÝSLEDKY

Taxocenózy pošvatiek a environmentálne premenné

Výskum spoločenstva pošvatiek sme robili na 13 lokalitách povodia Demänovky (Tab. 2). V období výskumu sme z odobraného bentosu determinovali 47 taxónov pošvatiek patriacich do 11 rodov. Najpočetnejšie boli zastúpené rody *Leuctra* a *Protonemura*. Na základe výsledkov predchádzajúcich PCA analýzy (Obr. 3a, b) môžeme vyčleniť 4 základné spoločenstvá pošvatiek patriace do dvoch hlavných skupín:

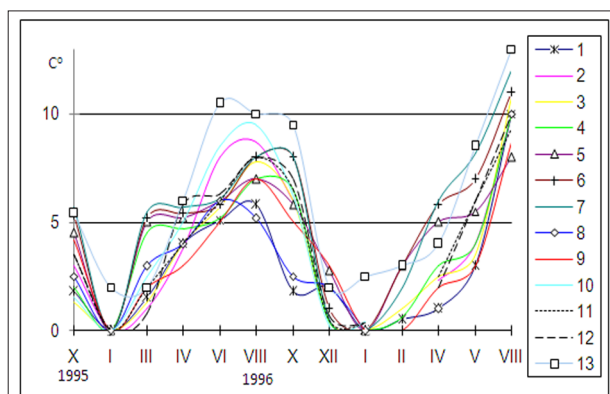
I. Spoločenstvá pošvatiek horských tokov:

A. Spoločenstvá pošvatiek vysokopoložených horských tokov a teplotne inverzných tokov kaňonovitých dolín.

Ide o spoločenstvá lokalít 1, 8 na silikátovom podloží (nad 1300 m n. m., Demänovka, p. Priečne) a lokalít 11, 12 (ležiace krasovom kaňone nad 800 m n. m., Radový p.), ktorých je substrát tvorený prevažne balvanmi a skalami, s vysokou pokryvnosťou machov (hlavne *Palustriella commutata*).

Charakteristické sú relatívne vysokými indexmi diversity, SAS a veľkou vyrovnanosťou druhového zloženia a nízkym saprobným indexom (Si) (Tab. 3). Charakteristickým dominantným druhom týchto horských bystrín je *Leuctra pusilla* a typickým *Protonemura brevistyla*, *P. auberti*.

Typickými druhmi silikátových tokov sú rod *Brachyptera* a druhy *Protonemura nimborum*, *Leuctra armata*, *Capnia vidua* a *Perlodes intricatus*. Pre

**Obrázok 2.** Teplotný režim tokov povodia Demänovky.

karbonátové toky sú *Leuctra braueri*, *L. prima* a *Diura bicaudata*.

B. Spoločenstvá pošvatiiek pôvodných vodnatejších horských tokov.

Sú to spoločenstvá charakteristické pre lokality 2, 3, 4 (Demänovka), 9, kedysi sem patrila aj lokalita 10 (Priečne) (800 – 1000 m n.m.). Substrát je tvorený balvamni a skalami s menšou pokryvnosťou machov (*Brachythecium rivulare*) ako u predchádzajúceho typu habitatu. Oproti predchádzajúcemu spoločenstvu sa vyznačuje o niečo nižšími ekologickými indexami s výnimkou Si (Tab. 3). Typickými druhmi sú *Brachyptera starmachi*, *Protonemura nimborum*, *Leuctra rauscheri*, *Perlodes intricatus* a *Siphonoperla neglecta*.

II. Spoločenstvá pošvatiiek podhorských tokov.

C. Spoločenstvá pošvatiiek podhorských vodnatejších tokov.

Na rieke Demänovke majú charakter podhorských tokov (600 – 800 m n.m.) lokality 5, 6 a 7. Substrát tvoria balvany a skaly s prevahou skál, s prechodom až do hrubého štrku, pričom je tu minimálny výskyt machu. Charakteristické sú nízkymi ekologickými indexmi, najmä mierne eutrofizovaný dolný tok rieky – polia, a zvýšeným saprobným indexom. Pre spoločenstvá sú vlastné druhy *Nemoura flexulosa*, *Perlodes microcephalus*, *Perla grandis*, *Siphonoperla torrentium*, pričom extrémne dominoval druh *Leuctra inermis*.

D. Spoločenstvo pošvatiiek podhorského pramenného toku (Rakový p.) s piesočnato-bahnitým dnom, pretekajúci pretekajúci jelšovým lesom.

Takýto typ spoločenstva je lokalizovaný na stanovišti 13. Lokalita je charakteristická nízkym indexom diverzity i vyrovnanosti. Vyskytovalo sa na nej najmenej druhov zo všetkých lokalít (13). Dominujú tu predovšetkým dva druhy *Amphinemura standfussi* a *Nemurella pictetii*. Ako menej významné ich dopĺňajú druhy *Leuctra albida*, *L. digitata*, *L. fusca*, *L. nigra* a *Isoperla difformis*.

PCA analýza premených je zachytená na Obr. 4, kde koreluje pokryvnosť machu s pôvodnosťou toku (SAS), eróznym index (LN) s podielom jemného substrátu, a samozrejme hĺbka so šírkou toku.

Kanonickú korešpondenčnú analýzu (CCA) sme použili na analýzu vzťahov pošvatiiek povodia Demänovky a vybraných environmentálnych faktorov prostredia (Obr. 5). Použili sme kvantitatívnu druhovú maticu a maticu hodnôt 12 environmentálnych premenných (nadmorská výška, spád, šírka, hĺbka toku, pokryvnosť machov, percentuálne zastúpenie substrátu balvany a skaly resp. piesku, maximálna teplota a niektoré ekologické metriky). Kumulatívna percentuálna variancia druhových

dát na dvoch osiach bola 46 %. Najvýznamnejšie environmentálne premenné, ktoré ovplyvňujú ekologické postavenie úsekov riečky Demänovky a jej prítokov sú nadmorská výška (tá koreluje so spádom toku, teplotným režimom), podiel hrubého substrátu (mierne koreluje s pokryvnosťou machov) na dne a LN index, ktorý súvisí s eróziou a podielom jemného substrátu.

Antropogénne vplyvy na taxocenózy a ekologické metriky pošvatiiek

Vplyv človeka sa premietol aj do spoločenstiev pošvatiiek riečky Demänovka (lok. 1–7). Prejavil sa popri prirodzenej zvýšenej eutrofizácii v rámci riečného kontinua aj kontinuálnym či bodovým organickým znečistením najmä v dolnom toku rieky. Tieto závery jednoznačne potvrdzujú ekologické metriky (Tab. 4), kedy sme v dolnom toku zaznamenali diskontinuitné zhoršenie všetkých metrik, najmä však saprobného indexu, indexu diverzity a celkovej biodiverzity pošvatiiek.

Vo výskumnom období 1995–1997 sme sa predovšetkým zamerali na podrobnejšiu analýzu dvoch profilov ležiacich v pôvodnom povodí Demänovky (lok. 2) a povodí potoka Priečne, narušenom eróziou (lyžiarske terény, hotelová výstavba a cestné komunikácie).

Demänovka na Lúčkach (lokalita 2)

Fyzikálno-chemické (Tab. 4) parametre boli robené v mesiacoch máj a júl, október 1996 a 1997. Koncentrácia vodíkových iónov kolísala od 5,7 do 7,1. Obsah vápnika sa pohyboval od 4 do 9 mg/l. Množstvo dusičnanov vo vode sa pohybovalo od 1,7 do 2,4 mg/l. Hodnoty BSK5 kolísali okolo 1 až 1,5 mg O₂/l.

V tomto období sme sledovali aj sezónnu dynamiku transportovaného organického materiálu (TOM) a transportovaného anorganického materiálu (TAM) (Obr. 6a). Namerané množstvá transportovaného materiálu dosahovali maximá na jar a začiatkom jesene. Pomer transportovanej organickej a anorganickej zložky bol približne vyrovnaný s mierou prevahou organickej zložky. Výnimkou bola jar 1997, kedy množstvo TAM takmer dvojnásobne prevyšovalo množstvo TOM. Množstvá TAM a TOM sa pohybovali od 0,10 g/m³ v zime po 0,76 g/m³ pri jarom maxime.

Na mikrohabitatoch makro-mezolital bolo množstvo CBOM 3× nižšie (priemer 11,4 g.m⁻²) ako na substrátoch akal-psamal (34,2 g.m⁻²). Najväčšie množstvá detritu sú na substráte scaly, namerali sme ho neskoro na jar a začiatkom leta. Na celkovom množstve bentickej organickej hmoty sa podieľali krytosemenné rastliny v priemere 74,6 %, ihličie 11,1 %, drevo 13,7 %. CBOM na mikrohabitatoch akal-psamal bola najvyššie na jar a na jeseň. Výnimkou boli vysoké množstvá namerané v lete 1997, po povodniach. Substrát akal-psamal zachytil

Tabuľka 2. Zoznam a dominancia zistených taxónov povodia Demänovky.

