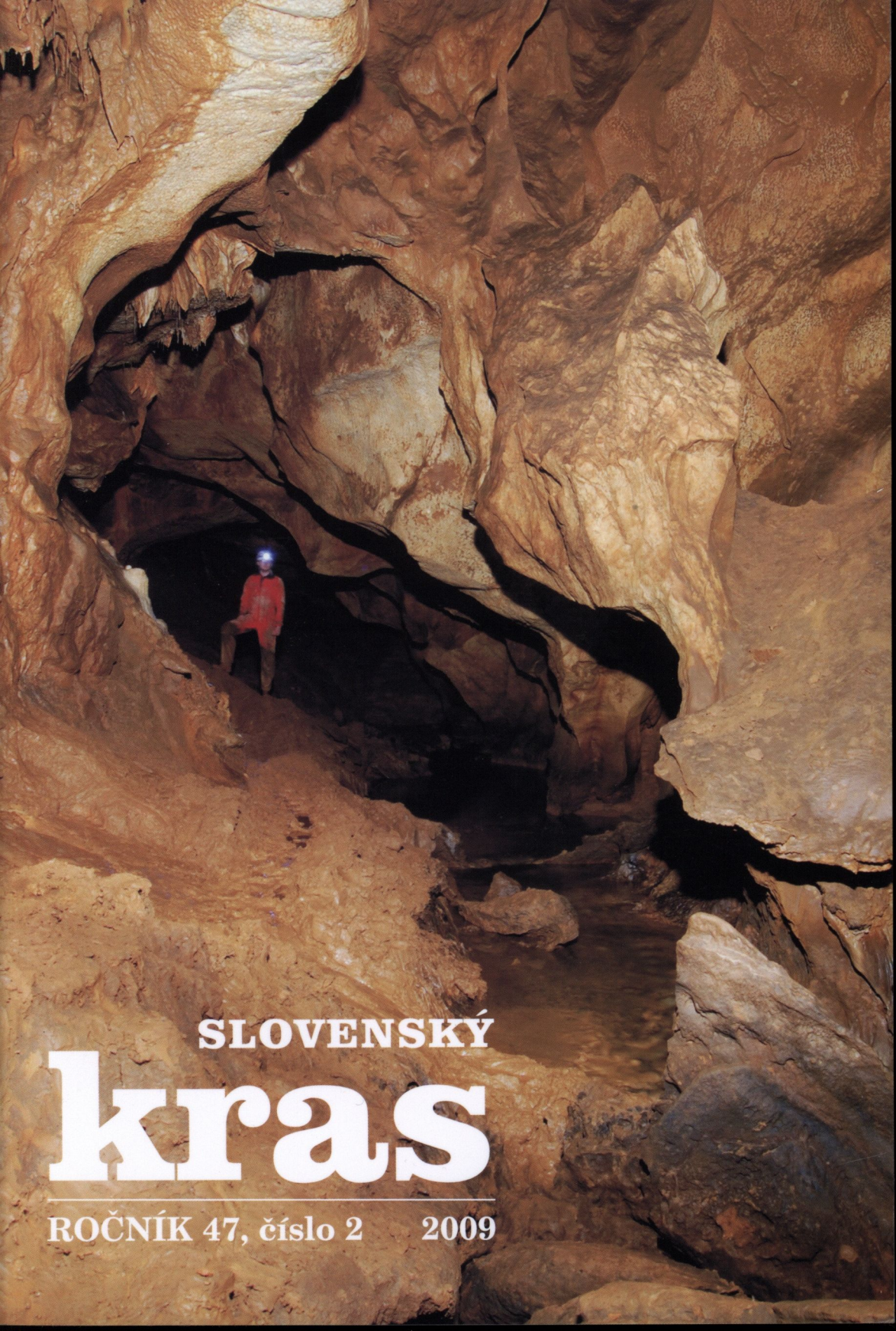


SLOVENSKÝ kras

ROČNÍK 47, číslo 2 2009

SLOVENSKÝ KRAS

ACTA CARSOLOGICA SLOVACA

ROČNÍK 47
ČÍSLO 2

2009
Liptovský Mikuláš

SLOVENSKÝ KRAS
ACTA CARSOLOGICA SLOVACA

Vedecký karsologický a speleologický časopis

Časopis vychádza dvakrát ročne
Evidenčné číslo: EV 3878/09
ISSN 0560-3137

Editor / Editor
RNDr. Pavel Bella, PhD.

Výkonný redaktor / Executive Editor
Mgr. Lukáš Vlček

Redakčná rada / Editorial Board

Predseda / Chairman
doc. RNDr. Zdenko Hochmuth, CSc.

Členovia / Members
RNDr. Pavel Bella, PhD., RNDr. Václav Cílek, CSc., RNDr. Ľudovít Gaál, PhD., prof. Dr. hab. Jerzy Głazek†, doc. RNDr. Ján Gulička, CSc.†, Ing. Jozef Hlaváč, Ing. Peter Holúbek, doc. RNDr. Jozef Jakál, DrSc., RNDr. Vladimír Košel, CSc., doc. RNDr. Ľubomír Kováč, CSc., acad. Dr. Andrej Kranjc, Ing. Marcel Lalkovič, CSc., RNDr. Ladislav Novotný, Mgr. Marián Soják, PhD., prof. Ing. Michal Zacharov, CSc.

Recenzenti / Reviewers
RNDr. Pavel Bella, PhD., RNDr. Ľudovít Gaál, PhD., doc. RNDr. Igor Hudec, CSc., doc. RNDr. Jozef Jakál, DrSc., doc. RNDr. Ľubomír Kováč, CSc., RNDr. Ľubomír Kováčik, CSc., acad. Dr. Andrej Kranjc, Ing. Marcel Lalkovič, CSc., RNDr. Peter Malík, CSc., RNDr. Dana Papajová, PhD., PhDr. Marián Soják, PhD., doc. RNDr. Alexandra Šimonovičová, CSc., RNDr. Igor Túnyi, CSc.

© Štátna ochrana prírody Slovenskej republiky – Správa slovenských jaskýň a Slovenské múzeum ochrany prírody a jaskyniarstva, Liptovský Mikuláš 2009

OBSAH – *CONTENTS*

ŠTÚDIE A VEDECKÉ SPRÁVY – SCIENTIFIC PAPERS

Petr Pruner, Pavel Bosák, Nadja Zupan Hajna, Andrej Mihevc
Jaskynné sedimenty v Slovinsku: výsledky 10-ročného paleomagnetického výskumu
Cave sediments in Slovenia: results of 10 years of palaeomagnetic research 173

Pavel Bella, Ľudovít Gaál, Ján Kilík
Kečovské škrapové pole v Slovenskom krase
Kečovo karrenfield in the Slovak Karst 187

Lukáš Vlček
Geologický prieskum jaskyne Milada na Silickej planine v Slovenskom krase
Geological research of Milada Cave (Silica Plateau, Slovak Karst) 201

Dagmar Haviarová, Ján Tulis, Peter Pristaš
Nové poznatky k odvodňovaniu jaskynného systému Stratenskej jaskyne
New knowledge on the drainage of Stratenská cave system 217

Štefan Ratkovský
Vyčleňovanie topických geoekologických jednotiek v Brestovskej jaskyni
Delineation of topic geoecological units in the Brestovská Cave 231

Andrej Mock, Tomáš Jászay, Jaroslav Svatoň, Jana Christophoryová, Slavomír Stašiov
Suchozemské článkonožce (Arthropoda) jaskýň Čiernej hory (Západné Karpaty)
Terrestrial macrofauna of the caves in the Čierna hora Mts. (Western Carpathians, Slovakia) 259

Vladimír Šustr, Alena Lukešová, Alena Nováková, Ondřej Vošta
Potravní preference jeskynního stejnonožce *Mesoniscus graniger* (Isopoda, Oniscidea) v laboratorních testech
Feeding preference of cave isopod Mesoniscus graniger (Isopodia, Oniscidea) in laboratory tests 275

Milan Seman, Barbora Gaálová
Enterobakteriálna mikrobiota jaskynných vôd Silickej planiny
Enterobacterial microbiota of cave waters of Silica Plateau 283

Alena Nováková
Zajímavé nálezy mikroskopických hub v jeskyních
Interesting records of microscopic fungi in caves 291

Marcel Lalkovič
Začiatky poznávania jaskýň Malých Karpát
Beginnings of caves cognition in the Lesser Carpathians Mts. 297

Kinga Székely, Pavol Horváth
Korčuliarske slávnosti v Dobšinskej ľadovej jaskyni
Skating events in the Dobšiná Ice Cave 315

SPOLOČENSKÁ KRONIKA – SOCIAL CHRONICLE

Ľudovít Gaál
Ing. Jozef Hlaváč šesťdesiatročný
Ing. Jozef Hlaváč sixty years old 329

Vladimír Fudaly
K šesťdesiatinám RNDr. Stanislava Pavlarčíka
Sixty years of RNDr. Stanislav Pavlarčík 332

Vladimír Košel
Doc. RNDr. Ján Gulička, CSc. 1925 – 2009
Doc. RNDr. Ján Gulička, CSc. 1925 – 2009 334

RECENZIE – REVIEWS

Pavel Bella
V. Andreychouk – Y. Dublyansky – Y. Ezhov – G. Lysenin: Karst in the Earth´s crust: Its distribution and principal types 337
Dagmar Haviarová
N. Ravbar: The protection of karst waters – a comprehensive Slovene approach to vulnerability and contamination risk mapping 341

SLOVENSKÝ KRAS ACTA CARSOLOGICA SLOVACA	47/2	173 – 186	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2009

ŠTÚDIE A VEDECKÉ SPRÁVY – SCIENTIFIC PAPERS

CAVE SEDIMENTS IN SLOVENIA: RESULTS OF 10 YEARS OF PALAEOMAGNETIC RESEARCH

PETR PRUNER[1] – PAVEL BOSÁK[2, 1]
– NADJA ZUPAN HAJNA[2] – ANDREJ MIHEVC[2]

[1] Institute of Geology AS CR, v. v. i., Rozvojová 269, 165 00 Praha 6, Czech Republic
[2] Karst Research Institute ZRC SAZU, Titov trg 2, 6230 Postojna, Slovenia

P. Pruner, P. Bosák, N. Zupan Hajna, A. Mihevc: Cave sediments in Slovenia: results of 10 years of palaeomagnetic research

Abstract: Palaeomagentic and magnetostratigraphy methods have been applied in research of karst in Slovenia for more than 10 years. The research extended across an extensive region with different geological structure and geomorphologic situations from lowlands to high mountains containing a number of caves and fragments of cave systems. Profiles of cave sediments favourable for the use of methods were not abundant, therefore we focused to the most known and accessible ones. Different genetic types of caves were studied – from hypogenic (e. g., Jama pod Babjim zobom) and phreatic ones (e. g., Grofova jama, Zguba jama) to ideal water-table cave systems (e. g., Postojnska jama, Markov spodmol). Results from individual sites and their discussion clearly indicated some similarities in evolution both of caves and their fills. They also provide information on the evolution of the surface, weathering conditions, pedogenesis, etc.

Key words: cave sediments, magnetostratigraphy, karst and cave evolution, Slovenia

INTRODUCTION

The territory of Slovenia, with its extensive karst, long history of karst evolution and relatively good knowledge of the karst sediments, represents an ideal testing ground for comprehensive research on individual infilling processes, their stages and periods. The aim of this study was to determine the principal magnetic polarity directions in clastic and chemogenic deposits, to compare them with standard GPTS (Cande and Kent, 1995), to prepare data for the stratigraphic correlation of sections with palaeontological data, and identification of principal magnetic minerals. Also fold tests were applied on dome-like stalagmites where different bedding tilts can be observed. The experiment follows single data of McElhinny (1964) showing negative fold test on one stalagmite.

The magnetostratigraphic method for dating of clastic cave sediments and speleothems has been limited by the complex conditions underground. Because of that it is often necessary to combine it with other methods offering supplementary numerical, relative or correlate ages. The interpretation of magnetostratigraphic results on most of studied sites reveals the age over the limit of the classical U-series dating method.

The cave sediments in the Classical Karst of SW Slovenia were expected not to be much older than 350 ka (Gospodarič, 1981, 1988); the data were based on results of sedimentological research, archaeological and palaeontological finds and on numerical dating (^{14}C, Th/U, ESR; a. o., Franke and Geyh, 1971; Ikeya et al., 1983; Ford and

Gospodarič, 1989). Later research indicated the existence of number of speleothems older than 350 ka (Zupan, 1991; Mihevc and Lauritzen, 1997; Mihevc, 2001). The application and interpretation of palaeomagnetic analysis and magnetostratigraphy of cave sediments, which started in the Classical Karst in 1997, indicates the substantial change of the age of lower limit of fill deposition (Bosák et al., 1998).

METHODS

Palaeomagnetism is study of the intensity and orientation of the magnetic field of the Earth as preserved in the magnetic orientation of certain minerals found in rocks formed throughout geologic time. Palaeomagnetic method studies the ancient magnetic field by measuring the orientation of magnetic minerals in rocks and sediments, then use geomagnetic theory to determine what configuration of the Earth's magnetic field may have resulted in the observed orientation. The geomagnetic field has reversed many times in the past as evidenced from independent sources. One problem that may appear is that over long time spans observed reversals of rock magnetization can result from both self-reversal and/or geomagnetic field reversals. However, numerous lines of evidence indicate that most reversals of magnetization in rocks are due to reversals of the geomagnetic field. The GPTS (Geomagnetic polarity timescale) covering the Cenozoic has been built up from a number of independent numerical dating studies and is consistent with astro-chronology (Cande and Kent, 1995). Use of records of ancient variations or reversals as a dating tool, not only in cave sediments, relies on matching the curves of declination, inclination and intensity in a given deposits with established GPTS.

Cave deposits are generally a significant source of information on palaeomagnetic polarities and on rock-magnetic data as well (*cf.* White, 1988; Ford and Williams, 1989, 2007). The aim of such studies was to determine the principal magnetic polarity directions both in clastic and chemogenic deposits, to compare them with the GPTS (Cande and Kent, 1995), and to prepare data for the stratigraphic correlation of studied sections.

The first attempts to apply palaeomagnetic analysis and magnetostratigraphy to cave deposits were carried out by Kopper and Creer (1976). Kopper (1975) noted R (reversal) chrons in two Majorcan caves (Spain). Pons, Moyá and Kopper (1979) dated fossil-bearing deposits in Cova de Canet (Esporles, Spain). After that many researches were done by the method in the caves all over the world (for review see Zupan Hajna et al., 2008).

Clastic and chemogenic cave sediments were sampled and analysed from 19 sites in Slovenia between 1998 and 2008 (Fig. 1). We studied 37 profiles, all except one were cave or karst surface sediments. The sites are located mainly in the Dinarski kras and four of them in other areas, especially due to the fact that localities with suitable sediments are nearly absent in the Alps. Two sites from Julian Alps, Spodmol nad Planino Jezero and Jama pod Babjim zobom, and one from Kamnik – Savinja Alps, Snežna jama na Raduhi, were studied. In the isolated karst of the pre-Alps, sediments from Tajna jama were sampled and Plio/Quaternary fluvial sediments from the tectonic Velenje Basin were analysed for comparison. All together we sampled over 2,000 samples of clastic and chemogenic sediments, both unconsolidated and consolidated. Speleothems were subjected both to thermal (TD) and alternating field (AF) demagnetization.

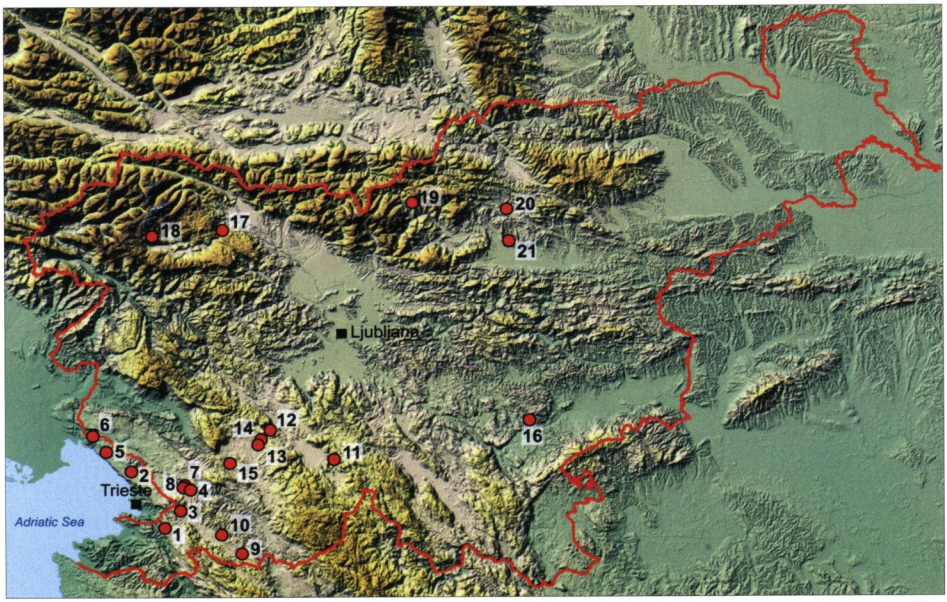


Fig. 1. Location of studied sites in Slovenia and Italy since 1997. Legend: 1. Črnotiče profile; 2. Briščiki; 3. Kozina profile; 4. Divača profile; 5. Jama pod Kalom; 6. Grofova jama; 7. Divaška jama; 8. Trhlovca; 9. Račiška pečina; 10. Pečina v Borštu; 11. Križna jama; 12. Planinska jama; 13. Postojnska jama; 14. Zguba jama; 15. Markov spodmol; 16. Hrastje profile; 17. Jama pod Babjim zobom; 18. Spodmol nad Planino Jezero; 19. Snežna jama; 20. Velenje profile; 21. Tajna jama

Field procedures

In early work, the sampling of profiles was usually carried out in two steps: (1) collection of so-called 'pilot' samples spaced 10 cm and more apart, followed by (2) detailed sampling along and across the boundaries of magnetozones detected with different polarization.

The second step was taken only after laboratory processing and evaluation of palaeomagnetic properties of the samples taken in the first step. The disadvantages of such approach appeared very soon – the need to return to a profile that might be poorly accessible, or the rapid progress of highway construction destroying sites so that there could be no possibility of repeat sampling. As a result we changed to high-resolution (dense) sampling of profiles already during the first visit.

Unconsolidated samples of the initial sites (Divača profile, Divaška jama and Trhlovca) were sampled with a non-magnetic trough made of bronze, and samples were cut from the derived sediment column by knife. This very inefficient method was replaced during the next sampling by use of boxes (Fig. 2) made from non-magnetic plastics (Natsuhara Giken Co., Ltd., Japan). Samples from consolidated rocks and speleothems were collected from the profile in large oriented pieces. The continuous sampling of speleothems started in 2001 by cutting narrow trench(es) with a powered circular saw. A powered drill was used in Jama pod Babjim Zobom.

All field hand specimens were oriented in situ: the direction of dip was measured by the geological compass and the direction of north was drawn on the samples. All data were recorded on field drawings at the site. *In situ* magnetic susceptibility (MS) was measured by Kappameter KT-5 on some profiles.

Fig. 2. Dense sampling with plastic boxes in unconsolidated sediments; example from Tajna jama in 2006. Photo by A. Mihevc

Laboratory procedures

Palaeomagnetic analyses were completed in the Laboratory of Palaeomagnetism, IG AS CR in Praha-Průhonice. Procedures were selected to allow the separation of the respective components of the RM and the determination of their geological origin. Oriented hand samples from consolidated rocks and speleothems were cut into cubes of 20 × 20 × 20 mm and subjected to AF demagnetization and/or TD. Samples from unconsolidated sediments were demagnetized only by the AF. The RM was measured on JR–5 or JR–6A spinner magnetometers (Jelínek, 1966) and tested by the progressive TD using the MAVACS apparatus. The MAVACS secures the generation of a high-magnetic vacuum in a medium of thermally-demagnetized specimens (Příhoda et al., 1989). The majority of specimens were subjected to AF demagnetization up to a field of 100 mT. The Schonstedt GSD-1 or LDA-3 apparatus was employed for the AF demagnetization.

Phase or mineralogical changes of magnetically active (mostly Fe-oxides) minerals frequently occur during laboratory thermal tests, especially at low temperature intervals. These changes can be derived from the graphs of normalized values of $k_t/k_n = f(t)$, where k_n designates the volume MS of specimens in the natural state and k_t the susceptibility of specimens demagnetized at temperature t (°C). The k_t and k_n values were measured on the KLY–2 and/or KLY–3 kappa-bridges and a KLF–4A Automatic Magnetic Susceptibility Meter (Jelínek, 1966, 1973).

Multi-component analysis technique of Kirschvink (1980) was applied to separate the respective remanent magnetization (RM) components. Fisher statistics (1953) were employed for the calculation of mean directions of the CRM components derived by the multi-component analysis.

The isothermal RM (IRM) acquisition paths were measured by progressive magnetization. The specimen was treated in 19 steps with an increasing direct current field up to a maximum of 900 mT. The DCF magnetizer instrument was applied to reach the saturation IRM (SIRM). Then the AF demagnetization of the SIRM in 16 steps up to 100 mT was carried out.

Processing

All samples were subjected to detailed AF demagnetization in 12 – 16 steps and/or TD method in 11 – 15 fields. As noted, multi-component analysis was applied to separate the respective RM components for each sample. We confirmed that the complete step/field apparatus offered by both demagnetization methods have to be applied. The application of complete analysis only to pilot samples and shortened, selected field/step approach to other samples did not offer a sufficient data set for reliable interpretation (Bosák, Pruner and Kadlec, 2003).

Results of the multi-component analysis of remanence show that the sediment samples display a three-component RM. The A-component is undoubtedly of viscous origin and can be demagnetized in the AF and at a temperature range of 6 (10) mT or 80 (120) °C. The B-component is also of secondary origin but shows harder magnetic properties and can be demagnetized in the AF or at temperature range of 6 to 20 mT or 80 to (200) 240 °C. The C-component is the most stable one and can be demagnetized in the AF or at temperature range of ca 20 to 80 (100) mT or 320 to 520 (560) °C.

Magnetomineralogical analyses of pilot samples and unblocking temperatures (520 to 560 °C) determined indicate that magnetite is the carrier of the RM for all samples analysed, which is in accordance with published data (Bosák, Pruner and Kadlec, 2003). The analysis of microcoercivity spectra showed that the tested samples display medium to high magnetic hardness. The sediments contain mostly weak- or medium-magnetic materials.

The systematic acquisition of palaeomagnetic data within a studied section allowed the construction of a detailed magnetostratigraphic profile with a high resolution. In intervals with polarity change, the frequency of sampling was so high that an almost continuous record of the magnetic and palaeomagnetic parameters was obtained. The principal task was to subdivide the magnetostratigraphic profile into intervals corresponding to N and R polarity of palaeomagnetic field, solely on the basis of the analysis of the RM directions determined for the individual samples collected from the section.

Zijderveld diagrams and diagrams of the M/M_n values vs. laboratory AF demagnetization were constructed for all samples. Each magnetostratigraphic profile contains several columns with

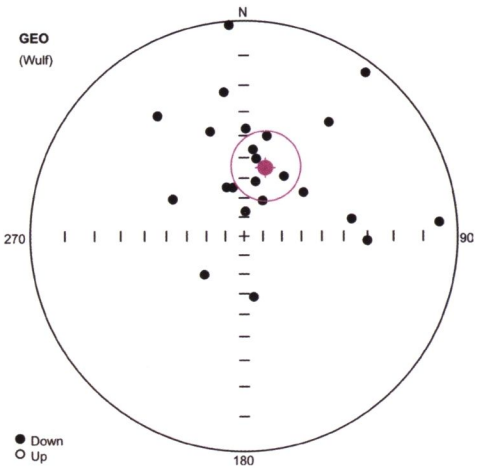


Fig. 3. Directions of C-components of remanence of samples with N polarity, from Črnotiče I profile. Stereographic projection, small circles represent projection onto the lower (upper) hemisphere. The mean direction calculated according to Fisher (1953) is marked by grey dot (confidence 95 %) probability level is circumscribed about the mean direction.

the natural RM moduli values, values of volume MS of samples in the natural state, palaeomagnetic D and I (of the chemical RM (CRM)-components of the RM inferred by multi-component analysis), and polarity scale (Fig. 3, Tabs. 1, 2).

Tab. 1. Mean palaeomagnetic values and standard deviations from Divaška jama

Divaška jama	J_n [mA.m^{-1}]	$k_n \times 10^{-6}$ [SI]	**Interval** [m]*
Mean value	162.534	2,107.0	2.05 – 1.81
Standard deviation	73.303	776.6	
Number of samples	9	9	
Mean value	50.505	818.1	1.80 – 1.68
Standard deviation	33.147	361.0	
Number of samples	7	7	
Mean value	18.407	381.7	1.66 – 1.31
Standard deviation	6.773	91.8	
Number of samples	26	26	
Mean value	6.599	236.8	1.30 – 0.19
Standard deviation	3.088	52.1	
Number of samples	52	52	
Mean value	1.466	111.8	0.17 – (–0.05)
Standard deviation	0.578	31.7	
Number of samples	10	10	

Tab. 2. Mean palaeomagnetic directions from Divaška jama

Divaška jama	**Polarity**	**Mean palaeomagnetic directions**		α_{95} [°]	**K**	**n**
		D [°]	I [°]			
	N	354.36	58.15	5.57	24.26	26
	R	183.64	–46.78	4.7	15.3	58

RESULTS

The application of palaeomagnetic and magnetostratigraphic method was started Rado Gospodarič. He summarized the age of infill processes in numerous caves of the Kras (Gospodarič, 1976, 1988). Based on this detailed study and his doubts on real ages of cave sediments, he sampled profiles in the Trhlovca, Divaška jama and Planinska jama. Samples were delivered to a palaeomagnetic laboratory in Potsdam (Germany), but results were never obtained.

After the method was successfully applied in sediments of Divaški kras with reliable results (Bosák, Pruner and Zupan Hajna, 1998), many sites were dated also by other research groups (for review see Zupan Hajna et al., 2008). Results (ages) obtained during our 10 years long research are presented on Tables 3 and 4.

Tab. 3. Ages of cave sediments interpreted on studied sites from Dinarski kras (modified from Zupan Hajna et al. 2008)

Name of site	Name of profile	Age (Ma)		Age of cave fill
		Min.	Max.	
Grofova jama		?	Up to 35	Miocene/Pliocene
Črnotiče	I	4.2	5.4	
Briščiki		>1.77	>5.0	
Jama pod Kalom	Lower part	>1.77	>5.0	
Divača profile		>1.77	>5.23	
Kozina profile		>1.77	>5.0	
Trhlovca		>1.77	>5.0	
Divaška jama	Lower part	**>1.2**	>5.0	
Črnotiče	II Right	1.77?	<3.58	Pliocene to Pleistocene (Günz/Mindel)
Črnotiče	II Main	1.8	3.58	
Račiška pečina		1.77	>3.4	
Markov spodmol	I	<0.78	3.58	
Markov spodmol	II	>0.78	3.58	
Postojnska jama	Umetni tunel I	<0.99	>2.15	
Postojnska jama	Male jame	?	>0.78	
Postojnska jama	White sandstone	?	>0.78	
Zguba jama	I+II	<0.78	>0.78	
Divaška jama	Upper part	**0.092**	**0.576**	Pleistocene (Mindel)/Holocene
Jama pod Kalom	Upper part	<0.05	<0.78	
Postojnska jama	Tartarus North	?	<0.78	
Postojnska jama	Tartarus South	**>0.122**	<0.78	
Postojnska jama	Pisani rov	**>0.35**	<0.78	
Postojnska jama	Stara jama	?	<0.78	
Planinska jama	Rudolfov rov	?	<0.78	
Račiška pečina	Top	<0.09	<0.78	
Križna jama	I+II	≥0.03	<0.78	
Pečina v Borštu		**>0.194**	<0.78	

Note: bold – numerical dates

Magnetostratigraphy data and the arrangement of obtained magnetozones by Zupan Hajna et al. (2008) often indicated ages of sediment fill over 1.77 Ma and lower limit can be even over 5 Ma. The proper correlation of obtained magnetostratigraphy with the GPTS started to be possible only after finds of mammal remains in Račiška pečina

and Črnotiče Quarry (Horáček et al., 2007). Palaeontological finds partly proved the age interpreted from magnetostratigraphy; the cave fills can be Pliocene or older in age (Zupan Hajna et al., 2008). Three principal periods of deposition of the cave fills in Slovenia can be distinguished as follows.

Tab. 4. Ages of cave sediments interpreted on studied sites from Alpine and Isolated karsts (modified from Zupan Hajna et al., 2008)

Name of site	Age (Ma)		Age of cave fill
	Min.	Max.	
Snežna Jama	**>1.2**	>5.0	Miocene/Pleistocene
Tajna Jama	±0.78	4.18	
Jama pod Babjim zobom	>0.78	>1.77	
Spodmol nad Planino Jezero	>0.78	?	

Note: bold – numerical dates

Sediments older than 1.2 Ma (numerical age)/1.77 Ma (palaeomagnetic age); up to or greater than 5.0 Ma

The interpretation of the upper age limit, if based on the palaeomagnetic data, represents the rough estimate of the alternation of R and N polarized magnetozones typical for the period of Matuyama and older chrons. Ages in this category are adjusted to the age interpreted at the Črnotiče I site and Divača and Kozina profiles or Divaška jama. Jama pod Babjim zobom most probably belongs to this period also, but the data are too scarce. Filling can be dated to uppermost Miocene and Pliocene. The cave with the presumably oldest sediment in our study is Grofova jama. The montmorillonite fill, if derived from intensive weathering of volcanoclastic products, should originate from products of Oligocene to early Miocene volcanic activity in Italy or north-eastern Slovenia. The age of the fill can be up to 34 – 35 Ma, but probably is between 33 and 11 Ma old; it can represent a period of cave evolution in the Kras region.

The best dated profile is the profile in Račiška pečina (Fig. 4). The composite thickness of sampled profile reaches about 3 m. The lower part is built of three sequences, representing the growth stages of a huge vaulted stalagmite (light brown to reddish brown mostly corroded calcite) and containing two angular unconformities (expressed as thin intercalations of red clays) with broken rests of stalagmites on their tops.

The upper part consists of sub-horizontal laminated, mostly porous and light-coloured flowstones intercalated by flowstone with gours and red clays and silts. Collapsed roof blocks cover red clays with finds of fauna. The topmost part, in the thickness of several tens of centimetres, is composed of massive flowstone layers with intercalations of brown cave loams containing large bones (mostly *Ursus spelaeus*). The profile is covered by huge stalagmites, which were not studied. For the first time, the magnetostratigraphic sequence was correlated satisfactorily with the GPTS owing to the palaeontological data available (Horáček et al., 2007). Based on fauna analysis, the boundary of N and R polarized magnetozone within the layer with fauna (F) was identified with the bottom of C2n Olduvai subchron (1.77 – 1.95 Ma). The short N chron just below the Olduvai base was correlated with the Reunion subchron (C2r.1n; 2.14 – 2.15 Ma) and in the lower part of the profile, the following magnetozones were correlated: the base of Matuyama Chron (2.150 – 2.581 Ma) and the individual subchrons within the dominantly normal polarized

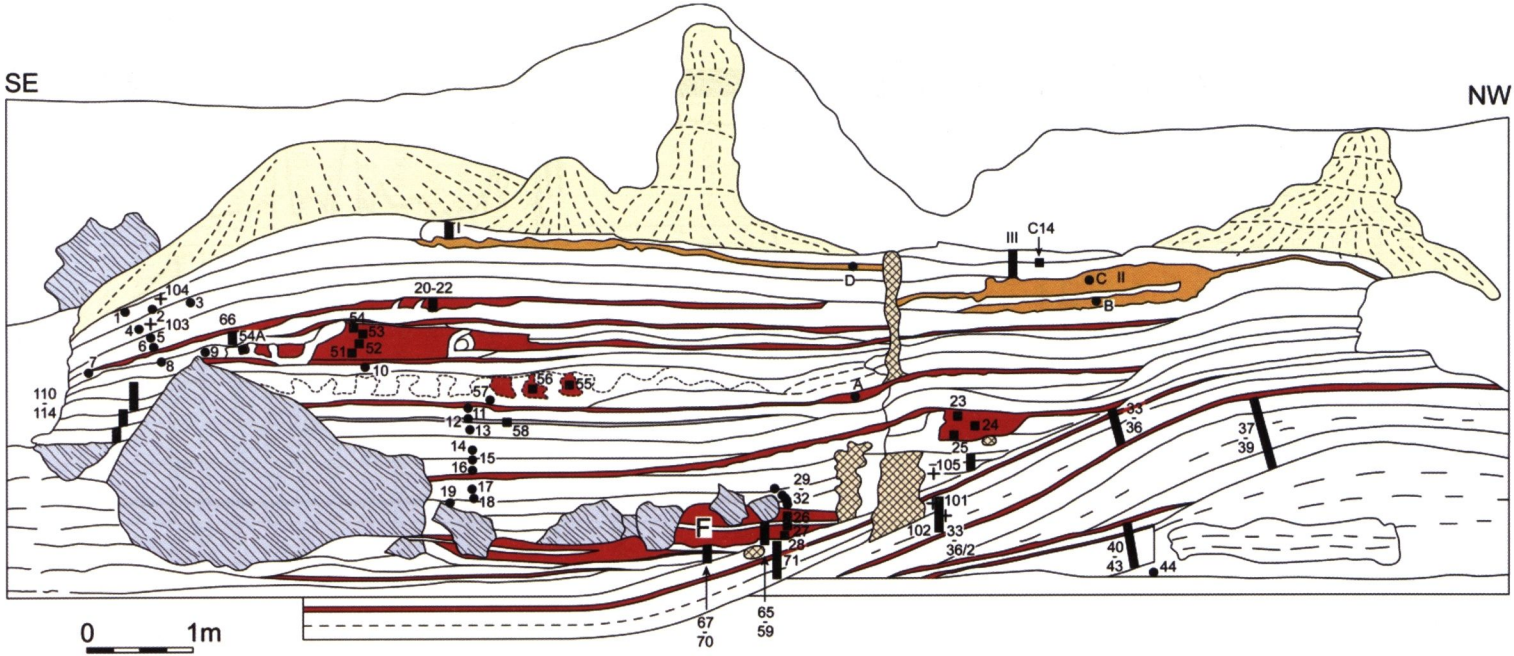


Fig. 4. The Račiška pečina profile; the best dated profile of all analysed sites (modified from Zupan Hajna et al., 2008). Legend: black boxes – palaeomagnetic samples of speleothems; black circles – paleomagnetic samples of clays; numbers – numbers of the samples; F – Pliocene fauna

Gauss Chron (2.581 – 3.58 Ma) = C2An.1n subchron (2.581 – 3.04 Ma), C2An.1r Keana subchron (3.04 – 3.11 Ma), C2An.2n subchron (3.11 – 3.22 Ma), C2An.2r Mammoth subchron (3.22 – 3.30 Ma) and the upper part of C2An.3n subchron (top at 3.33 Ma). The bottom flowstone layer at the NW side of the studied profile terminates at about 3.4 Ma. Basic magnetic and paleomagnetic properties are shown on Figure 5.

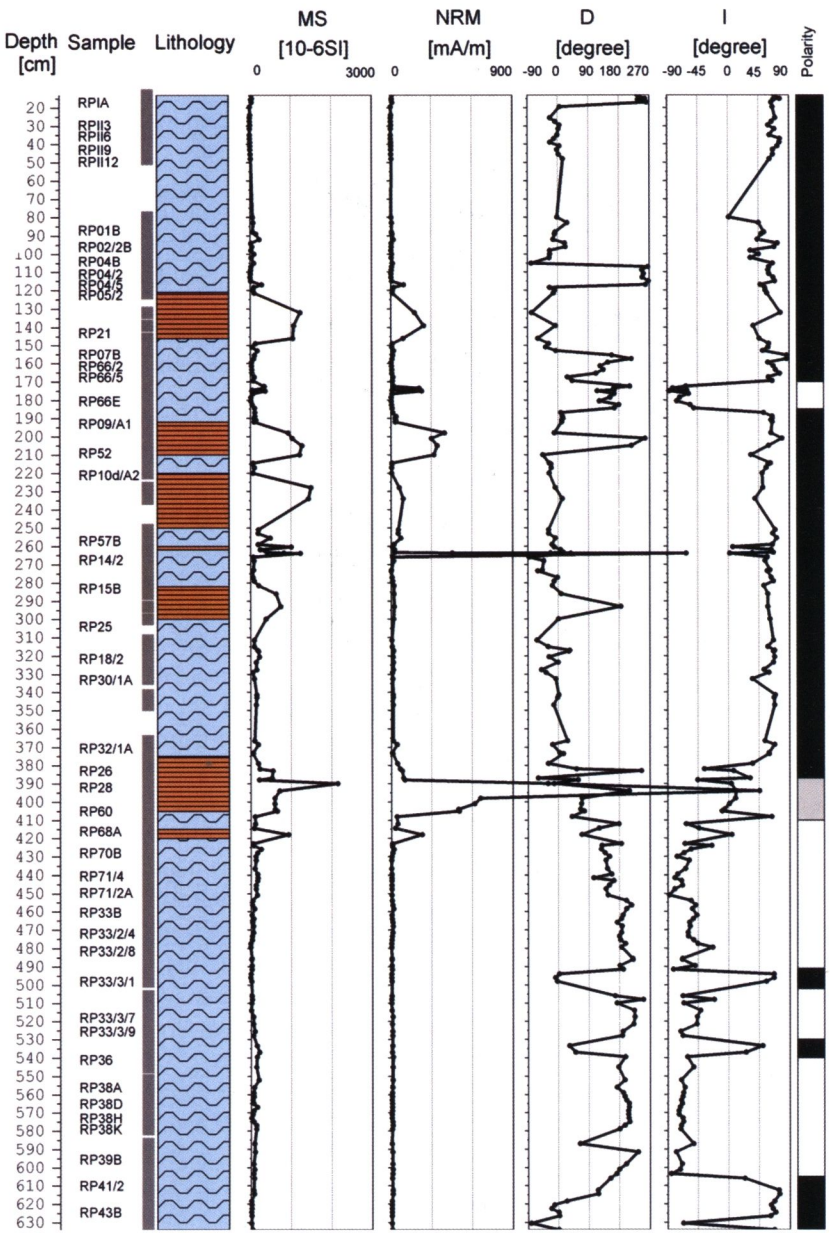


Fig. 5. Basic magnetic and palaeomagnetic properties of Račiška pečina profile (modified from Zupan Hajna et al., 2008). Legend: lithology – waves are flowstones, stripes are clays; polarity – black are normal, white are reversals, grey is mixed polarity

All of these studies contributed substantially to the current interpretation of the succession and age of speleogenetic processes, substantially changing the earlier views on the ages of cave-forming processes (Zupan Hajna et al., 2005, 2008).

Sediments dated from about 0.78 Ma up to more than 4.0 Ma (palaeomagnetic age)

This group contains a succession of detected ages. The base of most profiles can be interpreted as probably not much older than 3.58 Ma, i.e. the datum adjusted by palaeontological finds in the Črnotiče II and Račiška pečina sites. It seems that some phases could be distinguished: (a) more than 0.78 up to about 4.2 Ma (palaeomagnetic ages; e. g., Račiška pečina, Črnotiče II, Tajna jama, Markov spodmol), and (b) less than 0.78 to about 2 Ma (palaeomagnetic ages), i.e. something between Brunhes/Matuyama boundary (and somewhat younger) and base of Jaramillo and/or Olduvai subchrons (and somewhat older). Dates from Postojnska jama (Male jame, Spodnji Tartarus – white sandstone) and Zguba jama do not allow more detailed age determinations. It cannot be ruled out that the Spodmol nad Planino Jezero could belong to this stage also.

Sediments younger than 0.78 Ma

Caves containing sedimentary fill younger than the Brunhes/Matuyama boundary have one common and typical feature – a part of the cave is still hydrologically active, with one or more streams flowing in the lower levels (e. g., Postojnska jama, Križna jama, Planinska jama). This category includes also young depositional phase(s) in caves with older fills (e. g., Jama pod Kalom, Račiška pečina, Divaška jama). We therefore interpreted most of the sediments as being younger than 0.78 Ma, belonging to different depositional events within the Brunhes chron. Nevertheless, the N polarization in some profiles can be linked with N polarized subchrons older than 0.78 Ma.

DISCUSSION AND CONCLUSIONS

Dating of cave sediments (flowstones and clastic sediments) by the application of the palaeomagnetic method is a difficult and sometimes risky task, as the method is comparative in its principles and does not provide numerical ages.

Repeated sampling in some profiles from Slovenia (especially Divaška jama, Trhlovca, Umetni tunel I in Postojnska jama) has shown that only dense sampling, i. e. a high-resolution approach, can ensure reliable results (Bosák et al., 2002). Sample spacing of 2 – 4 cm in clastic sediments and continuous log/core in speleothems excludes the necessity of returning to caves or other sites several times. The differences in magnetostratigraphic results during the sequence of sampling campaigns are exemplified in the Divaška jama sampling comparisons of 1997, 1998 and 2004 (Fig. 6).

The application of complete palaeomagnetic analysis, both by the TD and AF demagnetization, only to pilot samples (i. e. the approach in Slovenia applied by Šebela and Sasowsky, 1999, 2000) and the shortened selected field/step approach to other samples (as with Panuschka, Mylroie and Carew, 1997) does not offer sufficient data set for interpretation. It is necessary to apply complete demagnetization to obtain reliable data. Measured data should be subjected to multi-component analysis of the remanence (Kirschvink, 1980). The individual components must be precisely established to determine the CRM directions. Mean CRM directions must be analyzed using the statistics for

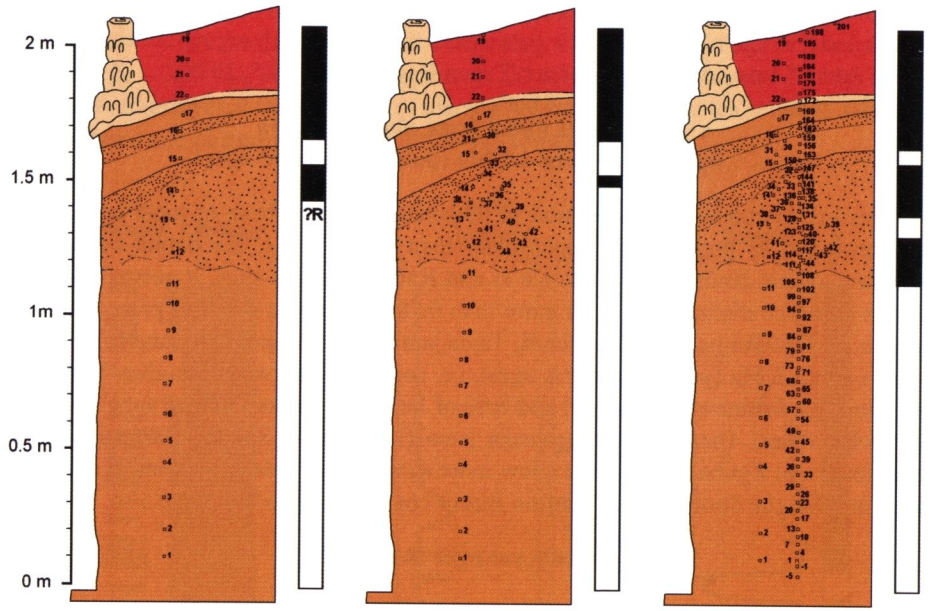


Fig. 6. Comparison of magnetostratigraphic interpretation results of the profile in Divaška jama with different density of sampling: left column – 1997; middle column – 1998; right column – 2004 (modified from Zupan Hajna et al., 2008)

spheres (Fisher, 1953) but small number of samples could not be used for a reliable interpretation. Speleothems which were subjected both to TD and AF demagnetization in the profile of Račiška pečina, have given identical results from specimens belonging to the same sample of the same layer.

Correlation of the magnetostratigraphic results we obtained, and the interpretations tentatively placed upon them has shown that in the majority of cases, application of an additional dating method is needed to either reinforce the palaeomagnetic data or to help to match them with the geomagnetic polarity timescale.

The dynamic character of cave fill deposition is reflected in the start or termination of individual magnetozones at unconformities in a number of profiles, which is comparable with situation reported on a number of Quaternary carbonate platforms. The general character of cave depositional environments with their numbers of post-depositional changes, hiatuses, reworking and re-deposition does not allow precise calculation of the temporal duration of individually interpreted magnetozones. All these factors contribute to the fact that exact calibration of the geometric characteristics of the magnetostratigraphic logs with the GPTS cannot be attained at all or only with problems, if it is not adjusted using results of other dating and geomorphic methods. Depositional velocities cannot be therefore calculated.

Nevertheless, the application of the method on a large scale, as was done by our team during the past ten years in Slovenia has produced much new data and opened new horizons for the interpretation of karst and cave evolution, both in individual geomorphologic units and over such extensive areas as the Dinaric and Alpine karsts.

Acknowledgments. We acknowledge field assistance of the technical staff of the Karst Research Institute ZRC SAZU from Postojna and Institute of Geology AS CR, v. v. i. from Prague. Analyses, processing and interpretation in the Czech Republic were carried out within projects No. CEZ AV0Z30130516, IAA300130701 and MEB 090619. Research activities in Slovenia were covered by research programs of the Slovenian Research Agency Nos. P6-0119-0618 and P0-0119, and project No. J6-6345-0618-04.

REFERENCES

Bosák, P. – Pruner, P. – Zupan Hajna, N. 1998. Paleomagnetic research of cave sediments in SW Slovenia. Acta carsologica, 27/2, 151–179.

Bosák, P. – Hercman, H. – Mihevc, A. – Pruner, P. 2002. High resolution magnetostratigraphy of speleothems from Snežna Jama, Kamniške–Savinja Alps, Slovenia. Acta carsologica, 31/3, 15–32.

Bosák, P. – Pruner, P. – Kadlec, J. 2003. Magnetostratigraphy of cave sediments: Application and limits. Studia Geophysica et Geodaetica, 47, 2, 301–330.

Cande, S. C. – Kent, D. V. 1995. Revised calibration of the geomagnetic polarity timescale for the Late Cretaceous and Cenozoic. Journal of Geophysical Research, 100, B4, 6093–6095.

Fisher, R. 1953. Dispersion on a sphere. Proceedings of the Royal Society, A 217, 295–305.

