

**SPOLOČENSTVÁ PERMANENTNEJ FAUNY  
MAKROZOOBENTOSU REOKRÉNNYCH KRASOVÝCH  
PRAMEŇOV ZÁPADNÝCH KARPÁT**

**NON-INSECT BENTHIC COMMUNITIES OF THE  
RHEOCRENE KARST SPRINGS IN THE WESTERN  
CARPATHIANS**

*Jakub CÍBIK*<sup>1\*</sup> – *Pavel BERACKO*<sup>1</sup> – *Alexandra ROGÁNSKA*<sup>1</sup>

**ABSTRACT**

*In the riverine landscape, karst springs represent the specific aquatic environment. This specificity is especially given through their high seasonal thermal and chemical stability, which often defines their insularity in the river continuum. Despite many local studies relating to non-insect spring invertebrates in the Western Carpathians, global view on the taxonomical composition and diversity of this group has been absent until now. Thus, our study aimed to bring a complex view on the species richness and composition of the permanent benthic fauna inhabiting the karst springs in the Western Carpathians. In total, 106 rheocene springs were sampled in 11 karst mountains of Slovakia. There were found 49 species and 9 taxa assigned to a higher taxonomic level. The most diverse taxonomic group was aquatic Oligochaeta, where 40 taxa were identified. In springs, we found relatively low within-site species richness, but high between-site diversity and therefore high gamma diversity of the studied groups of benthic invertebrates. The taxonomical similarity of non-insect benthic assemblages in karst springs was explained by temperature gradient and belonging to a karst mountain range. The similarity of the spring community of the mountain ranges reflected their geographical proximity and connectivity through the river network of the river basin.*

**KEY WORDS**

limestone spring, Slovakia, crenon, permanent fauna, species richness, species composition

**ÚVOD**

Akvatické habitáty predstavujú fundamentálnu zložku prírodného prostredia, ktorá kľúčovou mierou prispieva k celkovej biodiverzite v krajine. A to jednak preto, že poskytujú ekologický priestor pre rozmanitú vodnú faunu a flóru, a zároveň preto, že väčšina terestrických taxónov je úzko naviazaná na vodu resp. vodné prostredie. Samotná prítomnosť permanentných kontinentálnych vôd v prírodnom prostredí, tak zásadným spôsobom ovplyvňuje výskyt a početnosť taxónov v krajine (DUDGEON a kol., 2006).

V Západných Karpatoch tvorí kras, ako jeden zo štyroch základných stavebných geologických podloží Karpát, nesúvislú oblasť s rozlohou viac ako 2700 km<sup>2</sup> (HAVIAROVÁ, 2007). Krasová riečna krajina je charakterizovaná predovšetkým svojím svojráznym hydrogeologickým systémom, vyznačujúcim sa vysokou

---

<sup>1</sup> Katedra ekológie, Prírodovedecká fakulta, Univerzita Komenského v Bratislave, Ilkovičova 6, 842 15, Bratislava, cibik6@uniba.sk, pavel.beracko@fns.uniba.sk, alexandra.r1988@gmail.com

\* corresponding author

mierou priepustnosti podložia. Tento fakt sa odráža v značne dynamickom prúdení vody na povrchu a v podzemí, čo v tomto prostredí podmieňuje bohatý výskyt výdatných i menej výdatných prameňov, ich termálny režim a chemizmus. Pramene a z nich plynuce vodné toky tak výrazným spôsobom prispievajú aj k vytváraniu a modelovaniu charakteristického vzhľadu krasovej krajiny.

Z ekologického hľadiska pramene vytvárajú heterogénnu mozaiku prostredí na rozhraní podzemných a povrchových vôd a terestrického prostredia, vďaka čomu tvoria jedno z najvýznamnejších centier biodiverzity v tečúcich vodách (CANTONATI a kol., 2006; SCARSBROOK a kol., 2007). Význam prameňov pre zachovanie biologickej diverzity je tak nespochybniteľný a dokumentovaný v mnohých vedeckých štúdiách (napr. WILLIAMS a kol., 1990; WILLIAMS a DANKS, 1991; BOTOSANEANU, 1998; BOON a PRINGLE, 2009; CANTONATI a kol., 2012). V súčasnosti, aj napriek mnohým antropickým tlakom, sú pramene mnohokrát poslednými nenarušenými ekosystémami kontinentálnych vôd. Aj napriek tomuto faktoru sú mnohé pramene ohrozené množstvom ľudských aktivít v krajine, z ktorých jednoznačne najvýznamnejšou je ich zachytávanie ako zdrojov pitnej vody. Pokles výdatnosti ich povrchového odtoku sa tak častokrát následne premieta v redukcii diverzity pramenných biocenóz (ERMAN a ERMAN, 1995).

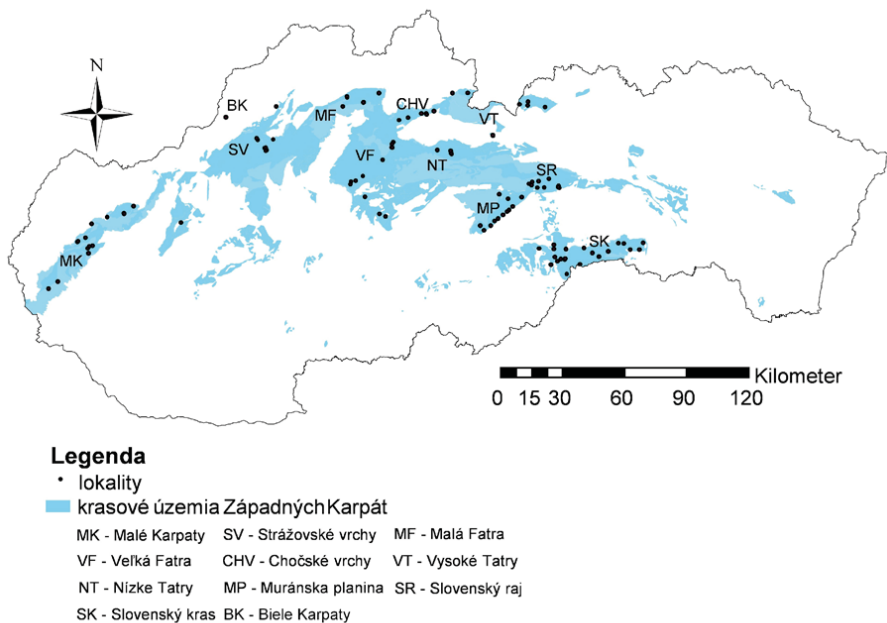
Na Slovensku sa výskumu krenobiocenóz venovalo viacero štúdií napr. HRABĚ (1942), KRNO (1982b, 1992), KOŠEL (1994), ILLÉŠOVÁ a HALGOŠ (1997), CÍBIK a kol. (2020a, b, c). Mnohé ďalšie výskumy zamerané na biotu pramenísk boli súčasťou rozsiahlejších výskumov týkajúcich sa celých povodí v horských oblastiach Slovenska napr. Vtáčnik (KRNO a kol., 1995), Nízke Tatry (KRNO, 1982a), Malá Fatra (KRNO, 2002), Biele Karpaty (KRNO, 1994), Slovenský kras (KOŠEL a kol., 1997). Prihliadnuc na výstupy predchádzajúcich prác, ktoré poukázali na relatívne vysokú bohatosť a premenlivosť rôznych taxonomických skupín pramenných bentických spoločenstiev bolo cieľom predmetnej štúdie charakterizovať druhovú štruktúru a hodnotu diverzity taxocenóz permanentnej zložky bentických bezstavovcov osídľujúcich krasové vyvieracky Západných Karpát.

## MATERIÁL A METÓDY

V 106 skúmaných krasových prameňoch, situovaných v 11 vápencových pohoriach (Obrázok 1, Tabuľka 1) Západných Karpát bolo v rokoch 2015 až 2019 realizované vzorkovanie bentickej makrofauny. Kvalitatívne odbery makrozoobentosu boli uskutočnené zo všetkých relevantných mikrohabitatov (jemný a hrubý anorganický substrát, fytál, xylál a detrit) prostredníctvom štandardnej hydrobiologickej sieťky kopacou metódou – „kicking sampling“. Odobraté vzorky boli uložené do plastových vzorkovníc a priamo v teréne fixované v 4% roztoku formaldehydu. Vzorkovanie prebiehalo na každej z lokalít v jarnom (marec-máj) a neskorom letnom, resp. jesennom (august-október) termíne s cieľom zachytiť čo najširšie druhové spektrum. Odobratý makrozoobentos bol v hydrobiologickom laboratóriu roztriedený do vyšších taxonomických skupín a následne fixovaný v 70 % roztoku etanolu.