Taxóny/Lokality	1	8	11	12	2	3	4	9	10	5	6	7	13
Taxocenózy	A				B				E	C			D
<i>Brachyptera seticornis</i> (Klapálek, 1902)	0	0	0	1	0	1	0	3	0	4	1	1	1
<i>Brachyptera starmachi</i> Sowa, 1966	2	1	0	0	4	15	7	1	1	1	1	1	0
<i>Amphinemura standfussi</i> (Ris, 1894)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
<i>Amphinemura sulcicollis</i> (Stephens, 1835)	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0
<i>Amphinemura triangularis</i> Ris, 1902	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nemoura</i> spp.	0	1	0	0	1	0	0	1	24	1	0	0	0
<i>Nemoura cambrica</i> (Stephens, 1835)	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	4
<i>Nemoura carpathica</i> Illies, 1963	0	0	1	0	0	0	0	1	6	0	0	0	0
<i>Nemoura flexuosa</i> Aubert, 1949	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
<i>Nemoura uncinata</i> Despax, 1934	0	0	1	1	0	2	1	1	6	0	1	2	3
<i>Nemurella pictetii</i> Klapálek, 1900	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	73
<i>Protonemura auberti</i> Illies, 1954	13	11	32	36	2	0	1	4	12	1	0	0	0
<i>Protonemura austriaca</i> Thetschinger, 1976	0	0	0	0	0	0	3	0	0	1	0	0	0
<i>Protonemura autumnalis</i> Raušer, 1956	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Protonemura brevistyla</i> (Ris, 1902)	0	0	1	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0
<i>Protonemura hrabei</i> Raušer, 1956	0	0	0	0	0	0	3	0	0	2	0	0	0
<i>Protonemura intricata</i> (Ris, 1902)	0	6	1	0	1	0	4	1	11	0	0	1	0
<i>Protonemura montana</i> Kimmins, 1941	6	7	1	7	1	2	2	3	3	9	0	0	0
<i>Protonemura nimborum</i> (Ris, 1902)	5	9	0	1	0	39	16	2	0	1	0	0	0
<i>Protonemura nitida</i> (Pictet, 1835)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Protonemura praecox</i> (Morton, 1894)	0	0	0	0	0	2	8	0	0	1	1	1	0
<i>Leuctra albida</i> Kempny, 1899	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Leuctra armata</i> Kempny, 1899	21	18	7	4	3	0	0	2	4	0	0	1	0
<i>Leuctra autumnalis</i> Aubert, 1948	22	23	18	15	3	1	4	12	1	1	0	1	1
<i>Leuctra braueri</i> Kempny, 1898	1	0	8	2	0	0	0	1	1	0	0	0	0
<i>Leuctra digitata</i> Kempny, 1899	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Leuctra fusca</i> (Linnaeus, 1758)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
<i>Leuctra hippopus</i> Kempny, 1899	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
<i>Leuctra inermis</i> Kempny, 1899	0	0	0	0	0	1	13	0	1	64	79	79	3
<i>Leuctra mortoni</i> Kempny, 1899	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Leuctra nigra</i> (Olivier, 1811)	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	3
<i>Leuctra prima</i> Kempny, 1894	0	0	7	7	2	1	0	0	1	0	0	0	0
<i>Leuctra sk prima</i>	1	3	3	3	20	1	3	1	1	1	0	0	0
<i>Leuctra pusilla</i> Krno, 1985	13	3	8	6	0	0	0	9	0	0	0	0	0
<i>Leuctra rauscheri</i> Aubert, 1957	0	1	1	2	46	22	17	43	23	4	6	3	0
<i>Capnia vidua</i> Klapálek, 1904	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Diura bicaudata</i> (Linnaeus, 1758)	1	1	4	6	1	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Isoperla buresi</i> Raušer, 1962	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0
<i>Isoperla difformis</i> (Klapálek, 1909)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Isoperla oxylepis</i> (Despax, 1936)	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Isoperla sudetica</i> (Kolenati, 1859)	11	10	5	5	6	8	7	9	2	3	0	1	0
<i>Perlodes intricatus</i> (Pictet, 1841)	1	3	1	1	9	1	6	2	1	1	0	0	0
<i>Perlodes microcephalus</i> (Pictet, 1833)	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3	1	0
<i>Perla grandis</i> Rambur, 1842	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
<i>Siphonoperla neglecta</i> (Rostock, 1881)	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0
<i>Siphonoperla taurica</i> (Pictet, 1841)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Siphonoperla torrentium</i> (Pictet, 1841)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0

Tabuľka 3. Ekologické metriky pošvatiek.

Lokalita	Si	H	e	S	alfa_div	STS	SAS	LN_index
1	0,37	1,68	0,84	17	8	30	4,35	0,50
2	0,38	1,12	0,66	17	6	22	4,28	0,54
3	0,43	1,18	0,64	17	7	25	3,92	0,41
4	0,45	1,70	0,75	19	8	29	3,68	0,45
5	0,48	1,00	0,60	21	6	23	3,85	0,59
6	0,85	0,59	0,48	14	5	15	3,05	0,79
7	0,72	0,85	0,45	17	5	15	3,00	0,83
8	0,33	1,55	0,74	17	8	32	4,17	0,45
9	0,37	1,70	0,85	20	9	35	4,21	0,50
10	0,41	1,27	0,75	18	8	26	3,71	0,88
11	0,43	1,39	0,66	19	9	31	4,45	0,47
12	0,39	1,68	0,81	18	8	31	4,27	0,32
13	0,61	0,72	0,53	13	4	13	3,18	0,10

Tabuľka 4. Priemerné fyzikálno-chemické údaje za roky 1996 – 1997.

1996 – 1997	Demänovka – 2	p. Priečne – 10
pH	6,5	7,1
vápnik (mg/l)	6,3	10,0
dusičnany (mg/l)	2,4	3,1
BSK ₅ (mgO ₂ /l)	1,3	1,2

päťnásobné množstvo (480,4 g.m⁻²) jemného organického materiálu (FBOM+UFBOM) v porovnaní so substrátom makrolotál-mezolital (85,1 g.m⁻²) (GAŠPERČÍKOVÁ 1998).

Makrozoobentos v makro-mezolitale dosahoval priemernú denzitu 1621 ex.m⁻². Plecoptera bola reprezentované 12% (194 ex.m⁻²). Na mezohabitate akal-psamal bola priemerná abundancia makrozoobentosu 1617 ex.m⁻². Plecoptera sa podieľali len 5% (81 ex.m⁻²). Spoločenstvo pošvatiek sa neodlišovalo od ostatných horských bystrín.

Potok Priečne na Lúčkach (lokalita 10)

Reakcia vody ukazuje na mierny posun hodnôt pH smerom do zásaditej oblasti (Tab.4). Namerané hodnoty pH v roku 1996 boli 6,5 v máji a 7,3 v októbri, v roku 1997 boli 7,3 v máji a 7,5 v októbri. V roku 1997 sa oproti roku 1996 mierne zvýšil obsah vápnika z 8 mg/l na jar 1996 na 12 mg/l na jar 1997 a výrazne, rádovo o jedno desatinné miesto, poklesol obsah amoniaku a amónnych solí. Obsah dusičnanov vo vode kolísal okolo priemernej hodnoty 3.0 mg/l.

Množstvo transportovaného anorganického materiálu (TAM) je na erodovanom toku niekoľkonásobne vyššie ako množstvo transportovaného

organického materiálu (TOM). Najvyššie hodnoty TAM a TOM boli na jar. Namerané hodnoty TAM sa pohybovali od 0,26 g/m² do 10,70 g/m². Namerané hodnoty TOM sa pohybovali rádovo od 0,11 g/m² do 0,68 g/m² (Obr. 6b).

Celkové množstvo benthického detritu na tomto úseku v porovnaní z Demänovkou bolo 1,5 x nižšie. Priemerné množstvo CBOM na makro-mezolitale bolo 5,8 g/m² a na jemnejších substrátoch až 28,2 g/m². Z hľadiska sezónnej dynamiky bolo najviac organickej hmoty usádzanej na jar a na jeseň. Na celkovom množstve bentickej organickej hmoty sa podieľali krytosemené rastliny v priemere 59,8 %, ihličie 16,2 %, drevo 24 %. Sezónne maximá sme namerali najvyššie na jar a na jeseň. Najnižšie hodnoty boli v lete. Substrát akal-psamal zachytil 15-násobné množstvo (410,5 g.m⁻²) jemného organického materiálu (FBOM+UFBOM) v porovnaní so substrátom makrolotál-mezolital (25,1 g.m⁻²) (GAŠPERČÍKOVÁ 1998).

Priemerná abundancia makrozoobentosu zistená na mezohabitate macro-mesolital bola 1968 ex/m². Početne zastúpené boli aj Plecoptera v priemere 277 ex/m². Ich podiel na množstve benthických organizmov bol 14 %.

Na substráte piesok bola priemerná abundancia makrozoobentosu len 608 ex/m². Dominantne boli zastúpené Plecoptera 20% s priemernou abundanciou 119 ex/m².

Počas výskumu sme z odberov na lokalite 10 determinovali 18 taxónov z radu Plecoptera. Priemerná abundancia jedincov bola v danom období 198 ex/m². Najpočetnejšie zastúpenie spomedzi pošvatiek mali taxóny *Nemoura* spp. a *Leuctra rauscheri* (Tab. 2), ktoré boli na danej lokalite eudominantné. Dominantne zastúpené boli *Protonemura auberi* 11,5% a *Protonemura austriaca* 12,7%. Žiaden zo

zvyšných druhov pošvatiek neprekročil 10% podiel). Podiel rodov *Nemoura* a *Leuctra* bol neporovnateľne vyšší, než na ostatných lokalitách, čo sa premietalo do vyššieho erózneho LN_indexu (Tab. 4), podobné zvýšené hodnoty sme zaznamenali v dolnom toku Demänovky, pretekajúci cez poľnohospodársku krajinu.

DISKUSIA

Vo výskumnom období október 1995 – august 1997 sme z 13 lokalít povodia Demänovky determinovali 47 taxónov pošvatiek.

Z povodia Lupčianky, ktoré sa nachádza rovnako ako povodie Demänovky v Nízkych Tatrách, determinoval KRNO (1982) spolu 47 druhov pošvatiek (Tab. 5). Autor uvádza ako dominantné druhy *Protonemura nimborum*, *P. montana*, *P. praecox*, *P. hrabei*, *Leuctra autumnalis*, *L. inermis*, *L. albida*, *L. fusca*, *L. rauscheri*, *Isoperla sudetica*, *I. buresi* a *Dinocras cephalotes*. Z druhov determinovaných z povodia Lupčianky, v povodí Demänovky absentovali druhy *Taeniopteryx auberti*, *Nemoura monticola*, *Leuctra aurita*, *L. moselyi*, *Perla marginata* a *Dinocras cephalotes*.