Ford, D. C. – Gospodarič, R. 1989. U series dating studies of Ursus spelaeus deposits in Križna jama, Slovenia. Acta carsologica, 18, 39–51.

Ford, D. C. – Williams, P. W. 1989. Karst geomorphology and hydrology. Unwin Hyman, London, 601 s.

Ford, D. C – Williams, P. W. 2007. Karst Hydrogeology and Geomorphology. Wiley, Chichester, 562 s.

Franke, H. – Geyh, M. 1971. ^{14}C – Datierungen von Kalksinter aus slowenischen Höhlen. Der Aufschluss, 22, 235–237.

Gospodarič, R. 1981. Generations of speleothems in the Classical Karst of Slovenia. Acta carsologica, 9 (1980), 90–110.

Gospodarič, R. 1988. Paleoclimatic record of cave sediments from Postojna karst. Annales de la Société Géologique de Belgique, 111, 91–95.

Horáček, I. – Mihevc, A. – Zupan Hajna, N. – Pruner, P. – Bosák, P. 2007. Fossil vertebrates and paleomagnetism update one of the earlier stages of cave evolution in the Classical Karst, Slovenia: Pliocene of Črnotiče II site and Račiška pečina. Acta carsologica, 37/3, 451–466.

Ikeya, M. – Miki, T. – Gospodarič, R. 1983. ESR Dating of Postojna Cave Stalactite. Acta carsologica, 11 (1982), 117–130.

Jelínek, V. 1969. A high sensitivity spinner magnetometer. Studia Geophysica et Geodaetica, 10, 58–78.

Jelínek, V. 1973. Precision A. C. bridge set for measuring magnetic susceptibility and its anisotropy. Studia Geophysica et Geodaetica, 17, 36–48.

Kirschvink, J. L. 1980. The least-squares line and plane and the analysis of palaeomagnetic data. Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society, 62, 699–718.

Kopper, J. S. 1975. Preliminary note on the paleomagnetic reversal record obtained from two Mallorcan caves. Endins, 2, 7–8.

Kopper, J. S. – Creer, K. M. 1976. Palaeomagnetic dating stratigraphic interpretation in archaeology. MASCA Newsletter, 12, 1–3, University of Pennsylvania.

McElhinny, M. W. 1964. Statistical significance of the fold test in palaeomagnetism. Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society, 8, 338–340.

Mihevc, A. 2001. Speleogeneza Divaškega krasa. Zbirka ZRC, 27, Ljubljana, 180 s.

Mihevc, A. – Lauritzen, S. E. 1997. Absolute datations of speleothems and its speleomorphological significance from Divaška jama and Jazbina caves; Kras plateau, Slovenia. Proceedings of the 12th International Congress of Speleology, La Chaux-de-Fonds, Switzerland, 1, 57–59.

Panuschka, B. C. – Mylroie, J. E. – Carew, J. L. 1997. Stratigraphic tests of the utilization of paleomagnetic secular variation for correlation of paleosols, San Salvador Island, Bahamas. Proceedings of the 8th Symposium on Geology of the Bahamas and Other Carbonate Regions, Bahamian Field Station. San Salvador, Bahamas, 148–157.

Pons, J. – Moyá, S. – Kopper, J. S. 1979. La fauna e mamiferos de la Cova de Canet (Esporles) y su chronologia. Endins, 5–6, 55–58.

Příhoda, K. – Krs, M. – Pešina, B. – Bláha, J. 1989. MAVACS – a new system of creating a non-magnetic environment for palaeomagnetic studies. Cuadernos de Geología Ibérica, 12, 223–250.

Šebela, S. – Sasowsky, I. 1999. Age and magnetism of cave sediments from Postojnska jama cave system and Planinska jama Cave, Slovenia. Acta carsologica, 28/2, 293–305.

Šebela, S. – Sasowsky, I. 2000. Paleomagnetic dating of sediments in caves opened during highway construction near Kozina, Slovenia. Acta carsologica, 29/2, 303–312.

White, W. B. 1988. Geomorphology and Hydrology of Karst Terrains. Oxford Univ. Press, New York and Oxford, 315–317.

Zupan, N. 1991. Flowstone datations in Slovenia. Acta carsologica, 20, 187–204.

Zupan Hajna, N. – Mihevc, A. – Pruner, P. – Bosák, P. 2008. Palaeomagnetism and Magnetostratigraphy of Karst Sediments in Slovenia. Carsologica 8, Založba ZRC, Ljubljana, 266 s.

SLOVENSKÝ KRAS ACTA CARSOLOGICA SLOVACA	47/2	187 – 200	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2009

KEČOVSKÉ ŠKRAPOVÉ POLE V SLOVENSKOM KRASE

PAVEL BELLA[1,2] – ĽUDOVÍT GAÁL[1] – JÁN KILÍK[3]

[1] Štátna ochrana prírody SR, Správa slovenských jaskýň, Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš; bella@ssj.sk, gaal@ssj.sk

[2] Katedra geografie, Pedagogická fakulta KU, Hrabovská cesta 1, 034 01 Ružomberok

[3] Štátna ochrana prírody SR, Správa NP Slovenský kras, Biely kaštieľ 188, 049 51 Brzotín; kilik@sopsr.sk

P. Bella, Ľ. Gaál, J. Kilík: Kečovo karrenfield in the Slovak Karst

Abstract: Kečovo karrenfield is one of the most remarkable surface landforms in the Slovak Karst (Slovakia, Central Europe) due to diverse morphology and genetic typology of karren. Several new knowledge on this karrenfield located in the southern part of Silica Plateau, near the state border between Slovakia and Hungary, result from the last geological and geomorphological investigations realized in 2008 and 2009. Fifteen genetic types of deepened and projecting karren were observed on the intensively karstified surface area of 0.25 km^2 within the temperate climatic zone. Subsoil rounded karren, uncovered after the deforestation during the middle part of Holocene, are the dominant morphological feature of the karrenfield. The paper deals with a genetic classification of karren and morphological description of their genetic types. From the regional viewpoint the presented results are significant for karst geomorphology and nature protection.

Key words: geomorphology, karst landforms, karren, genetic classification, nature protection, Kečovo, Silica Plateau, Slovak Karst

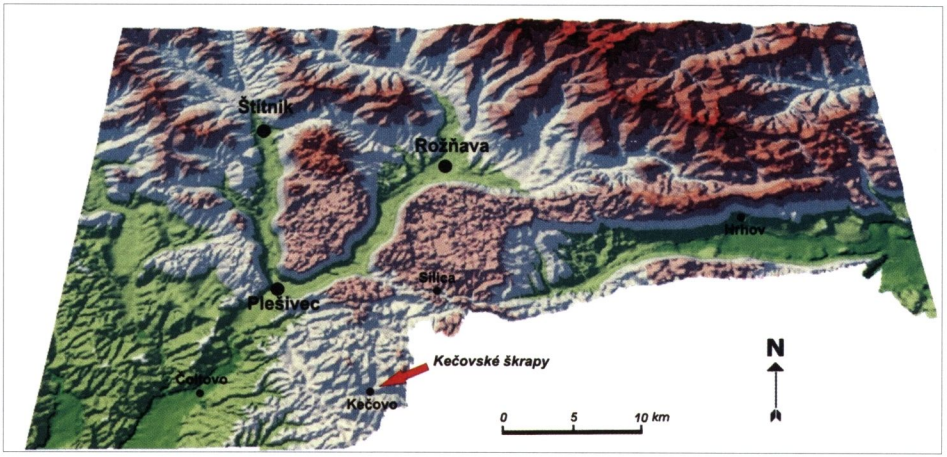
ÚVOD

Okrem závrtov, uval a slepých dolín medzi typické povrchové geomorfologické javy planín Slovenského krasu patria škrapové polia. Predložený príspevok podáva súbornú geologickú a geomorfologickú charakteristiku Kečovského škrapového poľa, ktoré patrí medzi najvýznamnejšie škrapové polia nielen v Slovenskom krase, ale aj na Slovensku.

V doterajšej literatúre sa z geomorfologického hľadiska Kečovské škrapové pole charakterizuje pomerne stručne a bez súbornejšej typológie škráp. V rôznych odborných publikáciách sa viackrát objavili fotografie Kečovského škrapového poľa, ale bez podrobnejšieho opisu (napr. Kunský, 1950, obr. 8 v prílohe). O kečovských škrapách zväčša existujú zmienky iba v rámci širšieho opisu škráp na Silickej planine či na celom území Slovenského krasu (Droppa, 1961; Mazúr, 1971; Jakál, 1975, 2005; Liška, 1994b a iní). Jakál (1975) poukazuje na výskyt puklinových škráp nad Kečovom. Súborné, avšak stručné opisy Kečovského škrapového poľa zodpovedajú základnej charakteristike tamojšej národnej prírodnej rezervácie (Klinda, 1985; Karasová, 1994 a iní).

POLOHA

Kečovské škrapové pole sa nachádza v južnej časti Silickej planiny v Národnom parku Slovenský kras, na západnom a strmšom južnom svahu kóty 493 m (Maliník) východne od obce Kečovo (obr. 1 a 2). Škrapové pole vytvára skrasovatený povrch odokrytých vápencov od nadmorskej výšky 330 až 340 m po vrchol tejto kóty. Jeho celková plocha je 0,25 km^2.



Obr. 1. Poloha Kečovského škrapového poľa v rámci Slovenského krasu (topografický podklad: Slovenská agentúra životného prostredia, Banská Bystrica)
Fig. 1. Location of Kečovo karrenfield within the Slovak Karst (topography: Slovak Environmental Agency, Banská Bystrica)

Obr. 2. Kečovské škrapové pole, Slovenský kras. Foto: P. Bella
Fig. 2. Kečovo karrenfield, Slovak Karst. Photo: P. Bella

Prevažná časť škrapového poľa je Národnou prírodnou rezerváciou Kečovské škrapy s rozlohou 6,61 ha, ktorú vyhlásili v roku 1981. Územie patrí aj do sústavy chránených území NATURA 2000. Predstavuje územie európskeho významu SKUEV 0345 Kečovské škrapy a je súčasťou chráneného vtáčieho územia SKCHVU 027 Slovenský kras.

ZÁKLADNÁ GEOLOGICKÁ A GEOGRAFICKÁ CHARAKTERISTIKA

Škrapové pole sa podľa geologickej mapy Slovenského krasu nachádza v strednotriasových steinalmských vápencoch (Mello et al., 1996). Potvrdzujú to aj naše pozorovania. Vápence sú svetlosivé, masívne, na niektorých miestach s vrstvovite usporiadaným detritom. Mikroskopicky predstavujú biointrasparit s bioklastmi rias (sčasti

aj Dasycladaceae), foraminifer a mäkkýšov. Intraklasty sú rôzne zaoblené, nachádzajú sa v sparitovom matrixe, podradne aj v takmer mikritovom alebo pelmikritovom prostredí. Signalizuje to pokojné, ale vlnami čiastočne premývané plytkovodné morské prostredie riasových lagún. Vápence sú chemicky veľmi čisté, bez makroskopicky i mikroskopicky zistiteľných cudzorodých prímesí (obr. 3).

Formovanie škráp miestami výrazne ovplyvňujú zlomy. Najvýraznejšie sa prejavujú zlomy smeru SZ – JV (od 320 – 140° do 350 – 170°) so sklonom 70 až 85° na JZ (obr. 4), ako aj SV – JZ (od 200 – 20° do 230 – 50°) s podobným sklonom na SZ. Menej frekventované sú zlomy smeru približne S – J. Pravdepodobne predstavujú extenzné zlomy vrchnooligocénneho veku, ktoré ovplyvňovali nielen charakter puklinových škráp, ale aj podzemných chodieb na území Slovenského krasu (Gaál, 2008).

Západný a južný svah kóty 493 m má erózno-denudačný charakter, formovaný zahlbovaním doliny Kečovského potoka, ktorý tečie od Kečovskej vyvieračky južným smerom do stredu obce Kečovo, kde mení smer toku na východ a odteká ku štátnej hranici s Maďarskou republikou. Na maďarskom území na okraji Jósvafő sa Kečovský potok vlieva do riečky Jósva, ktorá je pravostranným prítokom Bodvy.

Prevažná časť Kečovského škrapového poľa je na spodných a stredných častiach svahu kóty 493 m, ktoré majú sklon viac ako 30°. Miernejšia vrcholová časť kopca sa považuje za zvyšok stredohorského zarovnaného povrchu (Liška, 1994a). V Slovenskom krase sa škrapové polia zväčša vyskytujú na miernejších stráňach planín, ktoré nepresahujú sklon 15° (Mazúr a Jakál, 1971).

Obr. 3. Skrasovatené vápence na západnom svahu Kečovského škrapového poľa. Foto: Ľ. Gaál
Fig. 3. Karstified limestones on the western slope of Kečovo karrenfield. Photo: Ľ. Gaál

Slovenský kras predstavuje stredoeurópsky planinový kras mierneho klimatického pásma. Z klimatickogeografického hľadiska skúmané územie v okolí Kečova má horskú, mierne teplú klímu s teplotou vzduchu v januári –3,5 až –6 °C, v júli 17 až 17,5 °C a ročným úhrnom zrážok 650 až 850 mm (Tarábek, 1980). Podľa Lapina et al. (2002) územie patrí do teplej oblasti (priemerne 25 a viac dní za rok s denným maximom teploty vzduchu ≥ 25 °C), jej teplého, mierne vlhkého okrsku s chladnou zimou (január ≤ 3 °C, index zavlaženia 0 až 60).

V polopokrytom Kečovskom škrapovom poli sú vápence sčasti pokryté rendzinami (Kobza a Linkeš, 1990), ktoré sa vytvorili na červeniciach, t. j. ílovitých a odvápnených pôdach skupiny terrae calcis – reziduálnych zvyškoch zvetrávania karbonátových hornín (Jakál, 1975 a iní). Medzi škrapami rastie xerotermná vegetá-

Obr. 4. Výrazný zlom smeru SZ – JV na západnom svahu Kečovského škrapového poľa. Foto: Ľ. Gaál
Fig. 4. Distinct fault of NW – SE direction on the western slope of Kečovo karrenfield. Photo: Ľ. Gaál

cia s mnohými chránenými druhmi flóry skalných spoločenstiev, najmä hlaváčik jarný (*Adonis vernalis*), mednička brvitá (*Melica ciliata*), nátržník piesočný (*Potentilla arenaria*), rozchodník šesťradový (*Sedum sexangulare*) a hrdobarka horská *(Teucrium montanum)*. Z krovinnej a drevinnej vegetácie sú zastúpené najmä borievka obyčajná *(Juniperus communis)*, ruža šípová *(Rosa canina)*, dub plstnatý *(Quercus pubencens)* a dub jadranský *(Quercus virgiliana)*. Z plazov sa vyskytuje krátkonôžka štíhla *(Ablepharus kitaibelli)*, jašterica múrová *(Lacerta muralis)*, jašterica zelená *(Lacerta viridis)*, jašterica živorodá *(Lacerta vivipara)* a užovka hladká *(Coronella austriaca)* (Karasová, 1994).

VYBRANÉ METODICKÉ PRÍSTUPY A TERMINOLOGICKÉ PROBLÉMY KLASIFIKÁCIE ŠKRÁP

S cieľom získať komplexnejšie poznatky o tejto pozoruhodnej geomorfologickej lokalite planinového krasu sa v rokoch 2008 a 2009 uskutočnil jej detailnejší geologický a geomorfologický výskum. Počas terénnych prác sme vykonali detailnú inventarizáciu a dokumentáciu jednotlivých typov škráp, ktoré sa porovnávali s existujúcou typológiou škráp Slovenského krasu. Typológiou škráp na Koniarskej planine sa zaoberal Kemény (1961), ktorý rozlišuje všeobecné, žliabkovité, studňovité a misovité škrapy. Jakál (1975) na Silickej planine vyčleňuje valcovité, puklinové, studňovité, krčiažkovité a všeobecné škrapy. Niektoré ďalšie typy škráp, ktoré sa zistili na Kečovskom škrapovom poli, sa posudzovali na základe všeobecných klasifikácií škráp (Bögli, 1960, 1980; Mazúr, 1962; Sweeting, 1972; Panoš, 1980; Jakál, 1982; Jennings, 1985; White, 1988; Salomon, 2000; Ginés, 2004; Ford a Williams, 2007 a iní). Výplň studňovitých škráp sa skúmala ručným vŕtaním.

Škrapy predstavujú drobné alebo väčšie konkávne i konvexné tvary rozličných podôb, ktoré sa vytvárajú fyzikálnym alebo chemickým rozpúšťaním materskej horniny (Panoš, 1980, 2001). Z morfologického hľadiska sa rozlišujú kruhovité a lineárne formy škráp v podobe vyhĺbených (jamkovité a misovité škrapy) i vyčnievajúcich tvarov (hrotovité a hrebienkovité škrapy), ako aj ich zložené, zväčša polygenetické formy vrátane škrapových polí (Ford a Williams, 2007 a iní).

Z hľadiska podmienok a procesov genézy sa rozlišujú škrapy vytvorené biokrasovým procesom (na krasovatení sa podieľajú živé organizmy, resp. ich produkty), povrchovou vlhkosťou (nepravidelné vyleptané vyhĺbeniny), tenkým vodným povlakom, dopadávaním dažďových kvapiek, plošným stekaním dažďovej vody, kanálovitým odtokom vody, stagnujúcou vodou, vodou z topiaceho sa snehu a ľadu, vodou infiltrujúcou do obnažených a porušených hornín, vodou presakujúcou cez pôdu, ako aj komplexnými procesmi (Bögli, 1960, 1980; Jennings, 1985; White, 1988; Ginés, 2004 a iní). Na vznik a vývoj škráp vplýva štruktúrno-tektonické narušenie alebo kompaktnosť hornín, klimatické pomery, pôdna a vegetačná pokrývka, ako aj ďalšie prírodné podmienky usmerňujúce koróziu obnažených alebo „priepustne" pokrytých rozpustných hornín. Jednotlivým genetickým typom zodpovedajú určité morfologické tvary škráp (Bögli, 1980; Jakál, 1982; White, 1988; Ginés, 2004; Ford a Williams, 2007 a iní). V doterajších klasifikáciách viaceré subtypy vyhĺbených i vyčnievajúcich škráp nie sú jednotne vymedzené, navyše sa vyskytujú aj terminologické problémy ich označovania.

Klasifikovanie kečovských škráp z hľadiska ich morfológie nastoľuje čiastkové problémy, ktoré súvisia s nejednotnou terminológiou i rozdielnymi názormi pri vyčleňovaní niektorých typov škráp. S cieľom spresniť slovenskú terminológiu sme niektoré typy škráp označili výstižnejšími názvami. Namiesto „valcovitých škráp" doporučujeme termín „válovcovité škrapy", trubicovité a menšie studňovité vyhĺbeniny možno označiť ako

„rúrovité škrapy" (v nadväznosti na Mazúra, 1961). Misovité škrapy a kamenice, ako aj rúrovité a studňovité škrapy sa musia navzájom jednoznačnejšie rozlišovať. Opodstatneným sa javí vyčleňovanie viacerých subtypov vyčnievajúcich škráp, z ktorých sa v doterajšej literatúre uvádzajú najmä hrotovité, resp. špicaté škrapy, pričom ostatné subtypy sa spomínajú sporadicky.

V rámci škrapových foriem Ford a Williams (2007) vyčleňujú korózne misy ako kruhové, eliptické i nepravidelné vyhĺbeniny zvyčajne s horizontálnou podlahou a priemerom väčším ako 1 cm. Zaraďujú k nim aj kamenice, ktoré sa na príklade Dinárskeho krasu vyčlenili ako samostatný typ škráp (Gavrilović, 1968). Rovnako Jennings (1985) i Ginés (2004) ako synonymum kamenice uvádzajú koróznu misu (angl. *solution pan*). Jakál (1975) nazýva kamenice krčiažkovitými škrapami. Kamenice sa od ostatných misovitých vyhĺbenín líšia rovnou podlahou, previsnutými stenami a odtokovým kanálikom. Ostatné misovité vyhĺbeniny majú šikmé steny, ktoré sa skláňajú k oválnemu a zužujúcemu sa dnu. Aby sa z morfologického hľadiska kamenice odlíšili od ostatných misovitých škráp, treba rozlišovať viaceré subtypy misovitých škráp. Často sa však vyskytujú aj prechodné formy medzi kamenicami a misovitými vyhĺbeninami s čiastočne rovným dnom.

V niektorých štúdiách sa za studňovité škrapy považujú aj úzke dierovité pozdĺžne vyhĺbeniny (napr. Kemény, 1961). Studňovité škrapy sa nazývajú aj ako rúrovité škrapy (Panoš, 2001). Škrapovité studne v typických podobách bývajú hlboké do 2 až 3 m, ich kruhovitý alebo elipsovitý priemer býva do 1 m i viac, na dne sú spojené s protojaskyňami odvádzajúcimi vodu do epikrasovej zóny (Ford a Williams, 2007). Strmé až vertikálne dierovité, resp. trubicovité vyhĺbeniny, ktoré sa vytvárajú účinkom nadol stekajúcej vody, možno označiť ako rúrovité škrapy – v kontexte termínu *podpôdne trubice* (angl. *subsoil tubes*), ktorý uvádza Ginés (2004). Tunelovité, resp. rúrovité diery vyhĺbené v oddelených vápencových balvanoch Viehmann (1964 in Onac, 2000) označil termínom *trepanolity* („trepanos" v gréčtine znamená vŕtať). Studňovité a rúrovité škrapy treba rozlišovať na základe rozdielnej veľkosti ich priemeru. Podobne ako podpôdne trubice aj studňovité škrapy sa vytvárajú v tzv. „subkutánnych" podmienkach pod periodicky zvlhčovanou pôdou, cez ktorú presakuje voda (Ford a Williams, 2007).

Na Kečovskom škrapovom poli na mnohých miestach vidieť pozdĺžne skalné výčnelky, najmä medzi lineárnymi vyhĺbeninami podmienenými tektonickými poruchami. Morfologicky predstavujú menšie skalné hrebienky do výšky 50 cm, ktoré možno označiť ako hrebeňovité škrapy. V rámci všeobecnej klasifikácie škrapových foriem hrebienkové, resp. rebrovité škrapy, vysoké 1 až 20 cm, opisuje Panoš (2001). Tieto predstavujú menšie ekvivalenty hrebeňovitých škráp, ktoré sú navyše oddelené širšími pozdĺžnymi depresiami, zväčša vyplnenými pôdou. Okrem hrebeňovitých skalných útvarov na skrasovatenom povrchu sú spod pôdnej pokrývky obnažené skalné výčnelky zubovitých, prstencovitých, podkovovitých alebo nepravidelných, resp. všeobecných tvarov. Ich terminologické označenie zatiaľ nie je ustálené. Najmä z čínskych škrapových území typu *pinnacle karst* sa opisujú skalné zuby – špiciakovité, stolčekovité a hrebeňovité (Song Lin Hua, 1986; Song Lin Hua a Liu Hong, 1991), ktoré vznikajú podpôdnou koróziou a po odstránení pôdnej pokrývky sa z nich vytvárajú skalné piliere (Zhang Faming et al., 1997). Podobne Salomon (2000), Ginés (2004) a niektorí ďalší poukazujú na škrapové formy nazvané „dračie zuby" (angl. *dragon's teeth*, fran. *dents de dragon*), ktoré sa obnažujú intenzívnou eróziou pôdy po odlesnení. Takéto skalné zuby, známe z vlhkejších a teplejších krasových oblastí, svojimi rozmermi výrazne presahujú veľkosť zubovitých vápencových výčnelkov pri Kečove. Pozdĺžne skalné výčnelky sférické alebo polosférického tvaru sme označili ako prstencovité a podkovovité škrapy.

KEČOVSKÉ ŠKRAPOVÉ POLE

TYPOLÓGIA ŠKRÁP A ICH CHARAKTERISTIKA

V nadväznosti na uvedené klasifikácie a metodologické prístupy triedenia škráp sme kečovské škrapy rozdelili do viacerých morfologických a genetických kategórií, ktoré do značnej miery odrážajú podmienky a procesy ich vzniku a remodelácie. Morfogenetické vzťahy medzi morfológiou škráp a podmienkami a procesmi ich genézy uvádza tabuľka 1.

Tab. 1. Morfogenetické vzťahy medzi genézou a morfológiou škráp v Kečovskom škrapovom poli, Slovenský kras

Tab. 1. Morphogenetic relations between genesis and morphology of karren in the Kečovo karrenfield, Slovak Karst

Podmienky a procesy vzniku a vývoja škráp	**Morfologické typy škráp**
Korózia účinkom zrážkovej vody zdržiavajúcej sa v drobných jamkách	jamkovité škrapy
Korózia spôsobená vodou, ktorá dlhší čas stagnuje vo väčších vyhĺbeninách – v niektorých vyhĺbeninách pôda udržuje vlhkosť a organické zvyšky podporujú koróziu	misovité škrapy so sférickým dnom
Korózia stagnujúcou vodou, laterálna korózia vo vyhĺbenine po okrajoch jej dna pokrytého jemnými klastickými sedimentmi	kamenice
Korózia spôsobená jarečkovitým odtokom zrážkových vôd na šikmých skalných plochách	jarčekovité škrapy (stružkovité škrapy, Rinnenkarren)
Korózia spôsobená spomaleným a krivoľakým jarčekovitým odtokom zrážkových vôd na mierne šikmých skalných plochách	meandrovité škrapy
Korózia účinkom pôsobenia zrážkových vôd na obnažených a tektonicky narušených vápencoch	puklinové škrapy
Podpôdna korózia všesmerným účinkom zrážkovej vody presakujúcej cez pôdu	kavernózne škrapy
Podpôdna korózia v miestach zrýchleného priesaku zrážkových vôd cez pôdu a ich odtoku narušeným vápencovým podložím v epikrasovej zóne	rúrovité škrapy
	studňovité škrapy
Podpôdna korózia v miestach sústredeného odtoku vsiaknutých zrážkových vôd po šikmom až strmom skalnom podloží	válovcovité škrapy (Rundkarren)
Podpôdna korózia, remodelácia zrážkovými vodami po odstránení pôdnej pokrývky	zubovité škrapy
	prstencovité škrapy
	podkovovité škrapy
	hrebeňovité škrapy
	nepravidelne vyčnievajúce škrapy (všeobecné škrapy)

Vyhĺbené tvary škráp

Jamkovité škrapy – drobné jamkovité vyhĺbeniny na odkrytých, mierne sklonených až horizontálnych plochách vápencov. Šírkou a hĺbkou zväčša nepresahujú 2 až 3 cm. Vytvorili sa z nerovností, v ktorých sa zdržiava dažďová voda alebo voda z topiaceho sa snehu. Niektoré širšie korózne jamky majú ploché dno, ktorého zväčšovaním vznikajú miniatúrne kamenice.

Misovité škrapy (so sféricky vyhĺbeným dnom) – plytké i hlbšie okrúhle alebo oválne vyhĺbeniny s miernymi i strmšími stenami a nadol zahĺbeným dnom (bez plochej podlahy typickej pre kamenice, obr. 5). Ich priemer je do 50 cm, hĺbka do 20 cm. Niektoré misovité škrapy sú sčasti vyplnené pôdou udržujúcou vlhkosť alebo nahromadenými organickými zvyškami, z ktorých sa uvoľňujú humínové kyseliny podporujúce koróziu.

Kamenice – plytké oválne vyhĺbeniny s plochým dnom, resp. podlahou a strmými až previsnutými stenami, zväčša aj s odtokovým kanálikom. Vytvorili sa vo východnej časti škrapového poľa na mierne sklonených vápencových plochách, vo vyhĺbených miestach so stagnujúcou vodou (obr. 6). Pôdorys najväčšej kamenice pri Kečove je 29 × 16 cm a hĺbka 4 cm.

Plochá rovná podlahová plocha býva pokrytá zvyškami rias, prachom alebo ílom. Jemné klastické prachovité a ílovité častice pravdepodobne chránia najnižšie časti vyhĺbeniny pred účinkom korózie, ktorá pôsobí najmä po okrajoch zarovnanej a pokrytej podlahy. Navyše CO_2 uvoľnený z organických látok sa koncentruje pozdĺž vodnej hladiny. V dôsledku absencie ochranného povlaku na strmých až previsnutých stenách a neustálej obnovy CO_2 v stagnujúcej vode sa ploché dno kameníc zväčšuje laterálnou koróziou po ich obvode (Jennings, 1985 a iní).

Obr. 5. Misovitá vyhĺbenina so sféricky vyhĺbeným dnom. Foto: P. Bella
Fig. 5. Solution pan with a spherically deepened bottom. Photo: P. Bella

Obr. 6. Kamenica. Foto: P. Bella
Fig. 6. Kamenitza (shallow solution pan with a flat floor). Photo: P. Bella

Kavernózne škrapy – nepravidelné dierovité, resp. dutinové vyhĺbeniny vo vápencoch, zväčša s priemerom niekoľko centimetrov, prípadne i viac ako 10 cm. Takýto „špongiovitý" typ škráp Ginés (2004) označuje *subsoil hollows*. Vytvárajú sa podpôdnou koróziou. Presakovaním cez pôdu sa voda obohacuje o CO_2 a organické látky, čím sa zintenzívňuje korózia vápencov (Bögli, 1960, 1980 a iní).

Rúrovité škrapy – strmé až zvislé pozdĺžne dierovité, resp. trubicovité vyhĺbeniny (obr. 7). Priemer väčších rúrovitých škráp sa pohybuje medzi 15 až 25 cm, hĺbka do 30 cm, zriedka až 60 cm. Vznikajú podpôdnou koróziou v miestach intenzívnejšieho priesaku zrážkovej vody, kde pri korózii prevláda účinok vertikálneho vsakovania vody pozdĺž tektonicky narušených alebo inak oslabených častí vápencov.

Na vývoj škrapovitých dutín, veľakrát navzájom prepojených do rozličných dierovitých útvarov, údajne vplývajú aj vlásočnicové i hrubšie korene stromov alebo inej vegetácie, ktoré vrastajú do koróznych dutín vyplňujúcich sa splavenou pôdou a uvoľňujú humínové kyseliny podporujúce koróziu (Jennings, 1985 a iní). Preto sa takéto skalné útvary zvyknú nazývať koreňovými škrapami (Jakucs, 1971; Panoš, 2001 a iní).

Studňovité škrapy – väčšie zvislé dutiny rúrovitého tvaru (obr. 8). Priemer studňovitých škráp je viac ako 30 cm (niektoré 70 až 100 cm), hĺbka viac ako 30 cm (miestami až 110 cm). Zväčša sú takmer úplne vyplnené pôdou (vŕtaním sa zistila hrúbka pôdy 48 až 80 cm). Vznikajú podobne ako rúrovité škrapy, avšak v miestach intenzívnejšieho priesaku zrážkových vôd do epikrasovej zóny.

Válovcovité škrapy (Rundkarren) – oválne žľaby vytvorené podpôdnou koróziou v miestach sústredeného odtoku vsiaknutých zrážkových vôd po šikmom až strmom skalnom podloží (Bögli, 1960, 1980 a iní; v našej literatúre sa často uvádzajú ako valcovité škrapy; obr. 9). Zväčša sú široké 20 až 50 cm, zahĺbené do 12 cm a dlhé 1 až 1,5 m.

Obr. 7. Rúrovité škrapy. Foto: P. Bella
Fig. 7. Solution tubes. Photo: P. Bella

Obr. 8. Studňovité škrapy. Foto: P. Bella
Fig. 8. Shaft (well) karren. Photo: P. Bella

V znížených miestach, kde sa spájajú viaceré žľaby, dochádza k intenzívnejšiemu pôsobeniu vody, čím sa vytvárajú širšie a hlbšie vyhĺbeniny kotlovitého tvaru.

Jarčekovité škrapy (stružkovité škrapy, Rinnenkarren) – sú ojedinelé a navyše sa nevytvorili v typických podobách. Majú šírku 4 až 11 cm, hĺbku 2 až 9 cm a dĺžku 40 až 80 cm. Vyskytujú sa na šikmých odhalených vápencových plochách, pričom vytvárajú paralelnú sústavu žliabkov alebo dendritickú sieť spájajúcich sa žliabkov v smere sklonu podmieňujúceho odtok vody (obr. 10; odlišujú sa od škráp typu *Rillenkarren*, ktoré tvorí sústava paralelných drobnejších a plytších žliabkov oddelených ostrými skalnými hrebienkami – pozri Bögli, 1960, 1980).

Meandrovité škrapy – zistili sa iba na jednom mieste škrapového poľa, v jeho východnej časti na obnaženom, mierne šikmom skalnom povrchu. Meandrujúci kanálik dosahuje šírku 1,5 až 2 cm a dĺžku približne 30 cm.

Puklinové škrapy – úzke i širšie korózne štrbiny vytvorené pozdĺž tektonických porúch (obr. 11). Dosahujú šírku niekoľko centimetrov až niekoľko desiatok centimetrov, hĺbku od niekoľkých centimetrov až do 0,5 m. Hlbšie puklinové vyhĺbeniny sú vyplnené pôdou, v ich spodných častiach pôsobí podpôdna korózia.

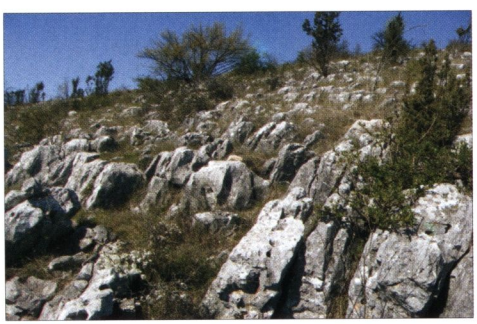
Vyčnievajúce tvary škráp

Zubovité škrapy – špicaté alebo širšie, navrchu mierne rozčlenené stolčekovité skalné výčnelky. Miestami sú vysoké do 70 cm. Vytvorili sa najmä podpôdnou koróziou, čiatočne sú korózne remodelované účinkom zrážkových vôd po odstránení pôdnej pokrývky.

Prstencovité škrapy – súvislý alebo sčasti prerušovaný prstenec skalných, prevažne oválnych výčnelkov ohraničujúci plytkú zníženinu, ktorá predstavuje alebo pripomína studňovitú vyhĺbeninu, takmer úplne vyplnenú pôdou (obr. 12). Najčastejšie priemer skalného prstenca je

Obr. 9. Válovcovité škrapy. Foto: P. Bella
Fig. 9. Rundkarren (rounded karren, rounded solution runnels). Photo: P. Bella

Obr. 10. Jarčekovité škrapy. Foto: P. Bella
Fig. 10. Rinnenkarren (solution runnels). Photo: P. Bella



Obr. 11. Puklinové škrapy. Foto: P. Bella
Fig. 11. Fissure karren. Photo: P. Bella

Obr. 12. Vyčnievajúce prstencovité škrapy.
Foto: P. Bella
Fig. 12. Projecting ring-like karren. Photo: P. Bella

0,5 až 0,8 m. Obvodové skalné výčnelky zväčša dosahujú výšku do 0,3 m. Ich oválne tvary, pôvodne zaoblené podpôdnou koróziou, sú viac alebo menej rozrušené koróziou po ich obnažení spod pôdnej pokrývky. Menej uzatvorené prstencovité skalné výčnelky nadobúdajú mesiačikovitý tvar.

Podkovovité škrapy – oválne skalné výčnelky, ktoré väčšinou ohraničujú válovcovitú vyhĺbeninu vyplnenú pôdou. Podobne ako prstencovité škrapy dosahujú výšku niekoľko desiatok centimetrov, zväčša do 0,3 m, avšak neuzatvárajú sa do prstenca. Keďže podkovovité škrapy takisto vznikali pod pôdnou pokrývkou, zaoblené sú podpôdnou koróziou.

Hrebeňovité škrapy – lineárne skalné výčnelky vypreparovaných vrstiev vápencov, najmä medzi puklinovými škrapami. Ich výška je prevažne niekoľko desiatok centimetrov, miestami až okolo 0,5 m. Hrebeňovité škrapy medzi puklinovými škrapami majú ostrejšie tvary. Niektoré ďalšie hrebeňovité škrapy sú zaoblené podpôdnou koróziou.

Nepravidelne vyčnievajúce škrapy – ostatné skalné výčnelky rozličných nepravidelných tvarov (u nás sa zvyčajne označujú ako všeobecné škrapy). Takisto vznikli najmä účinkom podpôdnej korózie, po oderodovaní pôdy sa sčasti remodelovali priamym vplyvom zrážkových vôd.

Z hľadiska početnosti výskytu dominujú válovcovité a puklinové škrapy. Pomerne často sú zastúpené aj rúrovité, zubovité i hrebienkovité škrapy. Následkom pôsobenia podpôdnej korózie na vápence pred ich pred obnažením na povrch sú vyčnievajúce škrapy zväčša korózne zaoblené. V menšej miere sa vyskytujú misovité, kavernózne a studňovité škrapy, ako aj kamenice. Ojedinelé sú jamkovité, jarčekovité a meandrovité škrapy.

Vznik a remodelácia škráp

Škrapy, ktoré pokrývajú viaceré časti povrchu Slovenského krasu, vznikli počas holocénu, najmä v atlantiku pred 5000 až 4000 rokmi v tzv. klimatickom optime, keď boli zrážky o 60 až 70 % a teploty o 3 °C vyššie ako dnes. Škrapové polia sa odkryli v dôsledku výrubu lesa a následnej erózie pôdy spôsobenej pasením hospodárskych zvierat v neolite a stredoveku (Mazúr a Jakál, 1971; Jakál, 1975, 1994, 2005; Ložek, 1992, 1994). Na obnaženie skalného podkladu so vznikom škrapového poľa po odlesnení vápencového svahu nad Kečovom poukazuje aj Droppa (1961). Úplné obnaženie skalného podkladu v podobe škrapových polí následkom odlesnenia a intenzívnej antropogénnej deštrukcie pôdnej pokrývky sa v Slovenskom krase viaže najmä na lesostepnú krajinu (Mazúr, 1971).

Po odstránení pôdnej pokrývky sa skalné povrchy vápencov sčasti remodelovali voľným pôsobením zrážkových vôd, najmä do podoby jarčekovitých a jamkovitých škráp alebo menších kameníc.

PROBLEMATIKA OCHRANY A MANAŽMENTU ÚZEMIA

Škrapové polia sú neoddeliteľnou súčasťou prírodnej scenérie krasovej krajiny. Známe sú však časté prípady ničenia škráp, najmä v okolí ľudských sídiel ich zberom ako skalných skulptúr na dekoráciu oplotenia a interiéru záhrad pri rodinných domoch. Viaceré škrapové polia v Slovenskom krase, ktoré boli odhalené eróziou pôdy po odlesnení skrasovatených povrchov a majú charakter skalnej kultúrnej stepi, v dôsledku obmedzenia až zakázania antropogénnych činností (výrubu porastov, využívania pasienkov a pod.) postupne zarastajú a strácajú vzhľad nepokrytých alebo čiastočne pokrytých škrapových polí.

Porovnávajúc dnešnú scenériu s fotografickými zábermi niektorých škrapových polí Slovenského krasu vrátane Kečovského škrapového poľa, ktoré pochádzajú z medzivojnového obdobia, zreteľne vidieť úbytok škrapových foriem. Ak bude tento trend pokračovať, treba uvažovať o prehodnotení výskytu škrapových polí na Silickej planine, prípadne aj v iných častiach Slovenského krasu podľa kritéria Jakála (1975), ktorý za škrapové pole považuje iba skrasovatenú plochu, na ktorej je pomer škráp k zvetralinám a pôdnej pokrývke 4 : 1 (nižší pomer škrapovým poliam nezodpovedá).

Po prehodnotení stupňov ochrany maloplošných chránených území platí v zmysle zákona od roku 2004 na území Národnej prírodnej rezervácie Kečovské škrapy 4. stupeň územnej ochrany. Tým sa zrušil prísny bezzásahový režim, ktorý neumožňoval vykonávať potrebné manažmentové opatrenia, najmä pasenie (obr. 13) a odstraňovanie krovitých porastov v plnom rozsahu. Pripravovaný program starostlivosti o toto územie bude zohľadňovať nevyhnutnú potrebu manažmentu.

V Japonsku s cieľom zachovať atraktívny skalnatý vzhľad škrapových polí na planinách Akyoshi-dai a Hirao-dai sa v rámci schválených manažmentových plánov starostlivosti o chránené územia každoročne v určený čas mimo vegetačného obdobia a za stanovených podmienok vypaľuje vyschnutá vegetačná pokrývka (Bella a Gažík, 2002). Na vypaľovaných plochách sa nevyskytujú vzácne alebo chránené druhy rastlín a živočíchov.

Obr. 13. Pasenie kôz zamedzuje zarastaniu škrapového poľa. Foto: P. Bella
Fig. 13. Goat grazing prevents the karren field from overgrowing. Photo: P. Bella

ZÁVER

V Kečovskom škrapovom poli sa vyskytuje desať typov vyhĺbených škráp (jamkovité a misovité škrapy, kamenice, kavernózne, rúrovité, studňovité, válovcovité, jarčekovité, meandrovité a puklinové škrapy) a päť typov vyčnievajúcich škráp (zubovité, prstencovité, podkovovité, hrebienkovité a nepravidelné škrapy). Vo vzťahu k územiu Slovenského krasu sa doplnila a spresnila genetická klasifikácia škráp vrátane terminologického označenia niektorých typov škráp.

Na skúmanom území pri Kečove prevládajú válovcovité škrapy vytvorené podpôdnou koróziou. V typickej podobe sa vyskytujú viaceré rúrovité a studňovité škrapy. Z vyčnievajúch škrapových foriem pozornosť pútajú najmä prstencovité a podkovovité škrapy. Po odlesnení územia a následnom obnažení škrapového poľa eróziou pôdy sa vytvorili niektoré typy škráp (jamkovité a jarčekovité škrapy, kamenice), ktoré hoci nie sú dominantné, dotvárajú celkový obraz a rôznorodosť tamojších škrapových foriem.

Nové geologické a geomorfologické poznatky o Národnej prírodnej rezervácii Kečovské škrapy sú dôležité nielen z vedeckého hľadiska, ale aj pre potreby ochrany prírody. S cieľom súborného poznania škráp v Slovenskom krase treba zvýšenú pozornosť venovať aj výskumu škrapových polí v ostatných častiach Slovenského krasu.

Za cenné rady a pripomienky, ktoré prispeli k skvalitneniu tohto príspevku, ďakujeme recenzentovi doc. RNDr. J. Jakálovi, DrSc.

LITERATÚRA

Bella, P. – Gažík, P. 2002. Študijná cesta po krase a sprístupnených jaskyniach južných oblastí Japonska. Aragonit, 7, 47–52.

Bögli, A. 1960. Kalklösung und Karrenbildung. Zeitschrift für Geomorphologie, Supplement, 2, 4–21.

Bögli, A. 1980. Karst Hydrology and Physical Speleology. Springer-Verlag, Berlin – Heidelberg – New York, 284 s.

Droppa, A. 1961. Domica – Baradla, jaskyne predhistorického človeka. Šport, Bratislava, 151 s.

Ford, D. C. – Williams, P. W. 2007. Karst Hydrogeology and Geomorphology. Wiley, Chichester, 562 s.

Gaál, Ľ. 2008. Geodynamika a vývoj jaskýň Slovenského krasu. ŠOP SR, SSJ, Liptovský Mikuláš – Knižné centrum, Žilina, 168 s.

Gavrilović, B. 1968. Kamenice – kleine Korrosionsformen im Kalstein. Proceedings of the 4th International Congress of Speleology in Yugoslavia (1965), 3, Ljubljana, 127–133.

Ginés, Á. 2004. Karren. In Gunn, J. (Ed.): Encyclopedia of Caves and Karst Sciences. Fitzroy Dearbon, New York – London, 470–473.

Jakál, J. 1975. Kras Silickej planiny. Osveta, Martin, 152 s.

Jakál, J. 1982. Formy krasového reliéfu. In Jakál, J. a kol.: Praktická speleológia. Osveta, Martin, 31–54.

Jakál, J. 1994. Ochrana krasového reliéfu. In Rozložník, M. – Karasová, E. (Eds.): Chránená krajinná oblasť – Biosférická rezervácia Slovenský kras. Osveta, Martin, 410–418.

Jakál, J. 2005. Krajina Národného parku Slovenský kras. In Jakál, J. (Ed.): Jaskyne svetového dedičstva na Slovensku. SSJ, Liptovský Mikuláš – Knižné centrum, Žilina, 15–26.

Jakucs, L. 1971. A karsztok morfogenetikája. Akadémiai kiadó, Budapest, 310 s.

Jennings, J. N. 1985. Karst Geomorphology. Oxford, Basil Blackwell, 293 s.

Karasová, J. 1994. Osobitne chránené územia. In Rozložník, M. – Karasová, E. (Eds.): Chránená krajinná oblasť – Biosférická rezervácia Slovenský kras. Osveta, Martin, 418–432.

Kemény, A. 1961. Geomorfologické pomery planiny Koniar. Geografický časopis, 13, 2, 104–139.

Klinda, J. 1985. Chránené územia prírody v Slovenskej socialistickej republike. Obzor, Bratislava, 320 s.

Kunský, J. 1950. Kras a jaskyne. Přírodovědecké nakladatelství, Praha, 163 s.

Kobza, J. – Linkeš, V. 1990. Pôdy Silickej planiny z hľadiska využívania a ochrany krajiny. Slovenský kras, 28, 103–115.

Lapin, M. – Faško, P. – Melo, M. – Šťastný, P. – Tomlain, J. 2002. Klimatické oblasti. In Atlas krajiny Slovenskej republiky. Bratislava – Ministerstvo životného prostredia SR, Banská Bystrica – Slovenská agentúra životného prostredia (mapa č. 27, s. 95).