Taxóny radu Tricladida boli determinované prostredníctvom určovacích kľúčov KOŠEL (2002); taxóny vodných mäkkýšov pomocou GLÖER a MEIER-BROOK (2003),

HORSÁK (2003), ČEJKA (2017), GREGO a GLÖER (2019); taxóny vodných opaskovcov prostredníctvom HRABĚ (1979), TIMM (2009), NEUBERT a NESEMANN (1999), SCHMELZ a COLLADO (2010) a taxóny vodných kôrovcov pomocou FIŠER a kol. (2010), COPILAȘ-CIOCIANU a kol. (2014), HUDEC a MOCK (2014), BALÁZS a kol. (2015).



**Obrázok 1.** Mapa krasových území Slovenska s vyznačením skúmaných lokalít.

**Figure 1.** Map of karst areas (blue areas) of the Slovakia with sampling sites (black points).

Priemerná alfa diverzita a gama diverzita spoločenstiev bola vyjadrená ako početnosť taxónov na lokálnej, resp. regionálnej úrovni. Beta diverzita bola definovaná ako sklon akumulačnej krivky druhovej pestrosti, pričom táto hodnota tiež predstavuje hodnotu exponenta v Arrheniusovej „species-area relationships“ funkcie -  $S = cA^z$  (ARRHENIUS, 1921). V Arrheniusovom modeli hodnoty  $z < 0,33$  naznačujú vysokú mieru stochasticity pri taxonomickom zostavení spoločenstva, zatiaľ čo vyššie hodnoty ( $z > 0,33$ ) predikujú vysokú mieru determinizmu pri taxonomickej tvorbe spoločenstva (ROSENZWEIG, 1995). Podobnosť spoločenstiev permanentnej zložky makrozoobentosu skúmaných prameňov bola analyzovaná prostredníctvom analýzy hlavných koordinát (PCoA) s Bray – Curtis indexom podobnosti. Gradient prvých dvoch ordinačných osí tejto analýzy bol korelovaný s faktormi príslušnosť ku geomorfologickému celku a teplota prameňa, a testovaný prostredníctvom permutačného testu (počet permutácií – 999). Indikačné taxóny pre jednotlivé

geomorfologické celky boli determinované v analýze indikátorových druhov s korigovaným phi koeficientom (TICHÝ a CHYTRÝ, 2006). Všetky analýzy boli realizované v prostredí softwaru R 3.6.1 (R CORE TEAM, 2019), s využitím knižníc Vegan 2.5.-6 (OKSANEN a kol., 2019) a Indicespecies 1.7.8 (DE CÁCERES a LEGENDRE, 2019).

**Tabuľka 1.** Zoznam skúmaných prameňov s ich lokalizáciou a teplotou vody (vypočítaná ako priemer hodnôt zaznamenaných pri jarnom a jesennom odbere)

**Table 1.** List of studied karst springs with their location and water temperature (calculated as the mean of the values recorded during the spring and autumn sampling)

ID	názov vyvieracky (Spring name)	geomorfologický celok (Geomorphological unit)	zem. šírka (Latitude)	zem. dĺžka (Longitude)	nadmorská výška (m n.m.) Altitude (m a.s.l.)	teplota prameňa (°C) (Spring temperature) (°C)
1	Hlavina	Malé Karpaty	N48°33.538'	E17°21.412'	283	10,75
2	Rajtárka	Malé Karpaty	N48°28.558'	E17°16.454'	298	8,35
3	Kráľovský potok	Malé Karpaty	N48°28.713'	E17°16.704'	365	8,20
4	Marcový prameň	Malé Karpaty	N48°29.85'	E17°19.567'	380	8,00
5	bez názvu	Malé Karpaty	N48°25.838'	E17°21.229'	424	9,97
6	Stužková	Malé Karpaty	N48°35.750'	E17°27.214'	250	10,90
7	Pod Bacharkou (hore)	Malé Karpaty	N48°37.132'	E17°33.65'	245	8,60
8	Pod Bacharkou (dole)	Malé Karpaty	N48°37.053'	E17°33.742'	239	9,70
9	Chrenkech jarok	Malé Karpaty	N48°39.257'	E17°37.179'	328	9,25
10	Limbašská	Malé Karpaty	N48° 17.643'	E17° 10.422'	389	8,19
11	Orešanská	Malé Karpaty	N48°27.108'	E17°20.789'	324	7,85
12	Husí stok	Malé Karpaty	N48°27.903'	E17°22.601'	273	8,55
13	Stará bohatá	Malé Karpaty	N48°27.661'	E17°21.384'	284	8,65
14	Vyv. Stupavského potoka	Malé Karpaty	N48°15.583'	E17°7.093'	332	9,70
15	Výtoky	Strážovské Vrchy	N48°36.093'	E17°56.314'	290	9,40
16	Zliechov (na lúke)	Strážovské Vrchy	N48°57.473'	E18°26.699'	692	7,30
17	Strážov	Strážovské Vrchy	N48°57.556'	E18°27.101'	753	7,45
18	Stredný	Strážovské Vrchy	N48°56.905'	E18°27.467'	799	9,90
19	Malinový prameň	Strážovské Vrchy	N48°56.748'	E18°27.18'	734	6,20
20	Periská	Strážovské Vrchy	N48°59.404'	E18°23.659'	555	8,50

SPOLOČENSTVÁ PERMANENTNEJ FAUNY MAKROZOOBENTOSU REOKRÉNNYCH KRASOVÝCH  
PRAMEŇOV ZÁPADNÝCH KARPÁT

21	Vyv. v Manínskej tiesňave	Strážovské Vrchy	N49°08.635'	E18°29.886'	343	16,87
22	Prameň v doline Rečica	Strážovské Vrchy	N48°59.932'	E18°29.76'	419	7,90
23	Vyv. pri Slatinskom potoku	Strážovské Vrchy	N48°59.817'	E18°23.207'	960	9,08
24	Prameň pod Vršatcom	Biele Karpaty	N49°4.69'	E18°10.268'	548	8,26
25	Hlbokô	Nízke Tatry	N48°59.555'	E19°40.818'	774	7,00
26	Medzibrodie (dolná)	Nízke Tatry	N48°59.746'	E19°40.553'	789	5,79
27	Medzibrodie (horná)	Nízke Tatry	N48°59.729'	E19°40.565'	789	5,90
28	Nadina studnička	Nízke Tatry	N49°00.457'	E19°40.4'	780	7,15
29	bez názvu 1	Nízke Tatry	N48°53.034'	E20°12.225'	959	6,25
30	bez názvu 2	Nízke Tatry	N48°52.754'	E20°13.245'	953	6,35
31	Zadná dolina	Nízke Tatry	N48°53.55'	E20°13.303'	965	6,35
32	Oravecká	Nízke Tatry	N48°42.040'	E19°16.376'	394	9,40
33	Vyvieranie	Nízke Tatry	N49°0.320'	E19°34.983'	812	7,05
34	Vyv. v Mólči	Nízke Tatry	N48°42.596'	E19°13.966'	461	9,40
35	Bukovinka 1	Veľká Fatra	N49°0.201'	E19°16.954'	653	13,55
36	Bukovinka 2	Veľká Fatra	N49°0.241'	E19°17.008'	649	13,82
37	Bukovinka 3	Veľká Fatra	N49°0.198'	E19°17.105'	631	13,97
38	Lastovičia (dole)	Veľká Fatra	N48°49.727'	E19°1.650'	660	8,35
39	pod Túfnou	Veľká Fatra	N48°50.48'	E19°1.827'	940	7,54
40	Boboty	Veľká Fatra	N48°50.784'	E19°3.666'	638	7,74
41	Dogerské skaly	Veľká Fatra	N49°1.64'	E19°17.363'	530	8,94
42	Jazierce	Veľká Fatra	N49°1.092'	E19°16.914'	589	9,50
43	Teplô	Veľká Fatra	N48°56.753'	E19°13.628'	671	7,00
44	Rybô	Veľká Fatra	N49°52.154'	E19°06.363'	914	7,30
45	Výver pod Štefanom	Tatry	N49°14.535'	E20°9.758'	1116	5,40
46	Dolina 7 prameňov	Tatry	N49°13.369'	E20°16.654'	1208	5,55
47	Pr. v Bielovodskej doline	Belianske Tatry	N49° 13.711'	E20°6.45'	1157	5,60
48	Prameň v Javorovej doline	Belianske Tatry	N49°13.572'	E20°09.753'	1224	4,50
49	Pri salaši	Tatry	N49°05.071'	E19°56.744'	840	7,35
50	Pod Hrubým Grúňom	Tatry	N49°05.180'	E19°56.643'	820	6,63
51	Brestovská vyv.	Tatry	N49°15.517'	E19°39.457'	851	6,25
52	Bobrovecká	Tatry	N49°15.858'	E19°45.536'	961	7,13
53	Prosiecka 1	Chočské vrchy	N49°9.724'	E19°29.599'	705	7,74