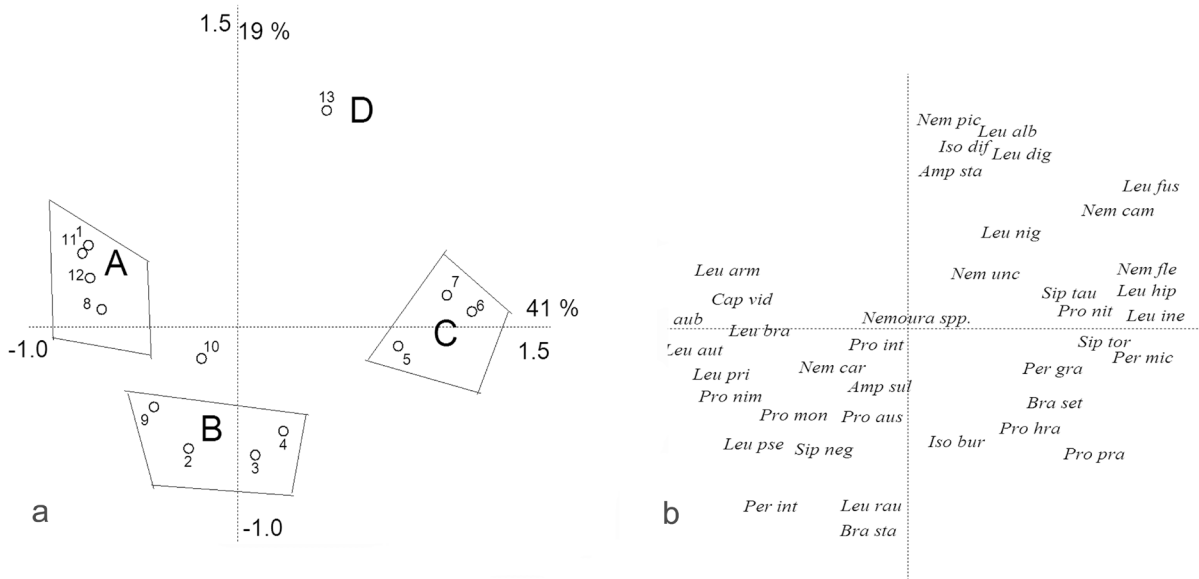
Na rieke Belej a jej významnejších prítokoch, ktoré zberajú vody z južných svahov Západných a Východných Tatier, zistil KRNO (1984) počas 5-ročného výskumu spolu 59 druhov pošvatiek (Tab. 5). V povodí rieky Belej dominovali druhy *Brachyptera starmachi*, *B. seticornis*, *Rhabdiopteryx neglecta*, *Protonemura auberti*, *P. autumnalis*, *P. brevistyla*, *P. intricata*, *P. montana*, *P. nimborum*, *P. praecox*, *Amphinemura standfussi*, *A. sulcicollis*, *Leuctra aurita*, *L. armata*, *L. autumnalis*, *L. handlirschi*, *L. nigra*, *L. rauscheri*, *L. rosinae*, *Isoperla sudetica*, *I. oxylepis*

a *Arcynopteryx dichroa*. Z daných dominantných druhov sme na povodí Demänovky nezachytili druhy *Leuctra rosinae* a *Rhabdiopteryx neglecta*. Z ostatných druhov povodia Belej som v povodí Demänovky nezaznamenal *Taeniopteryx auberti*, *Leuctra aurita*, *L. major*, *L. moselyi*, *Arcynopteryx dichroa*, *Isoperla rivulorum*, *Chloroperla kisi* a *Dinocras cephalotes*.

V povodí Demänovky sme zachytili 3 druhy, ktoré sa v povodiach Lupčianky a Belej nevyskytovali: *Nemoura carpatica*, *Isoperla difformis* a *Siphonoperla taurica*.

Na 127 lokalitách povodia horného Váhu, zaznamenal KRNO (1987) počas 10 ročného výskumu 61 druhov radu Plecoptera.

V porovnaní s povodiami prítokov horného Váhu (Belá, Lupčianka, Revúca (KRNO 1978)), je v povodí Demänovky zaujímavá práve absencia druhu *Dinocras cephalotes*. Ak sú vajíčka tohto druhu vystavované teplote pod 4°C upadajú do stavu dormancie. Na prekonanie stavu dormancie a vyliahnutie larvy je potrebná teplota minimálne 10°C (ZWICK 1996a). Pri sledovaní nemeckej populácie druhu *Dinocras cephalotes* zistil ZWICK (1996b) viac ako 90% úspešnosť liahnutia vajíčok v teplotnom rozmedzí 12 – 18°C. Absencia tohto druhu v povodí Demänovky pravdepodobne súvisí s nízkymi maximálnymi teplotami v lete ($T_{MAX 1996}$ 8,6°C, $T_{MAX 1997}$ 9,6°C). Hydrotermický režim povodia Demänovky obmedzuje výskyt aj ďalších teplostenotermných a prevažne letných druhov ako napr. *Perla marginata*, *P. burmeisteriana*, *Protonemura autumnalis*, *Leuctra albida*, *L. aurita*, *L. hippopus*, *L. mortoni*, *L. moselyi* a *Isoperla oxylepis*. Tento spôsob eliminácie teplomilnejších druhov v izolovanom povodí Demänovky



Obrázok 3. Priestorová variabilita taxocenóz pošvatiek (A–D) PCA.

a – lokality, b – druhy.

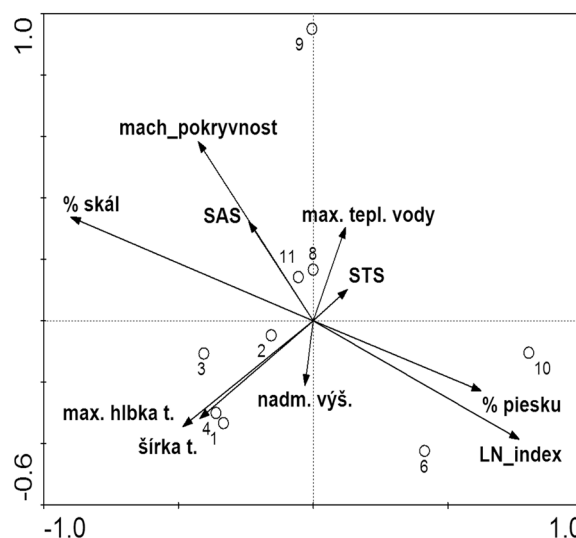
naznačuje analógiu s mechanizmom vytlačania pôvodných teplomilnejších druhov z povodí západokarpatskej sústavy v chladnejších geologických obdobiach. Čelad' Perlidae, do ktorej druh *Dinocras cephalotes* patrí, dosahuje najvyššiu diverzitu v teplých až tropických podmienkach (ZWICK 1996b). Jediným zástupcom čelade na Demänovke bol chladnomilný druh *Perla grandis*. KRNO (1982, 1984) ju uvádza v povodí Ľupčianky do 900 m n.m., v povodí Belej do 1300 m n.m. AUBERTA (1959) ju zo švajčiarskych Álp uvádza až do 2000 m n.m.. Na Demänovke sa vyskytovala na podhorskou úseku toku pod Demänovskou ľadovou jaskyňou (740 m n. m.). Nad týmto úsekom vyvierajú do riečky Demänovky krasové podzemné vody. Podľa ZAŤKA (1980) môže podzemná voda výrazne ovplyvňovať teplotu povrchových vôd, zmierňovaním denných, respektíve ročných výkyvov. Tento vplyv môže byť tak výrazný, že spôsobuje inverziu teploty vody v letných mesiacoch. V závislosti od režimu toku môže mať *Perla grandis* 2 až 5 ročný vývinový cyklus. Na hornom toku rieky Necker vo švajčiarskych Alpách má *Perla grandis* 4 ročný vývinový cyklus (FRUTIGER & IMHOF 1997). Stacionár pod Demänovskou ľadovou jaskyňou má podobný teplotný režim.

Významným ľavostranným prítokom Váhu, riekou Turiec, ktorým sa zaoberal KRNO et al. (1996). Z tokov povodia Turca, ktoré zbierajú vody z Turčianskej kotliny a priľahlých pohorí – Veľkej Fatry, Kremnických vrchov, Malej Fatry a pohoria Žiar, uvádza autor až 64 druhov pošvatiek, čo predstavuje 2/3 slovenskej plekopterofauny. Táto druhová pestrosť je pripisovaná rôznorodosti biotopov. V epiritráli Demänovky sa na rozdiel od epiritrálu Turca nevyskytovali druhy *Taeniopteryx nebulosa*, *Nemoura monticola* a *Arcynopteryx dichroa*. Metaritrál Turca bol bohatší o druhy *Brachyptera risi*, *Taeniopteryx auberti*, *Nemoura babiagorensis*, *N.cinerea*, *N.marginata*, *Leuctra moselyi*, *Capnia bifrons*, *Perla marginata* a *Dinocras cephalotes*. V povodí Demänovky nie je zóna hyporitrálu

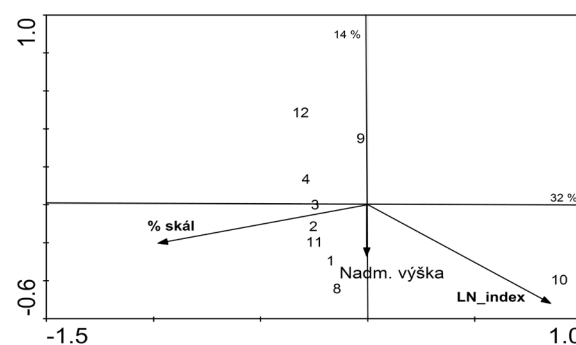
V povodí Demänovky sme zachytili západokarpatské endemity *Brachyptera starmachi* a *Leuctra pusilla* a karpatský endemit *Nemoura carpathica*. Zaujímavý bol výskyt druhu *Siphonoperla taurica*, ktorý je doposiaľ známy len z pohorí, ktoré majú bezprostredný kontakt s Podunajskou nížinou (KRNO et al. 1996).

Dnešné rozšírenie pošvatiek je výsledkom dlhého historického vývoja, pri ktorom prešiel druh v úzkom vzťahu s meniacim sa geografickým územím. Obzvlášť paleopotamologické, paleogeomorfologické a paleoklimatologické pomery určujú dnešný stav rozšírenia asociácií Plecoptera (KRNO et al. 1996).