Liška, M. 1994a. Povrch. In Rozložník, M. – Karasová, E. (Eds.): Chránená krajinná oblasť – Biosférická rezervácia Slovenský kras. Osveta, Martin, 22–36.
Liška, M. 1994b. Formy reliéfu v krase. In Rozložník, M. – Karasová, E. (Eds.): Chránená krajinná oblasť – Biosférická rezervácia Slovenský kras. Osveta, Martin, 203–213.
Ložek, V. 1992. Slovenský kras ve světle kvartérní geologie. Slovenský kras, 30, 29–56.
Ložek, V. 1994. Vývoj prírody v najmladšej geologickej minulosti. In Rozložník, M. – Karasová, E. (Eds.): Chránená krajinná oblasť – Biosférická rezervácia Slovenský kras. Osveta, Martin, 77–87.
Mazúr, E. 1962. Príspevok k formám vysokohorského krasu v Červených vrchoch. Geografický časopis, 14, 2, 87–104.
Mazúr, E. 1971. Niektoré diagnostické a prognostické aspekty využitia krajiny v oblasti Slovenského krasu. In Mazúr, E. a kol.: Slovenský kras. Regionálna fyzickogeografická analýza. Geografické práce, 2, 1–2, Bratislava, 104–108.
Mazúr, E. – Jakál, J. 1971. Podklad a reliéf. In Mazúr, E. a kol.: Slovenský kras. Regionálna fyzickogeografická analýza. Geografické práce, 2, 1–2, Bratislava, 6–22.
Mello, J. et al. 1996. Geologická mapa Slovenského krasu 1 : 50 000. GS SR, Bratislava.
Onac, B. P. 2000. Geologia regiunilor carstice. Editura Didactica si Pedagogica, R. A., Bucuresti, 399 s.
Panoš, V. 1980. Klasifikace a terminologie škrapů. Acta Universitatis Palackianae Olomucensis, Facultas Rerum Naturalium, 66, Geographica – Geologica, 19, 53–73.
Panoš, V. 2001. Karsologická a speleologická terminologie. Knižné centrum, Žilina, 352 s.
Salomon, J. N. 2000. Précis de karstologie. Presses Universitaires de Bordeaux, Pessac, 251 s.
Song Lin Hua 1986. Origination of stone forest in China. International Journal of Speleology, 15, 1–4, 3–33.
Song Lin Hua – Liu Hong 1992. Control of geological structures over development of cockpit karst in South Yunnan, China. Tübingen Geographische Studien, 109, Tübingen, 57–70.
Sweeting, M. M. 1972. Karst Landforms. Macmillan Press, London – Basingstone, 362 s.
Tarábek, K. 1980. Klimatickogeografické typy. Atlas SSR, SAV – SÚGK, Bratislava, mapa č. 64.
White, W. B. 1988. Geomorphology and Hydrology of Karst Terrains. Oxford University Press, New York, 464 s.
Zhang Faming – Geng Hong – Li Yuhui – Liang Yongning – Yang Yanhua – Ren Jian – Wang Fuchang – Tao Honglin – Li Zhongde 1977. Study on the Lunan stone forest, China. Yunnan Science and Technology Press, 155 s.

KEČOVO KARRENFIELD IN THE SLOVAK KARST

Summary

The Kečovo karrenfield is located in the southern part of Silica Plateau in the Slovak Karst. It presents intensively karstified surface of 0.25 km^2 on the Middle Triassic Steinalm limestones at 330 to 493 m a. s. l., to the west from the Kečovo Village, near the state border between Slovakia and Hungary. Limestone surfaces among karren are covered by calcareous rendzina soil with a xerothermous vegetation including several protected species of rock outcrop plant communities. The Slovak Karst presents plateau karst of temperate climatic zone in Central Europe.

The diversity of karren forms in the Kečovo karrenfield is given by ten types of deepened karren and five types of projecting karren observed during field works in 2008 and 2009. Deepened karren are presented by solution pits, solution pan with a spherical bottom, kamenitza (solution pan with a flat floor), cavernous karren (solution subsoil hollows), solution subsoil tubes, Rundkarren (subsoil rounded runnels), Rinnenkarren (solution runnels), meandering runnels and fissure karren. Tooth-like karren divided into canine and molar stone teeth, oval ring-like karren, horseshoe-like karren, ridge-like karren and irregular karren are distinguished within projecting karren.

From the viewpoint of frequency, Rundkarren (subsoil rounded runnels) formed by subsoil corrosion are dominant. Numerous occurrence of fissure karren is conditioned by intensive tectonic disintegration of limestones. Several tube-like karren (solution tubes) and shaft (well) karren occur in typical appearance. From the projecting karren mainly oval ring-like and horseshoe-like karren are notable for this karstified area formed mainly by subsoil corrosion. After deforestation and uncovering of subsoil karren some types of younger karren (solution pits and pans, Rinnenkarren) were sculptured by corrosion caused by precipitation water on bare limestone surfaces. They complete a total overview on various morphological and genetic types of karren forms in the Kečovo karrenfield.

Karren that occur in several parts of Slovak Karst originated during Holocene, mainly in Atlantic (5,000 to 4,000 years ago) when precipitation was 60 to 70 % and temperature 3 °C higher than the present values. After a deforestation of some karstified areas, karrenfield was uncovered by soil erosion caused mainly by pasture of domestic animals (Mazúr and Jakál, 1971; Jakál, 1975, 1994, 2005; Ložek, 1992, 1994).

New results on various morphology of karren forms and their morphogenetic relations to surface karstification of Kečovo karrenfield are useful and needed for the regional karstology and nature protection in the Slovak Karst National Park. The Kečovo karrenfield is protected as a national nature reserve established in 1981. This remarkable karstic area is also included in the Natura 2000 – European site network of special protection areas for birds and special areas of conservation for other species, and for habitats.

SLOVENSKÝ KRAS ACTA CARSOLOGICA SLOVACA	47/2	201 – 215	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2009

GEOLOGICKÝ PRIESKUM JASKYNE MILADA NA SILICKEJ PLANINE V SLOVENSKOM KRASE

LUKÁŠ VLČEK

Štátna ochrana prírody SR, Správa slovenských jaskýň, Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš; vlcek@ssj.sk

L. Vlček: Geological research of Milada Cave (Silica Plateau, Slovak Karst)

Abstract: Paper deals with the lithology and tectonics of active fluviokarst cave Milada, located in the end of "Beans Valley", central part of Silica Plateau, Slovak Karst. During the field observation and researches in 2007 – 2008 the white to light-coloured grey Wetterstein limestones (Ladinian to Cordevolian), locally metamorphosed to light-grey marbles were mapped in whole cave spaces. After the mapping results we can move the lithological border between Wetterstein and Tisovec limestones (Middle to Upper Carnian) set by Mello et. al. (1996) more to north, to the area behind the entrance of Milada Cave and ponors of "Beans Valley" brooks. The cave origin was conditioned by tectonic system of fractures predominantly of N – S and NW – SE direction. Along the N – S oriented faults, the water from Milada Cave flows through the underground drainage channels to Kečovo Resurgence in Jósva Valley.

Key words: Milada Cave, Silica Plateau, Slovak Karst, karst, caves, geology, lithostratigraphy, tectonics, Triassic, Wetterstein limestones

ÚVOD

Jaskyňa Milada predstavuje z geologického, geomorfologického a hydrologického hľadiska unikátnu lokalitu, umožňujúcu priamo pozorovať procesy vzniku a vývoja podzemného krasu na vstupe vôd do krasového územia. Je jednou z najrozsiahlejších, najvyvinutejších, najďalej do masívu zasahujúcich a najzachovalejších jaskýň Slovenského krasu. Spolu s jaskyňami v jej okolí predstavuje súčasť niekoľko kilometrov rozľahlého podzemného hydrologického systému, vyvinutého na štruktúrno-geologickej schéme jednej z príkrovových krýh Silickej planiny. Napriek tomu, že Milada sa v roku 1995 zaradila medzi lokality Svetového prírodného dedičstva pod záštitou UNESCO (Bella, 1996, 1998; Bella a Klinda, 1996), v jaskyni sa dosiaľ nerealizoval základný geologický výskum.

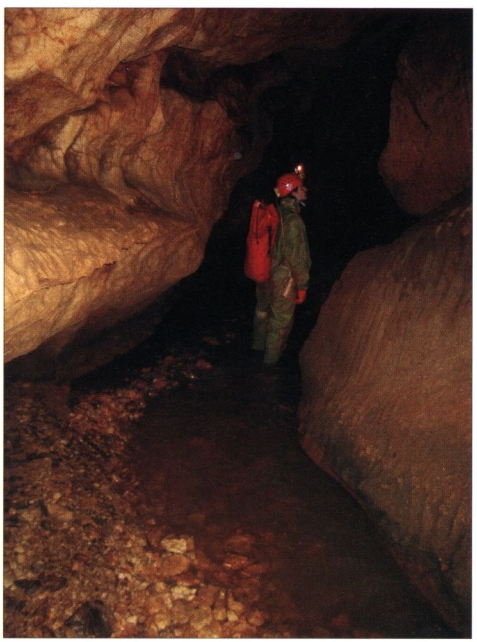
Predkladaná práca predstavuje výsledky geologického prieskumu vykonaného v rokoch 2007 – 2008 pod záštitou Správy slovenských jaskýň v Liptovskom Mikuláši. Prieskum bol zameraný na štúdium litológie horninového prostredia jaskyne a štruktúrno-geologických pomerov, ktoré vytvárajú základné predispozície na vznik jaskynných priestorov. Podrobne opisujem geológiu okolia jaskyne, ako aj litológiu a tektoniku samotných jaskynných priestorov, zistenú terénnym mapovaním. V kapitole venovanej histórii prieskumu a výskumu jaskyne uvádzam čo najkompletnejší prehľad speleologickej literatúry týkajúcej sa lokality, zameriavajúc sa hlavne na články týkajúce sa geologických a geomorfologických pomerov jaskyne. Jaskyňu objavili dobrovoľní jaskyniari

prekopaním sa do podzemných priestorov prostredníctvom praktických speleologických prác; bez ich vytrvalosti a nadšenia by táto jaskyňa zrejme ostala pred ľudským okom navždy ukrytá.

LOKALIZÁCIA JASKYNE A JEJ ZÁKLADNÁ CHARAKTERISTIKA

Jaskyňa Milada je situovaná v strednej časti Silickej planiny, asi 1 km od obce Silická Brezová (maď. Borzova, predtým Borzová), v minulosti bola nazývaná aj ako Borzovská (napr. Benický, 1946) alebo Brezovská jaskyňa (napr. Benický a Čaplovič, 1953). Jej úzky ponorový vchod sa nachádza na úpätí tiahleho kopca s kótami 484 m n. m. a 492 m n. m. v nadmorskej výške 420 m a je orientovaný na sever. Nachádza sa priamo na okraji listnatého lesa, ktorý smerom na sever prechádza do lúk, obhospodarovaných pasienkov a polí. Ponor uzatvára jednu z vetiev tzv. Fazuľového údolia (rozčleneného na tri čiastkové údolia; pracoviská na ich konci sa nazvali Margita, Helena a Gabiho ponor; maď. Bab-völgy) a v súčasnosti je neprielezne zavalený skalnými blokmi a sutinou. Druhý, umelo prerazený vchod sa nachádza asi 50 m západne od ponoru, v skalnej stene (obr. 1).

Obr. 1. Druhý, umelo prerazený vchod do jaskyne. Foto: L. Vlček
Fig. 1. Artificial entrance to the cave. Photo: L. Vlček



Obr. 2. Podzemný tok v jaskyni. Foto: D. Haviarová
Fig. 2. Underground brook in the cave. Photo: D. Haviarová

Jaskyňu objavil J. Majko so spolupracovníkmi sondovaním v jednom z občasne zaplavovaných ponorov vo Fazuľovom údolí. Bola pomenovaná po dcére J. Majku Milade (Lalkovič, 2001). Jaskyňu tvorí aktívna riečna chodba a niekoľko rútivých siení a dómov. Hneď za vchodom je 1. sifón, ktorý sa počas objavného prieskumu podarilo obísť (Majko, 1958). Za 2. sifónom, v zadnej časti jaskyne, pokračujú priestory v dĺžke 360 m (Volek, 1960). V jaskyni sa nachádza podzemné riečisko s trvalým vodným tokom, ktorého prietok zvyčajne dosahuje 1 – 2 l/s (obr. 2, obr. na titulnej strane obálky). Tok tečie v zárieze prevažne po ľavej strane chodby alebo v menších profiloch v jej strede. Je tu niekoľko menších či väčších, prevažne šikmo uklonených dómov s označením I. až VI., niekde 1. až 8. (posledné dva pomenované ako Dóm Vysokých Tatier a Zázračný dóm). Hneď v úvodných častiach jaskyne centrálny tok priberá 2 prítoky. Druhý sifón sa nachádza zhruba v strede jaskynného traktu, cca 300 m od vchodu. Pôvodný sifón má dnes zníženú hladinu

a vytvára polosifón, ktorý sa dá preplávať bez potápačskej techniky. Za polosifónom sú ešte ďalšie tri rozšírené miesta – Blatný dóm, Dóm zrútených balvanov a Brčkový dóm. Jaskyňa sa končí prietokovým jazerom s vodným sifónom, ktorý doteraz predstavuje posledné známe miesto jaskyne (Turkota, 1964, 1970). Tesne pred ním do jaskyne z juhu vyúsťuje výrazná šikmo klesajúca chodba s bočným prítokom. Celková dĺžka jaskyne je 800 m (Bella a Holúbek, 1999; Bella et al., 2007). Je charakteristická bohatou sintrovou výzdobou, vyskytujú sa v nej najmä stalaktity, stalagmity, sintrové záclony a jazierka. Neskôr do jaskyne vyrazili vstupnú štôlňu, ústiacu do jednej z fosílnych ponorových vetiev za 1. sifónom.

Jaskyňa Milada predstavuje ponorovú časť brezovsko-kečovského podzemného hydrologického systému, ktorý je vytvorený v strednotriasových svetlých wettersteinských vápencoch silického príkrovu. Podzemný vodný tok z jaskyne Milada sa po nateraz speleologicky neznámom úseku objavuje v spodnej časti priepasti Bezodná ľadnica, preskúmanej už v roku 1949 J. Majkom so spolupracovníkmi (predtým Kečovská bezodná ľadnica, Feneketlen Lednice; Majko, 1950; Stárka, 1952, 1954), odkiaľ sa takisto dosiaľ neznámymi priestormi dostáva až do Kečovskej vyvieračky napájajúcej riečku Jósvu. Tento jaskynný systém, zahrnujúci aj ďalšie jaskyne (napr. jaskyňu Matilda, Jaskyňu na Kečovských lúkach, Kečovskú jaskyňu, Padočku a i.), v minulosti označovali ako Borzovsko-kečovský; zahŕňa hydrologicko-speleologickú oblasť s rozlohou asi 18 km^2 (Krupár, 1946, 1947), ohraničenú už J. Majkom a V. Benickým (Benický, 1946). I dnes za používa historický názov Silickobrezovsko-kečovská jaskynná sústava, zavedený Majkom (1958, 1959a, b, 1961). Vzdialenosť medzi ponormi pri Silickej Brezovej a vyvieračkami pri Kečove je zhruba 3 km pri prevýšení 90 m, medzi ponormi vo Fazuľovom údolí a Bezodnou ľadnicou 400 m pri prevýšení zhruba 15 m.

STRUČNÁ HISTÓRIA OBJAVU A PRIESKUMOV V JASKYNI

Ponor v závere Fazuľového údolia pri Silickej Brezovej je známy oddávna, no prvá písomná zmienka pochádza z čias prvého komplexného geograficko-geologického prieskumu Slovenského krasu zameraného na výskum krasových javov, ktorý sa realizoval z poverenia Komisie pre výskum jaskýň pri Uhorskej geologickej spoločnosti v roku 1911 (Strömpl, 1912). Autor uvádza z priestoru Silickej planiny 33 jaskýň, medzi ktorými sa objavuje aj „ponor vo Fazuľovom údolí" (tento zdroj ďalej uvádza aj Lalkovič, 1997).

Jaskyňu objavil J. Majko so spolupracovníkmi 11. 9. 1946 cez 19 m hlbokú vykopanú priepasť v občasne zaplavovanom ponore vo Fazuľovom údolí (ponor Helena), ktorá v spodnej časti ústi na podzemné riečisko (Krupár, 1947). Práce tu prebiehali pod jeho vedením za účasti J. Jakubca, Z. Krupára a zanietencov z Borzovej, dnes Silickej Brezovej. Prvýkrát ju zameral Z. Krupár za účasti J. Majku. Jaskyňu tvorí aktívna riečna chodba a niekoľko rútivých siení a dómov. V jednom z nich sa dá vystúpiť až 65 m nad riečisko. Hneď za vchodom sa nachádza 1. sifón, ktorý sa dá obísť (Majko, 1958). Dňa 2. 4. 1960 J. Jirásek prenikol cez 2. vodný sifón, za ktorým v zadnej časti jaskyne objavil priestory v dĺžke 360 m (Volek, 1960). Časti za 2. sifónom premeral F. Jirmer za účasti J. Majku až po umelom zvýšení stropu výbušninami 7. 4. 1960 (Majko, 1960). Neskôr do jaskyne vyrazili vstupnú štôlňu ústiacu do jednej z fosílnych ponorových vetiev, a tak spohodlnili vstup i priechod jaskyňou. Tretí, záverečný sifón jaskyne nebol dosiaľ prekonaný (Hochmuth, 1998, 2000).

Mapy jaskyne pochádzajú od Z. Krupára (Krupár, 1947 – Milada – pôdorys + rezy; Majko, 1958 – Ponor Helena vo Fazuľovom údolí, Milada – pôdorys + rezy) a F. Jirmera – publikované v článkoch Majku (1961), plus nedatovaná mapa Brezovskej jaskyne

(Milady) od F. Jirmera v depozite múzea SMOPaJ. Fotografie z Milady sa objavili najmä v starších ročníkoch časopisu Krásy Slovenska pri článkoch opisujúcich objavenie a prvý prieskum jaskyne – priesvitná sintrová záclona, jazierka, žliabkovité škrapy zvané čertove brázdy a detaily z Hlavného dómu (Benický, 1948, s. 43, s. 182; Benický a Čaplovič, 1953, s. 65), detaily sintrovej výzdoby (Krupár, 1948), v ostatnom čase sa niekoľko fotografií z Milady objavilo v časopise Aragonit (Haviarová a Gruber, 2006) a monografiách venovaných jaskyniam Slovenského krasu (Jakál et al., 2005, 2008; Gaál, 2008).

V päťdesiatych rokoch sa uskutočnil prvý farbiaci pokus, ktorý potvrdil hydrologickú súvislosť ponorov vo Fazuľovom údolí s Kečovskou vyvieračkou (Majko, 1959, 1961). Výsledky z vyvieračiek sledovaných na maďarskej strane krasového územia boli negatívne. V roku 1963 sa za použitia NaCl-stopovača zistilo zasolenie vo vyvieračke Kis-Tohonya forrás (Sárváry, 1965), avšak koncentrácia NaCl bola veľmi nízka. Zmienku o farbiacej skúške z roku 1975 prináša aj Maucha (1975), pričom jej výsledok potvrdil hydraulické spojenie Milady s Bezodnou ľadnicou. V roku 1985 sa uskutočnila farbiaca skúška, ktorá opäť potvrdila hydrologické prepojenie Milady a Kečovskej vyvieračky (Móga, 1999; Orvan, 1994). V roku 2006 sa realizovala stopovacia skúška na báze bakteriofágov, ktorá potvrdila spojenie Milady, Bezodnej ľadnice a Kečovskej vyvieračky. Spojenie s maďarskou jaskyňou Vass Imre a vyvieračkou Kis-Tohonya forrás sa napriek viacerým farbiacim pokusom pri aplikácii rôznych stopovačov nepreukázalo (Haviarová a Gruber, 2006).

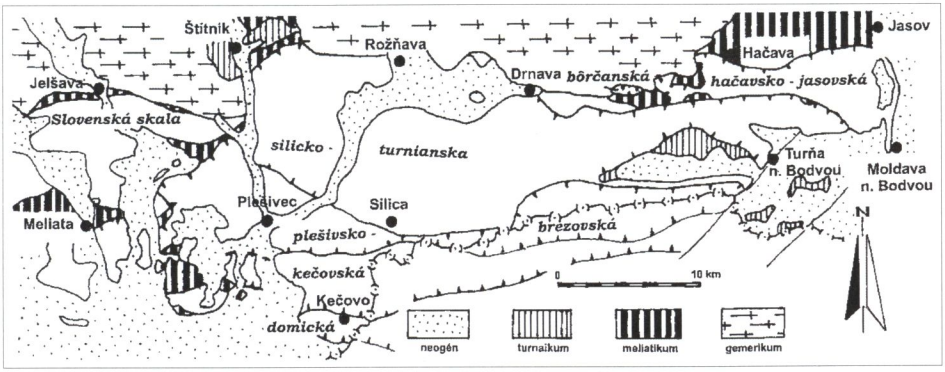
Speleologický prieskum jaskyne vykonávajú členovia Slovenskej speleologickej spoločnosti z Rožňavy. V roku 2004 sa dostala Milada do náplne Plánu hlavných úloh Správy slovenských jaskýň a v rámci nej sa realizuje dlhodobý hydrologický a klimatologický monitoring v spolupráci s Prírodovedeckou fakultou Univerzity Komenského v Bratislave. V rokoch 2007 – 2008 prebiehal geologický prieskum jaskyne (Vlček, 2008), ktorého výsledky prináša predkladaná správa.

GEOLÓGIA

Oblasť, v ktorej sa jaskyňa nachádza, patrí do gemerského pásma Vnútorných Západných Karpát, celku Slovenský kras. Kým jednotky Vonkajších Západných Karpát boli tektonicky individualizované (vrásnené) až alpínskou orogenézou počas terciéru, jednotky Vnútorných spolu s Centrálnymi Západnými Karpatami (internidy) sa vrásnili už omnoho skôr, ich tektogenéza sa začala po vrchnej jure a skončila pred vrchnou kriedou. Preto je celková geologická stavba tohto územia nesmierne zložitá. Gemerské pásmo, zložené zo štyroch litotektonických megajednotiek – gemerika, meliatika, turnaika a silicika (obr. 3), predstavuje najvnútornejšie a najvyššie pásmo alpínskej príkrovovej stavby Západných Karpát. V rámci oblasti Slovenského krasu vyčlenil Bystrický (1964) niekoľko veľkých geotektonických štruktúr – krýh alebo blokov silického príkrovu (pozri tiež Mello et al., 1997; Gaál, 2008; obr. 3): od severovýchodu na juhozápad – hačavsko-jasovská kryha, bôrčanská kryha, najväčšia silicko-turnianska kryha, kryha Slovenskej skaly, plešivsko-brezovská, kečovská a najmenšia domická kryha. Skúmané územie vystupuje v rámci najsevernejšej časti kečovskej príkrovovej kryhy, resp. na rozhraní severnej plešivsko-brezovskej a južnej kečovskej kryhy, kam smeruje severo-južné podzemné odvodňovanie územia silickobrezovsko-kečovskej jaskynnej sústavy.

Litostratigrafia a tektonické pomery okolia jaskyne

Skúmané územie v okolí jaskyne z geologickej stránky tvoria mezozoické karbonátové sedimentárne horniny litotektonickej megajednoky silicikum, reprezentovanej silic-



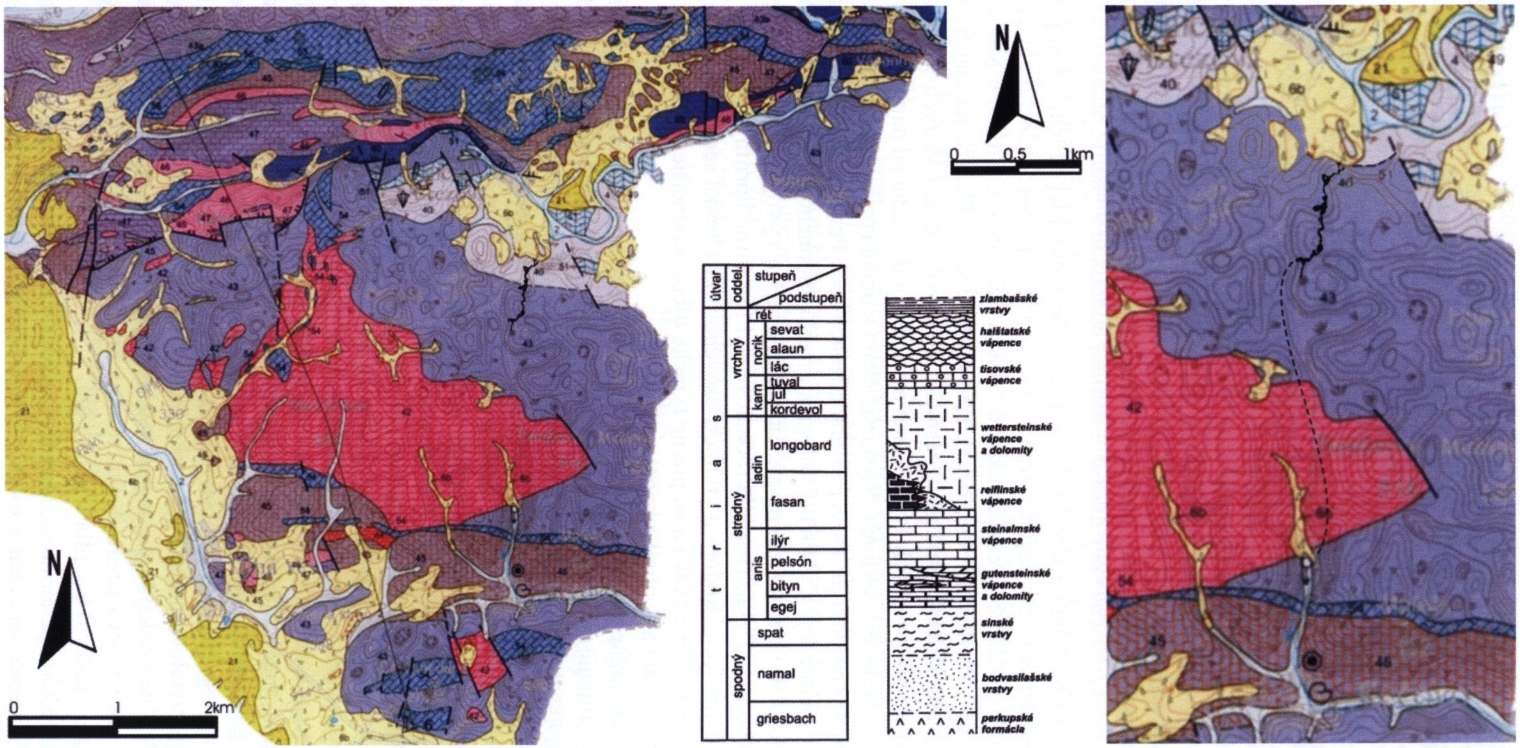
Obr. 3. Štruktúra príkrovových krýh v Slovenskom krase. Upravené podľa Mella (1997)
Fig. 3. The Slovak Karst nappe-slices structure. After Mello (1997), modified

kým príkrovom. Silicikum je štruktúrne najvyššou tektonickou jednotkou príkrovovej stavby Vnútorných Západných Karpát. Vystupuje ako pomerne plocho uložené príkrovové teleso v oblasti Slovenského krasu, Slovenského raja, Galmusu a Muránskej planiny (Kováč a Plašienka, Eds., 2003). Toto teleso bolo rozčlenené na viaceré čiastkové príkrovy (napr. silický, muránsky, besnícky príkrov), v rámci ktorých väčšinou vystupuje niekoľko príkrovových krýh. Vrstevný sled silicika siaha od najvyššieho permu po vrchnú juru (kelovej – oxford). Najstaršie členy silicika (perkupská evaporitová formácia) vystupujú na povrch len veľmi obmedzene (obec Perkupa v Maďarsku, na území Slovenska známe len z vrtov). Litologická náplň spodného triasu je vývojom podobná turnaiku a je reprezentovaná piesčito-bridličnatým vývojom. Najpodstatnejšiu časť Slovenského krasu však tvoria karbonátové sedimentárne horniny (prevažne vápence) plytkovodných fácií stredno- a vrchnotriasového veku. Jurské sedimentárne horniny sú zachované veľmi zriedkavo a sú pre ne typické hlbokovodnejšie usadeniny, ktorými sa sedimentárny záznam silicika končí.

Na území južne až juhovýchodne od Silickej Brezovej, v tesnej blízkosti jaskyne Milada vystupujú na povrch najmä karbonátové horniny stredného a vrchného triasu (obr. 4): gutensteinské vápence a dolomity (*spat – egej – bityn*), steinalmské vápence a dolomity (*anis: bityn – pelsón – ilýr*), wettersteinské vápence a dolomity (*ladin – kordevol*) a halštatské vápence (*norik*).

Gutensteinské vápence (*anis: egej – bityn*). Počas najvyššieho spodného anisu (spat) nastala v priestore Slovenského krasu sedimentácia v prostredí karbonátovej platformy, ktorej prvým členom sú gutensteinské vápence, nastupujúce po klastikách verfénskeho súvrstvia a prechodových pestrých karbonátoch indikujúcich paleoklimaticko-paleogeografické zmeny v tomto období. Gutensteinské vápence sú tmavosivej až čiernej farby s charakteristickým kalcitovým žilkovaním, chudobné na fosílie (malé ulitníky, foraminifery). V rámci gutensteinského vápencového súvrstvia, ale i ako samostatný člen v nadloží gutensteinských vápencov vystupujú gutensteinské dolomity (*spat – egej – bityn*). Sú tmavosivej farby, hrubolavicovité, bez zachovaných skamenelín. Často obsahujú červené karbonátovo-hematitové brekcie s exotickými karbonátmi (Kullmanová, 1979). V plešivsko-brezovskej kryhe sa gutensteinské vápence vyskytujú severne až severozápadne od obce Silická Brezová. Smerom na juh ich nachádzame až na báze kečovskej kryhy, napr. v jaskyni Baradla v Maďarsku.

Steinalmské vápence (*anis: bityn – pelsón – ilýr*). Sú jedným z najmohutnejších súvrství Slovenského krasu a spolu s wettersteinskými vápencami reprezentujú najty-


N
0
1
2km
0
0.5
1km
trias
útvar
oddel.
stupeň
podstupeň
spodný
stredný
vrchný
anis
ladin
karn
norik
rét
griesbach
namal
spat
egej
bityn
pelsón
ilýr
fasan
longobard
kordevol
jul
tuval
lác
alaun
sevat
zlambašské vrstvy
halštatské vápence
tisovské vápence
wettersteinské vápence a dolomity
reiflinské vápence
steinalmské vápence
gutensteinské vápence a dolomity
sinské vrstvy
bodvasilašské vrstvy
perkupská formácia

Obr. 4. Geologická mapa výseku Slovenského krasu medzi Silickou Brezovou, Plešivcom a Domicou podľa mapy Mello et al. (1996) a výsek znázorňujúci priebeh jaskyne Milada s podzemným tokom prúdiacim do Kečovskej vyvieračky v údolí Jósvy. Na výseku je severná hranica wettersteinských vápencov v okolí jaskyne upravená podľa terénnych pozorovaní. **Vysvetlivky:** pleistocén – holocén: hlinito-kamenité a kamenité deluviálne sedimenty (6b); terciér: neogén: poltárske súvrstvie (pont) (21); mezozoikum: trias: halštatské vápence (norik) (51), tisovecké vápence (*karn: jul – tuval*) (40), wettersteinské dolomity (*ladin – kordevol*) (42), wettersteinské vápence (*ladin – kordevol*) (43) – lagunárny typ (43a), reiflinské vápence (*pelsón – kordevol*) (54), steinalmské dolomity (*anis: pelsón – ilýr*) (44), steinalmské vápence (*anis: bityn – pelsón – ilýr*) (45), gutensteinské dolomity (*spat – egej – bityn*) (46), gutensteinské vápence (*anis: egej – bityn*) (47). Litostratigrafická kolónka znázorňuje sedimentárny sled triasu silicika prevažnej časti Slovenského krasu podľa Mella et al. (1996).
Fig. 4. A crop of geological map of SW part of Slovak Karst area between Silická Brezová, Plešivec and Domica Villages after Mello et al. (1996) and a crop representing the Milada Cave and its underground drainage to Kečovo resurgence in Jósva Valley. The right crop shows the northern border of Wetterstein limestones moved after the results of field investigations. **Explanations:** Pleistocene – Holocene: loamy-stony and stony deluvial sediments (6b); Tertiary: Neogene: Poltár Formation (*Pontian*) (21); Mesozoic: Triassic: Halstatt limestones (*Norian*) (51), Tisovec limestones (*Carnian: Julian – Tuvalian*) (40), Wetterstein dolomites (*Ladinian – Cordevolian*) (42), Wetterstein limestones (Ladinian – Cordevolian) (43) – lagoonal type (43a), Reifling limestones (*Pelsonian – Cordevolian*) (54), Steinalm dolomites (*Anisian: Pelsonian – Illyrian*) (44), Steinalm limestones (*Anisian: Bityninan – Pelsonian – Illyrian*) (45), Gutenstein dolomites (*Spathian – Aeghenian – Bityninan*) (46), Gutenstein limestones (*Anisian: Aeghenian – Bityninan*) (47). The lithostratigraphic scheme of Triassic sediments of Silica nappe, Slovak Karst, after Mello et al. (1996).

pickejšiu fáciu karbonátovej platformy. Sú masívne, svetlej sivej až ružovkastej farby. Makrofosílie lastúrnikov, ulitníkov, echinodermát a brachiopódov sa nachádzajú v rámci súvrstvia najmä v krinoidových vápencoch. Steinalmské vápence rozlišujeme na základe zastúpenia dasykladaceí rodov *Macroporella*, *Oligoporella*, *Physoporella* a *Diplopora* (Bystrický, 1964). Lokálnou alebo/až diagenetickou dolomitizáciou steinalmských vápencov vznikli steinalmské dolomity (*anis: pelsón – ilýr*). Sú drobnokryštalické, s cukrovitou štruktúrou. Na povrch vystupujú v širokom pruhu medzi Dlhou Vsou a Jósvafő; je na nich vytvorené aj známe kečovské škrapové pole.

Wettersteinské vápence (*ladin – kordevol*). Sú typickým reprezentantom platformovej fácie a predstavujú najmohutnejšie súvrstvie Slovenského krasu. Sú vzhľadom podobné steinalmským vápencom, prevažne svetlosivej až bielej farby a masívnej štruktúry. Od steinalmských vápencov sa okrem veku líšia tým, že v nich možno nájsť rozsiahle telesá rifových vápencov. Lagunárne variety vápencov sú riasovo-stromatolitové. Súvrstvie predstavuje najvýznamnejšiu formáciu triasovej karbonátovej platformy a buduje rozsiahle časti planín Slovenského krasu, kde dosahuje hrúbku až 1200 m (Mello et al., 1997). Vápence sú bohaté na skameneliny. Prevažne v rifových varietách sa nachádzajú najmä koraly, foraminifery, machovky, stromatopory a problematiká. V sedimentoch zarifovej, lagunárnej oblasti dominujú dasykladacey, a to predovšetkým *Diplopora annulata* (Schafh.) Schafh., *Teutloporella herculea* (Stopp.) Pia a *Poikiloporella duplicata* (Pia) Pia. Bežne sa v okolí Silickej Brezovej vyskytuje riasa *Macroporella spectabilis* (Pia) Bystrický. Lokálne sa na báze wettersteinských vápencov vyskytujú wettersteinské dolomity, miestami, ako napr. v kečovskej a domickej príkrovovej kryhe, vytvárajúce mohutné telesá. Vo wettersteinských vápencoch, miestami dolomitoch až lokálne metamorfovaných vápencoch sa vytvorila celá známa časť jaskyne Milada a nachádzame ich na povrchových odkryvoch v celej šírke krasového pruhu medzi Fazuľovým údolím pri Silickej Brezovej až po Kečovskú vyvieračku nad Kečovom.

Tisovecké vápence (*karn: jul – tuval*). Sú riasovo-loferitickými vápencami lagunárneho typu s riasou *Poikiloporella duplicata* (Pia) Pia, vyskytujúcimi sa v nadloží wettersteinských vápencov, z ktorých zväčša tvoria plynulý prechod. Ich vyčleňovanie je často

subjektívne, pretože v nich chýbajú indexové fosílie. Preto je na mape Mella et al. (1996) vyznačená hranica medzi wettersteinskými a tisoveckými vápencami len prerušovanou čiarou. Rozlišujú sa mikroskopicky, najmä na základe vzácne sa vyskytujúcich dasykladaceí. V okolí Silickej Brezovej napr. Siblík (1990) opísal bohatý výskyt krinoidových vápencov s brachiopódmi. Tuvalskú časť vápencov od Silickej Brezovej označili Kovács et al. (1989) za silickobrezovské vápence.

Panvové fácie. Do triasovej karbonátovej platformy často zasahujú svahové a panvové fácie, vytvorené v rámci intraplatformových depresií. K nim patria napr. schreyeralmské (*ilýr – fasan*), nádašské (*ilýr – ladin*), reiflinské a pseudoreiflinské (*pelsón – kordevol*), raminské (*ladin – kordevol*) alebo halštatské vápence (*norik*). Reiflinské vápence sú sivé až tmavosivé lavicovité hľuznaté vápence s obsahom tmavosivých rohovcov. Smerom do nadložia rohovcov ubúda a vápence sa označujú ako pseudoreiflinské (Bystrický, 1964). Vystupujú v nadloží steinalmských vápencov južne od kečovskej vyvieračky. Halštatské vápence sú červenkastej farby, lavicovité až masívne, bohaté na amonity, sklerity holotúrií, brachiopódy, lastúrniky a konodontovú faunu. Halštatské vápence sa vyskytujú v blízkosti jaskyne Milada vo forme zlomami obmedzeného, zaklesnutého bloku, v ktorom je vytvorený jeden z ponorov Fazuľového údolia (Gabiho ponor).

Územím prebieha niekoľko zlomových línií reprezentovaných najmä alpínskymi štruktúrami generálne SSZ – JJV až Z – V smeru, paralelných s priebehom násunových línií krýh silického príkrovu. Alpínska SV – JZ kompresia generovala SZ – JV orientované násuny a prešmyky, kým SZ – JV extenzia podmienila vznik extenzných štruktúr SV – JZ až S – J smeru. Posledne menované štruktúry pravdepodobne dali základ vzniku údolí JZ časti Slovenského krasu medzi Plešivcom a Domicou, ako aj podzemného odvodnenia silickobrezovsko-kečovskej jaskynnej sústavy.

Geologická charakteristika jaskyne

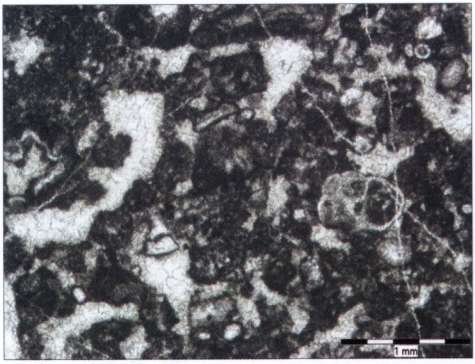
Litológia

Jaskyňa Milada je vytvorená v litologicky pomerne homogénnom horninovom prostredí wettersteinských vápencov silického príkrovu. Oblasť jej ponorov sa nachádza v zóne kontaktu medzi wettersteinskými a tisoveckými vápencami. V rámci jaskynného traktu Milady možno nájsť len jeden litofaciálny typ vápenca, a to ladin-karnské lagunárne riasovo-stromatolitové wettersteinské vápece, lokálne s polohami dolomitov, ktoré sú v zadných častiach jaskyne tektonicky postihnuté a výrazne rekryštalizované. Vstupné časti jaskyne sa vytvorili v čistých riasových vápencoch so sporadickým výskytom rias cf. *Pilamminella gemerica* (Salaj), ktorých stratigrafické rozpätie udávajú Salaj et al. (1983) na ladin až spodný karn, a teda predstavujú súčasť wettersteinského komplexu. Priestory hlbšie v masíve za Dómom zrúcaných balvanov sa nachádzajú v tektonicky predisponovaných metamorfovaných svetlosivých mramoroch bez zachovanej mikrofauny, ale predpokladáme, že ide o rekryštalizované wettersteinské vápence.

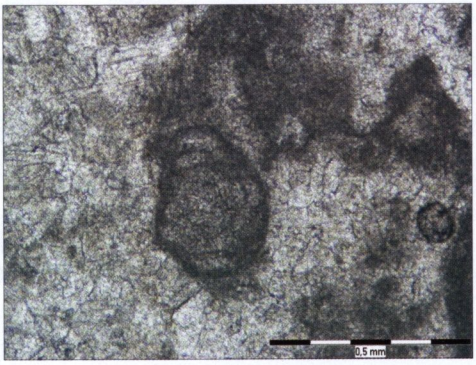
Zo štyroch miest pomerne pravidelne rozmiestnených v rámci jaskynného traktu sa odobrali vzorky horniny na výbrus. Podrobnejšie sa pod polarizačným mikroskopom analyzovali len vzorky bohatšie na fosílie z privchodových partií jaskyne (Milada-1, Milada-2), keďže vzorky z hlbších miest v jaskyni pochádzali z hornín postihnutých rekryštalizáciou. Kým vzorka Milada-1 od vchodu do jaskyne obsahuje viac litoklastov a menej fosílií (napr. Dasycladaceae), vzorka Milada-2 z riečiska pod umelým vchodom je bohatá na fosílne zvyšky. Vzorka reprezentuje typický stromatolitový vápenec. Medzi riasami je

prítomná typická sparitová kresba, ktorá predstavuje póry vzniknuté zmršťovaním riasových podušiek (obr. 5). Mikrofácia je peloidná. Vo vzorke sa vyskytujú sporadické fosílne zvyšky. Reprezentované sú okrem iného foraminiferami, z ktorých D. Boorová identifikovala *Agathammina austroalpina* KRISTAN-TOLLMANN et TOLLMANN (anis – rét) a *Nodosaria* sp. Zistila aj prierez silno rekyštalizovanej foraminifery (obr. 6), ktorý najpravdepodobnejšie patrí cf. *Pilamminella gemerica* (SALAJ). Vo vzorke sú prítomné aj fragmenty schránok ulitníkov a rias (okrem iných napr. *Thaumatoporella parvovesiculifera* (RAINER)). Za predpokladu, že ide skutočne o foraminiferu *Pilamminella gemerica*, pochádza skúmaná vzorka zo sedimentu ladinskeho až spodnokarnského veku a možno ju teda s najväčšou pravdepodobnosťou zaradiť do strednotriasového wettersteinského sedimentárneho komplexu.

Vzhľadom na to, že sa v tesnom nadloží wettersteinských vápencov nachádzajú tisovské vápence, dá sa predpokladať karnský (kordevolský) vek wettersteinských vápencov v jaskyni. Julsko-tuvalské riasovo-loferitické lagunárne tisovecké vápence v nadloží wettersteinských vápencov vystupujú na povrchu až severne od jaskyne, na dne Fazuľového údolia.



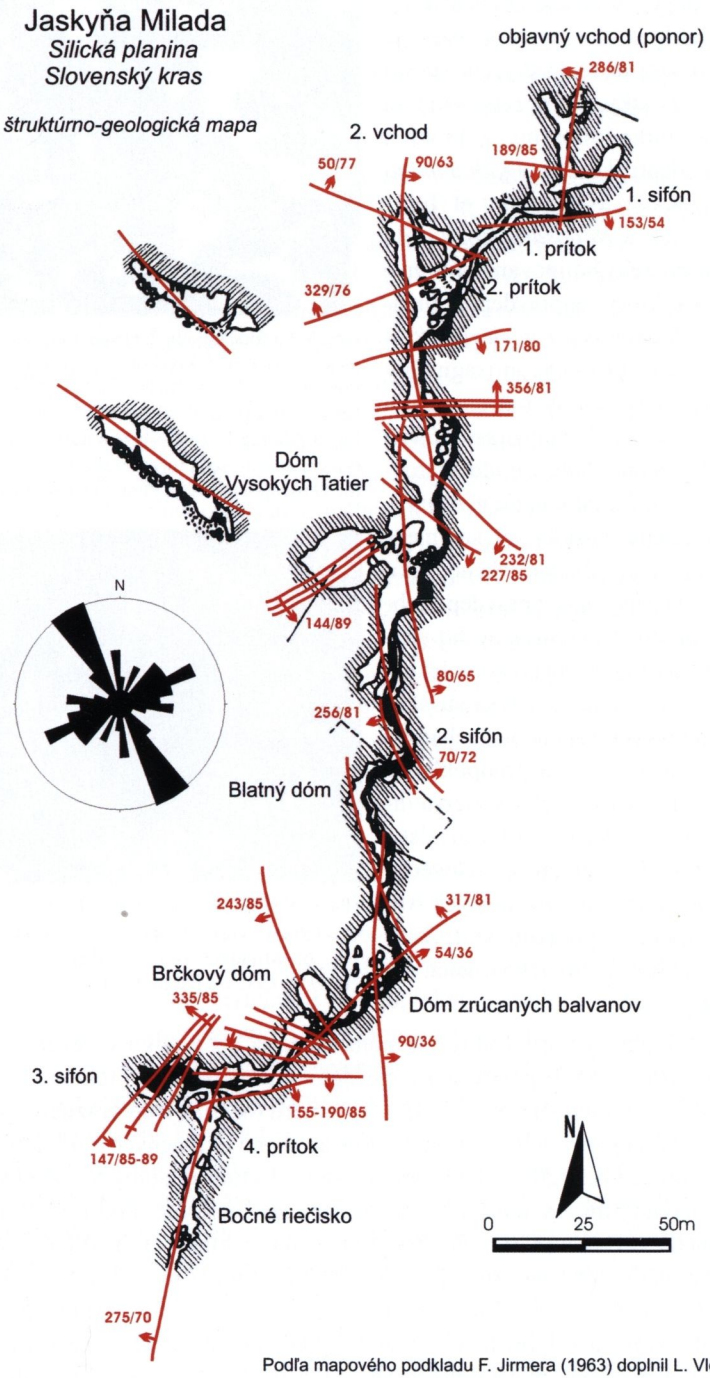
Obr. 5. Vzorka Milada-2: stromatolitový vápenec s typickou sparitovou kresbou – póry vznikli zmršťovaním riasových podušiek. Vpravo prierez ulitníkom. Foto: D. Boorová
Fig. 5. Milada-2 sample: stromatolithic limestone with typical sparite structure; on the right – a cut through the Gastropoda conch. Photo: D. Boorová



Obr. 6. Vzorka Milada-2: riasa cf. *Pilamminella gemerica* (SALAJ). Foto: D. Boorová
Fig. 6. Milada-2 sample: algae cf. *Pilamminella gemerica* (SALAJ). Photo: D. Boorová

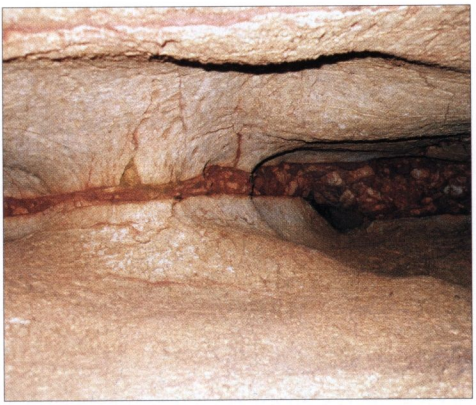
Tektonika

Jaskyňu Milada vytvoril vodný tok ponárajúci sa do masívu v závere Fazuľového údolia na štruktúrne predisponovanej zóne. Jej vznik podmienilo tektonické porušenie územia systémom prednostne S – J a SZ – JV smeru (obr. 7). Najvýraznejšiu tektonickú štruktúru predstavuje paralelný systém mierne až strmo uklonených porúch S – J priebehu, čo zdôraznil už Gaál (2008). Podradnejšie sa vyskytujú aj zlomy V – Z alebo SV – JZ smeru, a to najmä hlbšie v masíve, v záverečnej časti jaskyne. Pod miernym sklonom šikmo uklonená veľkorozmerná chodba predstavujúca hlavný ťah Milady od umelého vchodu po polosifón (obr. na titulnej strane obálky) vznikla na zlome S – J až SZ – JV smeru (90/63° – 70/72°). Túto tektonickú líniu možno považovať za štruktúru generovanú v extenznom režime, je vyplnená tektonickými klastikami a jemným červeným tmelom. Hrúbka klastickej polohy miestami presahuje 0,5 m (obr. 8) a je dobre viditeľná napr. v Dóme Vysokých Tatier. Za 2. sifónom pokračuje jaskyňa pozdĺž ešte miernejšie uklonenéh zlomu (90/36°) až po Dóm zrútených balvanov. Na tomto mieste sa morfológia chodieb

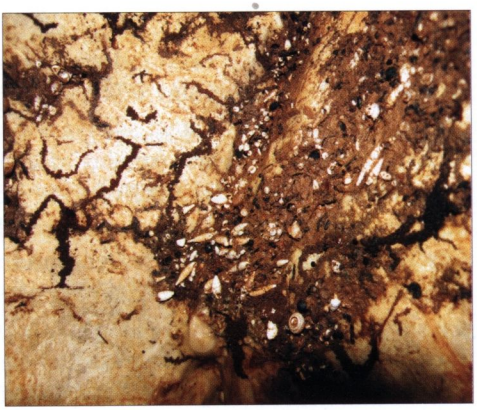


Obr. 7. Štruktúrno-geologická mapa jaskyne Milada so znázornením tektonických štruktúr v symetrickom ružicovom diagrame (n = 60)
Fig. 7. The tectonic plan of the Milada Cave and symmetric rose diagram of the structures (n = 60)

mení a chodba jaskyne sleduje subvertikálne uložené tektonické štruktúry V – Z smeru. Bočné riečisko je vytvorené na S – J zlome, no tu sa jaskyňa zatiaľ neprielezne končí. Hlavný ťah jaskyne uzatvára zatiaľ neprekonaný 3. sifón v sieni založenej na subvertikálne uložených paralelných poruchách SV – JZ smeru. Smerové zalomenia chodieb na hlavnom ťahu jaskyne podmieňujú priečne tektonické poruchy, napr. v Brčkovom dóme alebo v priestore polosifónu či 3., záverečného sifónu. Dôležitým poznatkom je, že vo vzťahu k záverečným partiám jaskyne priečne, t. j. S – J orientované poruchy, sledované v týchto častiach jaskyne, korešpondujú s orientáciou údolných znížení vymapovaných na povrchu.