54	Prosiecka 2	Chočské vrchy	N49°9.475'	E19°29.849'	642	8,00
55	Prosiecka 3	Chočské vrchy	N49°9.443'	E19°29.881'	639	8,92
56	bez názvu	Chočské vrchy	N49°9.587'	E19°27.722'	845	6,87
57	Kvačianska	Chočské vrchy	N49°10.526'	E19°32.629'	624	8,10
58	Belská vyv. 1	Malá Fatra	N49°12.443'	E18°57.792'	651	6,85
59	Belská vyv. 2	Malá Fatra	N49°12.675'	E18°57.582'	587	6,85
60	Dolina Sokol	Malá Fatra	N49°14.143'	E19°10.232'	691	7,50
61	Mojžišov prameň (vpravo)	Malá Fatra	N49°11.456'	E19°4.412'	1147	5,40
62	Mojžišov prameň (vľavo)	Malá Fatra	N49°11.432'	E19°4.358'	1147	5,50
63	Dolina Hoskora	Malá Fatra	N49°10.007'	E18°56.323'	753	6,40
64	Vyv. sv. Jána	Slovenský kras	N48°39.231'	E20°58.480'	264	10,34
65	Pri Hájskych vodopádoch	Slovenský kras	N48°38.855'	E20°50.805'	417	8,40
66	Zádielska vyv.	Slovenský kras	N48°38.837'	E20°48.623'	543	8,30
67	Fej	Slovenský kras	N48°36.562'	E20°44.941'	222	11,25
68	Tapolca 1	Slovenský kras	N48°35.016'	E20°41.213'	198	11,10
69	Tapolca 2	Slovenský kras	N48° 35.043'	E20° 41.33'	204	10,60
70	Eveteš	Slovenský kras	N48°35.918'	E20°38.606'	255	11,28
71	Čierna	Slovenský kras	N48°33.761'	E20°27.919'	248	9,70
72	Biela	Slovenský kras	N48°34.055'	E20°28.083'	237	10,67
73	Kečovská	Slovenský kras	N48°30.006'	E20°29.149'	331	9,10
74	Krásnohorská	Slovenský kras	N48°37.056'	E20°35.234'	336	9,55
75	Brzotínska	Slovenský kras	N48°36.527'	E20°28.256'	247	9,90
76	Vidová	Slovenský kras	N48°33.859'	E20°26.410'	238	10,35
77	Pod Vápenkou	Slovenský kras	N48°33.296'	E20°25.150'	212	11,25
78	Studený prameň	Slovenský kras	N48°34.295'	E20°24.051'	224	10,15
79	Závodná	Slovenský kras	N48°36.44'	E20°23.456'	248	10,05
80	Hučiacca	Slovenský kras	N48°37.51'	E20°23.394'	269	9,65
81	Drieňovská vyv.	Slovenský kras	N48°37.468'	E20°57.118'	257	9,85
82	Vyv. v Gemerskej Hôrke	Slovenský kras	N48°32.263'	E20°22.722'	214	10,10
83	Skalistý potok	Slovenský kras	N48°37.359'	E20°53.433'	195	11,20
84	Zbojnická vyvieracia	Slovenský kras	N48°32.784'	E20°34.09'	335	9,35
85	Bobačka	Muránska planina	N48°46.883'	E20°06.309'	754	6,90
86	Penovcová	Muránska planina	N48°45.945'	E20°04.884'	529	8,95

SPOLOČENSTVÁ PERMANENTNEJ FAUNY MAKROZOOBENTOSU REOKRÉNNYCH KRASOVÝCH  
PRAMEŇOV ZÁPADNÝCH KARPÁT

87	Muráň	Muránska planina	N48°45.43'	E20°04.223'	418	8,50
88	Brúsik	Muránska planina	N48°49.886'	E20°0.605'	574	7,15
89	bez názvu	Muránska planina	N48°43.443'	E20°0.83'	413	8,25
90	Stratená jaskyňa	Muránska planina	N48°49.472'	E20°9.6'	807	7,25
91	Havraník (lúka)	Muránska planina	N48°48.806'	E20°4.281'	768	6,40
92	Havraník (les)	Muránska planina	N48°48.799'	E20°4.301'	766	6,25
93	Jelšavská teplica	Muránska planina	N48°36.301'	E20°17.705'	255	13,55
94	Vyv. v Muráni	Muránska planina	N48°44.486'	E20°2.661'	401	8,40
95	bez názvu	Muránska planina	N48°42.743'	E19°59.480'	527	8,19
96	Pri Tisovci	Muránska planina	N48°41.539'	E19°58.045'	576	9,40
97	Rejkovský potok	Muránska planina	N48°40.097'	E19°55.522'	400	9,40
98	potok Furmanec	Muránska planina	N48°41.330'	E19°53.929'	476	8,65
99	bez názvu 1	Slovenský Raj	N48°52.173'	E20°15.515'	909	5,50
100	bez názvu 2	Slovenský Raj	N48°52.193'	E20°15.456'	897	6,10
101	Dobšinská ľadová jaskyňa	Slovenský Raj	N48°52.332'	E20°18.207'	875	7,95
102	Biele vody	Slovenský Raj	N48°52.447'	E20°24.247'	850	6,40
103	bez názvu	Slovenský Raj	N48°53.872'	E20°15.911'	883	6,50
104	Malý Sokol	Slovenský Raj	N48°54.609'	E20°19.896'	734	6,60
105	Geravy	Slovenský raj	N48°52.951'	E20°23.863'	1036	8,60
106	Zejmarská studňa	Slovenský raj	N48°52.655'	E20°23.829'	1028	6,15

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

V nasledujúcom texte uvádzame kompletný zoznam determinovaných taxónov spolu s ID lokalít, na ktorých boli zaznamenané. Posledné číslo v zátvorke za bodkočiarkou značí frekvenciu výskytu taxónu. Číslo v zátvorke za názvami jednotlivých čeľadí udáva počet taxónov zaznamenaných v rámci danej čeľade

### **Tricladida (3)**

*Crenobia alpina* (Dana, 1766): 5, 19, 26, 27, 28, 29, 30, 33, 38, 39, 40, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 60, 61, 62, 63, 85, 86, 87, 88, 90, 91, 92, 96, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 106; (44).

*Polycelis felina* (Dalyell, 1814): 6, 9, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 23, 24, 31, 32, 34, 41, 63, 67, 68, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 87, 89, 93, 94, 100, 102; (42).

*Dugesia gonocephala* (Dugès, 1830): 2, 3, 5, 11, 12, 14, 16, 20, 21, 22, 23, 24, 32, 35, 36, 37, 41, 42, 53, 54, 55, 56, 64, 67, 68, 70, 71, 72, 75, 77, 78, 79, 81, 82, 83, 84, 86, 91, 93, 97, 98, 100; (42).

**Gastropoda (7)**

*Bythinella austriaca* sensu lato (von Frauenfeld, 1857): 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 71, 74, 75, 77, 78, 79, 80, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 105, 106; (85).

*Bythinella pannonica* (Frauenfeld, 1865): 23, 64, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 76, 77, 81, 82, 83, 84, 93; (17).

*Haffenia* sp.: 73, 76, 82; (3).

*Galba truncatula* (O. F. Müller, 1774): 20, 53, 67, 68, 69, 72, 89; (7).

*Radix labiata* (Rossmässler, 1835): 21, 23; (2).

*Radix balthica* (Linnaeus, 1758): 9, 35, 36, 41, 42, 43, 64, 79, 97; (9).