Z povodia Demänovky sme na základe PCA, CCA analýzy vyčlenili 4 základné spoločenstvá pošvatiek



Obrázok 4. Priestorová variabilita enviromentálnych premenných a lokalít, podľa PCA.



Obrázok 5. Priestorová variabilita enviromentálnych premenných a lokalít, podľa CCA.

patriace do dvoch hlavných skupín: spoločenstvá horských tokov a spoločenstvá podhorských tokov. Podobné taxocenózy potočnickov viazané na horské a podhorské úseky toku Demänovky popísali BERACKO et al.. (2012).

Prác, ktoré sa zaoberajú spoločenstvami jednotlivých typov tokov je už veľké množstvo. Už BRINCK (1949) presne definoval spoločenstvá pošvatiek v rôznych typoch tokov. Podrobne popisuje v akom úseku aký druh dominuje. Avšak toky zaraďuje do empirických skupín ako lesný tok, meandrujúci tok a iné. Larvy pošvatiek boli typické pre horné lesné úseky škandinávskych tokov..

RAUŠER (1964) sa bližšie zaoberal asociáciami pošvatiek bývalého Československa. Areál bývalej ČSSR rozdelil horizontálne aj vertikálne na 3 základné typy povodia a početné varianty, ktoré sa navzájom líšia diferenciačnými druhmi. Autor rozlišuje lenitické povodia, vody pahorkatín a predhorí a vody hôr. Na území Karpát rozlišuje dva varianty horských vôd: vysokohorský variant (Vysoké Tatry) a horský karpatský variant.

ILLIES (1961), ILLIES & BOTOSANEANU (1963) zhrnuli znalosti o biocenózach a fyzikálno-chemických podmienkach lotického systému do hydrobiologickej typológie tokov. Bez ďalšieho členenia ritrálu, uvádzajú ako charakteristické čeľade pošvatiek tohto pásma Capnidae, Leuctridae, Nemouridae, pre pásmo potamálu predovšetkým čeľade Perlodidae a Perlidae.

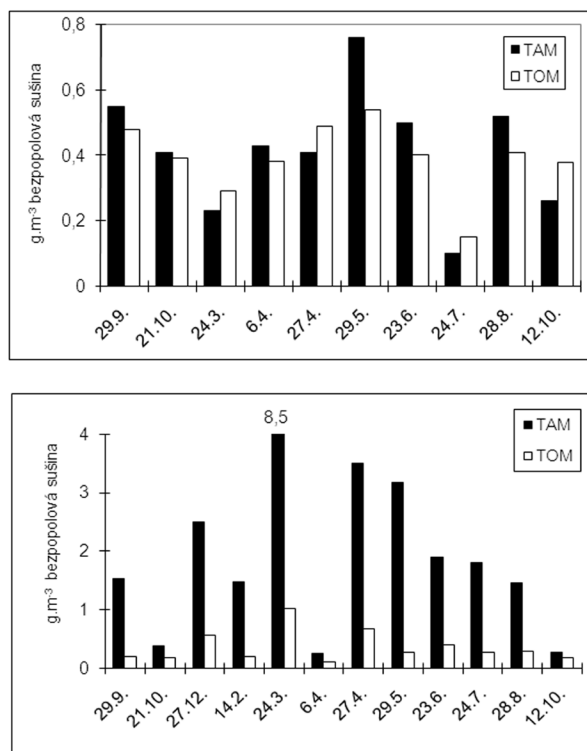
Prístup autorov ku klasifikácii tokov je až do 70. rokov minulého storočia dosť individuálny. Mnoho údajov o tokoch nachádzame v systematických prácach, v ktorých autori väčšinou uvádzajú kde a v akom type toku získali imága a larvy toho ktorého druhu. Hydrobiologickú typológiu tokov akceptujú až neskôr publikované práce.

HAWKES (1975) vypracoval klasifikáciu riečnej zonácie, pričom nadviazal na štúdie longitudinálnej zonácie založené na ichthyofaune. Práca vychádzala predovšetkým z fyzikálnych (spád toku, teplota, substrát, veľkosť toku) a chemických (rozpuštený kyslík, rozpuštené nutrienty, tvrdosť vody) charakteristik.

S novým prístupom k typológii tokov na tzv. choriotypy prišiel BRAUKMAN (1987). V jeho indikačnom systéme tvoria významné postavenie larvy pošvatiek. Diferencuje druhy pošvatiek indikujúce typ podložia toku. KRNO (1992) a HELEŠIC (1995) uvádzajú naopak, že pošvatky sú málo citlivé na charakter podložia pôvodných povodí. Avšak súhrnné spracovanie rozšírenia pošvatiek Slovenska (ŽIAK, 2012) signalizuje, že tomu tak celkom nie je a zaznamenáva isté rozdielnosti v dominancii rôznych druhov pošvatiek v povodiach s rozličným podložíom (napr. jadrové, sopečné, vápencové alebo flyšové). V povodí Demänovky sme zaznamenali výrazné zmeny v štruktúre karbonátových tokov v porovnaní s jadrovými, viaceré údaje napr. pri druhoch *Leuctra braueri*, *L. prima* a *Capnia vidua* odpovedajú pozorovaniam autorov GRAF et al. (2009). Pri rode *Brachyptera* podobne ako v tatranských tokoch (KRNO et al. 2015) sme však zaznamenali, že tento rod sa vyslovne vyháňa vápencovým tokom. Predátori rodu *Diura* uprednostňovali skôr karbonátové toky na rozdiel od predátora *Perlodes intricatus*.

U nás sú relatívne dobre opísané spoločenstvá pošvatiek predovšetkým horských a podhorských tokov (KRNO 2007), (KRNO & HOLUBEC 2009), KRNO & ŽIAK (2012).

KRNO (1982) rozdelil povodie Ľupčianky na základné biotopy: krenál a ritrál. Pre pramennú oblasť uvádza charakteristické druhy: *Capnia vidua*, *Arcynopteryx dichroa* a *Diura bicaudata*. Ritrál delí ďalej na dve zóny a štyri podzóny. Zóna 1500 – 800 m n.m. s dominantnými druhmi *Protonemura nimborum*, *Leuctra autumnalis*, *L. rauscheri* a *Isoperla sudetica*. Druhy *Leuctra inermis* a *Protonemura*



Obrazok 6. Sezónna dynamika transportovanej organickej hmoty.

a – Demänovka, b – potok Priečne, TAM – transportovaná anorganická hmotnosť, TOM – transportovaná bezpopolová organická hmotnosť.

praecox uvádza ako dominantné pre druhú zónu 800 – 530 m n. m.

KRNO (1984) na základe identity dominancie taxocenóz pošvatiek rozdelil povodie Belej na tri základné biotopy: kryál, ritrál a krenál. V kryáli (nad 1800 m n. m.) sa pošvatky nevyskytujú. Ritrál delí na tri zóny a štyri podzóny. Zónu vysokohorských potokov (2000 – 1500 m n. m.) charakterizuje početný výskyt druhov *Protonemura brevistyla*, *Leuctra pusilla* a *L. rosinae*. Charakteristickými dominantnými druhmi horských potokov (1500 – 800 m n. m.) sú *Leuctra rauscheri*, *L. autumnalis*, *Isoperla sudetica* a *Protonemura montana*. V zóne podhorských potokov (850 – 680 m n. m.) dominujú *Protonemura praecox*, *Amphinemura sulcicollis* a *Leuctra inermis*. Krenál delí na horské pramene s dominantnými druhmi *Arcynopteryx dichroa* a *Amphinemura standfussi* a podhorské pramene, pre ktoré uvádza dominantné druhy *Protonemura auberti* a *Leuctra nigra*.

KRNO (1987) vypracoval dendrogram hierarchickej klasifikácie tečúcich vôd povodia horného Váhu na základe 10-ročných zberov makrozoobentosu. Autor diferencuje kryál (nad 1800 m n. m. v súčasnosti je presnejšie v súvislosti s povodím horného Váhu skôr používať termín nival (KRNO et al. 2012) a ritrál (do 1800 m n.m.). Ritrál rozdeľuje na tri podzóny epiritrálu (1800 – 750 m n. m.) a tri podzóny

metaritrálu (pod 900 m n. m.). Spomedzi pošvatiek v epiritráli dominovali *Protonemura auberti*, *Nemoura monticola*, *Leuctra atumnalis*, *L. rauscheri* a *Iso-perla sudetica*. Pre metaritrál uvádza charakteristické druhy *Amphinemura sulcicollis*, *A. standfussi*, *Perlodes microcephala*, *Protonemura intricata* a *Leuctra digitata*.

Predchádzajúce klasifikácie (KRNO 1982, 1984, 1987) korešpondujú s tvrdením ILLIESA (1952), ktorý tvrdí, že epiritrál obýva reofilná psychrostenotermná a polyoxybiotická glaciálna fauna, zatiaľ čo eurytermná postglaciálna imigranti a zmiešaná glaciálna fauna prevláda v metaritráli.

KRNO (2003) uvádza úzku súvislosť medzi rozšírením taxocenóz pošvatiek a nadmorskou výškou, spádom a šírkou toku. Vymedzenie hraníc spoločenstiev nadmorskou výškou môžeme brať len orientačne a v úzkej korelácii s ostatnými abiotickými a biotickými faktormi. Toto potvrdzuje blízka príbuznosť spoločenstiev determinovaných z dvoch stanovišť kaňonovitej doliny, ovplyvnených studenými krasovými podzemnými vodami, pod vrchom Siná v Rádovom potoku, v nadmorskej výške relatívne v nižších plochách 850 a 920 m a spoločenstiev vysokopoložených horských tokov povodia Demänovky, v nadmorskej výške nad 1300 m. LEVADINOV (1981), WARD (1985), KRNO (2003) uvádzajú teplotu ako rozhodujúci faktor určujúci zonáciu tokov.

Vplyv karbonátového podložia však spôsobuje 7-násobne vyšší obsah Ca^{2+} v Rádovom potoku proti povrchovým vodám kryštalinika sledovaného povodia (TEREKOVÁ 1993). Vysoký obsah vápnika pravdepodobne spôsobuje, napriek zatičenosti kaňonu, zvýšenú pokryvnosť machov (*Palustriella commutata*), ktorá je porovnateľná s pokryvnosťou machov na otvorených vysokopoložených horských tokoch (*Slapania undulata*, *Hygrohypnum duriusculum*). Výsledky analýz nám potvrdili vplyv faktoru pokryvnosť machov na spoločenstvách pošvatiek.