Obr. 8. Klastická poloha drvenej horniny v strope chodby na hlavnom ťahu jaskyne. Foto: L. Vlček
Fig. 8. The clastic layer of fragmented rock in the ceiling of corridor in the main cave passage. Photo: L. Vlček

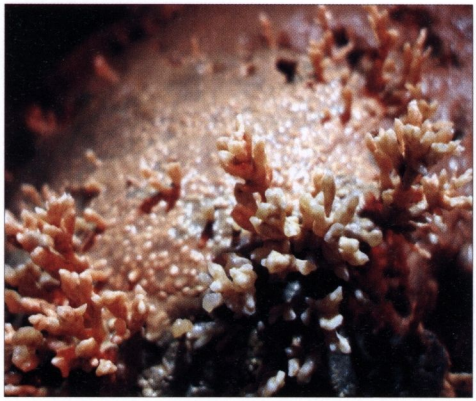


Obr. 9. Ukážka nálezov malakofauny v priestore druhého sifónu. Foto: L. Vlček
Fig. 9. An example of malacofauna findings close to the 2nd siphon. Photo: L. Vlček

Kvartérne výplne

Jaskyňa je aktívnou fluviokrasovou jaskyňou v ponorovej zóne vôd vrcholovej časti Silickej planiny. V minulosti sa vplyvom sedimentačnej činnosti potoka do značnej miery zaniesla jemno- až strednozrnným riečnym materiálom (najmä íly a hliny s typickým červenohnedým sfarbením). Rozplavené klastické sedimenty pontskej poltárskej formácie sme v jaskyni nezaznamenali a nepozorovali sme ich dokonca ani na povrchu, severne od jaskyne, kde ich uvádzajú Mello et al. (1996). V nedávnej perióde prebiehal fluviálny odnos výplní jaskynného dna a zahlbovanie sa vodného toku, tektonicky podmienené pozdĺž východnej steny jaskyne. Vplyvom relatívnej stagnácie územia v poslednom období sa erózna sila potoka stabilizovala a v súčasnosti prebieha v zadných častiach jaskyne chemické vyzrážavanie penovca na dne chodby medzi Dómom zrúcaných balvanov a 3. sifónom v podobe podlahových kôr a sintrových hrádzok vysokých niekoľko centimetrov. Náhle prívaly vôd zapĺňali jaskyňu jemno- až drobnozrnným materiálom z povrchu do výšky až niekoľko desiatok centimetrov od súčasnej hladiny a akumulovali v nej množstvo organického materiálu, medzi iným aj schránky ulitníkov, ktorých výrazná akumulácia sa nachádza v priestore za polosifónom. Z náhodne odobratej orientačnej vzorky z tabatocenózy sa podarilo určiť 38 taxónov, patriacich vodným (10), lesným (1 – 2), močiarnym (9), xerotermným (4) a lúčnym (5) spoločenstvám malakofauny (obr. 9).

Vo vyšších partiách jaskyne nad aktívnym riečiskom sa v súčasnosti vytvára bohatá sintrová výzdoba vo forme morfologicky rôznorodých sintrových výplní. Hojné sú stalak-



Obr. 10. Excentrická sintrová výzdoba stien pred záverečným sifónom jaskyne. Foto: L. Vlček
Fig. 10. Eccentric dripstone decoration of the walls in front of the last siphon in cave. Photo: L. Vlček

tity, stalagmity, náteky, kôry i excentrické formy. Zaujímavé sú napr. pagodovité stalagmity v Dóme Vysokých Tatier alebo niekoľko metrov dlhé sintrové záclony v oblasti pri 1. sifóne. Sintrové formy dna jaskynných chodieb sú naklonené a pohýbané vplyvom sadania a pohybu podložných sedimentov (Dóm Vysokých Tatier). Zvláštnu formu tvoria bradavičnaté sintre a excentrické formy vznikajúce z aerosólu nad hladinou prúdiacej vody, vyskytujúce sa pozdĺž vodného toku najmä v úvodných partiách a v priestore pred záverečným sifónom jaskyne (obr. 10).

ZÁVER

Skúmané územie v okolí jaskyne z geologickej stránky tvoria mezozoické karbonátové sedimentárne horniny litotektonickej megajednotky silicikum, reprezentovanej silickým príkrovom. V rámci silicika v bezprostrednom okolí vystupujú hlavne tisovecké (waxenecké) vápence (stredný až vrchný karn), wettersteinské vápence (ladin až kordevol) a miestami halštatské vápence (norik). Na základe mikrofaciálnej analýzy sa tieto typy vápencov dajú pomerne dobre odlíšiť a vymapovať na povrchu Silickej planiny nad jaskyňou. V rámci jaskynného traktu Milady však možno odlíšiť len jeden litofaciálny typ vápenca, a to ladin-karnské wettersteinské vápece, v zadných častiach jaskyne tektonicky postihnuté a výrazne rekryštalizované. Kým vstupné časti jaskyne sa vytvorili čistých riasových vápencoch s hojným výskytom rias cf. *Pilamminella gemerica* (Salaj), ktorých stratigrafické rozpätie udávajú Salaj et al. (1983) na ladin až spodný karn, a teda predstavujú súčasť wettersteinského súboru, priestory hlbšie v masíve – za Dómom zrúcaných balvanov – sa nachádzajú v tektonicky predisponovaných metamorfovaných svetlosivých mramoroch bez zachovanej mikrofauny. Z poznatkov zistených geologickým mapovaním v jaskyni možno posunúť hranicu medzi wettersteinskými a tisoveckými vápencami, udávanú Mellom et. al. (1996) na územie severne od jaskyne, až za ponory Fazuľového údolia.

Územím prebieha niekoľko zlomových línií reprezentovaných najmä alpínskymi štruktúrami SSZ – JJV smeru. Jaskyňa Milada bola vytvorená ponorným tokom v závere Fazuľového údolia. Jej vznik podmienilo tektonické porušenie územia systémom štruktúrnych porúch prednostne S – J a SZ – JV smeru. Najvýraznejšiu tektonickú štruktúru predstavuje paralelný systém mierne až strmo uklonených porúch S – J priebehu. Podradnejšie sa vyskytujú aj zlomy V – Z alebo SV – JZ smeru, a to najmä hlbšie v masíve, v záverečnej časti jaskyne. Hlavná časť jaskyne – šikmo uklonená veľkorozmerná chodba, predstavujúca hlavný ťah od umelého vchodu po 2. sifón, vznikla na šikmom, mierne uklonenom zlome S – J smeru (90/63° – 70/72°). Kinetika zlomu nie je známa, no v jeho zóne vznikla miestami i 0,5 m široká klastická litifikovaná poloha rozdrvenej horniny. Za 2. sifónom pokračuje jaskyňa pozdĺž ešte miernejšie ukloneného zlomu

(90/36°) až po Dóm zrútených balvanov. Na tomto mieste sa morfológia chodieb výrazne mení a chodba jaskyne sleduje subvertikálne uložené tektonické štruktúry V – Z smeru. Bočné riečisko je vytvorené na S – J zlome, no tu sa jaskyňa nateraz neprielezne končí. Hlavný ťah jaskyne sa končí zatiaľ neprekonaným 3. sifónom, ktorý sa nachádza v sieni založenej na subvertikálne uložených paralelných poruchách SV – JZ smeru. Smerové zalomenia chodieb na hlavnom ťahu jaskyne podmieňujú priečne tektonické poruchy, napr. v Brčkovom dóme alebo v priestore 2. sifónu. Štruktúrno-tektonická schéma jaskyne korešponduje s údajmi zistenými povrchovým geologickým mapovaním.

Poďakovanie. Ďakujem RNDr. Daniele Boorovej, CSc., a RNDr. Ľudovítovi Gaálovi za pomoc pri mikroskopickej analýze výbrusového materiálu, prof. RNDr. Jozefovi Šteffekovi, CSc., za určenie malakofauny, Gabrielovi Lešinskému za konzultácie pri zostavovaní histórie prieskumu Silickej planiny, Igorovi Balciarovi, Gabrielle Koltai, RNDr. Jaroslavovi Stankovičovi, Zoltánovi Jergovi a Mgr. Dagmar Haviarovej za pomoc pri terénnych prácach.

LITERATÚRA

Bella, P. – Klinda, J. 1996. Svetové prírodné dedičstvo v Slovenskej republike. Slovenský kras, Liptovský Mikuláš, 34, 177–181.

Bella, P. 1996. Jaskyne Slovenského a Aggtelekského krasu v zozname svetového dedičstva. Speleofórum '96, Česká speleologická společnost, Praha, 15, 58–59.

Bella, P. 1998. The Caves of the Slovak Karst: sites of the World Heritage. Enviromagazín, MŽP, Bratislava – SAŽP, Banská Bystrica, 8, 38.

Bella, P. – Hlaváčová, I. – Holúbek, P. 2007. *Zoznam jaskýň Slovenskej republiky (stav k. 30. 6. 2007).* SMOPaJ – SSJ – SSS, Liptovský Mikuláš, 1–364.

Bella, P. – Holúbek, P. 1999. *Zoznam jaskýň na Slovensku. (stav k 31.12.1998).* Dokumenty MŽP SR, Bratislava, 1–268.

Benický, V. – Čaplovič, V. 1953. Domica, jaskyňa pravekých tajov. Bratislava, 1–76.

Benický, V. 1946. Nové jaskyne v Slovenskom krase. Krásy Slovenska, 24, 2–3, 42–45.

Bystrický, J. 1964. Slovenský kras – Stratigrafia a Dacysladaceae mezozoika Slovenského krasu. Ústredný ústav geologický, Bratislava, 1–204.

Erdős, M. – Lalkovič, M. 1996. Jaskyne, priepasti a vyvieračky južnej časti Silickej planiny. Slovenský kras, 34, 157–176.

Gaál, Ľ. 2008. Geodynamika a vývoj jaskýň Slovenského krasu. Speleologia Slovaca, 1, Štátna ochrana prírody Slovenskej republiky – Správa slovenských jaskýň, Liptovský Mikuláš, 1–166.

Gaál, Ľ. – Bella, P. 2005. Vplyv tektonických pohybov na geomorfologický vývoj západnej časti Slovenského krasu. Slovenský kras, 43, 17–36.

Haviarová, D. – Gruber, P. 2006. Stopovacia skúška v jaskyni Milada. Aragonit, Liptovský Mikuláš, 11, 43–45.

Hochmuth, Z. 1998. História speleopotápačských výskumov na Slovensku. Spravodaj SSS, 29, 4, 45–51.

Hochmuth, Z. 2000. Problémy speleologického prieskumu podzemných tokov na Slovensku. SSS a Katedra geografie PFUPJŠ Košice, 1–164.

Jakál, J. – Bella, P. – Gaál, Ľ. – Haviarová, D. – Hlaváč, J. – Kováč, Ľ. – Lalkovič, M. – Soják, M. – Zelinka, J. 2008. Caves of the World Heritage in Slovakia. State Nature Conservancy of the Slovak republic – Slovak Caves Administration, Liptovský Mikuláš, 1–168.

Jakál, J. – Bella, P. – Gaál, Ľ. – Hlaváč, J. – Kováč, Ľ. – Lalkovič, M. – Soják, M. – Zelinka, J. 2005. *Jaskyne svetového dedičstva na Slovensku.* Správa slovenských jaskýň, Liptovský Mikuláš, 1–160.

Kovács, S. – Less, Gy. – Piros, O. – Réti, Sz. – Róth., L. 1989. Triassic Formations of the Aggtelek – Rudabánya Mountains (Northeastern Hungary). Acta Geol. Hung., Budapest, 32/1–2, 31–63.

Kováč, M. – Plašienka, D. (Eds.) 2003. Geologická stavba oblasti na styku alpsko-karpatsko-panónskej oblasti a priľahlých svahov Českého masívu. Univerzita Komenského, Bratislava, 1–85.

Krupár, Z. 1946. Niekoľko poznámok o Juhoslovenskom krase. Krásy Slovenska, 24, 2–3, 45–57.

Krupár, Z. 1947. Nové jaskyniarske nádeje v oblasti Borzovsko-Kečovskej na základe hydrologických pomerov južnej časti Silickej planiny. Krásy Slovenska, 24, 5 a 6, 128–161.

Kullmanová, A. 1979. O výskyte úlomkov vápencov s tentakulitmi v silickom príkrove. Geologické práce, Správy, Bratislava, 73, 235–236.

Lalkovič, M. 1997. Krasové javy Slovenského krasu vo svetle súčasného poznania. Ochrana krasových javov a krasových území. Zborník referátov, Brzotín, SAŽP – COPK Banská Bystrica, 12–21.
Lalkovič, M. 2001. Ján Majko – životné osudy jaskyniara. SMOPaJ, Liptovský Mikuláš, 1–185.
Majko, J. 1958. Výskumy a objavy v jaskynnej sústave Silicko-brezovsko-kečovskej v Juhoslovenskom krase. *Krásy Slovenska*, 35, 3, 113–117.
Majko, J. 1959. Sporné morfologické problémy v Silicko-brezovsko-kečovskej jaskynnej sústave vyriešené. *Krásy Slovenska*, 36, 10, 374–376.
Majko, J. 1959. Výskumy a objavy v druhej časti Silicko-brezovsko-kečovskej jaskynnej sústavy. *Krásy Slovenska*, 36, 4, 140–142.
Majko, J. 1960. Zpráva o speleologickej expedícii do jaskyne Milada pri Silickej Brezovej. *Krásy Slovenska*, Bratislava, 37, 9, 358.
Majko, J. 1961. Speleologicko-potápačský výskum v Silicko-brezovsko-kečovskej jaskynnej sústave. *Krásy Slovenska*, 38, 9, 356–358.
Majko, J. 1950. Výskum „Bezodnej ľadnice". *Krásy Slovenska*, 27, 5–8, 141–144.
Maucha, L. 1975. Jelentés a Papp Ferenc Barlangkutató Csoport 1975. évi tevékenységéről. Beszamoló a Magyar Karszt és Barlangkutató Társulat 1975 második félévi tevékenységéről.
Mello, J. – Elečko, M. – Pristaš, J. – Reichwalder, P. – Snopko, L. – Vass, D. –Vozárová, A. 1996. Geologická mapa Slovenského krasu 1 : 50 000, Geologická služba Slovenskej republiky, Bratislava.
Mello, J. – Elečko, M. – Pristaš, J. – Reichwalder, P. – Snopko, L. – Vass, D. – Vozárová, A. – Gaál, Ľ. – Hanzel, V. – Hók, J. – Kováč, P. – Slavkay, M. – Steiner, A. 1997. *Vysvetlivky ku geologickej mape Slovenského krasu* 1:50 000, Vydavateľstvo Dionýza Štúra, Bratislava, 1–255.
Móga, J. 1999. Reconstruction of the development history of karstic water networks on the southern part of the Gömör–Torna karst on the basis of ruined caves and landforms. Acta Carsologica, 28, 2, Ljubljana, 159–174.
Orvan, J. 1994. Podzemné vody. In Rozložník, M. – Karasová, E. (Eds.): Slovenský kras – Chránená krajinná oblasť – biosférická rezervácia, CHKO Slovenský kras, Osveta, Martin, 225–234.
Salaj, J. – Borza, K. – Samuel, O. 1983. Triassic Foraminifers of the West Carpathians. Geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava, 1–213.
Sárváry, I. 1965. Sikeres kisérlet a Vass Imre-barlangnát. Karszt és Barlang, 2, 64.
Siblík, M. 1990. Carnian terebratulid brachiopods from the Slovak Karst (SE Slovakia). Biostratigrafické a sedimentologické studie v mezozoiku Českého masivu a Západních Karpat. Sborník, 2, Knih. Zemn. Plyn. Nafty, 9b, Hodonín, 109–145.
Stárka, V. 1952. Lokalisace některých hlubokých propastí Jihoslovenského krasu. Československý kras, Praha, 5, 219–222.
Stárka, V. 1954. Juhoslovenský kras. Krásy Slovenska, Bratislava, 31, 3, 86–91.
Strömpl, G. 1912. Vorläufiger Bericht über die im Sommer des Jahres im Höhlengebiet Abauj-Gömör vorgenommenen Höhlenforschungen. *Földtani közlöny*, Budapest, 42, 349–355.
Turkota, J. 1964. Skončil už speleologický prieskum na Silickej planine? Krásy Slovenska, 41, 1, 38–39.
Turkota, J. 1970. Exkurzia po Silicko-Brezovsko-Kečovskej jaskynnej sústave. Prírodné vedy – Geografia 1, Universitas Comeniana, Facultas Peadagogica Tyrnaviensis, 1, Bratislava, 27–55.
Vlček, L. 2008. Geologický výskum NPP Milada, Slovenský kras. Manuskript, Správa slovenských jaskýň, Liptovský Mikuláš, 1–23.
Volek, L. 1960. Ukazuje sa nová, veľká jaskynná sústava. Krásy Slovenska, Bratislava, 37, 8, 320.

GEOLOGICAL RESEARCH OF MILADA CAVE (SILICA PLATEAU, SLOVAK KARST)

Summary

The Milada Cave is located close to Silická Brezová Village in central part of Silica Plateau, SW edge of Slovak Karst area and it belongs to Silická Brezová – Kečovo hydrological underground system. The studied area in the surrounding of the cave, from the geological point of view, is built by the Mesozoic carbonate rocks of the lithotectonic block of Silica Unit, which is represented by Silica nappe. There are mainly Tisovec (Waxeneck) limestones (Middle to Upper Carnian), Wetterstein limestones (Ladinian to Cordevolian) and some places also Hallstatt limestones (Norian) in the surroundings of the cave. Based on the microfacial analysis these types of limestones could be comparatively well differentiable and they could be mapped on the surface of Silica Plateau, nearby the cave. In spite of this fact we mapped only one litofacial type of limestone – Ladinian-Carnian Wetterstein limestones, which are in the back parts of the cave tectonically affected and considerably recrystalized. The entrance sector of cave was created in the pure algaeous limestones with abundant algae cf. Pilamminella gemerica (SALAJ) with stratigraphic range Ladinian to Lower Cordevolian, which are incorporated to Wetterstein complex. Cave spaces deeper in the massif – corridors behind "The fallen boulders dome" – were created in tectonically predisposed metamorphosed light-coloured grey marbles

without preserved microfossils. From the geological mapping results we can move the lithological border between Wetterstein and Tisovec limestones set by Mello et al. (1996) more to north, to the area behind the Milada Cave and ponors of "Beans Valley" brooks. Several fault lines pass through the karstic area. They are represented by alpine structures with NNW – SSE direction. The Milada Cave was created by ponor flow in the end of the "Beans Valley". The cave origin was conditioned by tectonic system of fractures predominantly of N – S and NW – SE direction. The dominant tectonic structure represents the parallel system of shallow to steep sloped fractures of N – S direction. The faults of E – W or NE – SW direction are occurring less abundantly, mainly in the end parts of cave, deeper in the karst massif. The main part of the cave – great slope corridor representing the main passage of cave from the entrance to the 2nd siphon – was created on the slope fault of N – S direction (90/63° – 70/72°). The kinematics of the fault is yet unknown (no markers occurred and were studied); the lithological position of clastic lithified crushed rock, locally up to 0.5 m thick was created in its zone. In the parts behind the 2nd siphon, the cave continues along shallower inclined fault (90/36°) to "The fallen boulders dome". In this place, the corridors morphology changes, and the passage follows the subvertical tectonic structures of E – W direction. The side tributary passage was generated on the N – S oriented fault, where the cave ends at this moment. The main passage of cave ends by the 3rd siphon, which is situated in the dome created on the subvertical parallel structures of NE – SW direction. The bends of cave corridors on the main passage are conditioned by the transverse tectonics, e. g. in the "Straw-stalactites Dome" or in the 2nd siphon. The tectonic pattern of the cave corresponds with the data from the surface geological mapping.

SLOVENSKÝ KRAS ACTA CARSOLOGICA SLOVACA	47/2	217 – 230	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2009

NOVÉ POZNATKY O ODVODŇOVANÍ JASKYNNÉHO SYSTÉMU STRATENSKEJ JASKYNE

DAGMAR HAVIAROVÁ[1] – JÁN TULIS[2] – PETER PRISTAŠ[3]

[1] Štátna ochrana prírody SR, Správa slovenských jaskýň, Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš, haviarova@ssj.sk
[2] Speleologický klub Slovenský raj, Brezová 9, 052 01 Spišská Nová Ves
[3] Ústav fyziológie hospodárskych zvierat SAV, Ul. Šoltésovej 4-6, 040 01 Košice; pristas@saske.sk

D. Haviarová, J. Tulis, P. Pristaš: New knowledge on the drainage of Stratenská cave system

Abstract: Stratenská cave system is one of the most important karst cave systems in the Western Carpathians. The cave system is situated in the Slovak Paradise, on the Dúča Plateau. Problems of drainage of this system are still open. The article presents results of two tracing tests that were realized in Stratenská cave system, in Stratenská Cave and Psie diery Cave, during time period 2008 and 2009. The bacteriophages were used as a special biological tracer. The tracer was applied in the lower part of the caves. The first tracing test was realized in Stratenská Cave. The results of test showed the underground hydrological connection between NW-part of the cave and surface of Hnilec River. The tracer was confirmed in water of Hnilec River on the third day after its application in the cave. The tracer test didn't confirm connection with karst spring lying on the edge of plateau. The second test was realized in Psie diery Cave. This test wasn't successful, tracer wasn't confirmed in any observed karst springs on Duča Plateau and in any observed surface waters.

Key words: Stratenská cave system, Stratenská Cave, Psie diery Cave, tracing test, bacteriophages, karst springs, Hnilec River

ÚVOD

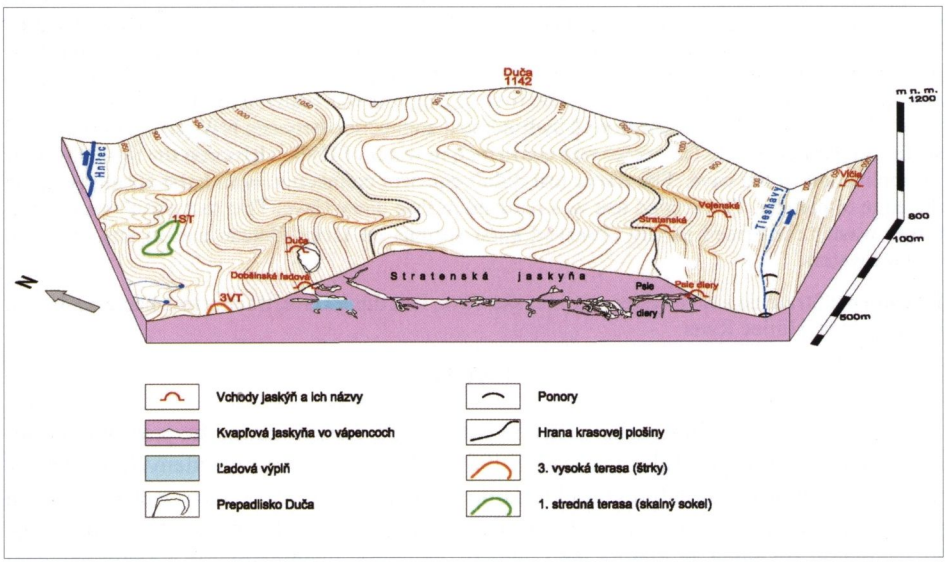
Jaskynný systém Stratenskej jaskyne patrí medzi najvýznamnejšie jaskynné systémy Západných Karpát (Tulis a Novotný, 1989). Množstvo nazhromaždených poznatkov približujúcich jeho základnú charakteristiku je výsledkom náročných speleologických prieskumov a odborných výskumov, ktoré sa na tejto lokalite doteraz zrealizovali. Mnohé problémy týkajúce sa hlavne jeho genézy, geológie, geomorfológie a sedimentárnej výplne boli čiastočne alebo úplne vyriešené, prípadne boli naznačené ich riešenia a smery pokračovania ďalšieho výskumu.

Problematika odvodňovania jaskynného systému patrí stále medzi otvorené a zatiaľ nedoriešené úlohy. Vo všeobecnosti sa predpokladá, že zrážková voda infiltrujúca do podzemia krasovej planiny Duča sa dostáva späť na povrch väčšinou prostredníctvom krasových prameňov ležiacich v doline Tiesňavy a Hnilca. Tu by mali pravdepodobne končiť aj vody občasných autochtónnych tokov nachádzajúcich sa v jaskynnom systéme. Výsledky v minulosti realizovaných stopovacích skúšok na lokalite však priniesli diskutabilné výsledky, na základe ktorých nebolo možné stanoviť jednoznačné závery a potvrdiť tieto teórie. Stále tak ostala otvorená otázka identifikácie smerov prúdenia podzemných vôd v systéme, na ktorú bolo možné hľadať odpoveď len vykonaním ďalších stopovacích skúšok.

Príspevok prináša nové poznatky o odvodňovaní jaskynného systému získané na základe výsledkov dvoch stopovacích skúšok (zo Stratenskej jaskyne a jaskyne Psie diery), ktoré sa v systéme zrealizovali v období rokov 2008 a 2009.

VŠEOBECNÁ CHARAKTERISTIKA LOKALITY

Jaskynný systém Stratenskej jaskyne sa nachádza v južnej časti Slovenského raja, v katastrálnom území Dobšiná, okres Rožňava. V zmysle regionálneho geomorfologického členenia (Mazúr a Lukniš, 1978) je územie Slovenského raja súčasťou celku Spišsko-gemerský kras, geomorfologickej oblasti Slovenské rudohorie. Jaskynný systém sa rozkladá v krasovej planine Duča, ktorá predstavuje jednu z planín Slovenského raja reprezentujúcich formu úplného planinového krasu (obr. 1). Duča patrí zároveň k najbohatším územiam Slovenského raja z hľadiska výskytu podzemných krasových javov. Planinu s rozlohou 6,07 km^2 (Novotný a Tulis, 2005) na juhovýchode a severe ohraničujú fluviokrasové doliny Hnilca a Tiesňavy, ktorými pretekajú alochtónne toky. Juhozápadnú hranicu tvorí suchá Sámelova dolina. V južnej časti prechádza krasová planina do nekrasového reliéfu. V podzemí planiny bolo zaevidovaných a zdokumentovaných takmer 60 jaskýň.



Obr. 1. Blokdiagram časti krasovej planiny Duča a jaskynného systému Stratenskej jaskyne. Spracoval: KORAL, s. r. o., Spišská Nová Ves z podkladov Speleologického klubu Slovenský raj
Fig. 1. Block diagram of a part of Duča karst plateau and Stratenská cave system. Compiled by KORAL, s. r. o., Spišská Nová Ves after copies of Speleological Club Slovak Paradise

Podľa Atlasu krajiny SR časti 27. Klimatické oblasti (2002) je územie súčasťou chladnej oblasti C, mierne chladného okrsku C1. Priemerný ročný úhrn zrážok z účelovej klimatologickej stanice Dobšinská ľadová jaskyňa za obdobie rokov 1931 až 1960 predstavuje 954 mm (Petrovič in Kožáková, 2004).

Na geologickej stavbe Slovenského raja sa podieľa päť paleoalpínskych jednotiek: veporikum, hronikum, gemerikum, meliatikum a silicikum (Mello et. al., 2000), ktoré prekrývajú mladšie vrchnokriedové, paleogénne a kvartérne sedimenty. Dôležitú úlohu pri vývoji krasu má tektonická jednotka silicika, ktorá je tvorená dvoma príkrovmi – stratenským

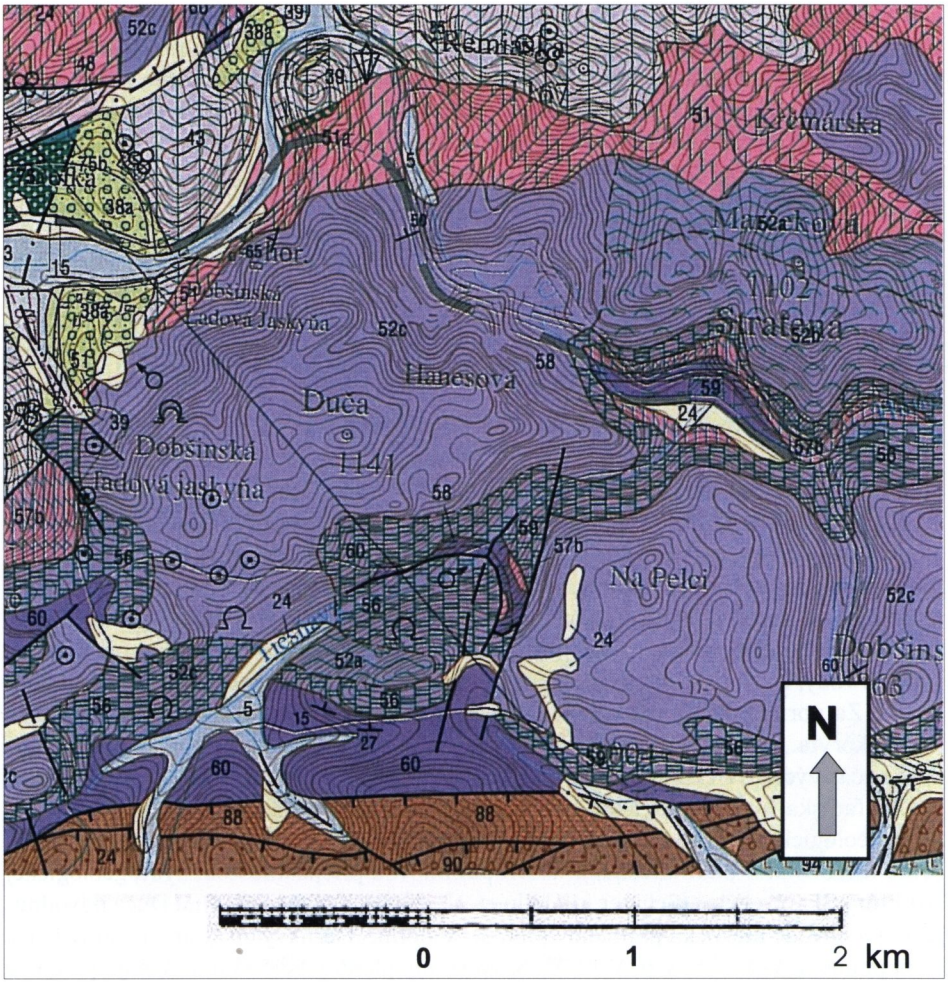
a vernárskym. Hlavnú časť krasového územia vrátane predmetnej lokality reprezentujú mezozoické horniny stratenského príkrovu, ktorý pozostáva z dvoch čiastkových príkrovov – spodného južnejšieho geravského a vyššieho severnejšieho glacského. Príkrovy sú navzájom nasunuté pozdĺž tomášovského prešmyku ZJZ – VSV smeru prebiehajúceho od sedla Besník, severne od osady Dobšinská Ľadová Jaskyňa, okolo Lipovca a cez závery dolín Veľkého Sokola a Bieleho potoka do doliny Lesnice. Ich stavbu budujú horniny spodnotriasového až jurského veku. V záujmovom území majú dominantnú pozíciu vápence a dolomity strednotriasovej karbonátovej platformy (obr. 2).

Jaskynný systém Stratenskej jaskyne tvorí niekoľko samostatných jaskýň (Novotný a Tulis, 2005): Dobšinská ľadová jaskyňa (1483 m), jaskyňa Duča (136 m), Stratenská jaskyňa + jaskyňa Psie diery (19 317 m + 2670 m = 21 987 m), Vojenská jaskyňa (53 m), Zelená jaskyňa (31 m), Sintrová jaskyňa (17 m) a niekoľko drobných jaskýň ležiacich v ľavom svahu doliny Tiesňavy.

Územie spadá do čiastkového povodia rieky Hnilec, ktorá v obci Stratená priberá pravostranný prítok z doliny Tiesňavy. Priemerný prietok Hnilca v stanici Stratená podľa údajov SHMÚ za obdobie rokov 1971 – 1984 zodpovedá 1,17 $m^3.s^{-1}$, s minimami v mesiaci február (0,482 $m^3.s^{-1}$) a maximami v mesiaci máj (2,301 $m^3.s^{-1}$). Hnilec je alochtónny tok prameniaci v kryštaliniku Nízkych Tatier, pod Kráľovou hoľou. Alochtónny pôvod má aj potok Tiesňavy, ktorý pramení juhozápadne od Stratenej v horninách mladšieho paleozoika. Potok Tiesňavy je schopný vo svojej hornej časti v prostredí karbonátových hornín ponárať sa do podzemia. Ponory sú pozorovateľné len pri nízkych stavoch vody, čo súvisí s ich malou kapacitou pohltiť a odviesť povrchovú vodu do podzemia. Za normálnych a extrémnych stavov vody potok Tiesňavy tečie v celej dĺžke svojho koryta. Sámelova dolinka je väčšinou suchá, občasný tok sa v nej objavuje len na jar a počas výdatných zrážok.

Z hľadiska hydrogeologickej charakteristiky patrí územie do jedného zo štyroch hydrogeologických celkov vyčlenených na území Slovenského raja – hydrogeologického celku mezozoika s puklinovou a krasovo-puklinovou priepustnosťou, hydrogeologickej štruktúry Skaly a Pelca (Scherer in Mello et. al., 2000). Krasovú planinu Duča odvodňuje po jej obvode niekoľko prameňov (obr. 3). V doline Tiesňavy zo strany planiny Duča ležia pramene V-4, V-5, V-9, V-17, V-18, zo strany planiny Pelc sa nachádzajú pramene V-1, V-2, V-6, V-7, V-8 a krasová vyvieračka V-3, ktorá komunikuje s ponárajúcimi sa vodami potoka Tiesňavy. V pravostrannej časti doliny Hnilca medzi Dobšinskou ľadovou jaskyňou a Stratenou ležia pramene V-10 a V-11. Pod Dobšinskou ľadovou jaskyňou sa nachádzajú pramene V-12, V-13 a V-14. Z pravého svahu Sámelovej doliny vyvierajú ešte dva krasové pramene V-15 a V-16. Výdatnosť všetkých prameňov je premenlivá, pohybujúce sa väčšinou v rozpätí len niekoľko $l.s^{-1}$. Niektoré pramene v čase nepriaznivých klimatických pomerov úplne vysychajú (napr. V-5, V-6, V-13, V-14). Všetky vyššie spomenuté pramene okrem prameňov V-17 a V-18, ktoré boli prvýkrát zdokumentované počas prípravných prác na stopovacie skúšky, sú podrobnejšie opísané v publikácii Tulisa a Novotného (1989).

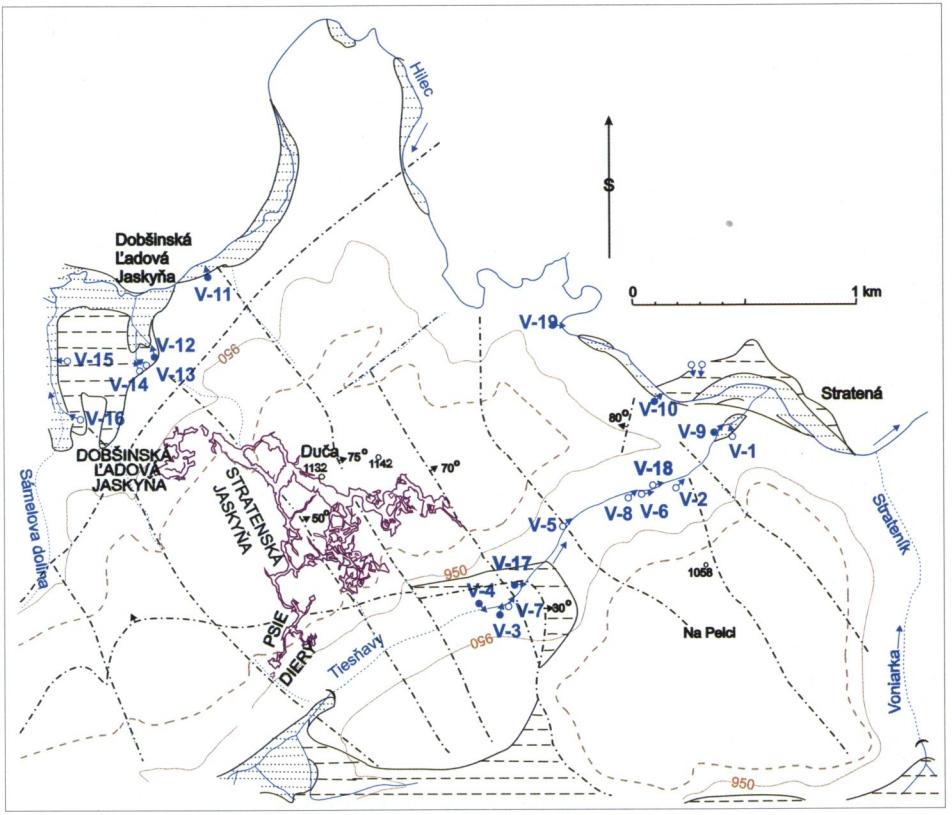
Na základe doterajších meraní a analýz chemického zloženia vôd jednotlivých prameňov môžeme hovoriť o ich podobnej veľkosti mineralizácie, ktorá je obdobná mineralizácii podzemných vôd v jaskynnom systéme (tab. 1). Výnimku tvoria krasové pramene V-12 až V-16, ktorých vody sú vyššie mineralizované. Dôvodom môže byť rozdielna infiltračná oblasť a dlhší, respektíve hlbší obeh podzemných vôd, čomu nasvedčujú aj vyššie teploty vôd vystupujúcich z týchto prameňov. Nižšia mineralizácia je zasa charakteristická pre vody horného úseku potoka Tiesňavy.



Obr. 2. Geologická mapa okolia jaskynného systému Stratenskej jaskyne – výrez z geologickej mapy Slovenského raja, Galmusu a Hornádskej kotliny 1 : 50 000 (Mello et al., 2000). Legenda: **kvartér**: 5 – fluviálne sedimenty (*holocén*), 15 – proluviálne sedimenty, hlinité štrky a piesčité hliny náplavových kužeľov (*stredný pleistocén*), 24 – svahoviny vcelku, litofaciálne nečlenené (*nečlenený kvartér*); **gosauská skupina – krieda (*senón*)**: 38a – polymiktné zlepence, červené pieskovce, bridlice, 39 – sladkovodno-brakické súvrstvie; **silicikum – stratenský príkrov**: 43 – dachsteinské vápence (*vrchný karn – norik*), 48 – dachsteinské dolomity (*vrchný jul – spodný tuval*), 51 – wettersteinské dolomity (*longobard – najspodnejší karn*), 51a – rohovcové dolomity (*longobard – najspodnejší karn*), 52a – wettersteinské vápence lagunárne (*ladin – kordevol*), 52b – wettersteinské vápence rífové (*ladin – kordevol*), 52c – wettersteinské vápence nerozlíšené (*ladin – kordevol*), 56 – steinalmské vápence (*anis*), 57b – gutensteinské súvrstvie – dolomity (*egej – bityn*), 59 – verfénske súvrstvie, bodvasilašské vrstvy: pestré bridlice a pieskovce (*griesbach? – namal*), 60 – verfénske súvrstvie, bodvasilašské a sinské vrstvy nerozlíšené (*spodný trias*); **meliatikum**: 75a – serpentinity (*trias?*), 75b – bazalty (*trias?*); **gemerikum**: 88 – krompašská skupina, petrovohorské súvrstvie: prevažne fialové a zelené pieskovce, lokálne s vložkami zlepencov, bridlice (*perm*), 89 – krompašská skupina, knolské súvrstvie: pieskovce (*perm*), 90 – krompašská skupina, knolské súvrstvie: polymiktné zlepence a brekcie (*perm*), 94 – dobšinská skupina, zlatnícke súvrstvie: metamorfované bázické vulkanity (*vrchný karbón*).

Fig. 2. Geological map of environmental of Stratenská cave system – crop from the Geological map of the Slovenský raj, Galmus Mts. and Hornád Basin in scale 1 : 50 000 (Mello et al., 2000). Legend: **Quaternary**: 5 – fluvial sediments (*Holocene*), 15 – proluvial sediments, loamy gravels and sandy loams of proluvial fans, 24 – deluviums generally, lithofacially undivided (*Quaternary undivided*); **Gosau Group – Cretaceous (*Senonian*)**: 38a – polymict conglomerates, red sandstones and breccia, 39 – freshwater-brackish formation;

Silicicum Unit – Stratená Nappe: 43 – Dachstein limestones (*Late Carnian – Norian*), 48 – Dachstein dolomites (*Late Julian – Early Tuvalian*), 51 – Wetterstein dolomites (*Langobard – Earliest Carnian*), 51a – Cherty dolomites (*Langobard – Earliest Carnian*), 52a – Wetterstein Limestones, lagoonal (*Ladinian – Cordevolian*), 52b – Wetterstein limestones, reef (*Ladinian – Cordevolian*), 52c – Wetterstein limestones undivided (*Ladinian – Cordevolian*), 56 – Steinalm limestones (*Anisian*), 57b – Gutenstein Formation – dolomites (*Aegean – Bithynian*), 59 – Werfen Formation, Bódvaszilas Member: variegated shales and sandstones (*Griesbachian? – Nammalian*), 60 – Werfen Formation, Bódvaszilas and Szin Members undivided (*Early Triassic*); **Meliaticum**: 75a – serpentinites (*Triassic?*), 75b – basalts (*Triassic?*); **Gemericum Unit**: 88 – Krompachy Group, Petrova hora Formation: violet and green sandstones, locally intercalations of conglomerate, shales (*Permian*), 89 – Krompachy Group, Knola Formation: sandstones (*Permian*), 90 – Krompachy Group, Knola Formation: polymict conglomerates and breccias (*Permian*), 94 – Dobšiná Group, Zlatník Formation: metamorphosed basic volcanites (*Late Carboniferous*).