*Ancylus fluviatilis* O. F. Müller, 1774: 14, 53, 71, 94, 97, 101; (6).

**Bivalvia (2)**

*Pisidium casertanum* (Poli, 1791): 9, 12, 14, 15, 20, 25, 31, 32, 49, 64, 70, 72, 73, 76, 83, 92, 94, 95, 97, 105; (20).

*Pisidium personatum* Malm, 1855: 6, 9, 11, 12, 14, 20, 28, 30, 32, 34, 49, 55, 64, 70, 72, 73, 78, 81, 82, 83, 92, 97, 99, 100; (24).

**Oligochaeta (40)**

*Nais alpina* Sperber, 1948: 11, 25, 29, 30, 33, 49, 52, 75, 99, 100; (10).

*Nais communis* Piguët, 1906: 2, 14, 20, 22, 24, 28, 30, 31, 33, 34, 40, 44, 45, 47, 48, 56, 59, 81, 83; (19).

*Nais elinguis* O. F. Müller, 1773 1, 9, 20, 49, 55, 79; (6).

*Nais communis* Piguët, 1906: 40, 52, 55, 57, 59; (5).

*Nais stolci* Hrabě, 1981: 20; (1).

*Pristina jenkinsae* (Stephenson, 1931): 2, 3, 10; (3).

*Rhyacodrilus carsticus* Košel, 1980: 71; (1).

*Rhyacodrilus coccineus* (Vejdovský, 1875): 64; (1).

*Rhyacodrilus falciformis* Bretschler, 1901: 9, 10, 24, 56, 59, 77, 83; (7).

*Embolocephalus velutinus* (Grube, 1879): 68, 72, 76, 78, 92; (5).

Tubificinae spp. juv. (with hair chaetae): 1, 12, 14, 17, 22, 31, 34, 40, 45, 49, 64, 68, 70, 72, 92, 97, 100, 106; (18).

Tubificinae spp. juv. (without hair chaetae): 25, 64, 78, 83; (4).

*Limnodrilus claparedeanus* Ratzel, 1868: 64, 70; (2).

*Limnodrilus hoffmeisteri* Claparède, 1862: 34, 64, 67, 70, 72, 76; (6).

*Limnodrilus profundicola* (Verrill, 1871): 34; (1).



- Spirosperma ferox* (Eisen, 1879): 14; (1).
- Tubifex tubifex* (O. F. Müller, 1774): 1, 6, 8, 20, 31, 32, 34, 64, 68, 70, 72, 73, 76, 80, 87, 92, 93, 97, 100, 101; (20).
- Propappus volki* Michaelsen, 1916: 25, 26, 29, 30, 33, 38, 45, 49, 51, 52, 90, 97, 100, 102; (14).
- Achaeta* sp.: 38, 47, 66, 106; (4).
- Fridericia* sp.: 4, 10, 22, 30, 31, 33, 47, 49, 52, 56, 58, 59, 60, 62, 63, 65, 66, 67, 77, 88, 89, 90, 93, 95, 102, 104, 105, 106; (28).
- Fridericia perrieri* (Vejdovský, 1878): 33; (1).
- Fridericia striata* (Levinsen, 1884): 26, 52, 60; (3).
- Cognettia glandulosa* (Michaelsen, 1888): 65, 71, 88, 89; (4).
- Cognettia sphagnetorum* (Vejdovský, 1878): 1, 10, 25, 26, 28, 29, 32, 33, 36, 39, 42, 47, 48, 49, 50, 51, 55, 57, 60, 62, 63, 67, 69, 73, 87, 90, 92, 96, 99, 100, 103, 106; (32).
- Henlea* sp.: 12, 25, 65, 69, 80, 86, 103; (7).
- Henlea nasuta* (Eisen, 1878): 70, 102, 106; (3).
- Henlea perpusilla* Friend, 1911 : 2, 3, 10, 33, 35, 47, 56, 57, 58, 66, 90, 93, 102, 106; (14).
- Henlea ventriculosa* (d'Udekem, 1854): 20, 102; (2).
- Marionina* sp.: 10, 25, 47, 66, 90, 99, 100, 104; (8).
- Mesenchytraeus armatus* (Levinsen, 1884): 25, 27, 30, 56, 58, 66, 102, 104, 105, 106; (10).
- Haplotaxis gordioides* (Hartmann, 1821): 8, 23, 25, 29, 30, 31, 33, 38, 39, 40, 44, 49, 50, 52, 57, 60, 61, 64, 67, 68, 70, 71, 72, 74, 75, 79, 82, 83, 85, 90, 96, 97, 99, 101, 102, 103, 106; (37).
- Lumbriculidae spp. juv. (with bifid chaetae): 2, 3, 5, 12, 13, 14, 17, 20, 22, 24, 29, 31, 32, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 44, 45, 49, 51, 52, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 64, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 85, 87, 88, 90, 92, 93, 96, 98, 99, 100, 102, 105, 106; (63).
- Lumbriculidae spp. juv. (with simple-pointed chaetae): 10, 31, 40, 71, 86, 89, 96, 98; (8).
- Rhynchelmis granuensis* Hrabě, 1961: 89; (1).
- Stylodrilus brachystylus* Hrabě, 1929: 67, 71, 75, 77, 78, 83, 93; (7).
- Stylodrilus heringianus* Claparède, 1862: 1, 2, 3, 6, 9, 11, 12, 13, 14, 17, 22, 30, 31, 33, 45, 46, 51, 86, 98, 99, 100; (21).
- Stylodrilus parvus* (Hrabě & Černosvitov, 1927): 31, 33, 34, 37, 45, 54, 60, 64, 67, 68, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 87, 92, 93, 96, 100, 102, 105, 106; (33).
- Trichodrilus strandi* Hrabě, 1936: 12, 17, 20, 22, 23, 24, 28, 32, 33, 35, 36, 37, 38, 40, 41, 42, 44, 56, 57, 58, 59, 60; (22).
- Trichodrilus tatrensis* Hrabě, 1938: 10, 14, 28, 31, 33, 44, 52, 56, 86, 96, 97; (11).
- Eiseniella tetraedra* (Savigny, 1826): 2, 3, 8, 11, 14, 20, 21, 27, 32, 33, 40, 44, 52, 57, 58, 66, 68, 73, 77, 79, 80, 83, 84, 86, 90, 91, 95, 96, 97, 102, 104, 106; (32).

**Hirudinea (2)**

*Erpobdella vilnensis* Liskiewicz, 1927: 21, 76, 82; (3).

*Trocheta cylindrica* Örley, 1886: 21, 83; (2).

**Crustacea (4)**

*Asellus aquaticus* (Linnaeus, 1758): 9, 80; (2)

*Niphargus tatrensis* Wrześniowski, 1888: 14, 17, 23, 24, 25, 29, 30, 33, 44, 51, 52, 56, 58, 65, 66, 69, 72, 73, 75, 76, 80, 86, 87, 88, 90, 98, 100, 101, 102, 104; (30).

*Gammarus fossarum* Koch in Panzer, 1835: 1,2, 3, 5, 6, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 46, 49, 50, 51, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 67, 68, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 106; (93).

*Gammarus roeseli* Gervais, 1835: 76; (1) .