Pohlady na to, ktoré faktory hrajú rozhodujúcu úlohu pri zonácii tokov sa rôznia. STATZNER (1987) poukazuje na 5 ekologických faktorov ovplyvňujúcich lotické ekosystémy: (a) teplotný režim, (b) prietokový režim a ním ovplyvnený charakter substrátu, jeho stabilita, procesy interakcií medzi vodným prostredím na jednej strane a organizmami, ovzduším, hyporeálom na strane druhej a turbidita vodného stĺpca, (c) svetelný režim, (d) živiny ovplyvňujúce primárnu produkciu, (e) prísun alochtónneho materiálu. Ako uvádzajú KRNO et al. (1996), veľký význam pre existenciu bentickej fauny má kvalita substrátu, ktorej výskyt v rámci toku je ovplyvnený aj rýchlosťou prúdu. V povodí Demänovky sa na základe CCA analýz ukázali ako štatisticky najvýznamnejšie ekologické faktory, vplyvajúce na rozšírenie pošvatiek, faktory typ substrátu,

nadmorská výška a erózný index. CUMMINS (1969), PENNAK (1971) uvádzajú substrát ako najdôležitejší ekologický faktor vplyvajúci na rozšírenie spoločenstiev makrozoobentosu. Rovnako ALLAN (1975) tvrdí, že substrát je základný aspekt potočného habitatu odrážajúci rýchlosť prúdu, determinujúci úkryty, distribúciu potravy a iné.

Hrubozrnný substrát balvany a skaly vytvára podľa HYNESA (1970) stabilnejšie podmienky pre rozvoj rozmanitejšej a početnejšej fauny ako jemnozrnný substrát piesok a bahno. Druhovo najchudobnejším spoločenstvom pošvatiek povodia Demänovky bolo spoločenstvo Rakového podhorského toku na stanovišti v PR Jelšie v nadmorskej výške 700 m s piesočnato-bahnitým dnom. Toto zistenie korešponduje s pozorovaním, že stratocenózy na stabilnejšom substráte sú druhovo bohatšie (DEVÁN 1994). GURZ & WALLACE (1984) zistili, že hrubšie substráty sú fyzikálne stabilnejšie, ale menej vhodné na naplavenie jemnozrnného detritu. Podľa nich je biologická stabilita spojená s fyzikálnou, preto druhy živiace sa nárastami alebo hrubým detritom sú frekventovanejšie na hrubších substrátoch. RABENI & MINSHALL (1977), rovnako ako WILLIAMS (1977) poukázali na najbohatšie osídlenie hrubých štrkov (2,5 – 3,5 cm), pretože práve takýto substrát obsahuje veľké množstvo intersticiálnych priestorov, ktoré sú bohaté zásobované detritom. Rovnako ako piesok a bahno, aj skaly a balvany sú osídlené chudobnejšie. S týmto tvrdením sa zhodujú aj údaje HELEŠICA (1995), o najvyššej frekvencii druhov na skalnato-štrkovom substráte s vyššími hodnotami turbulencie prúdu a neutrálnou reakciou vody. BENKE et al. (1988) definuje veľkosť, stabilitu a heterogenitu substrátu ako rozhodujúce vlastnosti pre štruktúru spoločenstva vodného hmyzu. Aj keď mnoho autorov uvádza substrát, ako primárny faktor určujúci štruktúru spoločenstva v rámci každej lokality, môže byť reakcia hmyzu na ten istý substrát modifikovaná ostatnými, najmä limitujúcimi environmentálnymi faktormi.

KRNO (1982) udáva v povodí Ľupčianky najvyšší počet druhov pošvatiek (38) v oblastiach, ktoré ležia od 700 – 800 m n. m. Vo vyšších a v najmä nižších polohách počet druhov klesá. Podobnú situáciu môžem potvrdiť z povodia Demänovky, kde bol najvyšší počet druhov (38) rovnako v oblastiach od 700 – 900 m n. m. Obidve zistenia korešpondujú z podobnými súvislosťami zistenými všeobecne vo viacerých karpatských tokoch (KRNO 2003).

Existujú dva základné prístupy ku klasifikácii tokov – zónačný, ktorý uvádzajú vyššie uvedení autori a kontinuálny (VANNOTE et al. 1980). Zo 46 nezávislých environmentálnych faktorov vplyvujúcich na ekosystémy povodia až 63 % tesne súvisí s hodnotou rádu toku. S rastom vodnatosti klesá prísun organického materiálu alochtónneho pôvodu, naopak stúpa podiel primárnej produkcie. Väčšina

Tabuľka 5. Zastúpenie jednotlivých druhov pošvatiek v povodiach rieky Belej (B – KRNO 1984 – upravené), riečky Demänovky (D) a riečky Ľupčianky (L – KRNO 1982 – upravené).

* – prameniská, x – toky.

Druh	500 – 700 m			700 – 900 m			900 – 1100			1100 – 1300			nad 1300 m		
	B	D	L	B	D	L	B	D	L	B	D	L	B	D	L
<i>Brachyptera seticornis</i>	x	x	x	xx	xx	xx	xx	x		xx		x			x
<i>Brachyptera starmachi</i>	x	x	x	x	xxx	xx	xx	x		x		x		x	x
<i>Rhabdiopteryx neglecta</i>				xxx				xx		x					
<i>Taeniopteryx auberti</i>	x		x	x		x									
<i>Amphinemura standfussi</i>		**			**			***		***					
<i>Amphinemura sulcicollis</i>	xx	x	xx	xx	x	xx	x	x							
<i>Amphinemura triangularis</i>	x		x		x	x									
<i>Nemoura cambrica</i>		x	x	x	x	x									
<i>Nemoura carpathica</i>								x							
<i>Nemoura cinerea</i>			x												
<i>Nemoura flexuosa</i>	x	x	x												
<i>Nemoura monticola</i>						x					x		xx		x
<i>Nemoura uncinata</i>	x	x	xx	x	x	xx		x							
<i>Nemurella pictetii</i>				x	***		x			x	x			x	
<i>Protonemura auberti</i>			x	x***	xx	x	x	xxx		x	x		xx	xxx	xx
<i>Protonemura autumnalis</i>	xxx		xx	x	x	x									
<i>Protonemura brevistyla</i>							x			x			xxx	x	
<i>Protonemura hrabei</i>	xx		x	xx	x	xx	x	x			x				
<i>Protonemura intricata</i>	xx			xx	x										
<i>Protonemura austriaca</i>		x		x	x		x	xx		x	xx		x	xx	
<i>Protonemura montana</i>	xx		x	xxx	xx	xx	xxx	x		xxx	x		xx	xx	xx
<i>Protonemura nimborum</i>			x	xx	xxx	xx	xxx	x		xxx	xxx		xxx	xx	xxx
<i>Protonemura nitida</i>	x	x	x	x		x	x								
<i>Protonemura praecox</i>	xxx	x	xxx	xx	xx	xx	x				x				
<i>Leuctra albida</i>	xx		xx	x	*	x									
<i>Leuctra armata</i>				x	x	x	x	xx		xx	xx		xxx	xxx	xx
<i>Leuctra aurita</i>	xxx		xx	xx		x					x				
<i>Leuctra autumnalis</i>		x	x	x	xx	x	x	xxx		xxx	xxx		xxx	xxx	xxx
<i>Leuctra braueri</i>			x		x	x		xx			x		x		
<i>Leuctra digitata</i>			x		*	x									
<i>Leuctra fusca</i>	x		xx		*										
<i>Leuctra hippopus</i>	x	x	x	x											
<i>Leuctra inermis</i>	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	x		xx	xx		x		
<i>Leuctra major</i>				x											
<i>Leuctra mortoni</i>	xx	x	x	x		x									
<i>Leuctra moselyi</i>	x		x	x		x					x				
<i>Leuctra nigra</i>	x		x	x***	x	x	x	x			x			x	
<i>Leuctra prima</i>			x	x	x	x		xx							
<i>Leuctra pseudosignifera</i>				x	x	x	x	xx		xx	x		xx	x	
<i>Leuctra pusilla</i>				xx	x		x	xx		x			xxx	xx	xx
<i>Leuctra rauscheri</i>		xx	x	xx	xxx	xx	xxx	xxx		xxx	xxx		xx	x	
<i>Leuctra rosinae</i>							x			x	x		xxx		
<i>Capnia vidua</i>							x			x	x		x	x	x
<i>Arcynopteryx dichroa</i>							x			***			x***		

Tabuľka 5. Pokračovanie

Druh	500 – 700 m			700 – 900 m			900 – 1100			1100 – 1300			nad 1300 m		
	B	D	L	B	D	L	B	D	L	B	D	L	B	D	L
<i>Diura bicaudata</i>					x			x			x		x	x	x
<i>Isoperla buresi</i>	xx		x	xx	x	xx	xx	x		x	x				
<i>Isoperla difformis</i>					*										
<i>Isoperla oxylepis</i>	xxx		xx	xx	x										
<i>Isoperla rivulorum</i>							x								
<i>Isoperla sudetica</i>		x	x	x	xx	x	xx	xx		xxx	xxx		xx	xxx	xx
<i>Perlodes intricatus</i>				x	x	x	x	xx		xx	xx		xx	x	
<i>Perlodes microcephalus</i>	xx	xx	x	xx	x	x	x								
<i>Dinocras cephalotes</i>	xx		xx	x		x									
<i>Perla grandis</i>	x	x	x	xx	x	xx	x			x					
<i>Perla marginata</i>	x		x												
<i>Chloroperla kisi</i>	x			x											
<i>Siphonoperla neglecta</i>				x	x	x	x	x		xx			x	x	
<i>Siphonoperla taurica</i>		x													
<i>Siphonoperla torrentium</i>	x	x	x	x	x	x									

organickéj hmoty je uložená v tokoch 1. až 3. rádu, metabolizovaná je však predovšetkým vo veľkých tokoch 7. až 9. rádu. S rastom prietoku stúpa podiel makrofýt, machov, rias a TOM. Klesá podiel CPOM, FPOM a UFPO (NAINMAN et al. 1987). Podobné vzťahy ako medzi detritom, nárastmi a vodnatosťou tokov zaznamenali KRNO et al. (1996) aj pre trofické skupiny makrozoobentosu. Abundancia trofických skupín makrozoobentosu s výnimkou drvičov vzrastá s vodnatosťou. BRUNS et al. (1987) poukázali, že počet druhov zoškrabávačov a filtrátorov rastie s rádom toku. To však nezistili u zberačov, ktoré dominovali v stredných tokoch 4. až 6. rádu.