Obr. 3. Poloha krasových prameňov planiny Duča. Spracovali: J. Tulis, D. Haviarová
Fig. 3. Localization of karst springs on Duča Plateau. Compiled by J. Tulis, D. Haviarová

Stratenská jaskyňa

Stratenská jaskyňa predstavuje inaktívnu fluviokrasovo-korózno-rútivú jaskyňu. V Zozname jaskýň Slovenskej republiky k 30. 6. 2007 (Bella et al., 2007) je spolu s jaskyňou Psie diery uvedená pod číslom 3813. Jaskyňa patrí medzi národné prírodné pamiatky. Jaskynné priestory boli zmapované v dĺžke 19 317 m, hĺbka jaskyne je 194 m. Jaskyňu objavili v roku 1972 V. Košel a J. Volek, členovia Speleologického klubu Slovenský raj. Jej južná časť je vyvinutá v steinalmských vápencoch (vrchný anis), ostatné časti prislúchajú k wettersteinským vápencom (ladin). Obidva typy vápencov sú veľmi čisté, dobre podliehajú krasovateniu (Tulis a Novotný, 1989). V jaskyni prevládajú dva

Tab. 1. Prehľad výsledkov meraní mernej elektrickej vodivosti (EC) a teploty vody na odberných miestach a miestach aplikácie stopovača
Tab. 1. Overview of results of specific electric conductivity (EC) and water temperature on sampling places and places of tracer application in the caves

	EC (µS/cm)	Teplota vody (°C)	EC (µS/cm)	Teplota vody (°C)	Nadmorská výška m n. m.
	7. 8. 2008		20. 8. 2009		
V-3	275	6	313	5,8	855
V-4	184	7,6	265	5,8	856
V-9	247	5,9	suchý	suchý	802
V-10	287	6,7	290	5,5	801
V-11	315	6,3	nemerané	nemerané	850
V-12	383	7,8	401	7,7	862
V-17	320	6,9	320	6,8	847
V-18	308	6,1	326	6,7	816
V-19	277	6	265	6,2	
potok Tiesňavy nad V-4	127	12	151	8,3	857
potok Tiesňavy pred sútokom s Hnilcom	249	6,3	250	8,5	805
Hnilec (H-3)	302	6,7	301	8,5	813
Blatistá chodba (Stratenská jaskyňa)	306	nemerané			856
Ponorná chodba (Stratenská jaskyňa)	327	nemerané			866
Zablatená chodba (jaskyňa Psie diery)			308	nemerané	898

základné smery vrstiev: východozápadný so sklonom vrstiev k juhu a severovýchodný so sklonom k juhovýchodu (Novotný a Tulis, 2005). Celý systém sa nachádza v širokom pásme štítnickej zlomovej zóny smeru SSZ – JJV. Orientácia zlomov a tektonických puklín v jaskyni je podobná. Jaskyňu tvorí rozsiahly labyrint podzemných priestorov rôznych veľkostí a tvarov. Najväčšie jaskynné chodby sa vytvorili paleotokom Hnilca (smer SZ – JV) a labyrintové časti paleotokom Tiesňavy (JJV – SSZ až S – J). Jednou z dominánt jaskyne je Rozprávkový dóm, ktorý s objemom 79 017 m^3 predstavuje najväčší známy podzemný jaskynný priestor na Slovensku. V jaskyni je vyčlenených (Tulis a Novotný, 1989) 5 vývojových úrovní a 2 horizonty vo výškovom rozpätí 855 – 995 m n. m. Najvýznamnejšia a zároveň najrozsiahlejšia je IV. vývojová úroveň, ležiaca vo výške 930 až 950 m n. m. Najnižšie položené jaskynné priestory, patriace k I. vývojovej úrovni (855 až 868 m n. m.), sa končia väčšinou sifónovými jazierkami.

Hydrologická aktivita Stratenskej jaskyne nie je v súčasnosti príliš veľká. Paleotoky Hnilca a Tiesňavy už dávno nepretekajú jaskynnými chodbami. Menšie autochtónne toky majú prevažne periodický charakter. Ich prietoky sú závislé od vonkajších zrážok,

na ktoré veľmi rýchlo reagujú. Najnižšie položený stály podzemný tok je známy z Ponornej chodby v úrovni 866 m n. m. V jaskyni je viacero jazier (napr. Smaragdové jazero, Čierne jazierko, Spišské jazerá, Zelené jazero, Hlboké jazero a pod.), z ktorých väčšina má občasný charakter. Najväčšie a najvýznamnejšie jazerá sú v prepadliskách na dne podzemných priestorov. Najviac jazier sa nachádza na IV. a I. vývojovej úrovni. Plocha jazier sa pohybuje od niekoľkých m^2 až do 320 m^2, hĺbka jazier dosahuje miestami až 5,5 m. Najväčším jazerom s plochou 320 m^2 je Stalagmitové jazero.

Jaskyňa Psie diery

Jaskyňa Psie diery je s dĺžkou 2670 m druhou najdlhšou jaskyňou systému. So Stratenskou jaskyňou (so Šikmou priepasťou) ju prepojili v roku 1994. Jaskyňa bola známa oddávna. S jej podrobnejším speleologickým prieskumom sa začalo v roku 1974. Jaskyňa je vyvinutá v tmavosivých a svetlosivých wettersteinských vápencoch stredného triasu. Jaskynné priestory sú v pôdoryse usporiadané v tvare písmena „X". Najvýznamnejšiu časť jaskyne tvorí jej vetva smeru SSV – JJZ. Najväčšie jaskynné chodby, situované predovšetkým v IV. a II. vývojovej úrovni, vytvorili vody paleotoku Tiesňavy.

Deficit vody v jaskyni Psie diery je ešte väčší ako v prípade Stratenskej jaskyne. Úplne tu chýba podzemný vodný tok. Prítomné sú len jazerá, ktorých plochy nepresahujú 100 m^2. Tie najväčšie sa nachádzajú na II. úrovni. Z genetických typov boli v jaskyni vyčlenené erózno-korózne, hrádzové jazerá a jazerá v prepadliskách dna.

HISTORICKÉ STOPOVACIE SKÚŠKY

Problematickú otázku týkajúcu sa odvodňovania Stratenskej jaskyne riešili v minulosti členovia Speleologického klubu Slovenský raj prostredníctvom troch samostatných stopovacích skúšok. Prvá z nich sa zrealizovala v auguste 1975. Počas nej sa zafarbil vodný tok v Ponornej chodbe. Druhá stopovacia skúška sa vykonala v apríli 1978 v dóme Zlomísk, keď bol farbený občasný tok pritekajúci z Perejovej chodby. Zatiaľ posledná indikačná skúška pochádza z augusta 2001. Vo všetkých prípadoch sa ako stopovač použilo farbivo fluoresceín rozpustené v liehu. Počas skúšok sa pozorovali všetky významnejšie pramene v doline Tiesňavy a Hnilca, ležiace nižšie ako miesta aplikácie farbiva v podzemí. Vzorky sa hodnotili vizuálne, prípadne pomocou UV lampy (vykonané v laboratóriu podniku Povodie Hornádu a Bodrogu v Košiciach). Výsledok ani jednej stopovacej skúšky nebol natoľko presvedčivý, aby sa príslušná skúška mohla považovať za úspešnú.

METODIKA PRÁC

Priebeh stopovacích skúšok sme rozdelili do dvoch samostatných etáp. Prvou z nich bola stopovacia skúška v Stratenskej jaskyni, druhou stopovacia skúška v jaskyni Psie diery. V obidvoch prípadoch sa na stopovanie použil biologický stopovač, fágová suspenzia bakteriofágu H40/1, na použitie ktorej boli ešte v prípravných fázach prác vybavené všetky patričné povolenia. Vlastným stopovacím skúškam predchádzala podrobná rekognoskácia terénu spojená s dokumentáciou krasových prameňov lemujúcich krasovú planinu Duča, planinu Pelc v jej západnej časti a pramene v doline Hnilca medzi Dobšinskou ľadovou jaskyňou a Stratenou. Počas dokumentácie sa na všetkých prameňoch uskutočnili merania mernej elektrickej vodivosti (EC) a teploty vody prístrojom f. WTW typ LF 323 (obr. 4), súčasne sa merala ich výdatnosť. Nakoniec sa všetky pramene zamerali prístrojom GPS. Nasledoval výber odberných miest, ktorých počet spolu

Obr. 4. Meranie mernej elektrickej vodivosti (EC) a teploty vody, prameň V-9. Foto: P. Staník
Fig. 4. Measurement of specific electric conductivity (EC) and water temperature, spring V-9. Foto: P. Staník

s celkovým počtom odobratých vzoriek limitovalo množstvo pridelených finančných prostriedkov, ako aj kapacitné možnosti dodávateľského laboratória. Pri výbere prameňov určených na vzorkovanie boli jedným z hlavných kritérií výsledky merania EC a výšková poloha prameňov voči miestu aplikácie stopovacej látky v jaskyniach.

Všetky odbery sa vykonávali do jednorazovo použiteľných plastových odberných nádob s objemom 15 ml. Každá odobratá vzorka bola patrične popísaná a až po jej laboratórne spracovanie uložená v chlade a tme. Jednotlivé vzorky sa priebežne vyhodnocovali v laboratórnych podmienkach. Na základe týchto výsledkov sa upravoval časový harmonogram odberov aj samotné odberné miesta. Denné odbery striedali odbery s dvoj, troj- až sedemdňovým intervalom.

Vodný stav na Hnilci a toku Tiesňavy sa stanovil na základe hydrometrovacích prác za použitia hydrometrovacieho krídla f. OTT (typ C2). Odbery spolu s ďalšími terénnymi prácami zabezpečovali na lokalite členovia Speleoklubu Slovenský raj spolu s pracovníkmi Správy slovenských jaskýň.

Príprava stopovača a laboratórne spracovanie vzoriek

Na stopovanie sme použili fágovú suspenziu bakteriofága H40/1. Hostiteľským kmeňom tohto fága je pôvodom morská baktéria *Pseudoalteromonas gracilis*. Fágová suspenzia bola na účely stopovacej skúšky pripravená zo 4 litrov SWB (Sea Water Broth) média, ktoré sa inokulovali 4 mililitrami nočnej kultúry *Pseudoalteromonas gracilis* a 4 mililitrami fágovej suspenzie bakteriofága H40/1. Takto pripravená zmes sa inkubovala pri izbovej teplote 24 hodín za výdatnej aerácie. Výsledná početnosť fágov v pripravenej suspenzii bola 10^{10} na 1 ml. Na stopovanie sme v rámci každej stopovacej skúšky použili cca 8 l suspenzie.

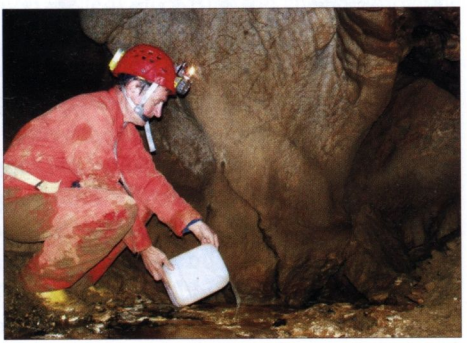
Pri stanovení početnosti fágov vo vzorkách sa k 1 mililitru každej vzorky vody pridalo 100 mikrolitrov čerstvo pripravenej kultúry *Pseudoalteromonas gracilis* ($OD_{600} = 0,2$) a zmes sa následne inkubovala 15 minút pri izbovej teplote. Po tomto čase sa rovnomerne naniesla na povrch kultivačnej platne s SWA médiom a prekryla sa 4 mililitrami „soft" SWA agaru (SWB médium s prídavkom 6 gramov agaru na liter média). Po stuhnutí média sa platne inkubovali pri izbovej teplote počas 24 hodín. Všetky stanovenia sa opakovali minimálne dvakrát. Vo všetkých vzorkách bol objem analyzovanej vody 1 mililiter. Prípravu stopovacej látky, ako aj analýzu všetkých vzoriek zabezpečili pracovníci Ústavu fyziológie hospodárskych zvierat SAV v Košiciach.

STOPOVACIA SKÚŠKA V STRATENSKEJ JASKYNI

Priebeh stopovacej skúšky

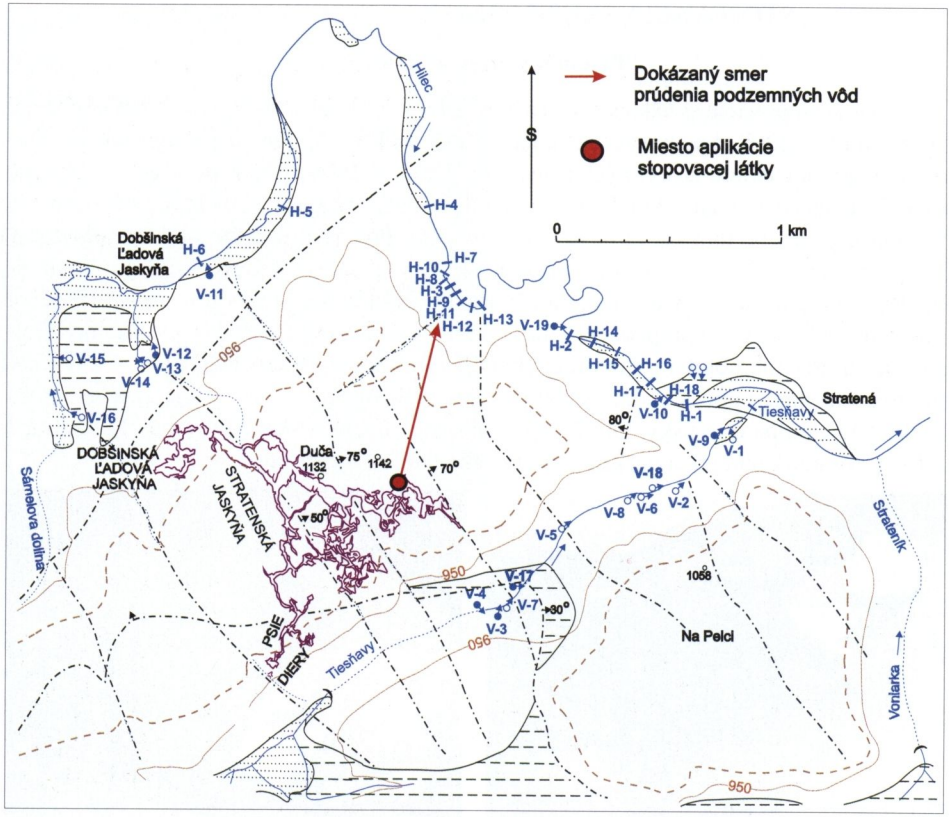
Vlastná stopovacia skúška v Stratenskej jaskyni sa zrealizovala v časovom horizonte 10. 8. až 13. 9. 2008. Ako miesta aplikácie sa vybrali lokality patriace k najnižšie položeným známym častiam jaskynných priestorov. Išlo o sifónové jazierko v Blatistej chodbe (obr. 5) ležiace vo výške 855,87 m n. m. a jediný stály jaskynný autochtónny tok (obr. 6) v Ponornej chodbe (866,57 m n. m.). Vodný tok v Ponornej chodbe vyviera zo sifónu, tečie chodbou v dĺžke asi 4 m a nakoniec sa ponára pod severovýchodnú stenu chodby. Predpokladá sa, že potok tečie do Blatistej chodby. Tento predpoklad zatiaľ nebol dokázaný a aj preto sa stopovacia látka aplikovala súčasne na obidve vyššie spomínané miesta. Prietok potoka v Ponornej chodbe zvyčajne neprekročí 0,2 $l.s^{-1}$. K zvýšeniu prietoku dochádza počas výdatných zrážok a v čase topenia snehu. V tom čase sa zatápa aj Blatistá chodba do výšky 2 až 2,5 m. Tento stav má len dočasné trvanie, čo indikuje možnú komunikáciu jej jazierka s okolitým krasovým prostredím.

Obr. 5. Aplikácia stopovacej látky v Blatistej chodbe, Stratenská jaskyňa. Foto: F. Miháľ
Fig. 5. Application of tracer in the Blatistá Passage, Stratenská Cave. Photo: F. Miháľ



Obr. 6. Aplikácia stopovacej látky v Ponornej chodbe, Stratenská jaskyňa. Foto: F. Miháľ
Fig. 6. Application of tracer in the Ponorná Passage, Stratenská Cave. Photo: F. Miháľ

Ako prvé sa v rámci stopovacej skúšky zvolili medzi odberné miesta vybrané prameňe v doline Tiesňavy (obr. 7): najvyššie ležiaci krasový prameň v doline Tiesňavy (V-4), pravostranná vyvieračka vyvierajúca zo skalného masívu na úrovni potoka (V-3, Rybníček) a ľavostranné pramene V-9 a V-17. V doline Hnilca sa vzorkovali pramene V-10 a V-11, vyvierajúce z pravého svahu doliny Hnilca medzi Dobšinskou ľadovou jaskyňou a Stratenou, výtok z odvodňovacej štôlne cestného tunela (V-19) a jeden z prameňov pod Dobšinskou ľadovou jaskyňou, prameň V-12. Aby sa podchytili aj menej významné pramene v doline Tiesňavy napájajúce jej vodný tok, vzorkoval sa aj samotný tok Tiesňavy pred jeho vyústením do Hnilca (T). Rovnako sa medzi odbery zaradili aj vody Hnilca (H-1) v časti Stratená pred dolinou Tiesňavy. Na základe predbežných výsledkov z prvých laboratórnych analýz odobratých vzoriek sa prehodnotil pôvodný výber odberných miest s následným zahustením odberov na Hnilci. Pôvodne jedno odberné miesto (H-1) sa doplnilo o ďalších päť (H-2 až H-6), rovnomerne rozložených na Hnilci v úseku medzi Dobšinskou ľadovou jaskyňou a Stratenou (obr. 8). Aj počas týchto odberov sa naďalej vzorkoval potok Tiesňavy. Posledný odber z 13. 9. 2008 sa prispôsobil ďalším známym čiastkovým výsledkom, na základe ktorých sa znova doplnili a zahustili odberné miesta na Hnilci (H-1 až H-18) v miestach s predpokladaným pozitívnym výsledkom. Celkovo sa počas skúšky odobralo 137 vzoriek vody.



Obr. 7. Stopovacia skúška v Stratenskej jaskyni – odberné miesta, miesto aplikácie stopovača a dokázaný smer prúdenia podzemných vôd. Spracovali: J. Tulis, D. Haviarová

Fig. 7. Tracing test in the Stratenská Cave – sampling places, place of tracer application and confirmed direction of underground water flow. Compiled by J. Tulis, D. Haviarová

Obr. 8. Odber vzorky vody z Hnilca. Foto: J. Tulis

Fig. 8. Water sampling from Hnilec River. Photo: J. Tulis

Výsledky

Stopovacia skúška priniesla prekvapivé výsledky. Kým pozornosť a očakávania boli namierené viac na miestne krasové pramene, jediné pozitívne vzorky v rámci celého priebehu stopovacej skúšky sa identifikovali len medzi vzorkami z Hnilca. Aj keď detegované počty fágov v pozitívnych vzorkách boli nízke, jednoznačne sa preukázal skrytý prestup podzemných vôd pochádzajúcich zo Stratenskej jaskyne do povrchového toku Hnilca. Vďaka postupnému upresňovaniu a zahusťovaniu odberných miest sa nám podarilo toto miesto relatívne presne identifikovať – nachádza sa pred cestným tunelom smerom na obec Stratená. Stopovacia látka sa tu objavila už na tretí deň od jej aplikácie v jaskyni a rovnako bola detegovaná vo vzorkách odoberaných z Hnilca pod týmto miestom po celý zvyšný čas odberov. Vzhľadom na aplikáciu rovnakého stopovača na dvoch rozdielnych miestach v jaskynných priestoroch nemôžeme s jednoznačnosťou povedať, s ktorým z daných miest sa pozitívny výsledok spája. V prípade pozitívneho výsledku z Ponornej chodby prekonal stopovač prevýšenie cca 53 metrov a vzdušnú vzdialenosť okolo 940 metrov. Pokiaľ počítame s pozitívnym výsledkom v Blatistej chodbe, môžeme hovoriť o prekonaní výškového rozdielu cca 42 metrov a vzdušnej vzdialenosti okolo 905 metrov. Zo vzájomnej polohy obidvoch aplikačných miest, ich predpokladaného vzájomného prepojenia a známych tektonických pomerov je však viac ako pravdepodobné, že pozitívny výsledok bol dosiahnutý v obidvoch prípadoch. Stopovacia skúška sa pritom zrealizovala za priemerných hydrologických pomerov. Prietok jaskynného toku v Ponornej chodbe nepresiahol 0,2 $l.s^{-1}$, prietok Hnilca v Stratenej bol počas celého priebehu skúšky bez výraznejších zmien, zodpovedal cca 850 $l.s^{-1}$. Rovnaká situácia bola na toku Tiesňavy s priemerným prietokom cca 40 $l.s^{-1}$. Všetky miestne krasové pramene boli aktívne, s výdatnosťou pohybujúcou sa od 0,1 $l.s^{-1}$ do 15 $l.s^{-1}$ (najvyššia výdatnosť bola zistená na prameni V-12 pod Dobšinskou ľadovou jaskyňou).

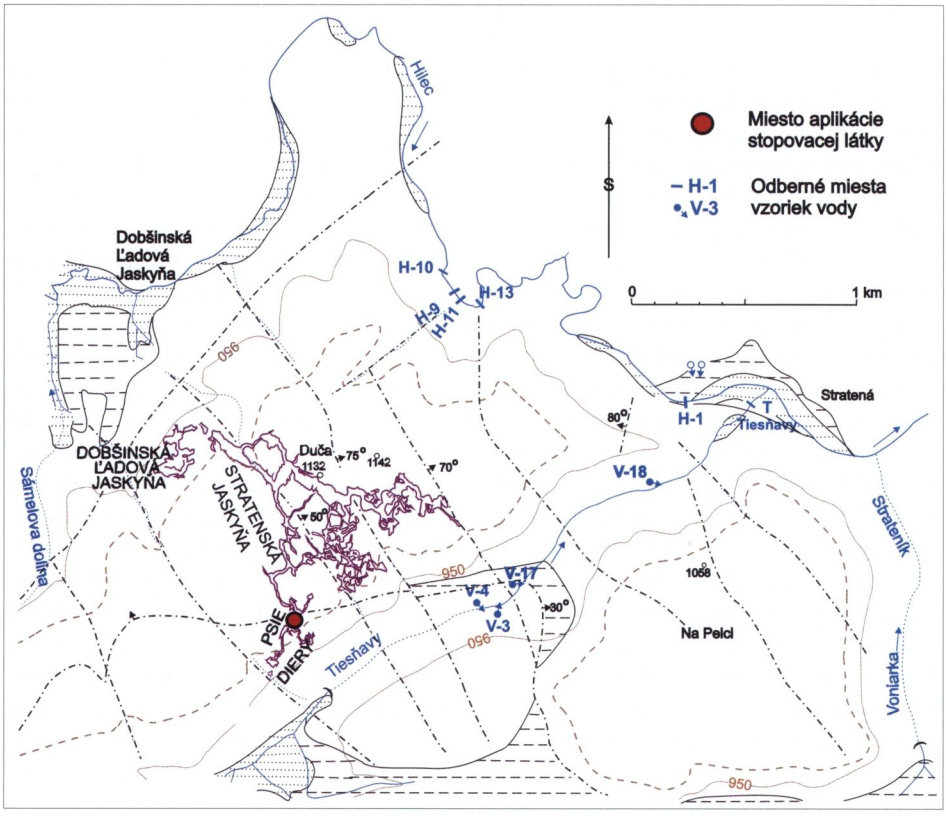
STOPOVACIA SKÚŠKA V JASKYNI PSIE DIERY

Priebeh stopovacej skúšky

Ročná prestávka bola dostatočne dlhým časovým obdobím na to, aby sme mohli v systéme Stratenskej jaskyne vykonať ďalšiu stopovaciu skúšku s vylúčením vplyvu prvej stopovacej skúšky. V tomto prípade sme sa zamerali na jaskyňu Psie diery, ktorá nedisponuje žiadnym podzemným tokom. Na aplikáciu stopovača sa vybralo ako perspektívne miesto jedno z podzemných jazier ležiacich na II. vývojovej úrovni. Jazero je súčasťou Zablatenej chodby. Stopovač sa aplikoval v dosť suchom (pre stopovanie nevýhodnom) období, 9. 8. 2009, v časti medzi meračskými bodmi 86 (898,62 m n. m.) a 87 (897,79 m n. m.). Vzhľadom na podmienky a charakter miesta aplikácie v jaskyni sa zvolil redší interval odberov, ktorý sa pohyboval od dvoch do siedmich dní. Odberné miesta (obr. 9) tvorili vybrané pramene doliny Tiesňavy (prameň V-3, V-4, V-17, V-18) spolu s vodami obidvoch povrchových tokov (Tiesňavy T, Hnilec H-1, H-9, H-10, H-11, H-13). Pôvodne bol do odberov zahrnutý aj prameň V-9, ktorého výdatnosť bola v čase začiatku stopovacej skúšky nulová. Vzorky sa priebežne laboratórne vyhodnocovali.

Výsledky

Stopovacia skúška v jaskyni Psie diery nemala taký rýchly priebeh ako v prípade Stratenskej jaskyne. Jedným z dôvodov bol už spomínaný rozdielny charakter miest aplikácie stopovacej látky, ale aj nepriaznivejšie hydrologické pomery v prvej polovici



Obr. 9. Stopovacia skúška v jaskyni Psie diery – odberné miesta a miesto aplikácie stopovača. Spracovali: J. Tulis, D. Haviarová

Fig. 9. Tracing test in Psie diery Cave – sampling places and place of tracer application. Compiled by J. Tulis, D. Haviarová

stopovacej skúšky. Počas prvého aj druhého mesiaca trvania skúšky boli prietoky na Hnilci pre absenciu zrážkovej činnosti nízke. V období aplikácie stopovacej látky predstavoval prietok Hnilca v Stratenej len necelých 500 $l.s^{-1}$. Prietok Tiesňavy bol oproti predošlej skúške vyrovnanejší a aj napriek nulovej výdatnosti niektorých menších prameňov mal hodnotu okolo 35 $l.s^{-1}$. Stav jazera v Zablatenej chodbe bol na základe vizuálnych pozorovaní podpriemerný. Hydrologická situácia sa vzhľadom na priaznivejšie klimatické pomery na lokalite začala zlepšovať až v druhej polovici októbra. Aj preto sme prehodnotili pôvodný zámer ukončiť stopovaciu skúšku na základe negatívnych analýz z odberov do 21. 10. 2009 a s odbermi sme pokračovali až do konca decembra. Bohužiaľ, aj tieto výsledky boli na všetkých odberných miestach negatívne, a tak ani v tomto prípade sa nepotvrdilo prepojenie krasových prameňov s jaskynnými vodami.

ZÁVER

Stopovacie skúšky v systéme Stratenskej jaskyne priniesli nové poznatky týkajúce sa jej súčasného odvodňovania. Výsledky skúšok nepotvrdili prepojenie sledovaných vôd s miestnymi krasovými prameňmi a vyvieračkou. Na druhej strane jednoznačne dokázali podzemné hydrologické prepojenie SV časti Stratenskej jaskyne s riekou Hnilec, ktorá tu vystupuje ako najnižšie položená miestna erózna báza. Priemerná rýchlosť

pohybu stopovacej látky zodpovedala cca 13 $m.h^{-1}$. Skryté prestupy podzemných vôd do povrchového toku Hnilca sa pritom v inkriminovanom úseku nezistili ani pri vlastných termometrických a rezistivimetrických meraniach. Dôvodom mohol byť jednak minimálny rozdiel hodnôt mernej elektrickej vodivosti a teploty obidvoch vôd v čase meraní, jednak veľmi malý objem prestupujúcich vôd, ktoré nedokážu ovplyvniť parametre vody Hnilca. Predpokladáme, že prestup podzemných vôd v danom mieste zodpovedá množstvám nepresahujúcim niekoľko $l.s^{-1}$. Ďalším z dôvodov môže byť aj značný rozptyl prestupujúcich vôd do toku Hnilca, ku ktorému môže dochádzať pri pretláčaní sa týchto vôd cez vlastné náplavy Hnilca. Na druhej strane pozitívny výsledok skúšky poukázal na efektívnosť a spoľahlivosť použitého stopovača, ktorý bol úspešne detegovaný aj pri takom vysokom zriedení ako v prípade tejto skúšky. Početnosť fágov v pozitívnych vzorkách bola nízka, stopovač sa zo systému vyplavoval pomaly a postupne, čo dokazovali pozitívne vzorky odobraté aj mesiac po prvej úspešnej detekcii. Na základe takéhoto priebehu môžeme uvažovať o komplikovanejšom spôsobe odvodňovania tejto časti jaskyne. V prípade stopovacej skúšky v jaskyni Psie diery sa nám počas 5 mesiacov nepodarilo dopracovať k žiadnemu pozitívnemu výsledku, ktorý by umožnil dotvoriť celkový obraz o odvodňovaní tejto časti jaskynného systému.

V budúcnosti treba v jaskynnom systéme počítať s realizáciou niektorých ďalších stopovacích skúšok (napr. v Dobšinskej ľadovej jaskyni), prípadne doterajšie výsledky vhodne doplniť o zhodnotenie vodnej bilancie planiny Duča.

Poďakovanie. Autori príspevku ďakujú všetkým členom Speleologického klubu Slovenský raj, ktorí sa podieľali na realizácii stopovacích skúšok.

LITERATÚRA

Atlas krajiny Slovenskej republiky. Ministerstvo životného prostredia SR, Bratislava – Slovenská agentúra životného prostredia, Banská Bystrica, 2002, 344 s.

Bella, P. – Hlaváčová, I. – Holúbek, P. 2007. Zoznam jaskýň Slovenskej republiky (stav k 30. 6. 2007). SMOPaJ – SSJ – SSS, Liptovský Mikuláš, 1–364.

Kožáková, G. 2004. Mikroklíma Dobšinskej ľadovej jaskyne. Rigorózna práca, 68 s. + prílohy.

Mazúr, E. – Lukniš, M. 1978. Regionálne geomorfologické členenie Slovenska. Geografický časopis, 30, 2, 101–125.

Mello, J. – Filo, I. – Havrila, M. – Ivan, P. – Ivanička, J. – Madarás, J. – Németh, Z. – Polák, M. – Pristaš, J. – Vozár, J. – Vozárová, A. – Liščák, P. – Kubeš, P. – Scherer, S. – Siráňová, Z. – Szalaiová, V. – Žáková, E. 2000. Vysvetlivky ku geologickej mape Slovenského raja, Galmusu a Hornádskej kotliny, 1 : 50 000. ŠGÚDŠ, Bratislava, 303 s.

Mello, J. – Filo, I. – Havrila, M. – Ivanička, J. – Madarás, J. – Németh, Z. – Polák, M. – Pristaš, J. – Vozár, J. – Koša, E. – Jacko, S. jun. 2000. Geologická mapa Slovenského raja, Galmusu a Hornádskej kotliny, 1 : 50 000. ŠGÚDŠ, Bratislava.

Novotný, L. – Tulis, J. 2005. Kras Slovenského raja. SSJ – SSS, Liptovský Mikuláš, 184 s.

Tulis, J. – Novotný, L. 1989. Jaskynný systém Stratenskej jaskyne. SSS, Liptovský Mikuláš, 464 s. + 96 strán čiernobielych a farebných vkladaných príloh.

NEW KNOWLEDGE ON THE DRAINAGE OF STRATENSKÁ CAVE SYSTEM

Summary

The Stratenská cave system is located in the southern part of the Slovak Paradise, near the Stratená Village, in the Duča karst plateau. The cave system consists of several independent caves (Novotný and Tulis, 2005): Dobšinská Ice Cave (1483 m), Duča Cave (136 m), Stratenská Cave + Psie diery Cave (19 317 m + 2670 m = 21 987 m), Vojenská Cave (53 m), Zelená Cave (31 m), Sintrová Cave (17 m) and several smaller caves (Novotný and Tulis, 2005). The Stratenská Cave is the longest, it is interconnected with Psie diery

Cave. These caves are formed in the Middle Triassic Steinalm and Wetterstein limestones of the Stratená Nappe. The Stratenská Cave has 5 developmental levels and two horizons in range 855 – 995 m a. s. l. The greatest cave passages were formed with palaeostream of Hnilec, labyrinth parts mainly with palaeostream of Tiesňavy. The cave system isn't rich in water. Some underground lakes and small episodic underground autochthonous streams are located in the cave. Problems of its drainage are still open. The older tracing tests realized in the Stratenská Cave (1975, 1978, 2001) weren't successful. The new tracing tests were realized in Stratenská Cave and Psie diery Cave during time period 2008 and 2009. All the fieldwork work was carried out by employees of the Slovak Caves Administration and members of the Slovak Paradise Speleological Club. The bacteriophages were used as a special biological tracer. Water samples were taken from some karst springs lying in the Tiesňavy Valley and Hnilec Valley, from Tiesňavy Stream and Hnilec River. The choice of sampling springs was based on the results of measurements of conductivity and temperature in all local springs and its position towards places of tracer application. The first tracing test was realized in the Stratenská Cave in 2008. The tracer was applied in the siphon lake in the Blatistá Passage (855,87 m a. s. l.) and in the perennial underground stream of the Ponorná Passage (866,57 m a. s. l.). During the test, altogether 137 water samples were taken from karst springs (V-3, V-4, V-9, V-10, V-11, V-12, V-17, V-19), from Hnilec River (H-1 to H-18) and Tiesňavy Stream (T). The bacteriophages (small amount) were detected in water samples from Hnilec River on the third day after their application. These samples were positive one month after beginning of test, too. Average velocity of tracer was about 312 $m.d^{-1}$. The test proved hidden transfer of groundwater from cave system to Hnilec River, hidden surpluses of groundwater not exceeding more than several $l.s^{-1}$. The second tracer test was realized in Psie diery Cave in 2009. The tracer was applied in the lake in Zablatená Passage, between two cave measurement points 86 (898,62 m a. s. l.) and 87 (897,79 m a. s. l.). The samples of water were taken from some karst springs (V-3, V-4, V-17, V-18), from Tiesňavy Stream (T) and Hnilec River (H-1, H-9, H-10, H-11, H-13). The sampling was realized in the period of 5 months without positive result.

SLOVENSKÝ KRAS ACTA CARSOLOGICA SLOVACA	47/2	231 – 257	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2009

VYČLEŇOVANIE A TYPIZÁCIA TOPICKÝCH GEOEKOLOGICKÝCH JEDNOTIEK V BRESTOVSKEJ JASKYNI

ŠTEFAN RATKOVSKÝ

Prírodovedecká fakulta UK, Katedra fyzickej geografie a geoekológie, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava 4; ratkovsky@fns.uniba.sk

Š. Ratkovský: Delineation and typology of topic geoecological units in the Brestovská Cave

Abstract: Comprehensive study of caves is useful to accomplish on the basis of field and geoecological approaches to research. The basic geoecological units in cave – speleotopes, represent quasi-homogenous spatial units of cave environment. Basic principle of speleotope delineation resides in determination of the most significant natural spatial boundaries among leading natural components of caves, which is mainly speleorelief, then water or sedimentary fills. Delineation of speleotopes consists in knowledge of state variables and the greatest spatial sharpness of boundaries of partial topic units. Resulting borders of speleotopes are laid in places with the greatest change of main natural components, with respect to mapping scale. The main method for cave research is one-time integral geoecological research and mapping in great scales. Geoecological mapping of a cave consists of research of natural components, which represent the state variables of cave environment. We can calculate normalized state variables by application of statistical multivariate method – factor analysis. The speleotopes were consequently classified into geoecological subtypes and types by application of cluster analysis. We assume the field research the most important for acquiring the authentic information, which form the necessary base for detailed geoecological mapping of the cave.

Key words: cave, geoecology, speleotopes, border, typology, multivariate methods, Brestovská Cave

ÚVOD

Súhrnný fyzickogeografický (geoekologický) prístup k výskumu jaskýň, vnímaných ako prírodné geosystémy, dáva široké možnosti na praktické uplatnenie získaných informácií a výsledkov výskumu pri ochrane, rozumnom využívaní a optimalizácii využívania jaskýň. V práci si za cieľ kladieme podať základné východiská a kroky postupu vedúceho k vymedzovaniu základných prirodzených priestorových jednotiek jaskýň – speleotopov – a vytvoriť ich typológiu. Význam vymedzovania speleotopov spočíva v podrobnom poznaní priestorového usporiadania a vzájomných štatisticky zistiteľných súvislostí a závislostí medzi všetkými prírodnými prvkami tvoriacimi jaskynné prostredie. Uvádzame praktický príklad vyčleňovania speleotopov a súhrnného spracovania stavových veličín prostredníctvom viacrozmerných štatistických metód v severozápadnej časti Brestovskej jaskyne.

ZÁKLADNÉ PREDPOKLADY A CIELE GEOEKOLOGICKÉHO VÝSKUMU JASKÝŇ

Ucelený terénny výskum jaskýň je výhodné založiť na geoekologických prístupoch. Teoreticky aj metodologicky sa geoekológia opiera pri štúdiu krajiny (jaskyne chápeme

ako subsystém krajiny) najmä o teóriu geosystémov, terénny výskum na výskumnom bode (tessere), zameriava sa najmä na štúdium priestorového usporiadania jednotlivých typov topických a chorických jednotiek, vertikálnych a horizontálnych väzieb a prírodných procesov medzi jednotlivými prírodnými prvkami, spracovanie syntéz a štatistických výstupov z výskumu, regionalizáciu a typizáciu prírodných geosystémov a podobne. Geoekologický výskum jaskýň, uskutočňovaný na komplexnom fyzickogeografickom základe, vyplýva zo spôsobu zberu informácií v jaskynnom prostredí a je postavený na nasledujúcich predpokladoch:

a) jednoznačné polohové priradenie získavaných informácií,
b) meranie priamych a získavanie odvodených charakteristík,
c) získavanie len prípustných prirodzených kombinácií sledovaných javov,
d) komplexný zber dát a obsahové napĺňanie základných geoekologických jednotiek.

Týmto spôsobom je zabezpečené zachytenie tesnej previazanosti a podmienenosti všetkých prírodných prvkov jaskynného prostredia navzájom, ale aj previazanosť na bezprostredné časti horninového nadložia i podložia a povrchovú krajinu nad jaskyňou v smere pôsobenia gravitačnej sily.

Pri uplatňovaní základných krokov geoekologického výskumu na jaskyne je výhodné vychádzať z už jestvujúcej teoreticko-metodologickej základne (Minár a kol., 2001), širšie uplatňovanej pri výskume povrchovej krajiny. Všeobecné zákonitosti a postupy geokologického výskumu jaskýň možno zhrnúť do týchto základných bodov:

1. zber a spracovanie jestvujúcich podkladov,
2. terénny integrálny jednorazový výskum stavových veličín,
3. stacionárny výskum prírodných procesov,
4. súhrnné spracovanie informácií.

Základným výstupom a výsledkom geoekologického výskumu jaskýň je zväčša geoekologická mapa jaskyne zobrazujúca predovšetkým priestorové geoekologické jednotky jaskyne (zväčša komplexné speleotopy a speleochory) a databázu priestorovo priradených a zjednotených údajov o jaskyni. Tvorba geoekologickej mapy jaskyne vyžaduje stanoviť postup vyčlenenia mapovacích priestorových jednotiek a ich prirodzenú previazanosť v rámci vyskytujúcich sa typov. Obsahová náplň mapovacích jednotiek stanovuje zjednotený súbor skúmaných stavových veličín a procesov v jaskynnom prostredí a je podkladom na priestorovú typizáciu skúmanej jaskyne. Stanovenie hraníc mapovacích jednotiek v jaskyni je jeden z najdôležitejších krokov výskumu pri určovaní priestorovej platnosti hodnôt stavových veličín získaných na výskumnom bode.

TEORETICKO-METODOLOGICKÉ VÝCHODISKÁ

Jaskyne vnímame ako podzemnú súčasť (subsystém) krajinnej sféry, ktorá predstavuje priestorovo rôzne usporiadaný geosystém zložený z prírodných prvkov (litosféra, morfogeosféra, hydrosféra, atmosféra, pedosféra, biosféra), medzi ktorými jestvujú rôzne typy väzieb v podobe prebehnutých alebo prebiehajúcich prírodných dejov (Krcho, 1968, 1974; Demek, 1987; Minár, 1995; Miklós a Izakovičová, 1997; Mičian, 2008 a iní). Pri skúmaní priestorového usporiadania geosystému venujeme pozornosť najmä jeho základným jednotkám (Minár, 1995). Regionalizáciu a regionálnu typizáciu základných priestorových jednotiek geografickej sféry na základe uplatnenia matematických postupov a kvantitatívnych atribútov uvádza Bezák (1993). Pri súhrnnom výskume jaskýň je účelné rozčleniť jaskyňu na základné prirodzené priestorové jednotky, ktoré následne tvoria základ pri vymedzovaní hierarchicky vyšších priestorových jednotiek na základe matematicko-štatistických postupov.

Vnímanie jaskynného priestoru ako podzemného geosystému krasu a subsystému krajinnej sféry zdôrazňujú viacerí autori – Maruašvili (1971), Gergedava (1983), Jakál (1986), Čikišev (1987), Gvozdeckij (1988), Andrejčuk a Voropaj (1993) a iní. Jaskyne vnímané ako podzemné prírodné geosystémy sa podľa Bellu (1998a, 2009 a iné) vyznačujú priestorovou vertikálnou (čiastkové a komplexné speleotopy) a horizontálnou štruktúrou (speleochory, súbory speleochor) a časopriestorovými zmenami (režim, sukcesívna dynamika, evolučný vývoj). Jaskynné geosystémy majú silné väzby s povrchovými krajinnými systémami. Z vertikálneho hľadiska ide najmä o priesaky zrážkových vôd, z horizontálneho hľadiska o ponorné autochtónne alebo alochtónne vodné toky. Poznatky o priestorovej štruktúre, časopriestorových zmenách, smere a sile väzieb v jaskynných geosystémoch nám vytvárajú teoretický základ vyčleňovania priestorových jednotiek jaskýň.

Vyčlenené priestorové jednotky musia spĺňať základné podmienky. Je potrebné rozčleniť úplne celý priestor jaskyne. Priestorové jednotky musia byť priestorovo súvislé a bez vzájomných prekrytí (Bezák, 1993). Fyzickogeografická regionalizácia priestoru jaskýň je výrazne podmienená zvolenou mapovacou mierkou, najčastejšie 1 : 200 a 1 : 500. Vhodne zvolená mierka jaskyne je závislá najmä od celkovej dĺžky a prevýšenia jaskynných priestorov, ale aj od hustoty chodieb v materskej hornine a početnosti vzájomných prekrytí jednotlivých úrovní jaskyne vo zvislom smere.

Všeobecný postup vyčleňovania geoekologických jednotiek v jaskynnom prostredí na teoreticko-metodologickej úrovni rozpracoval Bella (1998a). Z teoretického hľadiska vyčlenené základné jednotky v jaskyni – súborné speleotopy – predstavujú základné, takmer rovnorodé priestorové a kartografické jednotky jaskynného prostredia, zahŕňajúce takmer rovnorodé litologické, štruktúrno-tektonické, morfologické, morfometrické, hydrologické, speleoklimatické a biospeleologické pomery. Vychádzajúc z práce Minára (1998), Bella (2006a) uvádza základné teoreticko-metodologické prístupy ku geomorfologickému mapovaniu jaskýň, podľa ktorých je možné v jaskyni vyčleniť aj priestorové jednotky rovnorodé z hľadiska nemennosti zmeny skúmaných vlastností v danom smere a intenzite, napríklad čiastkové jednotky vyčlenené na základe postupného narastania hrúbky jednotlivých vrstiev fluviálnych sedimentov v podzemnom riečisku, postupné zväčšovanie hĺbky podzemného prietočného jazera, postupné plynulé zužovanie a znižovanie jaskynnej chodby a podobne. Tieto gradientovo homogénne jednotky môžeme členiť na:

a) úplne a čiastkovo gradientové jednotky vyčlenené podľa počtu sledovaných parametrov,
b) jednoosové a viacosové jednotky vyčlenené podľa počtu smerov zmien v priestore,
c) lineárne, konvexné a konkávne jednotky vyčlenené podľa nemennosti, vzrastania alebo ubúdania veľkosti zmeny v sledovaných parametroch.

Vzhľadom na náročnosť jaskynného prostredia sme vyčleňovanie gradientovo homogénnych jednotiek neuskutočňovali, keďže v jednej geoekologickej jednotke sme volili zväčša len jeden alebo dva výskumné body, čo obmedzuje vyčleňovanie jednotiek tohto typu.

Príklady priestorovej a chronologickej priestorovej štruktúry geosystémov vybraných jaskýň na Slovensku vzhľadom na geoekologický výskum jaskynných geosystémov uvádza Bella (2000). Vyčlenenie speleomorfotopov a speleomorfochor v Ochtinskej aragonitovej jaskyni v praktickej rovine vykonal Bella (2004), pričom za obsahovú náplň vymedzených jednotiek možno považovať mapu výskytu geomorfologických foriem zaradených do genetického systému (Bella, 1998b).

MOŽNÉ POSTUPY A OBMEDZENIA PRI VYČLEŇOVANÍ SPELEOTOPOV

Spôsoby vyčlenenia komplexných speleotopov v jaskynnom prostredí teoreticky vychádzajú z princípu vymedzovania geoekologických jednotiek v povrchovej krajine, ale v praktickej rovine sa vyznačujú viacerými podstatnými odlišnosťami. Tri najčastejšie používané kroky vedúce k vymedzeniu geoekologických jednotiek (napríklad geotopov, abiokomplexov) v povrchovej krajine (Minár a kol., 2001) sú:

a) naloženie máp čiastkových geokomplexov,
b) hustá kroková sondáž prostredníctvom výskumných bodov,
c) využitie vedúceho prvku (prvkov) na regionalizáciu, najčastejšie georeliéfu a krajinnej pokrývky.

Naloženie máp čiastkových geokomplexov a hustá kroková sondáž prostredníctvom výskumných bodov sa v jaskyniach dajú prakticky uplatniť v obmedzenej miere. Hlavným dôvodom je najmä časová náročnosť hustej krokovej sondáže a zložité trojrozmerné vnímanie jaskynného priestoru ohraničeného materskou horninou na podlahe, stenách a strope. Navyše tieto časti v mnohých prípadoch plynulo prechádzajú z jednej do druhej a ešte aj s niekoľkonásobným mimoúrovňovým križovaním priestorov nad sebou. Neprítomnosť mapových speleologicko-geografických podkladov, najmä čiastkových máp jednotlivých prírodných zložiek jaskynného prostredia, vylučuje použitie metódy nakladania máp. Hustá kroková sondáž je v praktickom speleologicko-geoekologickom terénnom výskume časovo, fyzicky, ale aj vzhľadom na prístrojové vybavenie veľmi obťažná vzhľadom na skúmanie všetkých prírodných zložiek jaskynného prostredia v požadovanej hustote a kvalite.

Ako východisko sa nám javí použitie upravenej metódy vedúceho (hlavného) prvku, najčastejšie speleoreliéfu, prípadne viacerých prvkov (speleoreliéf, podzemná voda, jaskynné sedimenty), v spojení s metódou zahustených priečnych a pozdĺžnych profilov jaskynného prostredia. Dôvodom je najmä primeraný časový úsek uskutočňovania daného postupu a pomerne dobrá získateľnosť údajov potrebných na vymedzovanie základných jednotiek prostredníctvom terénneho výskumu a jestvovania základných speleologických máp so zobrazenými rezmi vo väčšine jaskýň. Bližšie sa uvedenému postupu budeme venovať v nasledujúcej časti, najskôr priblížime základné rozdiely a obmedzenia uplatniteľnosti východiskových postupov medzi povrchovou krajinou a jaskynným prostredím.