V 106 preskúmaných krasových prameňov Západných Karpát, z ktorých až v 105 sa vyskytovali zástupcovia permanentnej fauny makrozoobentosu, sme zaznamenali 49 druhov predmetnej fauny a 9 druhovo nešpecifikovaných zástupcov vyšších taxonomických jednotiek. Najvyššia taxonomická diverzita bola zistená u akvatických Oligochaeta, kde bolo identifikovaných 32 druhov, čo predstavuje približne 27% z fauny akvatických, resp. semiakvatických máloštetinavcov Slovenska (ŠPORKA, 2003). Najvyššia druhová pestrosť u tejto skupiny bola zaznamenaná u čeľade Naididae, kde bolo identifikovaných až 15 druhov. Väčšina z nich je považovaná za euryekné druhy vyskytujúce sa vo viacerých typoch vodných habitatov t.j. bez vyhranenej preferencie k pramenným biotopom (ŠPORKA, 2003; TIMM, 2009; VAN HAAREN a SOORS, 2013). Výnimku v tomto smere tvoria len dva druhy *R. carsticus* a *R. falciiformis*, ktorých výskyt je dominantne viazaný na pramenné úseky tokov, resp. v druhom prípade aj na čisté horské a vysokohorské jazerá (TIMM, 2009). V niektorých štúdiách (napr. DUMNICKA, 2000; KASPRZAK a SZCZĘSNY, 1976) je za krenofilný taxón z tejto čeľade považovaný aj druh *N. communis*, pričom mnohé ďalšie publikácie udávajú tento taxón ako kozmopolitne rozšírený, tolerujúci široké rozpätie environmentálnych podmienok (HRABĚ, 1979; DAVIS, 1982; VERDONSCHOT, 2001). V nami vzorkovaných krasových vyvierackách bol druh *N. communis* jeden z najfrekventovanejších taxónov z čeľade Naididae, a zároveň najčastejšie sa vyskytujúci taxón rodu *Nais*. Druhou taxonomicky najpestrejšou čeľadou vodných máloštetinavcov bola v skúmanom type habitatu čeľad Enchytraeidae. Predmetná čeľaď zastrešuje dominantne terestrické a semiakvatické taxóny (VAN HAAREN a SOORS, 2013). V našom prípade medzi najfrekventovanejšie druhy v rámci tejto čeľade patrili *C. sphagnetorum* komplex, *H. perpusilla* a *Mesenchytraeus armatus*. Všetky tri taxóny sú všeobecne považované za semiakvatické, preferujúce predovšetkým zavlhčený substrát v ripálnej zóne tokov (KASPRZAK, 1989; TIMM, 2009; VAN HAAREN a SOORS, 2013). Žiaden z identifikovaných druhov čeľade Enchytraeidae nemožno považovať

za pramenného špecialistu, naopak väčšinu identifikovaných druhov možno považovať za eurytopné (KASPRZAK, 1989; TIMM, 2009). Čeľaď Lumbriculidae bola v nami skúmaných prameňoch zastúpená 6 druhmi. Vo všetkých prípadoch ide o oligostenotermné taxóny vyskytujúce sa predovšetkým v jemnejšom substráte čistých potokov, prípadne v horských jazerách (HRABĚ, 1979, ŠPORKA 2003, HAAREN a SOORS, 2013). Druh *T. strandi* možno ako jediného z tejto čeľade definovať ako krenofilný taxón, ktorého ťažisko výskytu predstavujú silne mineralizované horské prameniská, v ktorých dochádza k vyzrážaniu penovca (BÍLKOVÁ a SCHENKOVÁ 2015). Nami zaznamenané taxóny, ktoré obývajú dominantne hyporeál horských potokov, podzemné vody a litorálnu zónu horských jazier, boli druh *P. volki* (čeľaď Propappidae) a *H. gordioides* (čeľaď Haplotaxidae) (TIMM, 2009; VAN HAAREN a SOORS, 2013). Jediným zástupcom čeľade Lumbricidae bol v skúmaných vyvierackách druh *E. tetraedra*, ktorý obýva ripálnu zónu toku resp. zavlhčené brehy pozdĺž celého longitudinálneho profilu tokov, vodných nádrží, jazier a mokradí (CSUZDI a ZICSI, 2003).

Druhú taxonomicky najpestrejšiu skupinu permanentnej fauny makrozoobentosu v krasových reokrénnych prameňoch predstavovali vodné mäkkýše (Gastropoda a Bivalvia), kde bolo identifikovaných 8 druhov a 1 rod. Za typických obyvateľov pramenných habitatov a podzemných vôd zistených v našom výskume možno považovať druhy *B. austriaca*, *B. panonica*, *P. personatum* a zástupcov rodu *Hauffenia* (LOŽEK, 1956; ŠTEFEK a GREGO, 2008; HORSÁK a kol., 2013). Z krasových výverov predovšetkým Slovenského Krasu je udávaný výskyt ďalších troch krenobiontých druhov *B. metarubra*, *B. hungarica* a *B. steffeki* (ČEJKA a kol., 2007, GREGO a GLÖER, 2019), ktorých determinácia na základe morfológie ulity je značne diskutabilná (HORSÁK a kol., 2013). Viaceré nami zaznamenané jedince vykazovali podobnosť v tvare ulity k predmetným taxómom, ale v dôsledku ich aktuálne nie úplne jasného taxonomického postavenia sú v tejto štúdii zahrnuté v rámci druhu *B. austriaca* sensu lato. Ostatné zistené druhy vodných mäkkýšov sú považované za typických obyvateľov horských a podhorských potokov resp. riek, pričom príležitostne sa môžu objavovať aj v prameňoch (HORSÁK a kol., 2013; ČEJKA, 2017).

Vo faune vodných kôrovcov krasových vyvieráčiek sme identifikovali štyri druhy, pričom len druh *N. tatrensis* je definovaný ako stygobiontný taxón osídľujúci podzemné vody, jaskynné toky a pramene (HUDEC a MOCK, 2014; STLOUKAL a KUZL, 2015; BALÁZS a kol., 2015). Ostatné nami zaznamenané druhy kôrovcov obývajú všetky typy lotických habitatov hôr a podhoria (*G. fossarum*) resp. tečúce a stojaté vody nížin a podhoria (*G. roeselii*, *A. aquaticus*), pričom predovšetkým posledné dva spomenuté druhy prenikajú do reokrénnych prameňov len príležitostne (BRTEK, 2001; NECPALOVÁ a STLOUKAL, 2011; DUMNICKA a kol. 2013; COPILAȘ-CIOCIANU a kol., 2014).

Všetky tri identifikované druhy ploskúl v krasových výveroch patria medzi oligostenotermné (REYNOLDSON, 1953). Druh *C. alpina* sa bežne vyskytuje v chladných pramenných a podpramenných úsekoch tokov, vysokohorských jazerách, kde maximálna teplota vody nepresahuje 8°C (KOŠEL, 2002). Podobné

habitaty s mierne vyššou teplotou (max. 8-12°C) preferuje druh *P. felina*, pričom v pramenných tokoch južnejšie položených pohoriach Slovenska často koexistuje práve s druhom *C. alpina* (KOŠEL, 2002). Za najviac teplotne tolerantný taxón zo zaznamenaných ploskúľ, osídľujúci predovšetkým bystriny a potoky podhoria, možno považovať druh *D. gonocephala* (RESLOVÁ a SIMON, 2015). Príležitostne sa však tento taxón vyskytuje aj v teplejších prameňoch resp. čistých nížinných riekach a potokoch (KOŠEL, 2002).

Dva zaznamenané druhy pijavíc nemožno považovať za bežných obyvateľov pramenných habitatov. Druh *E. vilnensis* sa vyskytuje dominantne v organicky mierne zaťažených podhorských tokoch (KRUŠINSKÁ a BERACKO, 2014), pričom príležitostne osídľuje horské plytké prehrievané lenitické biotopy (KOŠEL, 2001). Druh *T. cylindrica* sa bežne obýva supraripálnu zónu horských až nížinných tokov, zatiaľ čo príležitostne sa môže vyskytnúť aj v prameňoch a jaskynných vodách (NESEMANN, 1993; KOŠEL, 2004).

**Tabuľka 2.** Zoznam indikátorových druhov pramenných spoločstiev permanentnej zložky makrozoobentosu pre krasové územia Západných Karpát.

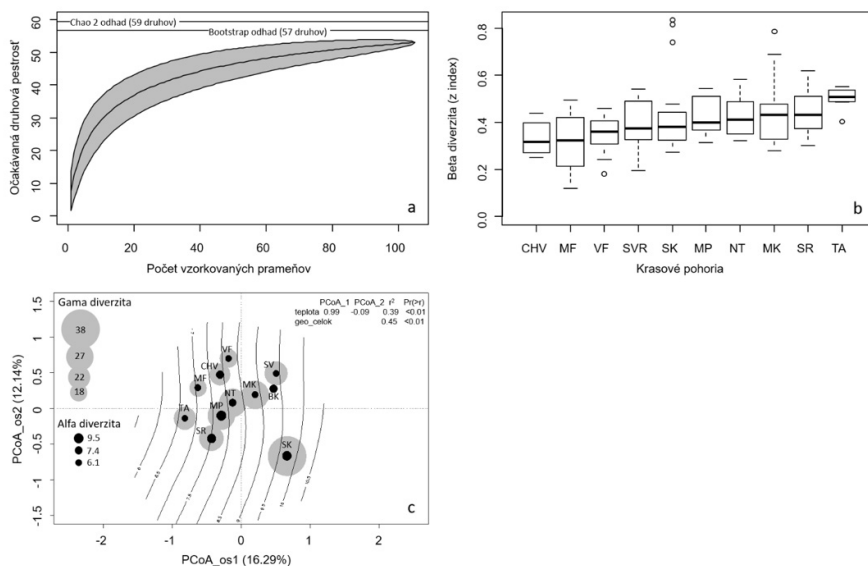
**Table 2.** List of the indicator species of non-insect benthic invertebrates for the karst mountains of the Western Carpathians.