Z bentických spoločenstiev horských potokov uvádza KRNO (1983) prevahu drvičov a relatívne vysoký podiel predátorov v riečke Ľupčianke, pričom pri prechode do podhorských tokov vzrastá podiel zoškrabávačov. Hustejší zápoj pobrežnej vegetácie na dolnom toku riečky spôsobuje opätovné zvýšenie podielu drvičov. Pre postupné zvyšovanie množstva jemného organického detritu od prameňa smerom k ústiú narastá aj podiel zberačov jemného organického materiálu. Ekologické postavenie vyjadrené na základe trofických skupín makrozoobentosu je determinované postavením tokov v riečnom kontinuu (KRNO et al. 1996).

Povodie Demänovky je tvorené tokmi 1. až 4. rádu a v úplnom súlade s teóriou riečného kontinua tu v spoločenstve pošvatiek výrazne prevládajú drviče (Nemouridae) a relatívne vysoké je zastúpenie predátorov (Perlodidae). V tokoch 4. rádu pozvoľne narastá podiel zoškrabávačov (*Brachyptera*). Rozdiel zonálneho a kontinuálneho pohľadu na

hodnotenie vodných biotopov sa postupne prekonáva, PERRY & SCHAFFER (1987) tvrdia, že gradient zmien taxonomického zloženia makrozoobentosu v tokoch je postupný, avšak spojený s náhlymi zmenami, ktoré sú sprevádzané zjavným zvýšením diverzity. HILDEW et al. (1987) hovoria o diskontinuálnych zmenách ako o dôsledkoch náhlych zmien prúdu, prietoku a spádu toku (hydraulický stres).

Na erózne procesy odlesnených zjazdových tratí lyžiarskeho strediska Jasná pod Chopkom poukazuje MIDRIAK (1993). Viacročnými meraniami zistil, že nechránený erodovaný povrch zjazdovej trate FIS sa zmyvom pôdy znižuje ročne o 4,6 – 7 mm oproti smrekovému lesu v rovnakých podmienkach 0,03 mm/rok, pričom intenzita pôdotvorných procesov je len pár stotín mm ročne. Unášané pôdne častice menia aj ekologické podmienky vodného prostredia toku. Nové ekologické podmienky sa odrážajú aj na druhovom zložení a zložení potravných gíld spoločenstva makrozoobentosu. MILNER et al. (1981) a RIVIER & SEQUIER (1985) tvrdia, že zvýšená sedimentácia spôsobuje kolmatáciu intersticiálnych priestorov a zanášanie povrchových biofilmov, čo výrazne negatívne ovplyvňuje štruktúru bentosu. KRNO et al. (1995) zistili, že zvýšená erózia v povodí spôsobila obrusovanie biofilmov, zvýšený objem transportovaného organického materiálu (TOM), usadzovanie jemných sedimentov a kolmatáciu dna, výrazné zníženie indexu diverzity, abundance makrozoobentosu a α -diverzity pošvatiek. V trofickej štruktúre došlo k výraznému poklesu zberačov zahrabaných v sedimentoch a zoškrabávačov. Celkový pokles abundance makrozoobentosu

je sprevádzaný nižšou abundanciou predátorov a zvýšeným podielom abundancie filtrátorov.

Najnápadnejší rozdiel medzi spoločenstvami makrozoobentosu oboch stanovišť (2 a 10 – ovplyvnené eróziou) je zastúpenie potravinovej gily zberačov, ktorých podiel výrazne klesol v erodovanom potoku Priečne. V porovnaní s kontrolným stanovišťom, bolo na erodovanom toku (lok. 10) 10 krát menej zberačov, 5-násobne menej filtrátorov, naopak 12-násobne viac drvičov, 2-násobne viac predátorov a zoškrabávačov, pričom celková abundancia je približne rovnaká (GAŠPERČÍKOVÁ 1998).

Pri meraní jemného a ultrajemného usadeného materiálu sme zistili, že jeho celkové množstvo na m² substrátu je pri oboch lokalitách rovnaké. Zásadný rozdiel však bol v pomere anorganickej a organickej zložky bentického jemného substrátu. Pri vyrovnanom neerodovanom toku bol pomer anorganiky k organike 1–1,5 ku 1. Pričom na erodovanom toku Priečne, anorganická zložka 6–13-krát prevyšovala organickú (GAŠPERČÍKOVÁ 1998). KRNO et al. (1995) uvádzajú, že biomasa jemného usadeného organického detritu (FBOM) dosahuje maximá v dolných tokoch povodia Turca. Domnievame sa, že toto je spôsobené väčším množstvom intersticiálnych priestorov substrátu ako i menším spádom tokov vyššieho rádu. V priemere 5-násobne väčšie množstvo transportovaného anorganického materiálu (TAM) na erodovanom toku Priečne oproti kontrole, spôsobuje väčšie usádzanie jemného anorganického materiálu, ktorý je ťažší, usádza sa prvý a upcháva intersticiálne priestory substrátu. Na základe vyššie uvedených zistení sa domnievame, že výrazne znížený podiel zberačov zahrabaných v sedimentoch je spôsobený upchávaním intersticiálnych priestorov substrátu anorganickým materiálom. Upchávanie intersticiálnych priestorov anorganickým materiálom neumožňuje dostatočný prísun organického materiálu. Za primárnu príčinu nízkeho podielu zberačov z výnimkou rodu *Leuctra* (pravidelne unikajúci do hyporeálu) považujem preto práve dostupnosť potravy. Podobne klesá podiel filtrátorov na skalnatom substráte, ako dôsledok erózie anorganického materiálu (GAŠPERČÍKOVÁ 1998).

BRUNS et al. (1987) zaznamenali, že druhové bohatstvo zoškrabávačov je priamo závislé na biomase perifytonu a konštatujú, že pre zoškrabávačov je dôležitejšia rozmanitosť potravných zdrojov ako vlastný prietok. Zvýšený podiel zoškrabávačov na erodovanom toku Priečne je spôsobený 12-násobne väčším množstvom nárastov (GAŠPERČÍKOVÁ 1998). GOLLDAY et al. (1992) uvádzajú, že pre eróziu narušené pôdy je typický rýchly proces nitrifikácie, ktorý produkuje H⁺ ióny, ktoré zvyšujú pH a prispievajú k zvýšenému stupňu mineralizácie. Vplyvom erózie pôdna voda prináša do toku väčšie množstvo nutrientov, hlavne vápenatých a draselných

iónov. S väčším množstvom nutrientov a väčším osvetlením toku súvisí väčšie množstvo perifytonu v danom toku. MINSHALL et al. (1992), KRNO et al. (1995) uvádzajú negatívny vplyv erózie na perifyton obrusovaním. Na erodovanom toku Priečne sme tento jav nepotvrdili, zrejme vďaka nižšiemu hydraulickému stresu. Jemné zbrusovanie mohlo na perifyton naopak pôsobiť ozdravujúco, pretože je vyššia pravdepodobnosť, že z nárastu uvoľňovali práve odumreté časti. Avšak algofágy zo skupiny pošvatiek – rod *Brachyptera* boli na erodovanom toku prakticky eliminované.

Druhové bohatstvo filtrátorov nie je závislé od absolútneho množstva potravy, ale od jeho plynulého prísunu a kvality (BRUNS et al. 1987). Všeobecným indikátorom kvality potravy je percento organického materiálu. Znížený podiel hlavne TOM môže byť zvlášť kritickým pre filtrujúce Trichoptera, ktoré sa živia práve touto frakciou (MINSHALL et al. 1992). V zhode s týmito tvrdeniami je zaujímavý fakt, že 5-násobne menší podiel TOM ku TAM v porovnaní s kontrolným stanovišťom zodpovedá s 5-násobne menším podielom filtrátorov (GAŠPERČÍKOVÁ 1998) v zastúpení potravných gíld makrozoobentosu erodovaného toku voči kontrole. WEBSTER & GOLLDAY (1984) uvádzajú, že pre erodované toky je charakteristické niekoľkonásobne väčšie množstvo TAM oproti TOM. KRNO et al. (1995) zistili 4-násobne vyššie množstvo TAM ako TOM z časti Turca, podliehajúce erózii.

GOLLDAY et al. (1992) uvádzajú, že abundancia drvičov v toku zostáva po odstránení lesa rovnaká, prejavujú sa však zjavné zmeny v štruktúre spoločenstva drvičov. Abundancia drvičov je najvyššia v tokoch 1. rádu (KRNO 2003). Vysoký stav abundancie drvičov z pošvatiek reprezentovaný najmä rodmi *Nemoura* a *Protonemura* na erodovanom toku považujem v súlade s týmito tvrdeniami za pôvodný, eróziou nezmenený. Naopak, veľmi nízka abundancia drvičov na kontrolnom stanovišti neerodovaného toku Demänovka, bola zrejme spôsobená nižším pH vody. BITUŠÍK & KOPPOVÁ (1997) poukazujú na nárast stupeň acidifikácie v severných povodiach masívu Ďumbier, ktorý nastal koncom 90. rokov. Pri meraní pH kumulatívnych aj okamžitých zrážok v Demänovskej doline TEREKOVÁ (1993) zistila ich výraznú aciditu (pH 4,7 – 5,0). Vplyvom erózie zvýšený prísun Ca²⁺, K⁺ a H⁺ do potoka Priečne eliminuje vplyv kyslých dažďov na pH erodovaného toku. Na kontrole úplne chýbal drvič *Gammarus fossarum*, ktorý bol naopak v erodovanom toku bol veľmi početný. *Gammarus fossarum* je výborným indikátorom acidifikácie, mizne z vôd s pH nižším ako 6,0 (BITUŠÍK et al. 1989).