Metóda vedúcich prvkov (faktorov)

Využitie vedúcich prvkov (faktorov), v našom prípade hlavne speleoreliéfu, sa javí ako východisko pri vyčleňovaní geoekologických jednotiek v jaskynnom prostredí, avšak pri zohľadnení jaskynných zvláštností. Hlavný rozdiel regionalizácie medzi postupmi uplatniteľnými v jaskyni a v povrchovej krajine tkvie v dostupnosti rozdielneho typu základných údajov a ich následnom spracovaní. Základné spojité bodové pole nadmorských výšok (vrstevnice a kóty), využívané ako najdôležitejší prvok regionalizácie na povrchu, je v prípade jaskýň v lepšom prípade nahradené polygónovým ťahom medzi meračskými bodmi. Smer, sklon a azimut tu chápeme ako približnú dvojsmernú líniovú informáciu o priestore jaskyne, ktorá vystihuje hlavne technické možnosti merania jaskyne a nie priebeh presného tvaru podlahy, stien a stropu jaskynných priestorov. Z tohto dôvodu môžeme preto vylúčiť vyčlenenia geoekologických jednotiek na základe morfometrických parametrov bežne používaných pri vymedzovaní priestorových jednotiek v povrchovom reliéfe. Hodnoty nadmorskej výšky, sklonu, orientácie, normálovej

a horizontálnej krivosti povrchového reliéfu vytvárajú spojité všesmerné priestorové bodové pole, plošne pokrývajúce celý povrch krajiny. Jaskynný speleoreliéf je však veľmi obťažné či takmer nemožné opísať a najmä prakticky zisťovať a merať prostredníctvom postupu merania morfometrických parametrov bežne používaného pri povrchovom výskume reliéfu (napríklad meranie pomocou GPS, diaľkový prieskum Zeme a pod.), lebo okrem podlahy (dna priepastí) by bolo potrebné zároveň kvantitatívnymi veličinami opísať v tom istom bode naraz aj bočné steny jaskynného priestoru a jeho strop.

Zahustené priečne profily jaskynných priestorov predstavujú ďalší možný spôsob rozčlenenia speleoreliéfu ako vedúceho prvku jaskynného prostredia na morfometricky pomerne rovnorodé úseky jaskyne. Staničenie na meracích bodoch (zisťovanie výšky, hĺbky a šírky jaskynného priestoru od meračského bodu) teoreticky môže vytvárať približné bodové pole speleoreliéfu, ale z praktického hľadiska by sa dal tento postup použiť len pri splnení podmienky priestorovej reprezentatívnosti a pri dostatočnej hustote priečnych profilov, rádovo jeden priečny profil na niekoľko metrov dĺžky priestoru. Vzniknuté sériové priečne rezy jaskynného priestoru by umožňovali vzhľadom na mierku mapovania pomerne presné vymedzenie geoekologických jednotiek. V skutočnosti je však tento postup uskutočniteľný len na veľmi krátkom úseku jaskyne pre časovú náročnosť meraní, rádovo stovky hodín pri niekoľkokilometrových jaskyniach a priestoroch náročných na prístup (zlaňovanie, lezenie, plazenie, brodenie tokov alebo bahna, preliezanie závalov a pod.). Obdobné prekážky automaticky limitujú preberanie akéhokoľvek postupu používaného pri meraní povrchovej krajiny.

VŠEOBECNÝ PRINCÍP A POSTUP VYČLEŇOVANIA SPELEOTOPOV

Základný princíp rozčleňovania jaskynného priestoru spočíva v určení najvýraznejších prirodzených priestorových rozhraní vo vedúcich prírodných prvkoch jaskyne, najmä speleoreliéfe, prípadne hydrologických javov a sedimentárnej výplne a v následnom stanovení výsledných hraníc súhrnných speleotopov v miestach s najvyššou mierou prekrytia hraníc vedúcich prírodných prvkov na čo najmenšom priestore vzhľadom na danú mierku mapovania. V prípade neprekrytia hraníc vedúcich prvkov je jaskynný priestor členený ich jednotlivými čiastkovými hranicami. Výsledkom rozčleneného priestoru jaskyne sú prirodzené úseky jaskyne, komplexné speleotopy (skrátene speleotopy). Takto vyčlenené úseky v jaskyni musia spĺňať podmienku čo najvyššej možnej vnútornej priestorovej rovnorodosti, nemennosti vlastností prírodných prvkov, prípadne rovnomernej zmeny vo vlastnostiach prírodných prvkov. Vzájomná hranica medzi speleotopmi je vytýčená v takých miestach jaskyne, kde dochádza k najvyššej možnej zistiteľnej priestorovej zmene medzi hodnotami vlastností prírodných prvkov jaskynného prostredia. Vlastnosti prírodných prvkov jaskyne pritom predstavujú stavové veličiny, ktoré zisťujeme prostredníctvom terénneho geoekologického a speleologického výskumu.

Postup vedúci k vymedzovaniu základných priestorových geoekologických jednotiek, speleotopov, v jaskynných priestoroch vychádza nevyhnutne zo speleologického terénneho prieskumu, zameriavania a základného mapovania jaskynných priestorov, súhrnného geoekologického výskumu jaskyne a v konečnej fáze súhrnného štatistického spracovania údajov.

Praktický spôsob vymedzovania geoekologických jednotiek je vo väčšine prípadov obmedzený na určitý časový úsek výskumu a schopnosťou získať primeranú kvalitu údajov. Aj napriek vyššie uvedeným skutočnostiam terénny speleologický výskum považujeme za nevyhnutný základ získavania údajov a informácií o jaskynnom prostredí.

Ostatné spôsoby výskumu jaskýň považujeme za podružný, doplnkový zdroj informácií. V terénnom výskume systematicky zbierame údaje o jaskynnom prostredí, prípadne zaznamenávame ďalšie výpovedné informácie o jaskyni. Za základ postupu komplexného výskumu jaskýň možno považovať terénny integrálny výskum na geografickom bode (Minár a kol., 2001), uplatňovaný v povrchovej krajine. Pri zohľadnení zvláštností jaskynného prostredia je možné daný postup uplatniť aj pri geoekologickom mapovaní jaskýň (Ratkovský, 2008).

Výskumné body v jaskyni stanovíme v takých miestach, aby v čo najväčšej miere vystihovali priestorovú rôznorodosť jednotlivých prírodných prvkov jaskynného prostredia. Získavanie údajov na výskumných bodoch uskutočňujeme pomocou jednoduchých morfometrických meraní speleoreliéfu, plytkou sondážou v klastických sedimentoch jaskyne, určovaním typu, veľkosti častíc a plochy klastických a chemogénnych horninových výplní, určovaním typu a plochy materskej krasovej horniny, typu a meraním rýchlosti, objemu, hĺbky a plochy hydrologických javov, teplotných rozdielov medzi časťami jaskyne, zisťovaním počtu druhov a jedincov speleofauny a podobne (Ratkovský, 2008). Vyčleňovanie základných priestorových jednotiek predstavujúcich geoekologické jednotky jaskyne – súborné speleotopy (skrátene speleotopy), sme uskutočňovali v nasledujúcich hlavných krokoch výskumu:

1. Predbežné vyčlenenie priestorových jednotiek. Speleotopy predbežne vyčleníme do základnej podkladovej speleologickej mapy jaskyne na základe predbežného speleologického prieskumu a využitia jestvujúcich mapových a textových podkladov. Predbežné hranice načrtneme najmä do pôdorysnej speleologickej mapy, prípadne, ak jestvujú, do rozvinutých pozdĺžnych rezov jaskyne na základe predbežného terénneho prieskumu morfometrických parametrov speleoreliéfu. V podkladovej mape na základe vzájomného priestorového porovnania pôdorysu, pozdĺžneho a priečneho rezu jaskynných priestorov zakreslíme predbežnú hranicu v miestach prudkého zalomenia smeru pozdĺžnej osi jaskynných chodieb, ďalej v miestach s výraznou náhlou zmenou sklonu stien, stropu a podlahy, prípadne v miestach s výrazným zúžením alebo rozšírením jaskynných priestorov, výrazných vodných a sedimentačných rozhraní.

2. Určenie hlavného prvku – prvkov a výber vymedzovacích znakov. Vychádzajúc z Minára (1997) môžeme pri vymedzovaní základných geoekologických priestorových jednotiek jaskynného prostredia (speleotopov) stanoviť tieto požiadavky na hlavný (vedúci) prírodný prvok:

- najvyššia priestorová rôznorodosť hlavného prvku, pozorovateľná po celom priestore jaskyne, umožňujúca obsiahnuť priestorové usporiadanie menej priestorovo rôznorodých prvkov jaskynného prostredia,
- pomerná časová nemennosť (stálosť) hlavného prvku vzhľadom na ostatné jaskynné prvky,
- pomerne dostupný, jednoduchý a vierohodný spôsob získavania informácií o skutočnom priestorovom rozložení stavových veličín hlavného prvku jaskynného prostredia,
- hlavný prvok má byť väzbami čo najsilnejšie spätý s ostatnými prírodnými prvkami jaskynného prostredia.

Voľba hlavného prírodného prvku, prípadne prvkov jaskynného prostredia je závislá najmä od morfologického a genetického typu jaskyne. Nie na každý typ jaskyne môžeme „napasovať" vopred kabinetne stanovený univerzálny hlavný prvok jaskynného prostredia, podľa ktorého automaticky uskutočníme vyčleňovanie speleotopov, keďže jaskyne

sa vyznačujú veľmi výraznou typovou rôznorodosťou, najmä morfometrickou, morfologickou, hydrologickou a z hľadiska sedimentárnej výplne. Z tohto dôvodu je vhodné hierarchicky usporiadať prírodné prvky najmä na základe priestorovej rôznorodosti, pomernej časovej nemennosti a dostupnosti údajov a za hlavné určiť len tie, ktoré v čo najvyššej miere spĺňajú vyššie uvedené požiadavky. Za vymedzovacie znaky považujeme tie stavové veličiny hlavných prvkov jaskynného prostredia, ktoré najvýstižnejšie opíšu stav daného prírodného prvku a zároveň sú pomerne dostupne, jednoducho a vierohodne zistiteľné. Štatisticky je možné overiť správnosť vybraných vymedzovacích stavových veličín prostredníctvom porovnania štatistických mier priestorovej koncentrácie jednotlivých veličín v speleotopoch, vyjadriteľných koeficientom koncentrácie a Lorenzovou krivkou.

3. Vytýčenie hraníc speleotopov. V mieste najvyššie možne zistiteľných priestorových nespojitostí v hodnotách hlavných prírodných prvkov, vzhľadom na danú mierku mapovania, vytýčime v priestore jaskyne trojrozmerne vnímanú hranicu speleotopu. Hranice speleotopu je bezpodmienečne nutné vnímať trojrozmerne a dvojzložkovo, so zreteľom na priestorové vlastnosti jaskynného priestoru. Hranice speleotopu vnímame dvojzložkovo, v súlade s prácou Bellu (2006b). Hranice speleotopov môžeme z hľadiska priebehu rozdeliť na dva základné typy podľa priebehu hraníc v dvoch látkových prostrediach, pevnom a vzdušnom:

3.1. Pozdĺžne hranice, prirodzene kopírujúce povrchovú plochu horniny a oddeľujúce speleotop od horninového prostredia. Pozdĺžne hranice predstavujú zložitú priestorovú plochu skladajúcu sa z čiastkových povrchov (Bella, 2006b), ktorú je vhodné vnímať trojzložkovo:
– podlaha (dno priepasti) jaskynného priestoru,
– bočné steny jaskynného priestoru,
– strop jaskynného priestoru.
Význam trojzložkového rozčlenenia speleoreliéfu úmerne vzrastá s narastajúcou mierou morfologickej členitosti jaskynného priestoru rôznymi typmi čiastkových plôch a drobných tvarov. Určitá miera zanedbania z hľadiska vyčleňovania speleotopov nevýznamných, prípadne nepodstatných plôch a tvarov speleoreliéfu (generalizácia speleoreliéfu) nám umožní v hrubých rysoch vnímať a opísať pozdĺžne hranice speleotopu ako rovnú, vydutú alebo vypuklú priestorovú plochu opisujúcu podlahu (dno), steny a strop jaskyne.

3.2 Priečne hranice, rozčleňujúce priestor jaskyne v priečnom smere vzhľadom na pozdĺžne smerovanie speleotopu a oddeľujúce speleotopy navzájom. Priečne hranice majú podobu priestorovej plochy pretínajúcej jaskynné prostredie a priestorovo ju ohraničuje uzavretá priestorová krivka dotýkajúca sa horninového plášťa speleotopu. Plocha priečnej hranice je zvyčajne pomerne kolmá na smer hlavnej osi jaskynných chodieb, ale môže mať rôzny sklon a smer sklonu v závislosti od priebehu dotykovej krivky na speleoreliéfe. Priečne hranice speleotopov sú vo veľkej miere závislé najmä od morfologickej členitosti a genézy jaskynných priestorov, ktorú podrobnejšie rozoberá Bella (1995, 2006a,b).

Princíp stanovenia priečnej hranice speleotopu je postavený na základe zistiteľných najvýraznejších priestorových nespojitostí v hodnotách opisujúcich vlastnosti hlavných prírodných prvkov, ktoré sa nachádzajú v danom úseku jaskyne. Postup stanovenia priečnej hranice pozostáva z dvoch čiastkových krokov:

1. Jaskynný priestor rozčleníme podľa hraníc hlavného prvku najvyššieho rádu (obyčajne speleoreliéf) na základe tých vybraných stavových veličín, ktoré spĺňajú najmä najvyššiu priestorovú rôznorodosť a pomernú časovú nemennosť z hľadiska celej skúmanej jaskyne.
2. Vymedzené plochy hlavného prvku najvyššieho rádu, vyčlenené v predchádzajúcom kroku, rozčleníme na menšie časti podľa hraníc hlavných prvkov nižšieho rádu (obyčajne vybrané stavové veličiny hydrologických javov a klastickej sedimentárnej výplne), ktoré sú však priestorovo menej rôznorodé v porovnaní s hlavným prvkom najvyššieho rádu a časovo menej stále z hľadiska celej skúmanej jaskyne.

Priestorové určovanie priečnych hraníc speleotopov má spĺňať nevyhnutnú podmienku, podľa ktorej hranicu kladieme len do miesta s najvýraznejšou priestorovou zmenou danej stavovej veličiny v skúmanom úseku jaskyne. Tento typ hranice sa dá vymedziť najobťažnejšie pre nutnosť poznať všetky miesta, kde nastáva najvýraznejšie sa prejavujúce rozhranie hlavných prírodných prvkov oboch hierarchických úrovní vzhľadom na danú mierku mapovania, zvyčajne 1 : 200 alebo 1 : 500.

4. Obsahová náplň speleotopov. Obsahovú náplň speleotopov ako geoekologických jednotiek môžeme chápať dvojako. Tradičné ponímanie geoekologických jednotiek je zamerané na zisťovanie ich stavových veličín (fyzikálne, chemické, genetické, morfologické a iné). Novšie sa v geoekologickom výskume základných priestorových jednotiek presadzuje sledovanie prírodných procesov (Mosiman, 1990; Leser, 1991; Beručašvili, Žukov, 1997 a iní), najmä ich veľkosť a opakovanosť. Vlastnosti súčasných prírodných dejov môžeme zmerať prostredníctvom pravidelných opakovaných meraní ich stavových veličín v určitom časovom intervale (stacionárny, polostacionárny výskum).

Obsahové napĺňanie speleotopov v závislosti od možností terénneho výskumu a technického vybavenia uskutočňujeme zväčša zisťovaním hodnôt stavových veličín jednotlivých prírodných prvkov v terénnom speleologickom a geoekologickom výskume jednorazovo. Výpovedná hodnota skúmaných stavových veličín výrazne rastie s predlžovaním časového radu ich merania.

5. Úprava hraníc speleotopov. Prípadnú úpravu hraníc speleotopov môžeme uskutočniť na základe súhrnnej analýzy obsahovej náplne jednotlivých geoekologických jednotiek na úrovni každej stavovej veličiny. Využitím princípu neurčitosti (fuzzy) a použitím postupov viacrozmernej štatistiky (metóda faktorovej a klastrovej analýzy) môžeme spresniť hranice speleotopov do výslednej podoby, avšak za predpokladu, že máme dostupné a dostatočne kvalitné dáta vzhľadom na obťažnosť meraní v jaskynnom prostredí.

Uvedený postup je do značnej miery zaťažený subjektivitou v prístupe výskumníka, ale na druhej strane je pomerne účinne vykonateľný. Ďalší spôsob objektivizácie postupu vidíme v nasledujúcej fáze geoekologického výskumu, a tým je obsahové napĺňanie vyčlenených geoekologických jednotiek kvantitatívnymi veličinami a prípadná následná úprava hraníc na základe zistených hodnôt a ich extrapolácie v priestore jaskyne.

VLASTNOSTI HRANÍC SPELEOTOPOV

Postupom uvedeným vyššie určíme najmä plošne a zároveň typovo najvýraznejšie horninové rozhrania, ďalej výrazne zúžené, znížené, prípadne prudko zalomené miesta na speleoreliéfe a hraničné body rôznych hydrologických javov. Výraznosť a významnosť hraníc takto vyčlenených geoekologických jednotiek je daná jednak priestorovou ostrosťou prejavu hranice, jednak (a najmä) prekrytím viacerých hraníc jednotlivých

prírodných prvkov jaskynného prostredia na jednom mieste, prípadne ich „nahromadením" na pomerne malom, vzhľadom na mierku mapovania zanedbateľnom priestore.

Významnosť hranice závisí od zmien vlastností stavových veličín sledovaných v dvoch susedných priestorových jednotkách spojených spoločnou hranicou a rastie s počtom sledovaných veličín a mierou veľkosti zmeny v hodnotách týchto veličín. Môže nastať prípad, keď sa zmení len jedna, alebo opačne aj všetky sledované veličiny. Podobne aj zmena hodnôt stavových veličín môže byť buď nepatrná, alebo veľmi výrazná. Priestorová ostrosť hraníc geoekologických jednotiek – spelotopov – je závislá od veľkosti priestoru, na ktorom dochádza k prekrývaniu hraníc prírodných prvkov jaskynného prostredia. Pri prekrytí hraníc na pomerne malej, z hľadiska mierky zanedbateľnej ploche môžeme hovoriť o veľmi výraznej ostrosti a opačne, pri pomerne veľkej ploche hovoríme o neostrých, prípadne nejasných hraniciach speleotopov.

SÚHRNNÉ VIACROZMERNÉ ŠTATISTICKÉ SPRACOVANIE ÚDAJOV

V tejto časti načrtneme možnosti štatistického vyhodnotenia geoekologického výskumu jaskýň. Vyhodnotenie je výhodné uskutočniť najmä na úrovni základných priestorových jednotiek jaskyne – speleotopov. Postupovať môžeme podľa Minára a kol. (2001), pričom štatisticky vyhodnocujeme hodnoty nameraných stavových veličín a vykonávame analýzu vhodnosti geoekologického členenia jaskyne. Zisťované kvalitatívne dáta je vhodné previesť na kvantitatívne z dôvodu ich spracovania v programe Statgraphics. Zisťované údaje sú však zvyčajne vyjadrované v rôznych metrických škálach; môžu byť vyjadrené napríklad poradovou škálou (typ horniny od 1 do 6) alebo fyzikálnou veličinou (napríklad výška speleotopu 3,5 m; sklon podlahy speleotopu 45° a iné). Každý s týchto atribútov považujeme za čiastkové geoekologické pole. Súhrnné zjednotenie týchto rôznorodých a vzájomne rôzne závislých veličín uskutočníme s cieľom určiť hodnoty geoekologického poľa (pozri Minár a kol., 2001) na úrovni speleotopov. Hodnoty rôznorodých veličín je možné zjednotiť štandardizáciou údajov, keď všetky nadobudnú rozsah v intervale <0,1> podľa vzťahu:

$$Z_i^{NORM} = \frac{Z_i}{|Z_{iMAX} - Z_{iMIN}|}$$

Z_i^{NORM} – normovaná i hodnota stavovej veličiny
Z_i – hodnota i zo súboru danej stavovej veličiny
$Z_{i\,MAX}$ – najvyššia hodnota v súbore
$Z_{i\,MIN}$ – najnižšia hodnota v súbore

Na štandardizáciu stavových veličín môžeme použiť faktorovú analýzu v programe Statgraphics Plus 3.0, prostredníctvom ktorej zároveň zmenšíme počet A vzájomne závislých veličín na počet B vzájomne nezávislých faktorov (B rozmerný ortogonálny priestor, kde $A \geq B$). Hodnoty faktorového skóre v riadkoch predstavujú nové vzájomne nezávislé hodnoty atribútov pre každú geoekologickú jednotku jaskyne – speleotop. Ich syntézou môžeme získať sumárne geoekologické pole. Minár a kol. (2001) používa na vyjadrenie sumárneho geoekologického poľa gradient geoekologického poľa, vypočítaný ako váženú sumu absolútnych hodnôt zmien jednotlivých parametrov v danom smere, pričom vychádza z absolútneho rozdielu medzi dvoma výskumnými bodmi. Primeranou matematickou úpravou tohto postupu môžeme získať hodnoty sumárneho geoekologického poľa na úrovni speleotopov. Štatistickému vyjadreniu sumárneho geoekologického poľa pre speleotopy sa budeme podrobnejšie venovať v inej samostatnej práci. V našom prípade sme analýzu súhrnnej obsahovej náplne speleotopov Brestovskej jaskyne uskutočnili na základe váženého priemeru normalizovaných ortogonálnych stavových

veličín, vypočítaného z hodnôt faktorového skóre v jednotlivých speleotopoch, kde váhu tvorí vlastná hodnota faktora, podľa vzťahov:

$$X_j = \frac{\frac{\sum_{j=1;k=1}^{N;M} (F_{jk} \cdot V_k)}{\sum_{k=1}^{N}} + |SF_{qMIN}|}{|SF_{qMAX} - SF_{qMIN}|} \cdot 100\ \%$$

$$SF_{qMIN} = MIN \left(\frac{\sum_{j=x;k=1}^{X;M} (F_{jk} \cdot V_k)}{\sum_{k=1}^{N}} \right) \qquad SF_{qMAX} = MAX \left(\frac{\sum_{j=x;k=1}^{X;M} (F_{jk} \cdot V_k)}{\sum_{k=1}^{N}} \right)$$

X_j – vážený priemer normalizovaných ortogonálnych stavových veličín pre speleotop j
F_{jk} – faktorové skóre k pre speleotop j
V_k – váha faktorového skóre k daná hodnotou variability faktora k
$SF_{q\,MAX}$ – najvyššia hodnota zo súboru sumárnych vážených normalizovaných faktorových skór SF_j pre jaskyňu q
$SF_{q\,MIN}$ – najnižšia hodnota zo súboru sumárnych vážených normalizovaných faktorových skór SF_j pre jaskyňu q
Podmienky: j Є <1,N>; k Є <1,N>; x Є <1,N>
j – speleotop; k – faktorové skóre; M – počet faktorových skór; N – počet speleotopov

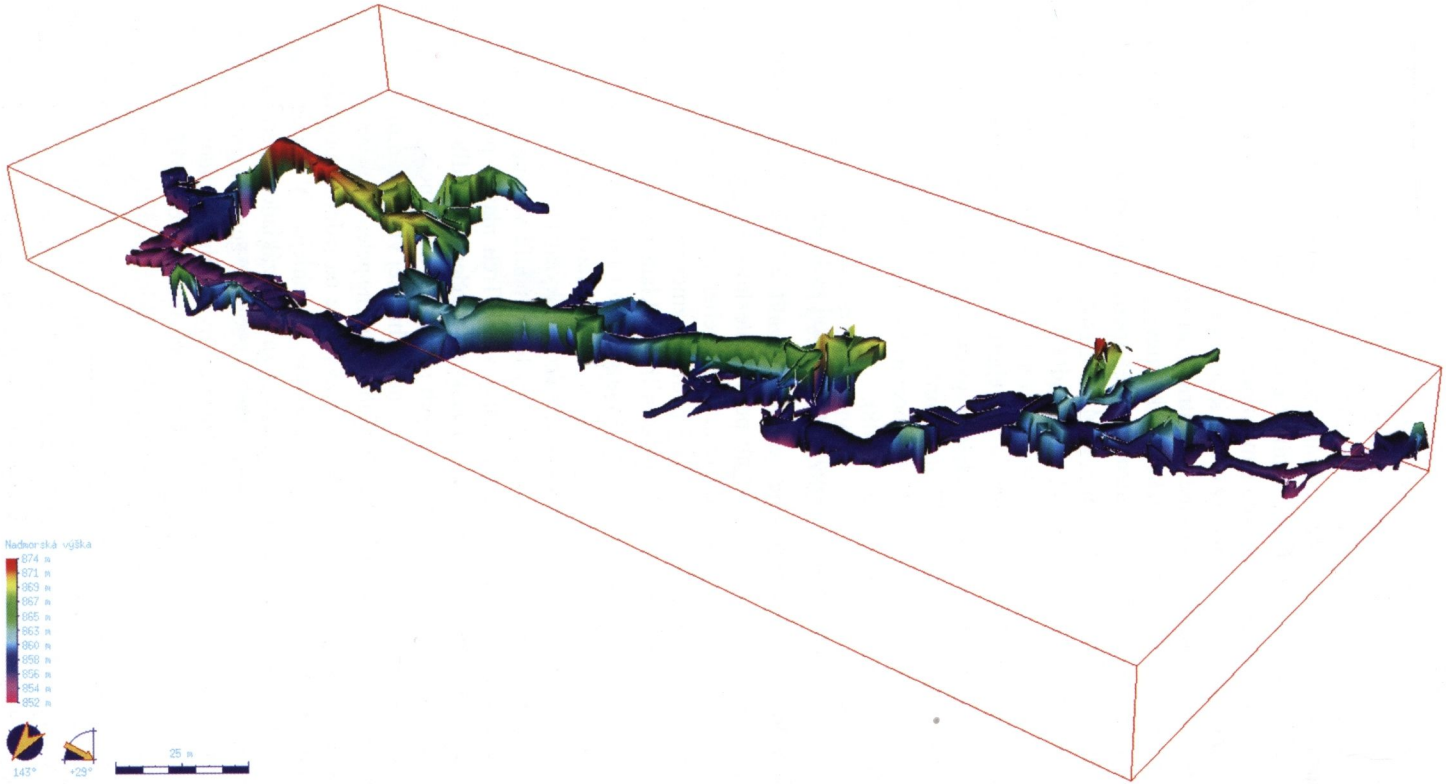
Uvedené výpočty sme vykonali v programoch Statgraphics Plus 3.0. (faktorová analýza) a Microsoft Excel (normalizácia, vážený aritmetický priemer).

VYČLENENIE SPELEOTOPOV V BRESTOVSKEJ JASKYNI

Vyčleňovanie základných priestorových jednotiek v jaskynnom prostredí sme v praktickej rovine vykonali v Brestovskej jaskyni. Vyššie uvedené kroky postupu vedúceho k vymedzeniu základných priestorových geoekologických jednotiek – speleotopov – sa realizovali na základe terénneho speleologického a geoekologického výskumu jaskyne v rokoch 2008 a 2009.

Základné údaje o modelovej Brestovskej jaskyni

Brestovská jaskyňa spolu s viacerými povrchovými i ďalšími podzemnými krasovými javmi v jej okolí patrí medzi najpozoruhodnejšie geomorfologické krasové lokality v Západných Tatrách. Vchod do jaskyne sa nachádza na úpätnici zalesneného svahu v nadmorskej výške 867 metrov. Jaskyňa sa vytvorila na systéme tektonických porúch v ramsauských dolomitoch s roztrúsenými polohami tmavosivých vápencov gutensteinského typu. Nadložie týchto hornín tvoria karbonatické zlepence borovského súvrstvia odkryté na viacerých miestach jaskyne. Zalomenia jaskynných chodieb sa vyvinuli na križovaní štruktúrnych porúch (Vlček a Psotka, 2008). Priestory Brestovskej jaskyne majú prevažne vodorovný smer (obr. 1) s výrazne rozčleneným speleoreliéfom prostredníctvom drobných tvarov (skalné nože, podlahové výčnelky, hladinové zárezy a výčnelky, stropné kopuly a pod.). Chodby jaskyne sa tiahnu popod styčnú oblasť nivy Studeného potoka a priľahlých severných svahov Sivého vrchu s celkovou preskúmanou dĺžkou 1890 m



Obr. 1. Priestorový model Brestovskej jaskyne vypočítaný a vykreslený v programoch Therion a Loch. Spracoval: P. Gažík, ŠOP SR, SSJ Liptovský Mikuláš
Fig. 1. 3-dimensional model of the Brestovská Cave calculated and portrayed using programs Loch and Therion. Processed by P. Gažík, ŠOP SR, SSJ Liptovský Mikuláš

(Bella, 2008a). Do jaskyne sa ponárajú tri povrchové vodné toky (Studený potok, Volariská a Múčnica). Fluviokrasovou jaskyňou preteká aktívny podzemný tok s viacerými prietočnými jazerami a sifónmi. Jemnozrnné viacvrstvové fluviálne sedimenty s hrúbkou aj vyše 270 cm sa nachádzajú v chodbách položených o 6 až 10 m vyššie oproti aktívnemu riečisku s priemerným prietokom 133 l/s a maximami až do 1000 l/s (Haviarová, 2008). Riečisko je v povrchovej vrstve vyplnené hrubozrnnými zaoblenými štrkmi siahajúcimi najčastejšie do hĺbky okolo 10 až 30 cm. V nižšie uložených podložných vrstvách, dosahujúcich hĺbku až 150 cm, sa nachádzajú jemnozrnné pieskové alebo siltové sedimenty. V jaskyni sa vyskytuje pomerne málo vyvinutá kvapľová výplň, najmä sintrové náteky, biele sintrové povlaky, stalaktity a drobné excentrické formy.

Brestovská jaskyňa sa vytvorila v úzkom, tektonicky silne porušenom páse karbonátových hornín (dolomitické brekcie, gutensteinské vápence), ohraničenom zhora kryštalinikom a zdola Podtatranskou brázdou. Hydrografický vývoj jaskyne i priľahlých ponorných prítokových vetviev nadväzoval na hydraulické gradienty medzi ponormi alochtónnych vôd v hlavnej doline a ich vývermi v Števkovskej vyvieračke. Výrazné korózne a korózno-erózne tvary jaskynného georeliéfu sú výsledkom silnej freatickej a epifreatickej, čiastočne aj vadóznej modelácie usmernenej štruktúrno-tektonickými i litologickými pomermi. Pozdĺžny profil podzemných priestorov vypovedá o viacfázovom vývoji jaskyne v závislosti od mladopleistocénnych fáz zahlbovania doliny Studeného potoka (Bella, 2008a; Hercman et al., 2008).

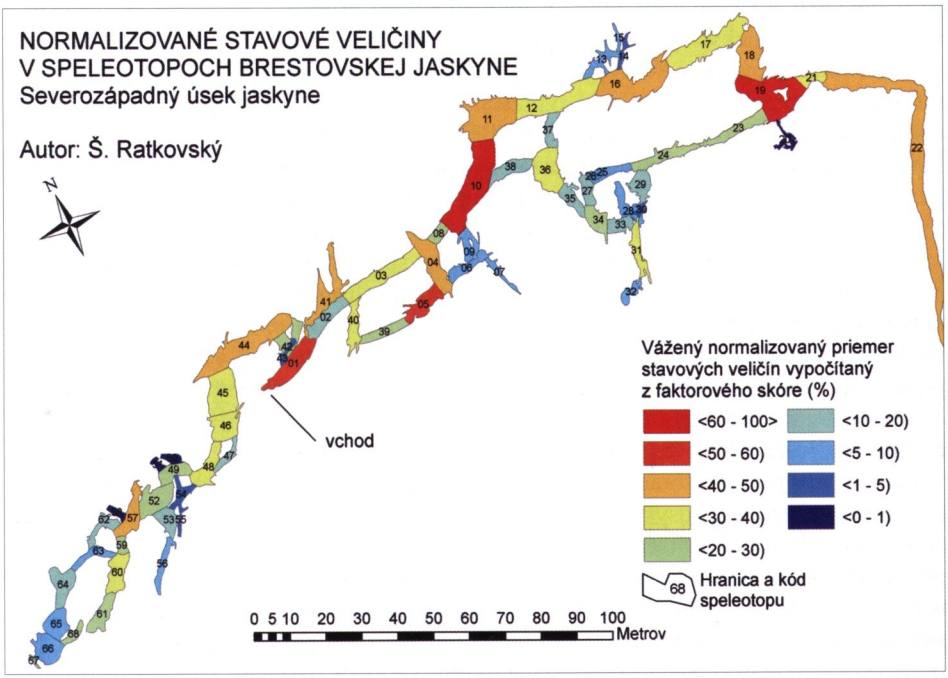
Vyčlenenie speleotopov Brestovskej jaskyne

Speleotopy v Brestovskej jaskyni sme vyčlenili na základe postupu opísaného vyššie. Hlavné prvky jaskyne sme odstupňovali podľa dôležitosti do jednotlivých rádov. Prvý hlavný prvok najvyššieho rádu predstavuje speleoreliéf, lebo je priestorovo najrôznorodejší a zároveň časovo pomerne najmenej podlieha zmenám vzhľadom na ostatné prírodné prvky. Priestor jaskyne sme preto rozčlenili na základe vymedzovacích znakov speleoreliéfu, ktoré predstavujú výrazné zmeny priečneho i pozdĺžneho profilu a výraznú zmenu sklonu podlahy jaskynného priestoru. Druhý hlavný prvok nižšieho rádu predstavuje podzemná voda s prislúchajúcimi hydrologickými javmi. Priestor jaskyne rozčlenený na základe speleoreliéfu sme ďalej členili podľa vlastností podzemnej vody, rozsahu plochy hladiny vody a zmeny hĺbky vody. Tretí hlavný prvok nižšieho rádu predstavujú klastické sedimenty. Priestor jaskyne rozčlenený podľa speleoreliéfu a vlastností podzemnej vody, resp. hydrologických javov sme následne rozčlenili podľa typu sedimentov a prevažujúcej veľkosti častíc v najvrchnejšej vrstve sedimentov.

Stavové veličiny vytvárajú obsahovú náplň vymedzených speleotopov. Mapované stavové veličiny sme zisťovali v každom speleotope zvyčajne na jednom, prípadne dvoch výskumných bodoch najmä v sieňach, ktoré sú plošne rozsiahlejšie. V terénnom jednorazovom integrovanom výskume (Ratkovský, 2008) sme na základe experimentálnych meraní zisťovali nasledujúce stavové veličiny s cieľom zachytiť geoekologické vlastnosti jaskynného prostredia z hľadiska jeho zraniteľnosti: typy hornín (poradová škála); približná hrúbka horninového nadložia (m); šírka korózne rozšírených puklín (m); sklon puklín (°); prevažujúca výška speleotopu (m); celkový sklon podlahy speleotopu (°); pôdorysná plocha speleotopu (m^2); približný objem speleotopu (m^3); plocha sintrovej kvapľovej výplne (m^2); plocha sintrových kôr (m^2); druh hydrologického javu (poradová škála); plocha vodnej hladiny (m^2); približný objem skvapu (litre/deň); prevažujúca hĺbka vody (m), rýchlosť prúdenia vody v prúdnici (m/s); približný prietok vody (litre/s); približný rozdiel teploty vzduchu medzi speleotopmi (°C); plocha skondenzovanej vody

na speleoreliéfe (%); veľkosť zŕn v najvrchnejšej vrstve klastických sedimentov (mm); hĺbka klastických sedimentov (m); plocha klastických sedimentov pokrývajúca podlahu speleotopu (m^2); druhy speleofauny a zistený počet jedincov speleofauny (ks).

Vymedzené speleotopy v Brestovskej jaskyni môžeme vyjadriť na základe váženého normalizovaného priemeru stavových veličín (Xj), vypočítaného z faktorového skóre na základe vzorcov uvedených v kapitole o súhrnnom štatistickom spracovaní informácií. Váhu vo výpočte tvorí vlastná hodnota faktora vypočítaná programom Statgraphics. Ak je výsledná hodnota Xj nízka, poukazuje to na nízku vnútornú rôznorodosť medzi normalizovanými hodnotami všetkých stavových veličín v danom speleotope. Opačný prípad nastáva, ak sa výsledná hodnota Xj blíži ku 100 %; vtedy vypočítaná veličina poukazuje na vysokú vnútornú rôznorodosť medzi normalizovanými hodnotami všetkých stavových veličín v danom speleotope. Vypočítané výsledné hodnoty váženého normalizovaného priemeru stavových veličín (Xj) pre Brestovskú jaskyňu v jednotlivých speleotopoch zobrazuje mapa (obr. 2). Vypočítané hodnoty nám zároveň začleňujú jednotlivé speleotopy jaskyne do deviatich intervalových typov podľa celkovej vnútornej rôznorodosti stavových veličín v danom speleotope. Intervalové rozpätie vypočítaných hodnôt, vyjadrené v absolútnej a relatívnej početnosti speleotopov, zobrazuje tabuľka 1. Najpočetnejšie speleotopy (dvanásť) majú hodnoty vnútornej rôznorodosti stavových veličín



Obr. 2. Vymedzenie speleotopov v Brestovskej jaskyni na základe váženého normalizovaného priemeru stavových veličín (%), vypočítaného z faktorového skóre. Váhu tvorí vlastná hodnota faktora vypočítaná programom Statgraphics. Nízka hodnota poukazuje na nízku vnútornú rôznorodosť medzi normalizovanými hodnotami všetkých stavových veličín v jednotlivých speleotopoch. Mapový podklad: P. Gažík, ŠOP SR, SSJ Liptovský Mikuláš

Fig. 2. Delimitation of speleotopes in Brestovská Cave on a base of weighted average of the standardized state variables (%), calculated from the factorial scores. Significance weight is the designated value factor, calculated by the program Statgraphics. A low value indicates low internal diversity between state variables of all state values in all speleotopes. Map background: P. Gažík, ŠOP SR, SSJ Liptovský Mikuláš

v intervale hodnôt 20 až 30 %. Najmenej početné speleotopy (dva) sú vo dvoch intervaloch, 50 až 60 % a zároveň 60 až 100 %. Najviac rôznorodé sú speleotopy 10 (najpriestrannejšia Brodňanského sieň) a 51 (veľmi krátka plazivka bočne sa napájajúca na Jazernú chodbu). Aritmetický priemer celkovej vnútornej rôznorodosti stavových veličín v speleotopoch Brestovskej jaskyne dosahuje hodnotu 24,04 %, čo predstavuje pomerne nízku rôznorodosť v skúmaných stavových veličinách v rámci jedného speleotopu. Inak povedané, speleotopy v Brestovskej jaskyni, opísané stavovými veličinami, sú si priemerne na 75,96 % podobné.

ČIASTKOVÁ TYPOLÓGIA SPELEOTOPOV

Speleotopy ako základné individuálne geoekologické priestorové jednotky Brestovskej jaskyne je výhodné spájať na základe príbuznosti a podobnosti do viacerých subtypov. Jednotlivé subtypy speleotopov sme určili podľa Bellu (2008b) na základe hodnôt stavových veličín získaných v terénnom výskume jaskyne. Účelom čiastkovej typizácie speleotopov je zjednodušiť a sprehľadniť obraz o individuálnych priestorových geoekologických jednotkách Brestovskej jaskyne a ich vlastnostiach. Vzniknuté subtypy sú podkladom na vytvorenie súhrnnej typológie. Čiastkovú typizáciu speleotopov sme uskutočnili zoskupovaním individuálnych speleotopov na základe induktívneho prístupu pri typizácii (postupné spájanie menších jednotiek do väčších celkov – postup „zdola nahor"), vykonaného filtrovaním údajov v programe MS Excel cez príkazy: údaje – filter – automatický filter. Spájaním speleotopov do subtypov na základe ich príbuznosti sme zachovali minimalizáciu rozptylu hodnôt stavových veličín vnútri vzniknutých subtypov speleotopov, ktorá je požadovaná v postupe typizácie podľa Minára a kol. (2003).

Rozhodujúcu úlohu pri typizácii speleotopov zohráva výber regionalizačných kritérií. Podľa Minára a kol. (2001) je pri výbere kritérií potrebné brať do úvahy okrem rozptylu hodnôt použitého kritéria aj geosystémové vlastnosti kritéria. V práci sme uprednostnili kritériá predstavujúce hlavné prírodné prvky jaskyne. Každé z kritérií nadobúda v skúmanej jaskyni určitý rozptyl hodnôt v priestore. V závislosti od jeho veľkosti sme rozhodli, či dané kritérium uplatníme v typizácii. Pri posudzovaní regionalizačného kritéria sme okrem veľkosti rozptylu brali do úvahy aj mieru previazanosti na ostatné stavové veličiny jaskyne. Typológiu speleotopov Brestovskej jaskyne sme vykonali podľa štyroch základných kritérií (tab. 2), odrážajúcich hlavné prírodné prvky jaskynného prostredia a vyskytujúcich sa v jaskyni vo všetkých logických variáciách: morfometria priestoru, morfologický tvar, hydrologický jav a druh sedimentárnej výplne.

Tab. 1. Celková vnútorná rôznorodosť stavových veličín v speleotopoch Brestovskej jaskyne
Tab. 1. General internal heterogenity of state variables in speleotopes of Brestovská Cave

Intervalové rozpätie hodnôt Xj	<0–1)	<1–5)	<5–10)	<10–20)	<20–30)	<30–40)	<40–50)	<50–60)	<60–100>	Spolu
Počet speleotopov – absolútny	4	5	13	11	12	11	8	2	2	68
Počet speleotopov – relatívny (%)	5,88	7,35	19,12	16,18	17,65	16,18	11,76	2,94	2,94	100

Tab. 2. Kritériá a subtypy speleotopov vyskytujúcich sa v Brestovskej jaskyni
Tab. 2. Criterions and subtypes of speleotopes occurring in the Brestovská Cave

Kritérium	Subtyp	Kód
Morfometria priestoru	horizontálny	1
	vertikálno-horizontálny	2
	horizontálno-vertikálny	3
	vertikálny	4
Morfologický tvar	plazivka	1
	vyklinená chodba	2
	viachranná chodba	3
	sieň	4
	priepasť	5
	komín	6
Hydrologický jav	bez hydrologických javov	1
	autochtónny skvap	2
	alochtónna podzemná rieka	3
	alochtónne prietočné jazero	4
	alochtónny tok s kaskádami	5
	alochtónny prietočný sifón	6
Druh sedimentárnej výplne	bez klastickej výplne	1
	klastické jemnozrnné sedimenty	2
	klastické jemnozrnné sedimenty a chemogénna sintrová výplň	3
	klastické štrkové sedimenty	4
	klastická balvanová výplň	5

Speleotopy Brestovskej jaskyne možno na základe typológie zaradiť do jednotlivých subtypov na základe podobnosti v štyroch vyššie uvedených kritériách (tab. 2), pričom každému kritériu je priradený štvorúrovňový kód a následne je tento kód priradený jednotlivým speleotopom (tab. 3) tak, aby bolo možné rozkódovať vlastnosti každého speleotopu. Celkovo sa v Brestovskej jaskyni vyskytuje 35 subtypov vyčlenených na základe jestvujúcich logických kombinácií.

VÝSLEDNÁ SÚHRNNÁ TYPOLÓGIA SPELEOTOPOV

Výsledná súhrnná typológia speleotopov Brestovskej jaskyne bola vykonaná na základe dvoch krokov v typizácii, ktoré na seba bezprostredne nadväzujú. Prvý krok v typizácii, vykonaný na základe viacrozmerných štatistických metód (faktorová a klastrová analýza), umožňuje objektivizáciu postupu, výsledkom ktorého je vytvorenie základných typov speleotopov. Štatistickým postupom je v najväčšej možnej miere zohľadnená vnútrotriedna podobnosť a medzitriedna odlišnosť základných typov speleotopov. Druhý stupeň členenia speleotopov na typy umožňuje podrobnejšie rozčleniť už vzniknuté základné typy na typy nižších úrovní, ktoré klastrová analýza kľúčových stavových veličín neumožňuje, pretože ide zväčša o kvalitatívne veličiny, ako sú genéza, morfologický tvar, typ hydrologického a geomorfologického procesu (klastrová analýza vyžaduje kvantitatívne veličiny).

Tab. 3. Speleotopy Brestovskej jaskyne zakódované do 35 subtypov (rozkódovanie subtypov podľa tabuľky 2)
Tab. 3. Speleotopes of Brestovská Cave coded to 35 subtypes (decoding of subtypes by use of Tab. 2)

Kód speleo-topu	Kód subtypu	Kód speleo-topu	Kód subtypu	Kód speleo-topu	Kód subtypu	Kód speleo-topu	Kód subtypu
20	1112	60	1232	8	1334	46	2255
28	1112	61	1232	11	1334	53	2322
30	1112	4	1234	21	1342	22	2362
47	1112	12	1234	42	1342	39	2362
54	1112	48	1234	33	1413	36	2423
58	1112	57	1234	34	1413	1	2424
64	1112	16	1242	10	1434	19	2432
65	1112	17	1242	55	2112	43	3111
31	1211	18	1242	56	2112	13	3112
6	1212	40	1242	63	2112	32	3112
9	1212	41	1242	66	2112	14	3122
7	1222	44	1242	15	2122	50	3122
3	1224	45	1244	62	2122	51	3122
5	1232	35	1312	25	2211	23	3223
49	1232	38	1312	27	2211	26	4512
52	1232	29	1315	24	2215	67	4625
59	1232	2	1322	37	2222	68	4642

Prvý krok typizácie: rozčlenenie speleotopov do základných typov

Prvý krok typizácie speleotopov Brestovskej jaskyne do základných typov možno vykonať na základe viacrozmernej štatistickej analýzy podľa postupov regionálnej taxonómie (Bezák, 1993; Minár a kol., 2001) v programe Statgraphics Plus 3.0. Zhluková analýza zabezpečí objektivizáciu postupu posudzovania vnútrotriednej podobnosti a medzitriednej odlišnosti tried speleotopov a možno ju považovať za variantné riešenie typizácie speleotopov. Podmienkou zhlukovej analýzy je predchádzajúce uskutočnenia faktorovej analýzy, v ktorej sme vyššie vypočítali faktorové skóre pre jedenásť vzájomne nezávislých faktorov. Zhlukovú analýzu považujeme za súbor metód, ktoré nám umožňujú v údajoch hľadať zoskupenia podobných prvkov do typov. Pri uplatnení zhlukovej analýzy venujeme pozornosť základným typom skúmaných speleotopov a ich vzájomnej podobnosti, prípadne rozdielnosti. Zhluková analýza slúži ako základný nástroj vytvorenia typológie, v našom prípade ju využívame na hľadanie súhrnných typov speleotopov s rovnakým stupňom podobnosti. Základným cieľom zhlukovej analýzy je redukcia údajov a vytvorenie typológie, čiže zatriedenie veľkého množstva speleotopov do súhrnných typov, ktoré sú charakterizované na základe hodnôt stavových veličín.