Krasové pohoria/ Karstic mountain range	Druhy/Species							
	<i>C. alpina</i>	<i>D.gonocephala</i>	<i>P.felina</i>	<i>B.pannonica</i>	<i>R.labiata</i>	<i>P.jerkiniae</i>	<i>S.parvus</i>	<i>T.strandi</i>
MK						•		
SK				•				
SV					•			
SK+SR							•	
BK+SK+SV								
BK+CHV+MF+SV+VF			•					
BK+CHV+MK+SK+SV+VF								•
CHV+MF+MP+NT+SR+TA+VF	•							

Skratky: krasové územia Tatier (TA), Veľká Fatra. (VF), Nízke Tatry. (NT), Slovenský Raj (SR), Slovenský Kras (SK), Chočské vrchy (CHV), Malá Fatra (MF), Muránska Planina (MP), Strážovské Vrchy (SV), Biele Karpaty, Malé Karpaty (MK).

Abbreviations: karst area of Tatry Mts. (TA), Veľká Fatra Mts. (VF), Nízke Tatry Mts. (NT), Slovenský raj Mts. (SR), Slovenský kras Mts. (SK), Chočské vrchy Mts. (CHV), Malá Fatra Mts. (MF), Muránska Planina Mts. (MP), Strážovské Vrchy Mts. (SV), Biele Karpaty Mts. and Malé Karpaty Mts. (MK).

Najvyššia druhová diverzita permanentnej fauny makrozoobentosu spomedzi skúmaných krasových pohorí bola zaznamenaná v Slovenskom krase, kde bolo identifikovaných celkovo až 38 taxónov (Obrázok 1c). Na druhej strane najnižšia pestrosť skúmaného spoločenstva (17 druhov celkovo) bola identifikovaná pre pohorie Malá Fatra (nepočítajúc Biele Karpaty, kde bol vzorkovaný len jeden prameň). Priemerný počet taxónov pripadajúci na jeden prameň bol najvyšší v pohorí Nízke Tatry, zatiaľ čo najnižší u krasových území Tatier. Obdobné zistenia týkajúce sa hodnôt lokálnej a regionálnej diverzity krasových území Západných Karpát boli zaznamenané aj u troch skupín vodného hmyzu (EPT) (CÍBIK a kol., 2020a,b,c). GLAZIER (1991) definoval, že druhová pestrosť permanentnej zložky vodných bezstavovcov v prameňoch je podmienená predovšetkým permanentnosťou a sezónnou vyrovnanosťou prietokov. Jej diverzita klesá so zvyšujúcou sa sezónnou stabilitou prietokov, s ktorou sa zároveň zvyšuje podiel temporálnej fauny v krenobiocenóze (GLAZIER, 1991). Rovnaké tvrdenie by mohlo byť aplikovateľné aj pre taxonomickú diverzitu permanentnej fauny makrozoobentosu krasových prameňov Západných Karpát, kde u vyvieraciek južnejšie položených vápencových pohorí, na základe nášho terénneho výskumu, boli zaznamenané výraznejšie sezónne rozdiely vo výdatnosti prameňov.



**Obrázok 2.** Taxonomická diverzita a podobnosť permanentnej zložky makrozoobentosu v krasových prameňoch Západných Karpát. a – krivka druhovej pestrosť (priemer a 95% interval spoľahlivosti) v závislosti od počtu ovzorkovaných prameňov, b – krabicové grafy hodnôt z indexu v pre skúmané krasové pohoria, c – diagram analýzy hlavných koordinát charakterizujúci taxonomickú podobnosť skúmaných spoločenstiev v koincidencii príslušnosti prameňa ku krasovému pohoriu a teplotnému gradientu. Skratky: pozri Tabuľku 2.

**Figure 2.** Taxonomical diversity and similarity of the non-insect benthic invertebrates in the karst springs of Western Carpathians. a – species accumulation curves (mean and 95% confidence interval) showing the observed species richness for the increasing number of sampled springs, b – boxplots showing the variability of the z index of spring communities for each of the studied karst mountain, c – diagram of the Principal coordinate analysis showing taxonomical similarity of non-insect benthic communities in the coincidence with belonging of spring to karst mountain and water temperature gradient. Abbreviations: see Table 2.

Hodnota z indexu charakterizujúca medzihabitatovú diverzitu spoločenstva bola celkovo na úrovni 0,41, čo naznačuje predikovateľnosť zmien taxonomického zloženia skúmanej krenobiocenózy krasových území Západných Karpát (ROSENZWEIG, 1995). Najvyššie hodnoty z indexu boli determinované pre pramene vápencových častí Tatier, zatiaľ čo najnižšie pre pramene dvoch susediacich severozápadných pohorí Slovenska, t.j. Malá Fatra a Chočské vrchy (Obrázok 2b). V analýze indikátorových druhov bolo pre pramene jednotlivých geomorfologických celkov identifikovaných 8 indikátorových druhov patriacich do troch vyšších taxonomických skupín t.j. Tricladida, Gastropoda a Oligochaeta (Tabuľka 2). Podobnosť spoločenstiev permanentnej fauny prameňov vyjadrená v gradientoch prvých dvoch ordinačných osí do značnej miery reflektuje geografickú blízkosť a prepojenosť jednotlivých pohorí (Obrázok 2c). Obe testované faktory prostredia, t.j. teplota vody prameňa a príslušnosť prameňa ku geomorfologickému celku, boli preukazne korelované s teoretickým gradientom prostredia zachytenom v prvých dvoch ordinačných osiach gradientovej analýzy. Gradient teploty prameňov a geografická blízkosť a ich prepojenosť v rámci povodí sa ukázali vo viacerých štúdiách týkajúcich sa krasových prameňov (napr. BARQUÍN a DEATH, 2009; WIGGER a kol., 2015; von FUMETTI a BLATTNER, 2016) ako významný prediktor podobnosti taxonomického zloženia predmetných skupín bentických spoločenstiev.

## ZÁVER

Výskum taxonomickej diverzity a zloženia spoločenstiev permanentnej zložky bentických bezstavovcov krasových prameňov Západných Karpát ukázal, že druhová pestrosť na úrovni jednotlivých prameňov je pomerne nízka. Na regionálnej škále sa však spoločenstvá jednotlivých prameňov vyznačujú značnou taxonomickou osobitosťou, čo sa odráža vo vysokej hodnote gama diverzity v porovnaní ostatnými biotopmi tečúcich vôd prihlíadnuc aj na plochu, ktorú pramene v riečnej krajine zaberajú. Krasové pramene z tohto hľadiska predstavujú dôležité centrá biodiverzity a akési „vodné ostrovy“ v riečnom kontinuu. Jednotlivé krasové pramene je preto potrebné chrániť pred takým využívaním, ktoré by viedlo k zmenám ich hydrologie, hydromorfologie a chemizmu, čo by sa následne mohlo odraziť v nenávratnej deštrukcii prípadne až zániku častokrát unikátnych pramenných biocenóz.