Významnými indikátormi kvality vodného prostredia sú Plecoptera. Na erodovanom toku Priečne bol zjavne vysoký počet zástupcov rodu *Nemoura*. Obdobný stav bol zistený na hornom toku Štrbského

potoka, ktorý bol výstavbou novej diaľnice rovnako vystavený eróznemu tlaku (KRNO 2000), ako aj na erodovanom toku Turčeka spolu rodom *Leuctra* (KRNO et al. 1995). Ako veľmi dobrá metrika erózneho tlaku – LN_index (erózný index) na horské a podhorské potoky sa mi javí podiel zástupcov týchto dvoch rodov ku všetkým pošvatkám (KRNO et al. 2015). Tento index dosahoval v povodí najvyššie hodnoty v dolných tokoch potoka Priečne (lyžiarsky terén) a Demänovky (polia).

POĎAKOVANIE

Táto publikácia bola podporovaná grantom VEGA 1/0176/12, 1/0255/15.

ZÁVER

Z 13 lokalít povodia Demänovky sme vo výskumnom období október 1995 – august 1997 determinovali 47 taxónov pošvatiek. Najpočetnejšie boli zastúpené rody *Leuctra*, *Protonemoura* a *Isoperla*. Počtom druhov, aj počtom jedincov prevládali na všetkých stanovištiach detritofágy, menej bolo predátorov a najmenej zoškrabávačov.

Pomocou permutačného testu CCA analýz sme z 15 environmentálnych faktorov vyseletovali 3 najvýznamnejšie, ktorých vplyv na celkovú ordináciu je štatisticky preukazný. Najdôležitejšie boli premenné percentuálne zastúpenie substrátu skaly, nadmorská výška a erózný index.

Na základe multivariačných analýz sme v povodí Demänovky vyčlenili 4 základné spoločenstvá patriace do dvoch základných skupín:

A – Spoločenstvá horských tokov 1, 2

B – Spoločenstvá podhorských tokov 3, 4

1. Spoločenstvá pošvatiek vysokopoložených horských tokov a tokov kaňonovitých dolín s úkazom teplotnej inverzie s dominantným druhom *Leuctra pusilla* a typickými *Protonemoura brevistyla*, *P. auberti*.

2. Spoločenstvá pošvatiek vodnatejších horských tokov s charakteristickými druhmi *Brachyptera starmachi*, *Protonemoura nimborum*, *Leuctra rauscheri*, *Perlodes intricatus* a *Siphonoperla neglecta*.

3. Spoločenstvá pošvatiek podhorských vodnatejších tokov s dominantným druhom *Leuctra inermis* a vlastnými druhmi spoločenstva *Nemoura flexulosa*, *Perlodes microcephalus*, *Perla grandis* a *Siphonoperla torrentium*.

4. Spoločenstvá pošvatiek podhorského pramenného toku s piesočnato-bahnitým dnom s dominantným druhom *Nemurella pictetti* a charakteristickým druhom *Amphineura standfussi*.

Vysoko položené bystriny majú nižšiu druhovú diverzitu, xenosaprobny stupeň, ktorý v podhorských tokoch prechádza do oligosaprobneho.

Potok Priečne bol vystavený eróznemu tlaku, čo sa prejavilo výrazne vyšším transportom anorganického materiálu a následne vyšším podielom jemnejšieho substrátu (akál a piesok) usadeným na dne. V potravných funkčných skupinách makrozoobentosu v ňom bolo viac drvičov, predátorov a zoškrabávačov, a menej filtrátorov a zberačov.

Plecoptera sú významnými indikátormi kvality vodného prostredia. Ako dobrý indikátor zvýšenej erózie toku vychádza podiel počtu zástupcov rodu *Nemoura* a *Leuctra* ku všetkým pošvatkám. Navrhovaný index je vhodný pre horské a podhorské spoločenstvá karpatských tokov (ekoregión karpaticum).

LITERATÚRA

- ALLAN JD, 1975: The distributional ecology and diversity of benthic insects in Cement Creek, Colorado. *Ecology*, 56: 1040–1053.
- AUBERT J, 1959: Plecoptera. *Fauna Helvetica, Lausanne*, 1, 140 pp.
- BALCO M, 1977: Príspevok k hydrológii povrchových vôd Liptova. *Liptov*, 4: 5–57.
- BENKE AC, HALL CHAS, HAWKINS CHP, LOWE-MCCONNELL RH, STANFORD JA, SUBERKPP K & WARD JV, 1988: Bioenergetic considerations in the analysis of stream ecosystems. *J. N. Am. Benthol.*, 7: 480–502.
- BERACKO P, LUKÁŠ J & CHVOJKA P, 2012: Časopriestorové zmeny spoločenstva potočníkov (Trichoptera) toku Demänovka, *Folia faunistica Slovaca*, 17 (1): 11–20.
- BITUŠÍK P, KRNO I & ŠPORKA F, 1989: Makrozoobentos dvoch ľadovcových jazier v Nízkych Tatrách. In: BITUŠÍK, P. (ed) Stredné Slovensko 8, Prírodné Vedy, *Osveta, Martin*, p. 123–133.
- BITUŠÍK P & KOPPOVÁ K, 1997: Macrozoobenthos of the glacial lakes in the Low Tatras (West Carpathians): Aquatic insects. *Biológia (Bratislava)*, 52 (2): 227–232.
- BRAUKMANN U, 1987: Zoozoologische und saprobiologische Beiträge zur einer allgemeinen regionalen Bachtypologie. *Archiv für Hydrobiol., Ergeb. der Limnol.*, 26: 355 pp.
- BRINK P, 1949: Studies on Swedish stoneflies. *Opusc. Ent. Suppl.*, 11: 1–250.
- BRUNS DA, HALE AB & MINSHALL GW, 1987: Ecological correlates of species richness in three guilds of lotic macroinvertebrates. *Journal of Freshwater Ecology*, 4: 163–175.
- BERG K, 1948: Biological studies on the river Susaa. *Fauna Limnol. Scandinavica*, 4: 1–318.
- CERNUSCA A, 1987: Wintersporterschliessungen und Naturschutz-Ergebnisse einer Studie im Auftrag des Europarates. *Verh. Ges. Okol.*, 15: 173–181.
- CUMMINS KW, 1969: The influence of substrate particle size on the microdistribution of stream macrobenthos. *Hydrobiologia*, 34: 145–181.
- ČUNDERLÍKOVÁ B & MARHOLD K, 1984: Príspevok k poznaniu vegetácie lyžiarskych zjazdoviek vo Vysokých a Západných Tatrách. In: *Zborník TANAP, 25, Martin*, p. 89–116.
- DEVÁN P, 1994: Mayfly communities (Ephemeroptera) of the Myjava stream. *Biologia (Bratislava)*, 49: 223–235.