Hlavným znakom zhlukovej analýzy, vychádzajúc z práce Bezáka (1993), je, že typy tried nie sú dopredu určené, ale zhluky sa odvodzujú z hodnôt stavových veličín. Metódy zhlukovej analýzy smerujú k vytvoreniu zhlukov – základných typov speleotopov

– tak, aby vzájomná podobnosť speleotopov zaradených do jedného typu bola čo najväčšia, a zároveň aby medzi vytvorenými typmi bola čo najväčšia medzitypová odlišnosť. Priraďovanie speleotopov do zhlukov možno uskutočniť dvoma základnými postupmi, hierarchickými a nehierarchickými metódami zhlukovej analýzy. Hierarchické zhlukovacie metódy, použité v našom postupe, vedú k hierarchickej štruktúre objektov tým, že nové zhluky vzniknú v ktoromkoľvek kroku tak, že sa spoja dva zhluky z predchádzajúceho kroku. Hierarchické metódy sa vyznačujú radením prvkov do stromovej štruktúry. Postupné spájanie prvkov do zhlukov možno sledovať v stromovom diagrame – dendrograme, kde jeden speleotop najprv tvorí prvotný zhluk a ich spájaním sa v každom kroku počet zhlukov postupne zmenšuje, až sa nakoniec zhluky spoja do požadovaného počtu zhlukov. Ťažiská tried vypočítaných zhlukov – základných typov – predstavujú stredové hodnoty zhlukov vo vzájomne kolmom jedenásťrozmernom priestore, kde každý priestor je vyjadrený prostredníctvom absolútnych hodnôt faktorového skóre vypočítaných pomocou faktorovej analýzy z hodnôt kľúčových stavových veličín: prevažujúca výška speleotopu (m), celkový sklon podlahy speleotopu (°), približný objem speleotopu (m^3), približný objem skvapu (litre/deň), prevažujúca hĺbka vody (m), rýchlosť prúdenia vody v prúdnici (m/s), veľkosť zŕn v najvrchnejšej vrstve klastických sedimentov (mm), hĺbka klastických sedimentov (m), plocha klastických sedimentov (m^2), plocha sintrovej kvapľovej výplne (m^2) a plocha sintrových kôr (m^2).

Postup pri výpočte podobnosti vzdialenosti medzi speleotopmi, v našom prípade meranie vzdialenosti postupom „City Block", je závislý od zvolených pravidiel, podľa ktorých sa samotné zhlukovanie uskutoční. Jednotlivé zhlukovacie metódy (najbližšieho suseda, najvzdialenejšieho suseda, skupinových priemerov, Wardova metóda a iné) sa navzájom odlišujú postupom pri spájaní prvkov a môžu viesť k rôznym výsledkom, ale matematicky sú rovnocenné. V našom prípade sme uplatnili pravidlo Wardovej metódy zhlukovania: dva zhluky môžu byť navzájom spojené vtedy, ak toto spojenie vedie k najmenšiemu rastu celkovej sumy štvorcov odchýlok vzdialeností vo vnútri zhluku (Bezák, 1993). Nami zvolená Wardova metóda sa najviac odporúča pri zhlukovej analýze, a to pre vytváranie vcelku homogénnych zhlukov. Podstatný vplyv na výsledok má však aj počet zvolených zhlukov – základných typov speleotopov (6), aby čo najpresnejšie odrážali minimalizáciu rozptylu hodnôt stavových veličín vnútri vzniknutých typov (podľa Minára a kol., 2001).

Základné typy (A až F) geoekologických priestorových jednotiek jaskyne – speleotopov (tab. 4, obr. 3) – sme vyčlenili prostredníctvom Wardovej metódy v rámci zhlukovej analýzy, ktorá sa podľa Minára a kol. (2001) explicitne opiera o princíp internej homogenity kľúčových geoekologických stavových veličín. Základné typy speleotopov boli zhlukovou analýzou vytvorené na základe jedenástich kľúčových geoekologických stavových veličín uvedených vyššie. Vzniknuté geoekologické skupiny základných typov speleotopov je následne nevyhnutné nazvať podľa vývoja spoločných znakov, ako sú súčasná hydrografická zóna i morfológie priestorov, a opísať ďalšími spoločnými znakmi pre speleotopy v danom zhluku (skupine):

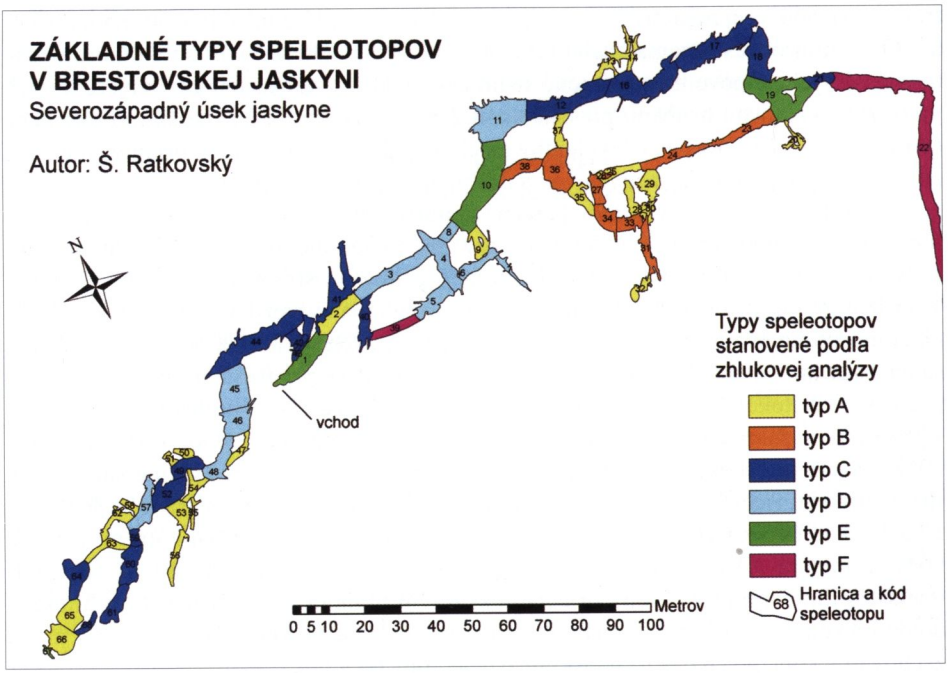
Základný typ A – **vadózne úžiny.** Tento typ speleotopov predstavujú vodorovné až šikmé plazivky a nízke chodby, úžiny bez hydrologických javov s jemnozrnnými sedimentmi a s horizontálnym alebo vertikálno-horizontálnym priebehom. Dno speleotopov je pokryté jemnozrnnými sedimentmi. Časť je zložená so speleotopov, ktoré sú takmer úplne zaplnené jemnými povodňovými sedimentmi značnej hrúbky, predpokladáme 1 až 3 m, a nachádzajú sa najmä v koncovej časti Jazernej chodby (speleotopy 62 až 66).

Tab. 4. Subtypy, základné typy a trojstupňové podrobné členenie základných typov speleotopov v Brestovskej jaskyni

Tab. 4. Subtypes, basic types and three-stage detail classification of basic types speleotopes in the Brestovská Cave

Kód speleotopu	SUBTYP				TYPY	
	Morfometria priestoru	Morfologický tvar	Hydrologický jav	Sedimentárna výplň	**Základné typy**	**Trojstupňová typizácia**
6	1	2	1	2	A	111
9	1	2	1	2	A	111
13	3	1	1	2	A	111
14	3	1	2	2	A	111
20	1	1	1	2	A	111
25	2	2	1	1	A	111
28	1	1	1	2	A	111
30	1	1	1	2	A	111
32	3	1	1	2	A	111
35	1	3	1	2	A	111
43	3	1	1	1	A	111
47	1	1	1	2	A	111
51	3	1	2	2	A	111
53	2	3	2	2	A	111
54	1	1	1	2	A	111
55	2	1	1	2	A	111
58	1	1	1	2	A	111
63	2	1	1	2	A	111
65	1	1	1	2	A	111
66	2	1	1	2	A	111
2	1	3	2	2	A	121
7	1	2	2	2	A	121
15	2	1	2	2	A	121
37	2	2	2	2	A	121
56	2	1	1	2	A	121
62	2	1	2	2	A	121
50	3	1	2	2	A	121
24	2	2	1	5	B	131
29	1	3	1	5	A	131
23	3	2	2	3	B	141
27	2	2	1	1	B	141
31	1	2	1	1	B	141
36	2	4	2	3	B	141
38	1	3	1	2	B	141

Kód speleotopu	SUBTYP				TYPY	
	Morfometria priestoru	Morfologický tvar	Hydrologický jav	Sedimentárna výplň	**Základné typy**	**Trojstupňová typizácia**
33	1	4	1	3	B	151
34	1	4	1	3	B	151
26	4	5	1	2	B	161
67	4	6	2	5	E	161
64	1	1	1	2	C	211
68	4	6	4	2	C	211
16	1	2	4	2	C	221
17	1	2	4	2	C	221
18	1	2	4	2	C	221
21	1	3	4	2	C	221
42	1	3	4	2	C	221
52	1	2	3	2	C	221
59	1	2	3	2	C	221
61	1	2	3	2	C	221
12	1	2	3	4	C	222
40	1	2	4	2	C	222
41	1	2	4	2	C	222
49	1	2	3	2	C	222
60	1	2	3	2	C	222
44	1	2	4	2	C	223
3	1	2	2	4	D	231
4	1	2	3	4	D	232
5	1	2	3	2	D	232
8	1	3	3	4	D	232
11	1	3	3	4	D	232
45	1	2	4	4	D	232
57	1	2	3	4	D	232
46	2	2	5	5	D	233
48	1	2	3	4	D	233
10	1	4	3	4	E	241
19	2	4	3	2	E	242
1	2	4	2	4	E	243
22	2	3	6	2	F	311
39	2	3	6	2	F	311



Obr. 3. Základné typy speleotopov Brestovskej jaskyne. Základné typy sú vyčlenené prostredníctvom viacrozmernej štatistiky (Wardova metóda v zhlukovej analýze kľúčových stavových veličín). Legenda: typ A – vadózne úžiny, typ B – vadózne chodby, typ C – epifreatické jazerné chodby, typ D – epifreatické riečne chodby, typ E – epifreatické riečne siene, typ F – freatické sifóny. Mapový podklad: P. Gažík, ŠOP SR, SSJ Liptovský Mikuláš

Fig. 3. Basic types of speleotopes of the Brestovská Cave. Basic types are delimited by multivariate statistics (Wards method in cluster analysis of the key state variables). Legend: Type A – vadose enlarged fissures, Type B – vadose corridors, Type C – epiphreatic lake corridors, Type D – epiphreatic river corridors, Type E – epiphreatic river halls, Type F – phreatic siphons. Map background: P. Gažík, ŠOP SR, SSJ Liptovský Mikuláš

V zvislom smere sú približne 2 m nad súčasným riečiskom. Samotná výška speleotopov sa najčastejšie pohybuje od 30 do 70 cm. Tieto postranné a bočné plazivky boli pravdepodobne v skoršej fáze vývoja jaskyne pomerne priestrannými chodbami, čomu nasvedčuje aj pomerne široký (okolo 4 m) a zahladený strop. Počas extrémnych prietokov pri čiastočnom upchaní a zúžení odtokového sifónu prívalové vody z topiaceho sa snehu a ľadovcov zatopili priestory jaskyne, hladina podzemného toku sa vzdula a následne dochádzalo k usadzovaniu naplavenín a vypĺňaniu jaskynných chodieb jemnými sedimentmi. V neskorších fázach vývoja jaskyne sa viackrát čiastočne vypláchli priestory nachádzajúce sa na hlavnom smere toku vody, prípadne sa priestory opätovne vypĺňali usadeninami.

Základný typ B – **vadózne chodby a malé siene.** V tomto type speleotopov ide o šikmé chodby a malé siene s jemnozrnnými sedimentmi a s vertikálno-horizontálnym až horizontálno-vertikálnym priebehom a takmer vertikálnu menšiu puklinovú priepasť (speleotop 26). V speleotopoch 23 a 36 sa vyskytuje silný skvap autochtónnych vôd. Dno pokrývajú zvrstvené jemnozrnné sedimenty značnej hĺbky, niekde 2,7 m i viac. Na stenách a strope je drobná sintrová výplň (krátke brčká, drobné stalaktity a stalagmity), v Jazierkovej sieni (speleotop 36) sa na podlahe nachádza antropogénne poškodená sin-

trová misa, do ktorej nepretržite kvapká voda so skvapom 12,5 ml/min v zimnom období a 250 ml/min počas topenia snehu (Haviarová, 2008). V tejto sieni sú šikmo uložené (okolo 35°) jemné povodňové piesčité sedimenty a silty s viacnásobným zvrstvením ich vrstiev a s celkovou hrúbkou presahujúcou 2 m. Začiatočná výrazne šikmo uklonená (prevažne 40°) časť Kopečného chodby (speleotop 23) má v pôdoryse priamy smer, vyznačuje sa skvapom infiltračných vôd a drobnou sintrovou výplňou.

Základný typ C – **epifreatické jazerné chodby.** Tento typ speleotopov tvoria alochtónne horizontálne jazerné chodby s jemnozrnnými sedimentmi. Dno speleotopov pokrývajú jemnozrnné sedimenty, ojedinele aj s prímesou štrkov (speleotopy 12 a 45). V speleotope 44 sa prostredníctvom gravitačného rútenia vytvoril pod menším komínom objemný akumulačný kužeľ zo žulových glacifluviálnych okruhliakov. Prietočné jazerá sa nachádzajú v dvoch častiach Brestovskej jaskyne. Prvé prietočné jazero sa vytvorilo pod prvým prítokovým sifónom (speleotopy 12, 16, 17, 18 a 21). V strednej časti jazera sa v pravouhlom zalomení vytvára úžina (0,5 m), kde sa akumulujú jemnozrnné sedimenty. Hĺbka jazera je v tomto mieste najmenšia (0,4 m). Jazero ďalej pokračuje smerom na Brodňanského riečisko. Spodná hranica prietočného jazera je na rozhraní speleotopov 11 a 12, kde dno koryta začína byť pokryté hrubozrnnými okrúhlymi štrkmi a hĺbka vody sa mení z 1,5 m na 0,2 m. Druhé prietočné jazero (speleotopy 40, 41, 42 a 44) vzniklo zahradením toku vody priečnym skalným prahom a vysypanou ostrohrannou dolomitickou sutinou. Stojaté malé jazierka zo značnou hĺbkou, okolo 1,5 až 2 m, sa zachovali v koncových častiach jaskyne (speleotopy 64 a 68).

Základný typ D – **epifreatické riečne chodby.** Tento typ speleotopov predstavujú alochtónne horizontálne riečne chodby s hrubozrnnými sedimentmi. Tieto riečne jaskynné priestory sú bez skvapu alebo takmer bez skvapu. Dno speleotopov pokrývajú alochtónne okrúhle štrky, ktoré vytvárajú štrkové lavice, sihote a bočné korytové akumulácie. Vodný tok postupne v speleotopoch 4, 5 a 11 naberá na sklone riečiska a zrýchľuje tok vody smerom k odtokovému sifónu. V tomto úseku riečiska vodný tok divočí, vetví sa pomedzi sihote a vytvára agradačné valy. Kolísanie prietokov vody s meniacimi sa prúdnicami spôsobuje zmeny tvarov nánosov riečnych sedimentov v riečisku. Pod kaskádami (speleotop 46) tečie pomalý vodný tok viackrát zalomený pozdĺž tektonických porúch. V speleotope 3 tečie rieka len pri vysokých vodných stavoch, na čo poukazuje podlahový erózny žľab s dierami, v ktorých sú uložené okrúhle štrky. Výnimočne sa vyskytujú na vodnom toku krátke a nízke kaskády (speleotop 46).

Základný typ E – **epifreatické riečne siene.** V tomto type speleotopov ide o horizontálne a vertikálno-horizontálne priestranné vysoké siene s alochtónnou podzemnou riekou a skvapom autochtónnych vôd. Dno siení je pokryté oblými štrkmi a balvanmi alebo štrkmi a jemnozrnnými sedimentmi. V priestoroch križovania sa tektonických porúch (Gotická brána, Sieň potápačov) sa vytvorili sieňovité priestory (speleotopy 10 a 19) s výrazným skvapom infiltračných vôd – okolo 250 a 1000 litrov/deň. V Brodňanského sieni (speleotop 10) sú do riečiska zrútené mohutné skalné bloky, ktoré pravdepodobne v skoršej fáze vývoja siene tvorili skalný most. Tektonicky podmienená Vstupná sieň (speleotop 1) je remodelovaná rútením a mrazovým zvetrávaním.

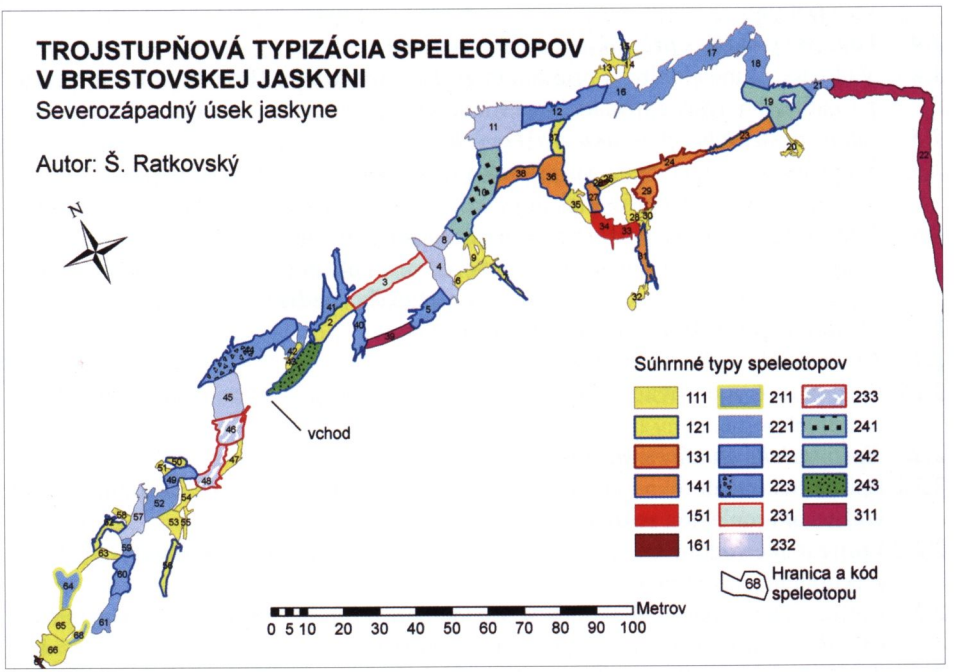
Základný typ F – **freatické sifóny.** Tento typ speleotopov tvoria šikmé prietočné sifóny, ktoré majú vertikálno-horizontálny priebeh. Úseky jaskynných chodieb sú v týchto častiach jaskyne zaliate vodou (speleotopy 22 a 39). V Brestovskej jaskyni sa nachádza doteraz desať známych, opísaných, prípadne preskúmaných sifónov, z toho sedem je v juhovýchodnej časti jaskyne, dostupnej iba speleopotápačom. Najhlbší je prvý prítokový

sifón s hĺbkou až 17 m (Hochmuth, 2008). Výskum sifónov nie je vzhľadom na naše technické vybavenie a schopnosti možný (speleopotápanie), preto hodnoty stavových veličín pre dané speleotopy preberáme z iných zdrojov, prípadne odhadujeme na základe náznakov a vzájomných priestorových súvislostí medzi prírodnými javmi a dejmi.

Druhý krok typizácie: rozčlenenie základných typov speleotopov do nižších úrovní

Základné typy speleotopov, vyčlenené v prvom kroku podľa zhlukovej analýzy, možno v druhom kroku typizácie podrobnejšie rozčleniť na hierarchicky nižšie typy speleotopov. V tomto kroku sme využili analytický princíp. Jednotlivé klasifikačné kritériá sme uplatnili v podstate nezávisle od seba, pričom je teoreticky možné určiť viacej kritérií. Podľa Minára a kol. (2001) samotný proces uplatňovania vybraného kritéria pri typizácii nebýva striktne predpísaný, čo dáva veľký priestor pre subjektivitu. Výhodou postupu je však to, že nie je náročný na kvalitu a kvantitu potrebných údajov. Viacstupňovú geoekologickú typizáciu speleotopov preto možno uskutočniť s pomerne malým počtom prevažne kvalitatívnych údajov. Prednosťou tradičného potupu je pomerne jednoduchá interpretácia výsledku. Podrobnejšia typizácia speleotopov predstavuje členenie základných typov speleotopov Brestovskej jaskyne na typy s hierarchicky nižšou úrovňou.

Pri členení základných typov spleleotopov, vyčlenených v prvom kroku, sme na každej nižšej úrovni uplatnili zväčša kvalitatívne klasifikačné kritériá. Pri výbere kritérií



Obr. 4. Trojstupňové podrobnejšie členenie základných typov speleotopov v Brestovskej jaskyni. V prvom kroku sme stanovili základné typy na základe štatistickej klastrovej analýzy. V druhom kroku sa základné typy speleotopov podrobnejšie rozčlenili na nižšie úrovne. Legenda je v texte o podrobnej trojstupňovej typológii. Mapový podklad: P. Gažík, ŠOP SR, SSJ Liptovský Mikuláš

Fig. 4. Three-stage detailed classification of basic types of speleotopes in the Brestovská Cave. In the first step, we determined the basic types using statistical cluster analysis. The second step divided the basic types of speleotopes into more detailed classification of lower levels. Legend in the text is about the detailed three-stage typology. Map background: P. Gažík, ŠOP SR, SSJ Liptovský Mikuláš

sme zohľadnili ich geoekologické vlastnosti a rozptyl hodnôt. Minár a kol. (2001) odporúča pri výbere kritérií najprv použiť na prvom mieste kritériá genézy, nižšie zohľadniť časovú platnosť použitých kritérií a indikačné procesy. Vzhľadom na freatický vývoj celej jaskyne pred viac ako 200-tisíc rokmi (Bella, 2008a; Hercman et al., 2008) sme ako najvyššie kritérium členenia speleotopov uplatnili polohu speleotopov v súčasnej hydrografickej zóne a ďalej morfologický tvar, morfometriu priestoru, hydrologický proces a geomorfologický proces. Typizácia speleotopov Brestovskej jaskyne na základe analytického postupu (tab. 4, obr. 4) vychádza najmä z prác Bellu (1998a, 2006b, 2008b). Trojstupňová typológia na treťom stupni členenia predstavuje zároveň legendu k obrázku 4.

1. Skupina vadóznych typov speleotopov

1.1. Vadózne úžiny bez priesaku zrážkových vôd

1.1.1. Vadózne šikmé úžiny bez priesaku zrážkových vôd a s fluviálnymi sedimentmi z freatického, resp. epifreatického štádia vývoja jaskyne

1.2. Vadózne úžiny s priesakom zrážkových vôd

1.2.1. Vadózne šikmé úžiny s priesakom zrážkových vôd a s fluviálnymi sedimentmi z freatického, resp. epifreatického štádia vývoja jaskyne

1.3. Vadózne chodby bez priesaku zrážkových vôd

1.3.1. Vadózne šikmé chodby bez priesaku zrážkových vôd, s rútením blokov materskej horniny a s fluviálnymi sedimentmi z freatického, resp. epifreatického štádia vývoja jaskyne

1.4. Vadózne chodby s priesakom zrážkových vôd

1.4.1. Vadózne šikmé chodby s priesakom zrážkových vôd, s fluviálnymi sedimentmi z freatického, resp. epifreatického štádia vývoja jaskyne a so sintrovou výplňou

1.5. Vadózne siene bez priesaku zrážkových vôd

1.5.1. Vadózne vodorovné siene bez priesaku zrážkových vôd, s fluviálnymi sedimentmi z freatického, resp. epifreatického štádia vývoja jaskyne a so sintrovou výplňou

1.6. Vadózne zvislé priestory bez priesaku zrážkových vôd

1.6.1. Vadózne zvislé priepasti alebo komíny bez priesaku zrážkových vôd a s fluviálnymi sedimentmi z freatického, resp. epifreatického štádia vývoja jaskyne

2. Skupina epifreatických typov speleotopov

2.1. Epifreatické úžiny s jazerami

2.1.1. Epifreatické vodorovné úžiny so stojatými jazerami a s akumuláciou fluviálnych sedimentov

2.2. Epifreatické chodby s jazerami

2.2.1. Epifreatické vodorovné chodby s prietočným jazerom, bez priesaku zrážkových vôd a s akumuláciou sedimentov

2.2.2. Epifreatické vodorovné chodby s prietočným jazerom, priesakom zrážkových vôd a akumuláciou sedimentov

2.2.3. Epifreatické vodorovné chodby s prietočným jazerom, rútením glacifluviálnych balvanov a akumuláciou fluviálnych sedimentov

2.3. Epifreatické chodby s vodným tokom

2.3.1. Epifreatické vodorovné chodby s občasným vodným tokom, eróziou podlahy a akumuláciou fluviálnych sedimentov

2.3.2. Epifreatické vodorovné chodby s trvalým vodným tokom a s transportom fluviálnych sedimentov

2.3.3. Epifreatické šikmé chodby s kaskádami na trvalom vodnom toku a s eróziou podlahy

2.4. Epifreatické siene s vodným tokom

2.4.1. Epifreatické vodorovné siene s trvalým vodným tokom, priesakom zrážkových vôd, rútením blokov materskej horniny, transportom fluviálnych sedimentov a sintrovou výplňou

2.4.2. Epifreatické šikmé siene s trvalým vodným tokom, priesakom zrážkových vôd, transportom i akumuláciou fluviálnych sedimentov a so sintrovou výplňou

2.4.3. Epifreatické šikmé siene s trvalým vodným tokom, priesakom zrážkových vôd, rútením a zliezaním sutiny z prepadnutého závrtu a s mrazovým zvetrávaním

3. Skupina freatických typov speleotopov

3.1. Freatické chodby so sifónom

3.1.1. Freatické šikmé chodby s prietočnými sifónmi a s transportom i akumuláciou fluviálnych sedimentov

ZÁVER

V práci sme uviedli možný postup vymedzovania základných priestorových geoekologických jednotiek jaskýň – speleotopov – prostredníctvom geoekologického výskumu, ktorý umožňuje zachytiť tesnú previazanosť a podmienenosť všetkých prírodných zložiek jaskynného prostredia navzájom. Všeobecný postup vyčleňovania geoekologických jednotiek v jaskynnom prostredí na teoreticko-metodologickej úrovni rozpracováva Bella (1998a, 2006b). Spôsoby vyčlenenia speleotopov v jaskynnom prostredí teoreticky vychádzajú z princípu vymedzovania geotopov v povrchovej krajine (Minár a kol., 2001). Metódy naloženia máp čiastkových geokomplexov a hustá kroková sondáž na výskumných bodoch sa v jaskyniach dajú prakticky uplatniť len obmedzene pre nejestvovanie čiastkových máp prírodných prvkov jaskynného prostredia a časovú i fyzickú náročnosť podrobného výskumu.

Základný princíp rozčleňovania jaskynného priestoru spočíva v určení najvýraznejších prirodzených priestorových rozhraní vo vedúcich prírodných prvkoch jaskyne, najmä speleoreliéfe, podzemnej vode, resp. hydrologických javoch i sedimentárnej výplni jaskyne. Výsledné hranice speleotopov kladieme do miest s najvyššou mierou zmeny hlavných prírodných prvkov vzhľadom na danú mierku mapovania. Za základ geoekologického výskumu jaskýň považujeme terénny integrálny výskum v geografickom bode (Minár a kol., 2001) pri zohľadnení zvláštností jaskynného prostredia (Ratkovský, 2008). Výskumné body v jaskyni stanovíme v takých miestach, aby v čo najväčšej miere vystihovali priestorovú rôznorodosť prírodných prvkov jaskynného prostredia.

Vyčleňovanie základných geoekologických priestorových jednotiek – speleotopov – sme uskutočňovali v týchto krokoch: 1. predbežné vyčlenenie priestorových jednotiek do základnej speleologickej mapy jaskyne; 2. určenie hlavných prvkov a výber vymedzovacích stavových veličín; 3. vytýčenie hraníc speleotopov v miestach s najvyššou mierou priestorových nespojitostí v hodnotách stavových veličín opisujúcich vlastnosti hlavných prírodných prvkov (speleoreliéf, podzemná voda s prislúchajúcimi hydrologickými javmi a sedimentárna výplň jaskyne); 4. obsahové napĺňanie speleotopov zisťovaním hodnôt stavových veličín jednotlivých prírodných prvkov; 5. úprava hraníc speleotopov na základe súhrnnej viacrozmernej faktorovej analýzy stavových veličín s využitím programu Statgraphics.

Štatistické vyhodnotenie geoekologického výskumu jaskýň sme uskutočnili na úrovni speleotopov. Hodnoty rôznorodých stavových veličín sa dajú zjednotiť štandardizáciou údajov. Faktorovou analýzou zmenšíme počet vzájomne závislých veličín na počet vzájomne nezávislých faktorov. Hodnoty faktorového skóre v riadkoch predstavujú nové

navzájom nezávislé hodnoty atribútov pre každý speleotop. Obsahovú náplň speleotopov v Brestovskej jaskyni môžeme vyjadriť na základe váženého normalizovaného priemeru stavových veličín (Xj), vypočítaného z faktorového skóre. Váhu vo výpočte tvorí vlastná hodnota faktora vypočítaná programom Statgraphics. Vypočítané výsledné hodnoty zobrazuje mapa (obr. 2). Aritmetický priemer súhrnnej vnútornej rôznorodosti stavových veličín v speleotopoch Brestovskej jaskyne dosahuje hodnotu 24,04 %, čo predstavuje pomerne nízku rôznorodosť v skúmaných stavových veličinách v rámci jedného speleotopu. Speleotopy Brestovskej jaskyne sa následne zaradili do 35 geoekologických subtypov (tab. 2 a 3) na základe štyroch geoekologických kritérií (morfometria priestoru, morfologický tvar, hydrologický jav, typ sedimentárne výplne). Súhrnná geoekologická typológia speleotopov (tab. 4, obr. 3) bola vykonaná induktívnym postupom „zdola nahor" prostredníctvom zhlukovej analýzy v štatistickom programe Statgraphics Plus 3.0. Súhrnné geoekologické typy speleotopov Brestovskej jaskyne sme vyčlenili takto: základný typ A – vadózne úžiny; základný typ B – vadózne chodby; základný typ C – epifreatické jazerné chodby; základný typ D – epifreatické riečne chodby; základný typ E – epifreatické riečne siene; základný typ F – freatické sifóny.

V podrobnejšej trojstupňovej typizácii speleotopov sme uplatnili analytický postup, čo predstavuje pomerne subjektívne členenie základných typov speleotopov Brestovskej jaskyne na nižších úrovniach. Na každej úrovni typizácie sme speleotopy radili zväčša podľa kvalitatívneho klasifikačného kritéria. Ako najvyššie kritérium členenia základných typov speleotopov sme uplatnili hydrografickú zónu, nižšie morfologický tvar, morfometriu priestoru, hydrologický proces a geomorfologický proces. Rozčlenenie základných typov speleotopov do podrobnejšieho trojstupňového členenia zobrazuje tabuľka 4.

Praktické možnosti využitia výsledkov geoekologického výskumu jaskynných geosystémov vidíme pri ochrane jaskýň a krasu pred nežiaducou antropickou činnosťou. V ďalších terénnych výskumoch sa treba zamerať aj na ostatné typy jaskynných geosystémov z dôvodu kalibrácie a zjednotenia postupov pri spôsobe merania jednotlivých stavových veličín v rôznych typoch jaskýň, a to pre ich podstatný význam pri vyčleňovaní speleotopov.

Príspevok vznikol v rámci riešenia vedeckého projektu „Geoekologický výskum, mapovanie a typológia jaskynných geosystémov", čiastočne podporeného z Grantu Prírodovedeckej fakulty Univerzity Komenského pre doktorandov č. 5/2009.

DELINEATION AND TYPOLOGY OF TOPIC GEOECOLOGICAL UNITS IN THE BRESTOVSKÁ CAVE

Summary

It is useful to base the comprehensive field research of caves on geoecological approaches. This way ensures the detection of close linkages and interdependences among all natural components of cave environment, and also interconnections to adjacent parts of over and underlying bedrock, and with surface landscape above the cave in direction of effects of gravitational forces. General method of differentiation the geoecological units in cave environment is elaborated on theoretical and methodological level mainly in works of Bella (1998a, 2006b). The basic geoecological units in cave – the speleotopes, represent quasi-homogenous spatial and cartographical units of cave environment, comprising quasi-homogenous lithological, structural-tectonic, morphological, morphometric, hydrological, speleoclimatic and biospeleological settings. Theoretically, in a cave we can distinguish also spatial units, homogenous from the viewpoint of invariability of examined attributes in given direction and intensity. Methods of delineation the complex speleotopes in cave environment theoretically come out from the principle of delineation the geoecological units in surface landscape (Minár et al., 2001). Map overlay of partial geocomplexes and dense step probing by means of

research points can be applied in caves only to a limited degree. The reason is deficiency of partial maps of cave environment natural components, and also time and physical demands and weak equipment. The starting point for determination of speleotopes seems to be using of adapted method of leading (main) factor, most frequently speleorelief, or several factors (speleorelief, water fill, cave sediments).

The basic principle of delineation of cave spaces is laid in determining the most distinct natural spatial boundaries within the leading natural components of the cave, mainly of speleorelief, or water and sedimentary fills and subsequently in setting the resultant borders between speleotopes in places with greatest degree of change in main natural components, with respect to given mapping scale.

The field integral research on the geographical point can be considered a basis of the method of cave complex research (Minár et al., 2001), with respect to cave environment specifics. Research points in caves are set in such places, which represent the highest degree of the spatial diversity of natural components. Data are obtained by means of simple morphometric measurements of speleorelief, by shallow probing in clastic sediments, by determination of the type, size of element and area of surface clastic and chemogenic rock fills, by determination of the type and area of surface karst bedrock, by determination of type and measurements of velocity, volume, depth and area of water fill, by temperature differences between cave parts, by determination of number of speleofauna species and individuals, etc. (Ratkovský, 2008).

Delineation of basic geoecological spatial units – speleotopes was accomplished in the following steps:

1. Preliminary delineation of spatial units in the basic speleological map of the cave on the basis of speleological survey and existing maps and texts.
2. Determination of main components and selection of delimitation attributes. We consider the delimitation attributes those state variables of main components of the cave environment, which can describe the state of given natural component the most accurately and at the same time they are quite accessible, simple and credibly detectable.
3. Delineation of speleotopes borders is carried out in places with highest degree of spatial discontinuities in values describing the attributes of the main natural components. We put the border only to the place with the most distinct spatial change of state variable. The borders passing along surface clastic and chemogenic rock fills and surface karst bedrock divide speleotopes from rock environment. Transverse borders divide speleotopes mutually and have a shape of spatial area cutting both the air and water fill of cave environment. The way of determining the transverse border consists of two partial steps: a) cave space is divided according to borders of the main component of the highest order (speleorelief); b) areas of the main component of the highest order are divided into smaller parts according to the borders of main components of the lower order (usually water and sedimentary fill of the cave).
4. The contents of speleotopes is filled mostly by determining the values of state variables of individual natural components during field speleological and geoecological research.
5. Adaptation of speleotope borders can be accomplished on the basis of total multivariate factor analysis of state variables e. g. by using of Statgraphics software.

The sharpness of speleotope borders is dependent on the volume of space in which the overlay of borders of natural components of cave environment takes place. It is convenient to accomplish a statistical evaluation of geoecological research of caves on the level of basic cave units, speleotopes. The values of diverse state variables can be unified by standardization of data within the interval <0,1>. Factor analysis reduces the number of A mutually dependent variables into B mutually independent factors (B-dimensional orthogonal space, where $A \geq B$). The values of factor score in rows represent the new mutually independent values of attributes for each speleotope. The analysis of speleotope contents in the Brestovská Cave was realized on the basis of weighed average of normalized orthogonal state variables, computed from values of factor score in individual speleotopes, where the weight is formed by own factor value.

The speleotopes in Brestovská Cave were delineated by the method described above. The main component of the highest order was speleorelief and the main components of the lower order were water fill and sedimentary fill of the Brestovská Cave. Speleotopes contents in the Brestovská Cave can be expressed on the basis of weighed standardized average of state variables (Xj), computed from the factor score. The weight is given by own factor value computed by Statgraphics software. Map (Fig. 2) shows the computed resulting values. Interval range of computed values and frequency of speleotopes is shown in Table 1. The most numerous speleotopes (twelve) have values of internal diversity of state variables within the interval of 20 to 30 %. The least numerous speleotopes (two) are in two intervals, from 50 to 60 % and at the same time from 60 to 100 %. Arithmetical average of total internal diversity of state variables in speleotopes of the Brestovská Cave reaches the value of 24.04 %, which represents quite low diversity in researched state variables within one speleotope.

The speleotopes were consequently classified into 35 geoecological subtypes (Tab. 2 and 3) of the cave on the basis of four geoecological criteria (space morphometry, morphological shape, hydrological phenomenon, the type of sedimentary fill). The summary typology of speleotopes (Tab. 4, Fig. 3) was in first step made by application of Wards method (cluster analysis) in Statgraphics Plus 3.0 software. Basic geoecological types

of speleotopes are: Type A – vadose enlarged fissures, Type B – vadose corridors, Type C – epiphreatic lake corridors, Type D – epiphreatic river corridors, Type E – epiphreatic river halls, Type F – phreatic siphons.

We applied analytical approach in the second step of typology of speleotopes in the Brestovská Cave (Tab. 4, Fig. 4). As classification criteria of the highest importance were used the hydrographic zone, then morphological profile, space morphometry, hydrological process and geomorphological process.

The practical possibilities of geoecological research of cave geosystems results usage can be utilized in cave and karst protection against unwanted anthropic activities on the basis of vulnerability and geoecological stability of caves.

LITERATÚRA

Andrejčuk, V. N. – Voropaj, L. I. 1993. Karstovyj landšaft kak geosistema. In Andrejčuk, V. N. (Ed.): Problemy izučenija karstovych landšaftov. Sbornik naučnych trudov, Perm, 37–51.

Bella, P. 1995. Princípy a teoreticko-metodologické aspekty klasifikácie morfologických typov jaskýň. Slovenský kras, 33, 3–15.

Bella, P. 1998a. Priestorová a chronologická štruktúra jaskynných geosystémov, základné teoreticko-metodologické aspekty. Slovenský kras, 36, 7–34.

Bella, P. 1998b. Morfologické a genetické znaky Ochtinskej aragonitovej jaskyne. Aragonit, 3, 3–7.

Bella, P. 2000. Geoekologický výskum jaskynných geosystémov – príklady priestorovej a chronologickej štruktúry geosystémov vybraných jaskýň na Slovensku. Slovenský kras, 38, 67–92.

Bella, P. 2004. Geomorfologické pomery Ochtinskej aragonitovej jaskyne. Slovenský kras, 42, 57–88.

Bella, P. 2006a. Geomorfologické mapovanie jaskýň – základné teoreticko-metodologické problémy a prístupy. Geomorphologia Slovaca, 6, 2, 42–54.

Bella, P. 2006b. Jaskynný georeliéf – priestorová hierarchická štruktúra a základné speleogeomorfologické atribúty. Slovenský kras, 44, 23–53.

Bella, P. 2008a. Geomorfologická charakteristika a genéza Brestovskej jaskyne. Slovenský kras, 46, suppl. 1, 25–54.

Bella, P. 2008b. Jaskyne ako prírodné geosystémy. Geoekologický výskum a environmentálna ochrana. Speleologia Slovaca, 2, ŠOP SR, SSJ, Liptovský Mikuláš, 168 s.

Beručašvili, N. L. – Žukov, V. K. 1997. Metody kompleksnych fizicko-geografičeskich issledovanij. Izdateľstvo Moskovskovo universiteta, Moskva, 319 s.

Bezák, A. 1993. Problémy a metódy regionálnej taxonómie. Geographia Slovaca, 3, Bratislava, 96 s.

Čikišev, A. G. 1987. Podzemnye krasovye landšafty kak osobye prirodnye kompleksy. Problemy izučenija, ekologii i ochrany peščer. Tezisy dokladov, Kiev, 6–7.

Demek, J. 1987. Úvod do štúdia teoretickej geografie. SPN, Bratislava, 242 s.

Gergedava, B. A.1983. Podzemnye landšafty. Mecniereba, Tbilisi, 1983.

Gvozdeckij, N. A. 1988. Karstovye landšafty. Iz. Moskovskogo universiteta, Moskva, 112 s.

Haviarová, D. 2008. Základné hydrochemické pomery a charakteristika režimu vôd Brestovskej jaskyne. Slovenský kras, 46, suppl. 1, 67–80.

Hercman, H. – Gradziński, M. – Bella, P. 2008. Evolution of Brestovská Cave based on U-series dating of speleothems. Geochronometria, 32, 1–12.

Hochmuth, Z. 2008. Morfológia a genéza freatickej časti Brestovskej jaskyne. Slovenský kras, 46, suppl. 1, 55–66.

Jakál, J. 1986. Krasová krajina ako špecifický prírodný geosystém. Slovenský kras, 24, 3–26.

Krcho, J. 1968. Prírodná časť geosféry ako kybernetický systém a jeho vyjadrenie v mape. Geografický časopis, 20, 2, 115–139.

Krcho, J. 1974. Štruktúra a priestorová diferenciácia fyzickogeografickej sféry ako kybernetického systému. Geografický časopis, 26, 2, 133–162.

Leser, H. 1991. Landschaftsökologie: Anasatz, Modelle, Methodik, Anwendung. Eugen Ulmer, Stuttgart, 647 s.

Maruašvili, L. I. 1971. Podzemnye landšafty. Izvestija Vsesojuznogo geografičeskogo obščestva, 103, 6.

Mičian, Ľ. 2008. Všeobecná geoekológia. Prírodovedecká fakulta UK, Bratislava, 88 s.

Miklós, L. – Izakovičová, Z. 1997. Krajina ako geosystém. Veda, Bratislava, 152 s.

Minár, J. 1995. Niektoré teoreticko-metodologické problémy geomorfológie vo väzbe na tvorbu komplexných geomorfologických máp. Acta Facultatis Rerum Naturalium Universitatis Comenianae, Geographica, 36, Bratislava, 3–126.

Minár, J. 1997. Analýza georeliéfu ako podklad geoekologickej regionalizácie. Prírodné prostredie stredného Slovenska – jeho tvorba a ochrana, Geografické štúdie, Metodické centrum Banská Bystrica, Univerzita Mateja Bella, 75–80.

Minár, J. 1998. Definícia mapovacích geoekologických jednotiek. Folia geographica, 2, Prešov, 138–142.

Minár, J. (Ed.) – Barka, I. – Bonk, R. – Bizubová, M. – Čerňanský, J. – Falťan, V. – Gašpárek, J. – Kolény, M. – Kožuch, M. – Kusendová, D. – Machová, Z. – Mičian, Ľ. – Mičietová, E. – Michalka, R. – Novotný, J. – Ružek, I. – Švec, P. – Tremboš, P. – Trizna, M. – Zaťko, M. 2001. Geoekologický (komplexný fyzickogeografický) výskum a mapovanie vo veľkých mierkach. Geografické spektrum, 3, Geo-grafika, Bratislava, 1–209.

Mosimann, T. 1990. Ökotope als elementare Prozesseinheiten der Landschaft (Konzept zur prozessorientierten Klassifikation von Geoökosystemen). Geosynthesis, 1, Physischen Geographie und Landschaftsökologie. Geographisches Institut der Universität, Hannover, 56 s.

Ratkovský, Š. 2008. Kategorizácia stability jaskynných geosystémov na príklade Brestovskej jaskyne. Diplomová práca. Prírodovedecká fakulta UK, Bratislava, 136 s.

Vlček, L. – Psotka, J. 2008. Geológia Brestovskej jaskyne. Slovenský kras, 46, suppl. 1, 5–24.

SLOVENSKÝ KRAS ACTA CARSOLOGICA SLOVACA	47/2	259 – 274	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2009

SUCHOZEMSKÉ ČLÁNKONOŽCE (ARTHROPODA) JASKÝŇ ČIERNEJ HORY (ZÁPADNÉ KARPATY)

ANDREJ MOCK[1] – TOMÁŠ JÁSZAY[2] – JAROSLAV SVATOŇ[3] – JANA CHRISTOPHORYOVÁ[4] – SLAVOMÍR STAŠIOV[5]

[1] Katedra zoológie, Ústav biologických a ekologických vied, Prírodovedecká fakulta UPJŠ, Moyzesova 11, 041 67 Košice; andrej.mock@upjs.sk
[2] Šarišské múzeum, Radničné námestie 13, 085 01 Bardejov; tomasjaszay@nextra.sk
[3] Kernova 8/37, 036 01 Martin-Košúty 2; svaton@stonline.sk
[4] Katedra zoológie, Prírodovedecká fakulta, Univerzita Komenského, Mlynská dolina B-1, 842 15 Bratislava; christophoryova@gmail.com
[5] Katedra biológie a všeobecnej ekológie, Fakulta ekológie a environmentalistiky, Technická univerzita vo Zvolene, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen; stasiov@vsld.tuzvo.sk

A. Mock, T. Jászay, J. Svatoň, J. Christophoryová, S. Stašiov: Terrestrial macrofauna of the caves in the Čierna hora Mts. (Western Carpathians, Slovakia)

Abstract: Čierna hora (Black Hill) Mts. is small mountain orographic unit in the eastern part of Slovakia and Western Carpathians with several small karst areas. About 60 caves were described from here. Majority of local caves are horizontal, without permanent water habitats and only 2 caves exceed 100 m in length. Their entrances are situated in the slopes covered mainly by beech or maple forests. Terrestrial macrofauna was studied here in 20 caves during the period of 1997 – 2009 by the using of ordinary sampling methods: direct sampling, sifting of leaf litter, extraction of organic material in Tullgren apparatus and pitfall traps of several types. New faunistic data on the occurrence of 7 most important groups of macroarthropods (Araneae, Pseudoscorpiones, Opiliones, Oniscidea, Diplopoda, Chilopoda and Coleoptera) and preliminary conclusions are presented.