**POĎAKOVANIE**

*Podakovanie patrí doc. Tomášovi Derkovi, PhD. a viacerým študentom Katedry ekológie Príf. UK v Bratislave za pomoc pri odbere vzoriek a ich laboratórnom spracovaní. Výskum bol uskutočnený s podporou projektov VEGA č. 1/0255/15 a 1/0127/20.*

**LITERATÚRA**

- ARRHENIUS, O., 1921. Species and Area. *Journal of Ecology*, 9: 95-99.
- BALÁZS, G. – ANGYAL, A. – KONDOROSY, E., 2015. *Niphargus* (Crustacea: Amphipoda) species in Hungary: literature review, current taxonomy and the updated distribution of valid taxa. *Zootaxa*, 3974 (3): 361-376.
- BARQUÍN, J. – DEATH, R. G., 2009. Physico-chemical differences in karst springs of Cantabria, northern Spain: Do invertebrate communities correspond? *Aquatic Ecology*, 43: 445-455.
- BÍLKOVÁ, M. – SCHENKOVÁ, J., 2015. Carpathian spring fens versus nearby brooks: what does *Trichodrilus strandi* (Lumbriculidae) like more? In SCHENKOVÁ, J. (Ed.), 13th International Symposium on Aquatic Oligochaeta: Book of Abstracts. Masaryk University, Brno, 71 pp.
- BOON, P. J. – PRINGLE, C. M. (Eds.), 2009. Assessing the conservation value of fresh waters: An international perspective. Cambridge University Press, Cambridge, 293 pp.
- BOTOSANEANU, L. (Ed.), 1998. Studies in Crenobiology. The Biology of Springs and Springbrooks. Backhuys Publishers, Leiden, 261 pp.
- ARRHENIUS, O., 1921. Species and Area. *Journal of Ecology*, 9: 95-99.
- BALÁZS, G. – ANGYAL, A. – KONDOROSY, E., 2015. *Niphargus* (Crustacea: Amphipoda) species in Hungary: literature review, current taxonomy and the updated distribution of valid taxa. *Zootaxa*, 3974 (3): 361-376.
- BARQUÍN, J. – DEATH, R. G., 2009. Physico-chemical differences in karst springs of Cantabria, northern Spain: Do invertebrate communities correspond? *Aquatic Ecology*, 43: 445-455.
- BÍLKOVÁ, M. – SCHENKOVÁ, J., 2015. Carpathian spring fens versus nearby brooks: what does *Trichodrilus strandi* (Lumbriculidae) like more? In SCHENKOVÁ, J. (Ed.), 13th International Symposium on Aquatic Oligochaeta: Book of Abstracts. Masaryk University, Brno, 71 pp.
- BOON, P. J. – PRINGLE, C. M. (Eds.), 2009. Assessing the conservation value of fresh waters: An international perspective. Cambridge University Press, Cambridge, 293 pp.
- BOTOSANEANU, L. (Ed.), 1998. Studies in Crenobiology. The Biology of Springs and Springbrooks. Backhuys Publishers, Leiden, 261 pp.
- BRTEK, J., 2001. Príspevok k poznaniu Amphipod Slovenska (I. Gammaroidea, Crangonyctoidea, Corophioidea). *Zborník Slovenského národného múzea, Prírodné vedy*, 67: 65-89.
- CANTONATI, M. – GERECKE, R. – BERTUZZI, E., 2006. Springs of then Alps–sensitive ecosystems to environmental change: from biodiversity assessments to long-term studies. *Hydrobiologia*, 562(1): 59-96.
- CANTONATI, M. – FÜREDER, L. – GERECKE, R. – JÜTTNER, I. – COX, E. J., 2012. Crenic habitats, hotspots for freshwater biodiversity conservation: toward an understanding of their ecology. *Freshwater Science*, 31(2): 463-480.
- ČEJKA, T. – DVOŘÁK, L. – HORSÁK, M. – ŠTEFFEK, J., 2007. Checklist of molluscs (Mollusca) in the Slovak Republic. *Folia Malacologica*, 15(2): 49-58.
- ČEJKA, T., 2017. Determinačný kľúč pre hydrobiológov: Časť VI. vodné mäkkýše Slovenska. Slovenská vodohospodárska spoločnosť pri Výskumnom ústave vodného hospodárstva, Bratislava, 48 pp.
- CÍBIK J. – BERACKO, P. – KRNO, I. – DERKA, T., 2020b. Spoločenstvá pošvatiek (Insecta: Plecoptera) krasových prameňov Západných Karpát. *Entomofauna carpathica*, 32(1): 153-164.
- CÍBIK, J. – BERACKO, P. – NAVARA, T. – DERKA, T., 2020a. Spoločenstvá potočníkov (Insecta: Trichoptera) krasových prameňov Západných Karpát. *Biodiversity & Environment*, 12(1): 26-40.
- CÍBIK, J. – BERACKO, P. – DERKA, T., 2020c. Mayfly (Insecta: Ephemeroptera) assemblages of Western Carpathians Karst springs. *Entomofauna carpathica*, 32(1): 141-152.



- COPILAȘ-CIOCIANU, D. – GRABOWSKI, M. – PĂRVULESCU, L. – PETRUSEK, A., 2014. Zoogeography of 519 epigeal freshwater Amphipoda (Crustacea) in Romania: fragmented distributions and 520 wide altitudinal variability. *Zootaxa*, 3893: 243-260.
- CSUZDI, C. – ZICSI, A., 2003. Earthworms of Hungary (Annelida: Oligochaeta; Lumbricidae). In CSUZDI, C. – MAHUNKA, S. (Eds.), *Pedozoologica Hungarica 1. Hungarian Natural History Museum, Budapest*, 1-271.
- DAVIS, J. R., 1982. New records of aquatic Oligochaeta from Texas, with observations on their ecological characteristics. *Hydrobiologia*, 96: 15-29.
- DE CÁCERES, M. – LEGENDRE, P., 2009. Associations between species and groups of sites: indices and statistical inference. *Ecology*, 90(12): 3566-3574.
- DUDGEON, D. – ARTHINGTON, A. H. – GESSNER, M.O. – KAWABATA, Z. – KNOWLER, D.J. – LÉVÉQUE, C. – NAIMAN, R. J. – PRIEUR-RICHARD, A. H. – SOTO, D. – STIASSNY, M. L. – SULLIVAN, C. A., 2006. Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biological reviews*, 81(2): 163-182.
- DUMNICKA, E. – GALAS, J. – JATULEWICZ, I. – KARLIKOWSKA, J. – RZONCA, B.O., 2013. From spring sources to springbrook: changes in environmental characteristics and benthic fauna. *Biologia*, 68(1): 142-149.
- DUMNICKA, E., 2000. Studies on Oligochaeta taxocens in streams, interstitial and cave waters of southern Poland. *Acta zoologica cracoviensia*, 43: 339-392.
- ERMAN, N. A. – ERMAN, D. C., 1995. Spring permanence, Trichoptera species richness, and the role of drought. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 68: 50-64.
- FIŠER, C. – COLEMAN, C. I. – ZAGMAJSTER, M. – ZWITTNIG, B. – GERECKE, R. – SKET, B., 2010. Old museum samples and recent taxonomy: A taxonomic, biogeographic and conservation perspective of the *Niphargus tatrensis* species complex (Crustacea: Amphipoda). *Organisms, Diversity and Evolution*, 10: 5-22.
- GLAZIER, D. S., 1991. The fauna of North American temperate coldsprings: patterns and hypotheses. *Freshwater Biology*, 26: 527-542.
- GLÖER, P. – MEIER-BROOK, C., 2003. Süßwassermollusken (Ein Bestimmungsschlüssel für die Bundesrepublik Deutschland). *Deutscher Jugendbund für Naturbeobachtung, Hamburg*, 134 pp.
- GREGO, J. – GLÖER, P., 2019. A new *Bythinella* (Mollusca: Gastropoda: Rissooidea) in the Slovak Republic. *Ecologica Montenegrina*, 21: 80-85.
- HAVIAROVÁ, D., 2007. Výskum krasových vôd z pohľadu ochrany jaskýň na Slovensku. *Podzemná voda*, 13(2): 153-161.
- HORSÁK, M. – JUŘIČKOVÁ, L. – PÍCKA, J., 2014. Měkkýši České a Slovenské republiky / Molluscs of the Czech and Slovak Republics. *Nakladatelství Kabourek, Zlín*, 270 pp.
- HORSÁK, M., 2003. Mlži rodu *Pisidium* C. Pfeiffer (Mollusca: Bivalvia) České republiky. *Acta Facultatis Ecologiae*, 10: 219-229.
- HRABĚ, S., 1942. Poznámky o zvířené ze studní a pramenů na Slovensku. *Sborník přírodovědeckého klubu v Brně*, 24: 23-30.
- HRABĚ, S., 1979. Vodní máloštětinatci (Oligochaeta) Československa. *Univerzita Karlova, Praha*, 167 pp.
- HUDEC, I. – MOCK, A., 2014. *Niphargus plurispinosus* n. sp (Crustacea, Aphipoda), a stygophile and hypotelmiorheic representative from Central Europe. *Subterranean Biology*, 13: 65-87.
- ILLÉŠOVÁ, D. – HALGOŠ, J., 1997. The typification of spring areas according to black fly coenoses in Slovakia (Diptera, Simuliidae). *Folia Facultatis Scientiarum Naturalium Universitatis Masarykianae Brunensis Biology*, 95: 57-61.
- KASPRZAK, K. – SZCZESNY, B., 1976. Oligochaetes (Oligochaeta) of the River Raba. *Acta Hydrobiologica*, 18: 75-87.
- KASPRZAK, K., 1989. Zoogeography and habitat distribution of earthworms (Lumbricidae) and enchytraeids (Enchytraeidae) of the Carpathian Mountains (Poland). *Miscellanea Zoologica*, 13: 37-44.
- KOŠEL, V. – HUDEC, I. – ROZLOŽNÍK, M., 1997. Malacostraca of the Biosphere Reserve of the Slovak Karst and the adjacent regions. In TÓTH, E. – HORVÁTH, R. (Eds.), *Proceedings of the „Research, conservation, management“ Conference. Vol. 1., Aggtelek*, 421-425.
-