- DROPPA A, 1957: Demänovské jaskyne. SAV Bratislava, 287 pp.
- DROPPA A, 1970: Výskum riečnych terás v zátopovej oblasti Liptovskej Mary. *Liptov*, 1: 7–34.
- DROPPA A, 1972: Geomorfologické pomery Demänovskej doliny. *Slovenský kras (Liptovský Mikuláš)*, 10: 9–46.
- FRUTIGER A & IMHO A, 1997: Life cycle of *Dinocras cephalotes* and *Perla grandis*. In: LANOLDT P & SARTORI M, (eds.), *Ephemeroptera & Plecoptera, Mauron + Tinguely & Lachat sa, Fribourg, Switzerland*, p. 34–43.
- FRANTZ H, 1979: Ökologie der Hochgebirge. *Verl. Eugen Ulmer, Stuttgart*, 495 pp.
- GAŠPERČIKOVÁ A, 1998: Analýza vplyvu vybraných ekologických faktorov na zloženie makrozoobentosu. Pošvatky (Plecoptera) povodia Demänovky. *Prírodovedecká fakulta UK*, 82 pp. Diplomová práca.
- GOLDDAY SW, WEBSTER JR, BENEFLIED EF & SWANK WT, 1992: Changes in stream stability following forest clearing as indicated by storm nutrient budgets. *Arch. Hydrobiol.*, 90: 1–33.
- GRAF W, LORENZ AW, TIerno DE FIGUEROA JM, LUCKE MJ, LÓPEZ-RODRIGUEZ MJ & DAVIES C, 2009: Distribution and ecological preferences of European freshwater organisms. Plecoptera. *Pensoft, Moscow*, 262 pp.
- GURTZ ME & WALLACE JB, 1984: Substrate medial response of stream invertebrates to disturbance. *Ecology*, 65: 1556–1559.
- HAWKES HA, 1975: River zonation and classification. In: WHITON BA (ed.), *River ecology, Blackwell Scientific Publ., Oxford, UK*, p. 312–374.
- HELAN J, KUBÍČEK, F, LOSOS B & ZELINKA M, 1973: Production conditions in the trout brooks of the Beskydy mountains. *Folia Fac. Sci. natur. Univ. Purkyn. Brun., Biol.*, 14: 1–105.
- HELEŠIČ J, 1995: Pošvatky (Plecoptera) jako modelová skupina biologického modelování v tocích., *Přírodovědecká fakulta M.U. v Brne*, 120 pp. Dizertační práce.
- HILDREW AG & TOWNSEND CR, 1987: Organization in freshwater benthic communities. In: GEE JHR & GILLER PS (eds.), *Organization of communities. Blackwell Scient. Publ., Oxford*, p. 347–371.
- HRNČIAROVÁ T, 1996: Krajinnokoologické predpoklady pre návrh lyžiarskych zjazdových tratí. *Ochrana prírody, Banská Bystrica*, 14: 219–234.
- HYNES HBN, 1961: The invertebrate fauna of a Welsh mountain stream. *Arch. Hydrobiol.*, 57: 344–388.
- HYNES HBN, 1970: The ecology of running waters. *Liverpool, Univ. Press*, 555 pp.
- ILLIES J, 1952: Die Mölle. Faunistisch-ökologische Untersuchungen an einem Forellenbach im Lipper Bergland. *Arch. Hydrobiol.*, 46: 424–612.
- ILLIES J, 1961: Versuch einer allgemein biozönotischen Gliederung der Fließgewässer. *Int. Rev. ges. Hydrobiol. Hydrog.* 46: 205–213.
- ILLIES J & BOTOSANEANU I, 1963: Problèmes et méthodes de la classification et de la zonation ecologique des eaux courantes, considerees surtout du point de vue faunistique. *Int. Ver. Theor. Angew. Limnol. Mitt.*, 12: 1–57.
- KOČIAN L, 1992: Vplyv lyžiarskej zjazdovky v Roháčoch na výskyt suchozemských stavovcov. *Zborník prác o Tatranskom Národnom parku*, 32: 363–376.
- KRNO I, 1978: Zoobentos rieky Revúcej a jej prítokov. *Biologické práce SAV, Bratislava*, 24, 63 pp.
- KRNO I, 1982: Štruktúra a dynamika makrozoobentosu rieky Lupčianky a jej prítokov (Nízke Tatry). *Biologické práce SAV, Bratislava*, 28, 132 pp.
- KRNO I, 1983: Trofické skupiny makrozoobentosu v povodí rieky Lupčianky. *Biológia*, 38: 145–148.
- KRNO I, 1984: Plecoptera des Einzugsgebietes des Flusses Belá. In: ERTL M (ed.), *Limnologie des Flusses Belá. Práce Laboratória rybárstva a hydrobiológie*, 4, p. 159–191.
- KRNO I, 1987: Classification of streams of the upper Váh River basin (West Carpathians). *Acta Fac. Rer. natur. Univ. Comen., Zool.*, 29: 33–51.
- KRNO I, 2000: Makrozoobentos v povodí Bieleho Váhu, jeho pôvodnosť a prognóza jeho zmien. *Acta Environmentalica Universitatis Comenianae, Bratislava, UK*, 10: 197–205.
- KRNO I, 2003: Distribution patterns and habitats of stoneflies in Slovakia. Research Update on Ephemeroptera and Plecoptera. – *Perugia: University of Perugia*, 349–356.
- KRNO I, 2007: Impact of human activities on stonefly (Insecta, Plecoptera) ecological metrics in the Hron River (Slovakia). *Biologia*, 62 (4): 446–457.
- KRNO I, 2013: Pošvatky (Plecoptera): Determinačný kľúč pre hydrobiológov. Časť II. 1. vyd. – *Bratislava: Výskumný ústav vodného hospodárstva*, 64 pp.
- KRNO I & HOLUBEC M, 2009: Effects of land use on stonefly bioassessment metrics. *Aquatic Insects*, 31 (Suppl. 1): 377–389.
- KRNO I, ŠPORKA F, TIRJAKOVÁ E & BULÁNKOVÁ E, 1995: Influence of the construction of the Turček reservoir on the organisms of the river bottom. *Folia Fac. Sci. Nat. Univ. Masarykianae Brunensis*, 91: 53–62.
- KRNO I, ŠPORKA F, TIRJAKOVÁ E, BULÁNKOVÁ E, DEVÁN P, DEĞMA P, BITUŠÍK P, KODADA J, POMICHAL R & HULLOVÁ E, 1996: Limnology of the Turiec river basin (West Carpathians, Slovakia). *Biologia (Bratislava)*, 51 (Suppl.): 122 pp.
- KRNO I, ŠPORKA F, LÁNCZOS T & ŠTEFKOVÁ E, 2012: Vplyv prirodzených disturbancií na ekologický status tatranských bystrín na modelovom objekte pošvatiek (Plecoptera), 16. konferencia Slovenskej limnologickej spoločnosti a Českej limnologickej spoločnosti. *Bratislava: Slovenská limnologická spoločnosť. Jasná-Nízke Tatry, 25.–29.6.2012*, p. 84–85.
- KRNO I, ŠPORKA F, LÁNCZOS T & ŠTEFKOVÁ E, 2015: Evaluation of deforestation influence caused by windstorm on the ecological status of the Carpathian streams by using Plecoptera assemblages as indicators, *Appl. Limnol.*, (in press).
- KRNO I & ŽIAK M, 2012: Macrodistributions and microdistributions of stoneflies of calcareous submontane rivers of the West Carpathians, with different land cover. *Aquatic Insects*. 34 (1): 65–84.
- LACIKA J, 1992: Relief štátnej prírodnej rezervácie Demänovská dolina a niektoré problémy jej ochrany. *Slovenský kras*, 30: 89–102.
- LEVADINOV VJ, 1981: Ekosystémy lososovych rek Dalnego vostoka. *Trudy BPI. DVNC AN SSSR, Vladivostok*, p. 3–21.
- LUJKNIŠ M (ed.), 1972: Slovensko 2. *Príroda, Bratislava, Obzor, Bratislava*, 917 pp.
- MAITLAND PS, 1966: The fauna of the river Endrick. *Studies on Loch Lomond., London*, 2: 1–194.
- JAKÁL J & MAZÚR E, 1980: Atlas Slovenskej socialistickej republiky. *SAV a Sloven. úrad a kartog., Bratislava*, 296 pp.
- MIDRIAK R, 1993: Ochrana pôdy a krajinnokoologická únosnosť územia Národného parku Nízke Tatry. *Ochrana prírody, Banská Bystrica*, 12: 9–53.

- MILOVANOVIČ M, RISTIČ R, RADIVOJEVIČ S, NIKCEVIČ R & MALUSEVIČ I, 2007: Erosion control in ski areas. *International Conference Erosion and Torrent Control as a Factor in Sustainable River Basin Management, 25–28 September, Belgrade*.
- MILNER NJ, SCULLING PA & CRISP DT, 1981: The effects of discharge on sediment dynamics and cosequent effects on invertebrates and salmonids in upland rivers. *Appl. Ecol.* 6: 153–200.
- MISHALL GW, PETERSEN RC, BOTT TL, CUSHING CE, CUMMINS KW, VANNOTE RL & SEDELL JR, 1992: Stream ecosystem dynamics of the Salmon river, Idaho: an 8th-order system. *J. N. Am. Benthol.*, 11: 111–137.
- NAIMAN RJ, MELILLE JM, LOCK MA & FORD TE, 1987: Longitudinal patterns of ecosystem processes and community structure in a subarctic River continuum. *Ecology*, 68: 1139–1156.
- PENNAK RW, 1971: Toward a classification of lotic habitats. *Hydrobiologia*, 38: 321–334.
- PERRY JA & SCHAEFFER DJ, 1987: The longitudinal distribution of riverine benthos: A river discontinuum. *Hydrobiologia*, 148: 257–268.
- PIELOU EC, 1966: The measurement of diversity in different types of biological collections. *J. Theor. Biol.*, 13: 131–144.
- RABENI CF & MINSHALL GW, 1977: Factors affecting microdistribution of stream benthic insects. *Oikos*, 26: 33–43.
- RAUŠER J, 1964: Verbreitungsgeschichte der tschechoslowakischen Plecopteren – assoziationen. *Gewäss. Abwäss. Dusseldorf*, 34–35: 115–129.
- RIVIER B & SEQUIER J, 1985: Physical and biological effects of gravel extraction in river beds. In: ALABASTER S (ed.), *Habitat modification in freshwater fisheries. Butterworths, London*, p. 131–146.
- SHANNON CE & WEAVER W, 1949: The mathematical theory of communication. *Univ. Illinois Press, Urbana*.
- SOLDÁN T, ZAHRÁDKOVÁ S, HELEŠIČ 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 Fac. Sci. Nat. Univ. Masarykiana Brunensis, Biologia*, 98: 1–305.
- STATZNER B, 1987: Characteristic of Lotic Ecosystems and Consequences for Future Research Directions. *Ecological Studies*, 61: 365–390.
- ŠIMO E, 1972: Povrchové vody. In: LUKNIŠ M (ed): *Slovensko 2, Príroda, Bratislava, Obzor*, pp. 283–342.
- ŠTEFANOVIČ M, MILOJEVIČ M & MILOVANOVIČ M, 2007: Erosion process in ski centres of Serbia. Institute for development of water resources “Jaroslav Černi”, Beograd, www.tucson.ars.ag.gov/isco/isco 15: 1–6.
- TER BRAAK CJF, 1986: Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology*, 67: 1167–1179.
- TEREKOVÁ V, 1993: Geochemia vôd Demänovského jaskynného systému a jeho ochrana. *Ochrana prírody, Banská Bystrica*, 12: 105–137.
- VANNOTE RL, MINSHALL GW, CUMMINS KW, SEDELL JR & CUSHING CE, 1980: The river continuum concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 37: 130–137.
- WARD JV, 1985: Thermal characteristics of running waters. *Hydrobiologia*, 125: 31–46.
- WEBSTER JR & GOLLADAY SW, 1984: Seston transport in streams at Coweeta Hydrologie Laboratory, North Carolina. *Verh. Int. Ver. Limnol.*, 22: 1911–1919.
- WILLIAMS DD, 1977: Substrate size selection by stream invertebrates and the influence of sand. *Limnol. Oceanogr.*, 23: 1030–1033.
- ZÁTKO M, 1980: Príspevok k teplote vody povrchových tokov niektorých pohorí Slovenska. *Acta Fac. Rer. Nat. Univ. Comeniana, Geographica*, 18: 3–11.
- ZWICK P, 1996a: Capacity of discontinuous egg development and its importance for the geographic distribution of the warm water stenotherm, *Dinocras cephalotes* (Insecta: Plecoptera: Perlidae). *Annl. Limnol.*, 32: 147–160.
- ZWICK P, 1996b: Variable egg development of *Dinocras* spp. (Plecoptera: Perlidae) and the stonefly seed bank theory. *Freshwater Biology*, 35: 81–100.
- ŽIAK M, 2013: Rozšírenie a diverzita pošvatiek (Plecoptera) Slovenska na základe vybraných environmentálnych faktorov. *Dizertačná práca, Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského, Bratislava*, 334 pp.