- KOŠEL, V., 1994. Fauna prameňov a vyvieráčiek. In ROZLOŽNÍK, M. – KARASOVÁ, E. (Eds.), Slovenský kras – Chránená krajinná oblasť – biosférická rezervácia. Osveta, Martin, 235-238.
- KOŠEL, V., 2001. Hirudonológia pre hydrobiológov v praxi. In MAKOVINSKÁ, J. – TÓTHOVÁ, L. (Eds.), Zborník z hydrobiologického kurzu 2001. Výskumný ústav vodného hospodárstva, Bratislava, 37-54.
- KOŠEL, V., 2002. Ploskule (Turbellaria) v súčasnom životnom prostredí Slovenska. In MAKOVINSKÁ, J. – TÓTHOVÁ, L. (Eds.), Zborník z hydrobiologického kurzu 2002, Rajecké Teplice, Výskumný ústav vodného hospodárstva, Bratislava, 14-26.
- KOŠEL, V., 2004. Taxonomical position of two species of Trocheta (Hirudinea) described from Central Europe. *Biologia*, 59: 25-28.
- KRNO, I. – TOMAJKA, J. – TIRJAKOVÁ, E. – BULÁNKOVÁ, E. – HALGOŠ, J. – KOŠEL, V., 1995. Vplyv kyslých zrážok na faunu pramenísk pohoria Vtáčnik. *Rosalia*, 10: 21-34.
- KRNO, I., 1982a. Štruktúra a dynamika spoločenstiev makrozoobentosu riečky Lupčianky a jej prítokov (Nízke Tatry). *Biologické práce SAV*, 28: 1-128.
- KRNO, I., 1982b. Typológia tečúcich vód a prameňov povodia rieky Belej na základe taxocenóz pošvatiek (Plecoptera). Zborník prác o Tatranskom národnom parku, 23: 193-196.
- KRNO, I., 1992. Makrozoobentos pramenísk v CHKO Veľká Fatra. *Ochrana prírody*, 1: 107-116.
- KRNO, I., 1994. Pošvatky (Plecoptera) Bielych Karpát (Stoneflies (Plecoptera) of the White Carpathians), *Acta Musealia*, 5: 5-11.
- KRNO, I., 2002. Stoneflies (Plecoptera) of the national Nature Reserve Rozsutec (National Park Malá Fatra). *Folia faunistica Slovaca*, 7: 25-29.
- KRUŠINSKÁ, A. – BERACKO, P., 2014. Pijavice (Hirudinea) lotických biotopov povodia Hrona a Rimavy. *Folia faunistica Slovaca*, 19(1): 81-88.
- LOŽEK, V., 1956. Klíč československých měkkýšů. Vydavatelstvo Slovenskej Akadémie Vied, Bratislava, 435 pp.
- NECPALOVÁ, K. – STLOUKAL, E., 2011. Príspevok k poznaniu rozšírenia Amphipoda v národných parkoch zahrnutých do projektu all taxa biodiversity inventory. *Folia faunistica Slovaca*, 16: 191-200.
- NESEMANN, H., 1993. Identification key to Hungarian leeches of the subfamily Trochetinae Pawlowski, 1954, with notes on systematics of the subfamily Erpobdellinae Blanchard, 1894 (Hirudinea). *Annales historico-naturales Musei nationalis hungarici*, 85: 19-35.
- NEUBERT, E. – NESEMANN, H., 1999. Annelida, Clitellata: Branchiobdellida, Acanthobdellida, Hirudinea. Spektrum Akademischer Verlag GmbH Heidelberg, Berlin, 178 pp.
- OKSANEN, J. – BLANCHET, F. G. – FRIENDLY, M. – KINDT, R. – LEGENDRE, P. – MCGLINN, D. – MINCHIN, P. R. – O'HARA, R. B. – SIMPSON, G. L. – SOLYMOS, P. – STEVENS, M. H. H. – SZOECES, E. – WAGNER, H., 2019. Vegan: Community Ecology Package. R package version 2.5-6. URL <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>
- R CORE TEAM, 2019. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- RESLOVÁ, M. – SIMON, O., 2015. Ploštěnky – opomíjení obyvatelé našich vod. *Živa*, 5: 254-256.
- REYNOLDSON, T., 1953. Habitat of *Polycelis felina* (= *cornuta*) and *Crenobia alpina* in the British Isles. *Nature*, 171: 660.
- ROSENZWEIG, M., 1995. Species Diversity in Space and Time. Cambridge University Press, Cambridge, 437 pp.
- SCARSBROOK, M. R. – BARQUÍN, J. – GRAY, D. P., 2007. New Zealand coldwater springs and their biodiversity. *Science for Conservation*, 278, 72 pp.
- SCHMELZ, R. – COLLADO, R., 2010. A guide to European terrestrial and freshwater species of Enchytraeidae (Oligochaeta). *Soil Organisms*, 82(1): 1-176.
- ŠPORKA, F. (Ed.), 2003. Vodné bezstavovce (makrovertebráta) Slovenska, súpis druhov a autekologické charakteristiky. Slovenský hydrometeorologický ústav, Bratislava, 590 pp.
- ŠTEFFEK, J. – GREGO, J., 2008. The current status of the genus cf. *Hauffenia* (Mollusca: Gastropoda: Hydrobiidae) distribution in Slovakian Karst. *Slovenský Kras*, 46(2): 387-392.

- STLOUKAL, E. – KUNZL, D., 2015. First record of Niphargid Amphipods in region of Bratislava (Western Slovakia). *Folia faunistica Slovaca*, 20(2): 157-162.
- TICHÝ, L. – CHYTRÝ, M., 2006. Statistical determination of diagnostic species for site groups of unequal size. *Journal of Vegetation Science*, 17(6): 809-818.
- TIMM, T., 2009. A guide to the freshwater Oligochaeta and Polychaeta of Northern and Central Europe. *Lauterbornia*, 66: 1-235.
- VAN HAAREN, T. – SOORS, J., 2013. Aquatic Oligochaeta of The Netherlands and Belgium. KNNV Publishing, Zeist, 302 pp.
- VERDONSCHOT, P. F. M., 2001. Hydrology and substrates: determinants of oligochaete distribution in lowland streams (The Netherlands). *Hydrobiologia*, 463: 249-262.
- VON FUMETTI, S. – BLATTNER, L., 2016. Faunistic assemblages of natural springs in different areas in the Swiss National Park: a small-scale comparison. *Hydrobiologia*, 793(1): 1-10.
- VON FUMETTI, S. – BLATTNER, L., 2017. Faunistic assemblages of natural springs in different areas in the Swiss National Park: a small-scale comparison. *Hydrobiologia*, 793: 175-184.
- WIGGER F. W. – SCHMIDLIN, L. – NAGEL, P. – VON FUMETTI, S., 2015. Macroinvertebrate assemblages of natural springs along an altitudinal gradient in the Bernese Alps, Switzerland. *Annales de Limnologie*, 51: 237-247.
- WILLIAMS, D. D. – DANKS, H. V., 1991. Arthropods of springs, with special reference to Canada. *The Memoirs of the Entomological Society of Canada*, 123(S155): 203-217.
- WILLIAMS, D.D. – DANKS, H. V. – SMITH, I. M. – RING, R. R. – CANNINGS, R. A., 1990. Freshwater Springs: A National Heritage. A brief prepared for the Biological Survey of Canada (Terrestrial Arthropods), *Bulletin of Entomological Society of Canada*, 22: 8.