Key words: Čierna hora Mts., Slovakia, regional biospeleology, terrestrial macrofauna, Arthropoda

ÚVOD

Fauna jaskýň rozsahom neveľkého krasu Čiernej hory sa až do 90. rokov 20. storočia systematicky neskúmala. Avšak územie nebolo biológom neznáme a existuje odtiaľ niekoľko publikovaných údajov, ktoré je potrebné pripomenúť. Na najstaršie údaje upozornil nedávno Gulička (2006). Ide predovšetkým údaj o výskyte netopiera ucháča svetlého *Plecotus auritus* (Petényi, 1847) vo Veľkej ružínskej jaskyni (dosiaľ najstarší známy údaj o výskyte netopierov na území Slovenska) a motýľa *Triphosa dubitata* v tej istej jaskyni (Husz, 1881). Roubal (1929) z rovnakej lokality opísal nový poddruh behúnika *Duvalius bokori* ssp. *machulkai*. Tento údaj v rámci rozšírenia kavernikolných chrobákov v Európe cituje aj Holdhaus (1932). Materiál tohto druhu bol revidovaný Hůrkom a Pulpánom (1980) a neskôr synonymizovaný s už známym poddruhom *Duvalius* (*Hungarotrechus*) *bokori valyanus* (Bokor, 1922) (Hůrka et al., 1989; Hůrka, 1996). Gulička (2006) upozornil aj na zaujímavý fakt, že v krasovom údolí Malý Ružínok a vo Veľkej ružínskej jaskyni osobne s Dr. L. Korbelom realizoval viackrát v minulosti faunistický

výskum zameraný na niektoré skupiny pôdnej makrofauny, ale vo svojom kompendiu jaskynnej fauny Slovenska (1975) ani v novších prácach konkrétne údaje o faune jaskýň Čiernej hory neuvádza.

Jaskyne neveľkých krasových území Čiernej hory upútali našu pozornosť na prelome rokov 1996 a 1997 prvými nálezmi zaujímavých kavernikolných článkonožcov. V priebehu nasledujúceho obdobia sme postupne systematicky preskúmali všetky významnejšie jaskyne tohto územia (s výnimkou momentálne nedostupnej Kavečanskej jaskyne a Priepasti v Kavečanoch). Dosiaľ boli publikované čiastkové výsledky zamerané na niektoré systematické skupiny: Pseudoscorpiones (Krumpál, 2000; Christophoryová a Mock, 2009), Opiliones (Stašiov et al., 2003), Palpigradida (Kováč et al., 2002, 2004), Acarina – Oribatida (Ľuptáčik, 2006; Ľuptáčik a Miko, 2003), Diplopoda (Mock, 2000), Collembola (Kováč a Krchová, 2007) a Diptera – Sciaridae (Košel, 2001). K najnovším patrí údaj o výskyte dážďovky *Dendrodrilus rubidus* (Savigny, 1826) v Kysackej jaskyni (Pižl, 2008). Údaje o výskyte kavernikolnej rovnakonôžky *Mesoniscus graniger* (Frivaldszky, 1865) boli sčasti poskytnuté do publikácií Mlejneka a Ducháča (2001, 2003). Chrobáky (Coleoptera excl. *Duvalius* spp.) boli spracované v rámci rozsiahleho rukopisu o chrobákoch v jaskyniach Západných Karpát. Tento rukopis dosiaľ publikovaný nebol, odborná verejnosť sa s ním však oboznámila na biospeleologickom sympóziu v Cluji (Mlejnek et al., 2006). Z regionálneho hľadiska boli súborne spracované spoločenstvá pavúkov, koscov, roztočov, rovnakonôžok, mnohonôžok a stonôžok v jaskyniach Bujanovských vrchov (Mock et al., 2004, 2005). Nedávno bol publikovaný i opis nového druhu troglofilnej mnohonôžky *Mecogonopodium carpathicum* Mock, Tajovský, 2008 z Ružínskeho krasu (Mock a Tajovský, 2008). Najnovšia publikovaná práca hodnotí kvantitatívne zastúpenie vyšších taxónov článkonožcov v jaskyniach Čiernej hory so zvláštnym zreteľom na mnohonôžky (Necpálová et al., 2009). Postavením Čiernej hory v zoogeografii Západných Karpát s prihliadnutím na druhy viazané na kras a jaskyne sa zaoberal V. Košel (2000, 2009). Cieľom predkladanej štúdie bolo prezentovať dosiaľ nepublikované faunistické údaje a pokúsiť sa o predbežnú syntézu poznatkov o suchozemskej makrofaune miestnych jaskýň a ich bezprostredného okolia.

PREHĽAD LOKALÍT

Pohorie Čierna hora je najvýchodnejšou časťou Slovenského rudohoria. Pestrý reliéf a geologické podložie rozdeľujú miestne krasové územia do niekoľkých plošne neveľkých ostrovov. Základnú charakteristiku krasu Čiernej hory a návrh na členenie zadefinoval Hochmuth (2008). V období 1997 – 2009 sme preskúmali spolu 20 jaskýň Čiernej hory. Názvy a základné údaje sa aktualizovali podľa práce Bellu a kol. (2007), resp. vlastných poznatkov. Lokality Jaskyňa v Dzurovej a Krasová jama na hrebeni Bokšovskej skaly sme podľa uvedenej práce neidentifikovali, použité sú v zmysle práce Mocka (2000). Prevažne išlo o krasové jaskyne, vytvorené vo vápencoch alebo dolomitoch, pseudokrasová je len Zelená puklinová jaskyňa.

V abecednom prehľade skúmaných jaskýň popri najdôležitejších údajoch (dĺžka, nadmorská výška vchodu, kód Databanky fauny Slovenska) uvádzame v zátvorke aj polohu jaskyne v rámci 4 menších krasových celkov (krasových ostrovov) podľa Hochmutha (2008): KBS – kras v okolí Bielej skaly, z ktorého pre zhodnotenie fauny vyčleňujeme výrazne odseparovanú lokalitu KJ – Kysacká jaskyňa, RK – Ružínsky kras, LK – Lodinský kras, KKH – kras (a pseudokras) Košických Hámrov a prehľad metód zberu: IZ – individuálny zber, O – zber organiky, S – presev opadu a humusu, P – pasce (bližšie v nasledujúcej kapitole). Malé, izolované lokality (Andrejova jaskyňa I, Puklinová jas-

kyňa v Pečipalke a Jaskyňa v Dzurovej) bez kavernikolnej fauny do územnej analýzy nezahŕňame. Prehľad skúmaných jaskýň:

1. Andrejova jaskyňa I, 9 m, 481 m n. m., DFS 7293a, IZ, O.
2. Antonova jaskyňa, 70 m, 600 m n. m., DFS 7192b, IZ, O, S, P (RK).
3. Hadia jaskyňa, 12 m, 580 m n. m., DFS 7192b, IZ, S, P (RK).
4. Humenecká jaskyňa, 32 m, 420 m n. m., DFS 7193a, IZ, O, S, P (LK).
5. Jaskyňa Hoľa I, 45 m, 580 m n. m., DFS 7192a, IZ, O, S, P (KKH).
6. Jaskyňa Márnica, 48 m, 340 m n. m., DFS 7192a, IZ, P (KKH).
7. Puklinová jaskyňa v Pečipalke (Jaskyňa nad Hrabkovom), 7 m, 580 m n. m., DFS 7091c, S (jaskyňa leží na rozhraní Čiernej hory a Šarišskej vrchoviny).
8. Klenbová jaskyňa, 43 m, 420 m n. m., DFS 7192a, IZ, O, P (KKH).
9. Komín nad Previsovou jaskyňou, 6 m, 792 m n. m., DFS 7193c, IZ (KBS).
10. Krasová jama na hrebeni Bokšovskej skaly, 1,5 m, 700 m n. m., DFS 7192b, IZ (RK).
11. Krížová jaskyňa, 221 m, 774 m n. m., DFS 7193c, IZ, O, P (KBS).
12. Kysacká jaskyňa, 72 m, 354 m n. m., DFS 7193a, IZ, O, S, P (KJ).
13. Malá kvapľová jaskyňa (Pivnica), 37 m, 602 m n. m., DFS 7192b, IZ, O, S, P (RK).
14. Medvedia jaskyňa, 48 m, 535 m n. m., DFS 7192b, IZ, O, S, P (RK).
15. Netopieria jaskyňa, 36 m, 621 m n. m., DFS 7192b, IZ, O, P (RK).
16. Nová galéria, 4 m, 440 m n. m., DFS 7192a, IZ (KKH).
17. Predná veľká jaskyňa, 22 m, 400 m n. m., DFS 7192a, IZ, O, P (KKH).
18. Previsová jaskyňa, 50 m, 784 m n. m., DFS 7193c, IZ, P (KBS).
19. Jaskyňa v Dzurovej, 6 m, 460 m n. m., DFS 7193c, IZ.
20. Veľká ružínska jaskyňa, 111 m, 614 m n. m., DFS 7192b, IZ, O, S, P (RK).

METÓDY ZBERU A MATERIÁL

Na zber materiálu sme použili štandardné metódy: a – zemné pasce, b – návnady (hobliny, syr a iné potraviny), c – extrakcia organického materiálu nájdeného v jaskyniach, d – individuálny zber, e – presev lístia a iného substrátu pomocou entomologického presievadla. Bližšie sú uvedené napr. v práci Mock et al. (2005). Na zbere materiálu sa podieľal prvý z autorov príspevku, ďalšie zbery poskytli Ľ. Kováč, P. Ľuptáčik (PF UPJŠ), V. Papáč (SSJ, Liptovský Mikuláš) a R. Mlejnek (SJ ČR, Praha). Na determinácii materiálu spolupracovali autori príspevku (Mock – Oniscidea, Diplopoda; Jászay – Coleoptera; Svatoň – Araneae, Christophoryová – Pseudoscorpiones; Stašiov – Opiliones, Chilopoda), ako aj ďalší odborníci (V. Růžička, EÚ BC AVČR Č. Budějovice – Araneae, Linyphiidae; †K. Hůrka, PF UK Praha a R. Mlejnek, SJ ČR, Praha – Coleoptera, rod *Duvalius*; J. Růžička, FLE ČZU Praha – Coleoptera, Leiodidae). Materiál je uložený v zbierkach autorov a ostatných spomenutých špecialistov.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Prehľad faunistických údajov týkajúcich sa 7 vyšších taxónov kmeňa Arthropoda sa nachádza v prílohe.

Analýza 39 odchytených jedincov šťúrikov (Pseudoscorpiones) ukázala, že išlo o 6 taxónov z 2 čeľadí. Predbežne len 4 taxóny bolo možné spracovať na úroveň druhu. Všetky zistené druhy predstavujú typickú faunu karpatských lesov, preferujú tienisté miesta so stabilnejšou mikroklímou. Prevažnú väčšinu materiálu sme získali z jaskynných vcho-

dov bohatých na listový opad metódou presevu. Taxón predbežne označený ako *Neobisium* sp. javí známky čiastočnej morfologickej adaptácie na subteránne prostredie (Christophoryová a Mock, 2009). Celkovo teda z jaskýň Čiernej hory máme doložených 11 taxónov (Krumpál, 2000; Mock a kol., 2005). Koncentrujú sa najmä vo vchodoch (vlhký listový opad, skalné sutiny). Hlbšie do jaskýň prenikajú len jednotlivo, predovšetkým zástupcovia rodu *Neobisium*.

Pavúky (Araneae) predstavujú bohatú zložku makrofauny jaskýň Čiernej hory. Analyzovaný materiál zahŕňal síce len 83 jedincov, ale druhovo bol veľmi pestrý (29 druhov z 12 čeľadí). Dominovala čeľaď Linyphiidae s 15 druhmi. Drobní zástupcovia tejto čeľade boli zachytení zväčša jednotlivo, často len na jednej lokalite. Ich výskyt je teda v kontexte použitých metód zberu vzácny, hoci viaceré z nich predstavujú formy dobre prispôsobené na život v jaskyniach (najmä *Centromerus cavernarum* a *Porrhomma* spp., predovšetkých *P. profundum*). Nálezy týchto kavernikolných foriem sú dôležitým dokladom o osídlení niektorých jaskýň Čiernej hory zrejme i troglobiontnou faunou, ako to už indikovali nálezy jaskynnej šťúrovky (Kováč et al., 2002; 2004) a chvostoskokov (Kováč a Krchová, 2007). Prevažná časť odchytených pavúkov však patrí k druhom trogloxénnym, bežným v lesoch alebo okolí skál. Okrem spomenutých druhov radíme k troglofilnej faune ešte druhy *Meta menardi*, *Metellina merianae*, *Nesticus cellulanus*, z rodu *Porrhomma* i *P. egeria* a *P. myops* (Svatoň, 2000). Fauna pavúkov v jaskyniach Čiernej hory sa dosiaľ skúmala len v krase a pseudokrase Košických Hámrov (Mock et al., 2004; 2005), kde sa zistilo 17 druhov. Spolu s týmito údajmi je z jaskýň Čiernej hory doložených 35 druhov z 13 čeľadí. Je zaujímavé, že zástupcovia čeľade Linyphiidae sa v jaskyniach vzájomne zastupujú, vzácnejšie formy sú viazané len na obmedzený počet lokalít alebo areál, príp. jaskyňu. Napr. *C. cavernarum* sa zistil výlučne v Humeneckej jaskyni, *P. myops* a *P. profundum* vo Veľkej ružínskej jaskyni, *P. convexum* v jaskyni Nová galéria (Mock et al., 2005). Vzhľadom na ojedinelosť nálezov to však nemožno celkom spoľahlivo interpretovať odlišnými podmienkami a genézou lokálnej subteránnej fauny, keďže nemožno vylúčiť metodické artefakty.

Významnejšie poznatky o koscoch v jaskyniach Čiernej hory k už publikovaným údajom nepribudli. Celkovo išlo o 3 povrchové a 1 troglofilný druh (*Mitostoma chrysomelas*) (Stašiov et al., 2003; Mock et al., 2005).

Suchozemské rovnakonôžky (Isopoda: Oniscidea) predstavujú pomerne frekventovanú makrofaunu v jaskyniach Čiernej hory. Zaznamenali sme 10 druhov, čo je polovica druhovej diverzity všetkých (aj povrchových) biotopov tejto skupiny v Čiernej hore (nepubl.). Nálezy pochádzajú prevažne z vchodových častí jaskýň; z opadu najmä *Protracheoniscus politus*, v skalnej sutine alebo na stenách *Armadillidium versicolor* a *Cylisticus convexus*). Zriedkavejší je výskyt petrikolného druhu *Trachelipus difficilis*. Tento druh bol z Bujanovských vrchov uvedený pôvodne ako *T.* cf. *pseudoratzeburgi* (Mock et al., 2005). Z kavernikolných druhov v Čiernej hore možno nájsť druh *Mesoniscus graniger*. Nálezy v jednotlivých jaskyniach neboli početné. Prevažnú časť starších nálezov už komentovali Mlejnek a Ducháč (2001, 2003). Výskyt *M. graniger* v Ružínskom krase spomenuli už Hůrka a Pulpán (1978).

Nálezom mnohonôžok (Diplopoda) v jaskyniach Čiernej hory sa už venovala pozornosť vo viacerých prácach (Mock, 2000; Mock et al., 2004, 2005; Mock a Tajovský, 2008; Necpálová et al., 2009). V jaskyniach sa nám podarilo odchytiť celkovo 27 taxónov na druhovej úrovni, čo sú asi ¾ druhov známych zo všetkých (aj povrchových) biotopov Čiernej hory (nepubl.). K jaskynnému prostrediu má najtesnejší vzťah *Trachysphaera costata*, *Mecogonopodium carpathicum* a *Cibiniulus* sp. *T. costata* je tu pomerne bežná.

Výskyt *M. carpathicum* je zrejme obmedzený na tzv. Ružínsky kras. Ide o stenoendemický, troglofilný druh, predstavuje najvýchodnejšieho zástupcu čeľade Attemsiidae vôbec. Zachytený bol v jaskyniach, hlbšie v svahových sutinách (nepubl. údaje) a vzácne i v skeletnatej pôde (Mock a Tajovský, 2008). *Cibiniulus* sp. je dosiaľ neopísaný subteránny druh, známy z viacerých jaskýň Slovenska, pravdepodobne západokarpatský endemit (nepubl.). Samička tohto taxónu sa našla v Klenbovej jaskyni; s veľkou pravdepodobnosťou možno k tomuto taxónu priradiť aj subadultné samčeky z Krížovej a Humeneckej jaskyne (Mock, 2000). Táto mnohonôžka je adaptovaná na subteránne prostredie (slepá, bez pigmentu), ale nemožno vylúčiť ani endogénny výskyt, obe prostredia sú pre zástupcov čeľade Blaniulidae typické (Mauriès, 2003). Nepodarilo sa nám nájsť ďalšie jedince drobného predstaviteľa radu Polydesmida, doloženého dávnejšie len jedným nedospelým jedincom v Humeneckej jaskyni (Mock, 2000), jeho rodová a druhová identita teda zostáva nedoriešená. Dôležitým poznatkom je, že jaskynné vstupy fungujú ako klimatické refúgium pre viaceré reliktné, západokarpatské druhy, napr. *Polyzonium eburneum*, *Leptoiulus mariae* alebo *Enantiulus tatranus*, ktoré na povrchu v podmienkach Čiernej hory nájdeme len zriedkavo.

Zistené druhy stonôžok (Chilopoda) predstavujú povrchovú makrofaunu, vyššia frekvencia nálezov niektorých druhov (napr. *Lithobius erythrocephalus*, *L. forficatus*) môže svedčiť o ich dočasnej preferencii jaskynného prostredia, najmä jaskynných vchodov. Získaný materiál nebol kvantitatívne bohatý, pozoruhodná je veľká druhová diverzita (15 spp.) (Mock et al., 2005). Podobné druhové spektrum zistili v jaskyniach Slovenska napr. Országh et al. (1994). Zo severnej časti Karpatského oblúka zatiaľ jaskynné stonôžky nepoznáme, na rozdiel od rumunských Karpát a bohatej mediteránnej a pontokaspickej jaskynnej fauny (Negrea a Minelli, 1996).

Chrobáky (Coleoptera) predstavovali najbohatšiu skupinu makrofauny v jaskyniach Čiernej hory (50 druhov). Dominovala čeľaď Staphylinidae, najčastejšie reprezentovaná druhom *Quedius mesomelinus*, celkovo zastúpená 29 druhmi. Pozoruhodným však bol nález kavernikolného drobčíka *Atheta spelaea*, ktorý sa na Slovensku prvýkrát doložil len nedávno v Ardovskej jaskyni (Šustek, 2001). Prevažná väčšina odchytených druhov predstavuje povrchové druhy drobných rozmerov, jaskyne však pre ne môžu predstavovať dôležité refúgiá. Svedčí o tom i výskyt vzácnych foriem, napr. endemických pre Z. Karpaty. Takými je napr. *Bryaxis frivaldskyi slovenicus* alebo *Geostiba chyzeri* (Hlaváč, 2009; Alonso-Zaragaza, 2004). Osobitnú pozornosť si zaslúži prítomnosť zástupcov rodu *Duvalius* z čeľade bystruškovitých. *D. bokori valyanus* bol z Ružínskeho krasu známy už v minulosti (Roubal, 1929; Hůrka a Pulpán, 1978). Je to endemit väčšieho územia Slovenského rudohoria. *D. hungaricus slovacus*, pôvodne opísaný z neďalekej Kojšovskej hole, bol dosiaľ známy ako endemit povrchových biotopov východnej časti Volovských vrchov (Košel, 2009), naše poznatky dopĺňajú predstavu o jeho rozšírení aj do časti Čiernej hory a ukazujú, že môže osídliť aj jaskynné prostredie. Poddruhová príslušnosť materiálu nebola dosiaľ spoľahlivo doriešená (Hůrka, pers. com.). Oboch behúnikov z rodu *Duvalius* sme našli v jaskyniach v okolí Bielej skaly a v Ružínskom krase, teda v relatívne vyššie položených jaskyniach, na severných a severovýchodných svahoch.

Zaujímavá je distribúcia kavernikolných taxónov v jednotlivých krasových ostrovoch Čiernej hory. Jaskyne sú v niekoľkých separovaných krasových útvaroch, vzdialenosti medzi nimi sú však zanedbateľné (Hochmuth, 2008). Fauna jaskýň sa však ukazuje byť rozdielna (tabuľka). Potvrdzujú to aj doterajšie poznatky o chvostoskokoch v jaskyniach Čiernej hory (Kováč a Krchová, 2007) a výskyte šťúrovky v Humeneckej jaskyni (Kováč et al., 2002,

Obr. 1. Behúnik Duvalius hungaricus cf. slovacus, celkový vzhľad z chrbtovej strany (Čierna hora, Medvedia jaskyňa, Vstupná chodba, leg. Ľ. Kováč). Maľba: J. Kobylák, orig. so súhlasom autora
Fig. 1. Carabid beetle Duvalius hungaricus cf. slovacus, dorsal view (Čierna hora Mts., Medvedia Cave, Entrance Corridor, leg. Ľ. Kováč). Painted by J. Kobylák

Tab. 1. Distribúcia vybranej kavernikolnej fauny v jednotlivých krasových celkoch Čiernej hory (publikované i nové poznatky): RK – Ružínsky kras, LK – Lodinský kras, KBS – kras v okolí Bielej skaly, KJ – Kysacká jaskyňa, KKH – kras (a pseudokras) Košických Hámrov. Otázniky sú použité v prípadoch, keď materiál nie je kompletne z niektorých území zatiaľ spracovaný.

Tab. 1. Distribution of selected cavernicolous fauna within separate karstic units of the Čierna hora Mts. (both published and new data): RK – Ružínsky Karst, LK – Lodinský Karst, KBS – karst in the surroundings of Biela skala, KJ – Kysacká Cave, KKH – karst (and pseudokarst) of Košické Hámre. Question mark was used when the partial material was not studied yet.

Taxón	Krasové celky / Karst units				
	RK	**LK**	**KBS**	**KJ**	**KKH**
Palpigradida					
Eukoenenia spelaea (Peyerimhoff, 1902)		+			
Acarina – Oribatida					
Belba clavigera Willmann, 1954		+			+
Gemmazetes cavaticus (Kunst, 1962)	?	?	?	?	+
Acarina – Uropoda					
Uroobovella advena (Tragardh, 1912)	?	?	?	?	+
Araneae					
Centromerum cavernarum (L. Koch, 1872)		+			
Porrhomma convexum (Westring, 1851)					+
Porrhomma egeria Simon, 1884	+				+
Porrhomma myops Simon, 1884	+				
Porrhomma profundum M. Dahl, 1939	+				
Oniscidea					
Mesoniscus graniger (Frivaldszky, 1865)	+	+		+	
Diplopoda					
Trachysphaera costata (Waga, 1857)	+	+	+	+	+
Mecogonopodium carpathicum Mock et Tajovský, 2008	+				
Cibiniulus sp.		+	+		+
Collembola					
Arrhopalites aggtelekiensis Stach, 1945	+			?	?
Protaphorura janosik Weiner, 1990	+	+	+	?	?
Neelus sp.	+	+		?	?
Coleoptera					
Atheta spelaea (Erichson, 1840)					+
Duvalius bokori valyanus (Bokor, 1922)	+		+		
Duvalius hungaricus cf. *slovacus* Hůrka et Pulpán, 1980	+		+		
SPOLU / TOTAL	**11**	**8**	**5**	**2**	**8**

2004). Interpretácia rozdielov v zastúpení kavernikolnej fauny v krasových ostrovoch Čiernej hory nie je jednoduchá. Zvlášť bohatá fauna Humeneckej jaskyne (Lodinský kras) zahŕňa južné teplomilné elementy (šťúrovka *Eukoenenia spelaea* (Peyerimhoff, 1902), pavúk *Centromerus cavernarum*, chvostoskok *Neelus* sp.), ale neobsahuje viaceré pozoruhodné prvky Ružínskeho krasu (pavúk *P. profundum*, mnohonôžka *M. carpathicum*, behúniky *Duvalius* spp.). V Ružínskom krase sme zistili najväčší počet kavernikolných foriem. Je to kras najbohatší na jaskyne a sutinové svahy. Tejto časti Čiernej hory však dlhodobo venujeme najväčšiu pozornosť, intenzita zberov tu bola najvyššia, ostatné územia teda tak spoľahlivo preskúmané nie sú. V každom prípade však Ružínsky kras predstavuje z biospeleologického hľadiska významný fenomén. Túto skutočnosť podčiarkuje aj výskyt pravdepodobne stenoendemickej mnohonôžky *M. carpathicum*. Jaskyne v krase Košických Hámrov sa zdajú byť ochudobnené o význačné druhy vyššie spomínaných dvoch území (nenašli sa tu napr. *M. graniger*, *Duvalius* spp. a pod.), ale sú bohaté na kavernikolné roztoče-pancierniky (Ľuptáčik, 2006; Ľuptáčik a Miko, 2003),

našli sa tu pozoruhodné chrobáky (*A. spelaea*, *B. frivaldskyi slovenicus*). Pomerne chudobná sa javí fauna Kysackej jaskyne. Jaskyňa bola odkrytá ťažbou kameňa, nevieme o jej predošlom kontakte s povrchom, navyše je pomerne vzdialená od okolitých subterránnych biotopov (jaskýň a sutinových svahov). Jaskyne okolia Bielej skaly nemajú príliš pestrú faunu, sú však osídlené zaujímavými druhmi: mnohonôžka *Cibiniulus* sp., niektoré chvostoskoky (Kováč a Krchová, 2007), chrobáky *Duvalius* spp. Je zaujímavé, že táto časť územia je v tesnom kontakte s Ružínskym krasom, sú tu pomerne rozsiahle podzemné biotopy, napriek tomu viacero druhov kavernikolnej fauny Ružínskeho krasu sme v jaskyniach okolia Bielej skaly nenašli.

Ucelenejšie štúdie o suchozemských článkonožcoch v jaskyniach sa na Slovensku v minulosti realizovali na Muránskej planine a v Slovenskom krase (Gulička, 1985) a v Cerovej vrchovine (Papáč et al., 2009). Ukazuje sa, že postupne sa rozširuje predstava o rozšírení vzácnych zástupcov, ich areál je väčší, ako sa predpokladalo, často presahuje hranice veľkých jaskynných systémov a dobre vyvinutých krasových území, ba i krasu ako takého. Svedčia o tom nálezy druhov považovaných za troglobiontné i v menších jaskyniach (napr. šťúrovka, niektoré chvostoskoky v jaskyniach Čiernej hory), resp. v subterránnom prostredí nekrasového podložia (napr. pavúk *P. profundum* v Cerovej vrchovine). Fauna subterránnych biotopov Čiernej hory má veľa zhodných prvkov najmä s niektorými oblasťami Spišsko-gemerského krasu. Košel (2009) tieto územia zahŕňa do spoločného zoogeografického nadregiónu. Ubúdanie južných elementov a troglobiontných foriem smerom na sever sa pritom považuje za všeobecný trend, preto mnohé taxóny prítomné napr. v Slovenskom krase už v Čiernej hore chýbajú. Zvlášť dobre to ilustrujú napr. chvostoskoky (Kováč a Krchová, 2007). Zároveň je kavernikolná i pôdna fauna Čiernej hory charakteristická výskytom fauny rozšírenej prevažne v centrálnej oblasti Západných Karpát, napr. viacero druhov alebo i vyšších taxónov (čeľaď Attemsiidae) mnohonôžok tu dosahuje východnú hranicu rozšírenia (Mock, 2000). Má aj svoje špecifiká, predovšetkým mnohonôžku *Mecogonopodium carpathicum*. Krasové územia ležiace v tesnej blízkosti Čiernej hory smerom na západ (napr. kras Kojšovskej hole a Galmusu) majú však takmer neznámu kavernikolnú faunu. Biospeleologický výskum týchto území by mohol byť v tomto kontexte veľmi perspektívny.

Venované pamiatke doc. RNDr. Jána Guličku, CSc. (1925 – 2009), priekopníka modernej biospeleológie na Slovensku, špecialistovi na viacero skupín suchozemských článkonožcov, ktorý zomrel v čase prípravy tohto príspevku.

Poďakovanie. Výskum sa čiastočne realizoval z grantov VEGA 1/0139/09, VEGA 1/0176/09 a 1/2362/05. Ďakujeme aj všetkým kolegom, ktorí sa podieľali na zbere alebo determinácii materiálu, ich mená sú uvedené v časti Metódy zberu a materiál. Ďakujeme doc. RNDr. Z. Hochmuthovi, CSc. (UPJŠ Košice) za pomoc pri spresnení niektorých lokalít a recenzentovi článku za cenné pripomienky a podnety.

LITERATÚRA

Alonso-Zaragaza, M. 2004. Coleoptera: Staphylinidae. Fauna Europaea Web Service (2004) Fauna Europaea version 1.1, Available online at http://www.faunaeur.org

Bella, P. – Hlaváčová, I. – Holúbek, P. 2007. Zoznam jaskýň Slovenskej republiky. SMOPaJ, SSJ, SSS, Liptovský Mikuláš, 364 s.

Gulička, J. 1975. Fauna slovenských jaskýň. Slovenský kras, 13, 37–85.

Gulička, J. 1985. Pôdna a jaskynná makrofauna krasových pohorí Západných Karpát (I). Slovenský kras, 23, 89–129.

Gulička, J. 2006. Najstaršie údaje o netopieroch (Chiroptera) z jaskýň Slovenska. Slovenský kras (Acta carsologica Slovaca), 44, 175–181.

Hlaváč, P. 2009. Taxonomic notes on the *Bryaxis splendidus* species group (Coleoptera: Staphylinidae: Pselaphinae), with the descrition of a new species from Ukraine. Acta Entomologica Musei Nationalis Pragae, 49, 651–659.

Hochmuth, Z. 2008. Krasové územia a jaskyne Slovenska. Geografia Cassoviensis, 2, 2, 1–210.

Holdhaus, K. 1932. Die europäische Höhlenfauna in ihren Beziehungen zur Eiszeit. Zoogeographica, 1, 1–53.

Hůrka, K. – Janák, J. –Moravec, P. 1989. Neue Erkentnisse zu Taxonomie, Variabilität, Bionomie und Verbreitung der Slowakischen und Ungarischen *Duvalius*-Arten (Coleoptera, Carabidae, Trechini). Acta Universitatis Carolinae – Biologica, 33, 353–400.

Hůrka, K. – Pulpán, J. 1980. Revision der Arten-Gruppe *Duvalius* (*Duvalidius*) *micropthalmus* (Col., Carabidae). Acta Universitatis Carolinae – Biologica, 1978, 297–355.

Hůrka, K. 1996. Carabidae of the Czech and Slovak Republics. Carabidae České a Slovenské republiky. Kabourek, Zlín, 566 s.

Husz, A. 1881. Die Gross-Schmetterlinge (Macrolepidoptera) der Umgebung von Eperies. Jahrbuch des hungarischen Karpathen-Vereins, 7, 269–302.

Christophoryová, J. – Mock, A. 2009. Šťúriky (Pseudoscorpiones) Čiernej hory a okolia. 7. Arachnologická konferencia – Vplyv ľudských aktivít na pavúkovce a Progres v taxonómii pavúkovcov. Východná 10. – 15. 9. 2009. Zborník abstraktov, 16–17.

Košel, V. 2000. Regionalizácia jaskynnej a krasovej fauny Západných Karpát. In Mock, A. – Kováč, Ľ. – Fulín, M. (Eds.): Fauna jaskýň (Cave Fauna). Východoslovenské múzeum, Košice, 67–84.

Košel, V. 2001. The Sciaridae (Diptera) from caves in Slovakia. Acta Universitatis Carolinae – Biologica, 45, 73–78.

Košel, V. 2009. Subteránna fauna Západných Karpát. Ústav půdní biologie BC AVČR, České Budějovice, 204 s.

Kováč, Ľ. – Krchová, P. 2007. Spoločenstvá chvostoskokov (Hexapoda, Collembola) Krížovej jaskyne, Medvedej jaskyne a Priepasťovej jaskyne v Humenci, Čierna hora. Slovenský kras (Acta carsologica Slovaca), 45, 79–92.

Kováč, Ľ. – Mock, A. – Ľuptáčik, P. – Palacios-Vargas, J. G. 2002. Distribution of *Eukoenenia spelaea* (Peyerimhoff, 1902) (Arachnida, Palpigradida) in the Western Carpathians with remarks on its biology and behaviour. In Tajovský, K. – Balík, V. – Pižl, V. (Eds.): Studies on Soil Fauna in Central Europe. AS CR, České Budějovice, 93–99.

Kováč, Ľ. – Mock, A. – Ľuptáčik, P. 2004. Vzácny pavúkovec *Eukoenenia spelaea* (Peyerimhoff, 1902) – obyvateľ slovenských jaskýň. Aragonit, 9, 33–34.

Krumpál, M. 2000. Šťúriky (Pseudoscorpiones) jaskýň Čiernej hory (Slovensko). In Mock, A. – Kováč, Ľ. – Fulín, M. (Eds.): Fauna jaskýň (Cave Fauna). Východoslovenské múzeum, Košice, 95–98.

Ľuptáčik, P. – Miko, L. 2003. Oribatid mites (Acarina, Oribatida) of the Slovak caves. *Subterranean* Biology, 1, 25–29.

Ľuptáčik, P., 2006. Rozšírenie troglofilných roztočov panciernikov (Acari, oribatida) na území Slovenska, s. 200–202. In Bella, P. (Ed.): Výskum, využívanie a ochrana jaskýň, 5, vedecká konferencia s medzinárodnou účasťou, 26. – 29. 9. 2005, Demänovská Dolina. Zborník referátov. Správa slovenských jaskýň, Liptovský Mikuláš, 252 s.

Mauriès, J.-P. 2003. Myriapoda (Centipedes and Millipedes), s. 534–536. In Gunn, J. (Ed.): Encyclopaedia of Caves and Karst Science. Fitzroy Dearborn, New York – London, 902 s.

Mlejnek, R. – Ducháč, V. 2001. Rozšíření *Mesoniscus graniger* (Crustacea: Isopoda: Oniscoidea) v Západních Karpatech. Natura Carpatica, Košice, 42, 75–88.

Mlejnek, R. – Ducháč, V. 2003. Troglobiontní a endogenní výskyt druhu *Mesoniscus graniger* (Crustacea: Isopoda: Oniscoidea) na území Západních Karpat. Acta Musei Reginaehradecensis, serie A, 29, 71–79.

Mlejnek, R. – Jászay, T. – Růžička, J. – Kováč, Ľ. – Mock, A. 2006. Beetles (Coleoptera) in caves of the Western Carpathians. In Moldovan, O. T. (Ed.): XIII[th] International Symposium of Biospeleology, Cluj-Napoca, Romania, 10 – 15 July 2006. Abstracts, p. 47.

Mock, A. 2000. Mnohonôžky (Diplopoda) jaskýň Čiernej hory (Slovensko, Západné Karpaty). In Mock, A. – Kováč, Ľ. – Fulín, M. (Eds.): Fauna jaskýň (Cave Fauna). Východoslovenské múzeum, Košice, 115–128.

Mock, A. – Ľuptáčik, P. – Fenďa, P. – Papáč, V. 2004. Biologická charakteristika jaskýň Bujanovských vrchov (Čierna hora). Aragonit, 9, 35–40.

Mock, A. – Ľuptáčik, P. – Fenďa, P. – Svatoň, I. – Országh, I. – Krumpál, M. 2005. Terrestrial arthropods inhabiting caves near Veľký Folkmar (Čierna hora Mts., Slovakia). In Tajovský, K. –Schlaghamerský, J. – Pižl, V. (Eds.): Contributions to Soil Zoology in Central Europe I, 95–101.

Mock, A. – Tajovský, K. 2008. *Mecogonopodium carpathicum* n. sp. (Diplopoda: Chordeumatida: Attemsiidae), a new troglophilic millipede from Slovakia. Zootaxa, 1778, 26–36.

Necpálová, K. – Kováč, Ľ. – Mock, A. 2009. Príspevok k poznaniu spoločenstiev suchozemských článkonožcov (Arthropoda) vybraných jaskýň orografického celku Čierna hora so zvláštnym zreteľom na mnohonôžky (Diplopoda). Folia faunistica Slovaca, 14 (1), 1–15.

Negrea, S. – Minelli, A. 1996. Chilopoda, s. 249–254. In Juberthie, Ch. – Decu, V. (Eds.): Encyclopaedia biospeologica. Laboratoire souterrain à Moulis et l'Institut de speologie Emile Racovitza à Bucarest, 834 s.
Országh, I. – Košel, V. – Országhová, Z. 1994. Príspevok k poznaniu stonožiek (Tracheata, Chilopoda) jaskýň Slovenska. Slovenský kras, 32, 79–90.
Papáč, V. – Fenďa, P. – Ľuptáčik, P. – Mock, A. – Svatoň, J. – Christophoryová, J. 2009. Terestrické bezstavovce (Evertebrata) jaskýň vo vulkanitoch Cerovej vrchoviny. Aragonit, Liptovský Mikuláš, 14, 1, 32–42.
Petényi, J. S. 1847. Az eperjesi kórház épületében megszémlélésree kitett, a gyüles megbizásából Petényi Salamon által öszzeirt állattani tárgyak jegyzéke. In A magyar orvosok és természetvizsgálok Kassa Eperjesse tartott hetedik nagygyülésének történeti vázlata és munkálatai. Halász Géza, Pest, 235–237.
Pižl, V. 2008. Are earthworms (Oligochaeta, Lumbricidae) regular or accidental dwellers of cave systems in Czech Republic and Slovakia? Slovenský kras (Acta Carsologica Slovaca), 46, 1, 197–201.
Roubal, J. 1929. Tré nových Coleopter z východu Československé republiky. Časopis Československé společnosti entomologické, 25 (1928), 99–102.
Stašiov, S. – Mock, A. – Mlejnek, R. 2003. Nové nálezy koscov (Opiliones) v jaskyniach Slovenska. Slovenský kras (Acta Carsologica Slovaca), 41, 199–207.
Svatoň, J. 2000. Fauna pavúkov (Araneae) slovenských jaskýň. In Mock, A. – Kováč, Ľ. – Fulín, M. (Eds.) Fauna jaskýň (Cave Fauna). Východoslovenské múzeum, Košice, 157–170.
Šustek, Z. 2001. First records of two staphylinid species (Coleoptera, Staphylinidae) from Slovakia. Biológia, Bratislava, 56, 5, 543.

TERRESTRIAL MACROFAUNA OF THE CAVES IN THE ČIERNA HORA MTS. (WESTERN CARPATHIANS, SLOVAKIA)

Summary

Long term investigation of terrestrial macrofauna of the Čierna hora Mts. has pointed that obligate cave dwellers or eutroglophiles are rare, but some of them are present here, e. g. spiders *Centromerus cavernarum*, *Porrhomma profundum*, *P. egeria* and *P. myops*, harvestman *Mitostoma chrysomelas*, isopod *Mesoniscus graniger*, millipedes *Trachysphaera costata*, *Mecogonopodium carpathicum*, *Cibiniulus* sp. and beetles *Atheta spelaea*, *Duvalius bokori valyanus*, *D. hungaricus* cf. *slovacus*. No cavernicole pseudoscorpion or centipede was found. Diversified communities of arthropods were found within the ecotones of cave entrances. Besides common soil forest fauna also stenoecous rare (endemic or relic) species were found here, such as millipedes *Polyzonium eburneum*, *Leptoiulus mariae* and *Enantiulus tatranus*, or beetles *Geostiba chyzeri* or *Bryxis frivaldszki slovenicus*. The caves are distributed in few separate areas, particular cavernicolous fauna makes difference among them. The most diversified fauna was found in the Ružínsky kras karst area. The millipede *M. carpathicum* we supposed as endemic in the Ružínsky kras. Cavernicolous fauna of the Čierna hora Mts. is characterised by presence of several species which reach here northernmost and/or easternmost edge of their distribution area.

Príloha. Prehľad dosiaľ nepublikovaných faunistických údajov k výskytu suchozemských článkonožcov vybraných systematických skupín v jaskyniach Čiernej hory. Použité skratky vývinových štádií: P – protonympha, D – deutonympha, T – tritonympha, juv. – nedospelý jedinec, subad. – nedospelý, subadultný jedinec. Ak nezbieral A. Mock, je to uvedené.

Appendix. A list of unpublished faunistic data on the occurrence of terrestial arthropods of selected systematic groups in the caves of the Černa hora Mts. Postembryonal stages: P – protonympha, D – deutonympha, T – tritonympha, juv. – juvenile, subad. – subadult specimen. Collected by A. Mock, exceptions are written extra.

Pseudoscorpiones

CHTHONIIDAE

Chthonius diophthalmus Daday, 1888: Veľká ružínska jaskyňa, 30 – 40 m, presev, 3. 6. 2004, 1 ♂, 1 P.

Chthonius sp.: Antonova jaskyňa, vstup, 19. 2. 2007, 3 ♂♂, 1 ♀, 3 TT; Hadia jaskyňa, vstup, 19. 2. 2007, 1 T, 1 D; Malá kvapľová jaskyňa, presev, 16. 3. 2007, 1 T.

Mundochthonius carpaticus Rafalski, 1948: Malá kvapľová jaskyňa, presev, 18. 10. 2006, 1 ♂; Hadia jaskyňa, 19. 2. 2007, 1 ♂, 1 ♀.

NEOBISIIDAE

Neobisium carcinoides (Hermann, 1804): Antonova jaskyňa, vstup, 19. 2. 2007, 3 DD; Hadia jaskyňa, vstup, 19. 2. 2007, 1 P, 2 TT; Malá kvapľová jaskyňa, vstup, presev, 18. 10. 2006, 1 P; 16. 3. 2007, 5 PP.

Neobisium fuscimanum (C. L. Koch, 1843): Antonova jaskyňa, vstup, 19. 2. 2007, 3 DD, 1 P; Hadia jaskyňa, vstup, 19. 2. 2007, 1 P; Malá kvapľová jaskyňa, presev, 16. 3. 2007, 1 D.

Neobisium sp.: Malá kvapľová jaskyňa, 3 – 6 m, v lístí, 18. 10. 2006, 1 ♀; 18. 10. 2006, 1 ♂; Veľká ružínska jaskyňa, 30 – 40 m, presev, 3. 6. 2004, 1 T.

Araneae

DYSDERIDAE

Harpactea hombergi (Scopoli, 1763): Hadia jaskyňa, vstup, extrakcia listového opadu, 19. 2. 2007, 1 ♀.

NESTICIDAE

Nesticus cellulanus (Clerck, 1757): Medvedia jaskyňa, 2 – 5 m od vchodu, zber, 16. 3. 2007, 1j ♂, 1j ♀; Humenecká jaskyňa, 14. 6. 2002, 1 ♂, 1 ♀, 7j ♀.

THERIDIIDAE

Pholcomma gibbum (Westring, 1851): Hadia jaskyňa, vstup, extrakcia listového opadu, 19. 2. 2007, 2 ♀.

Robertus lividus (Blackwall, 1836): Krížová jaskyňa, okolie vchodu, jaseňová bučina, mach na dreve, extrakcia, 27. 5. 1999, leg. Ľ. Kováč, 1 ♀.

LINYPHIIDAE

Anguliphantes tripartitus (Miller & Svatoň, 1978): Hadia jaskyňa, 5 m od vchodu, zber, 18. 10. 2006, 1♀, leg.; Humenecká jaskyňa, 15 m od vchodu, zber na dreve, 27. 5. 1999, 1 ♀.

Centromerus brevivulvatus Dahl, 1912: Kysacká jaskyňa, 28. 10. 1998, 3 ♀.

Centromerus cavernarum (L. Koch, 1872): Humenecká jaskyňa, 14. 6. 2002, 2♀, leg.; 15 m od vchodu, zber na drevách, 27. 5. 1999, 1 ♀, leg.; asi 20 m od vchodu, zber na drevách a kameňoch, 23. 6. 2000, 1 ♀.

Centromerus sellarius (Simon, 1884): Hadia jaskyňa, vstup, extrakcia listového opadu, 19. 2. 2007, 1 ♀.

Diplocephalus latifrons (O. P. Cambridge, 1863): Kysacká jaskyňa, okolie vchodu jaskyne, extrakcia, 28. 10. 1998, 1 ♀.

Diplocephalus picinus (Blackwall, 1841): Krížová jaskyňa, okolie vchodu, bučina, extrakcia opadu, 27. 5. 1999, leg. Ľ. Kováč, 1 ♂.

Labulla thoracica (Wider, 1834): Antonova jaskyňa, 10 – 20 m od vchodu, zber, 18. 10. 2006, 1j ♂, leg.; Veľká ružínska jaskyňa, 9. 6. 2005, 1j ♀.

Lepthyphantes nodifer Simon, 1884: Veľká ružínska jaskyňa, 25. 5. – 8. 7. 1999, 1 ♀.

Micrargus herbigradus (Blackwall, 1854): Antonova jaskyňa, 10 – 20 m od vchodu, zber, 18. 10. 2006, 2 ♀; Netopieria jaskyňa, 5 – 15 m od vchodu, zber, 19. 2. 2007, 1 ♀; Veľká ružínska jaskyňa: 18. 9. 2001, 2 ♀; 10 – 30 m od vchodu, zber na drevách a stene, 9. 6. 2005, 1 ♀.

Porrhomma egeria Simon, 1884: Netopieria jaskyňa, 18. 6. 1998, 1 ♀, leg. ; 5 – 15 od vchodu, zber, 19. 2. 2007, 1 ♀.

Porrhomma myops Simon, 1884: Veľká ružínska jaskyňa, 50 m od vchodu, form. pasca, 8. 7. – 7. 11. 1999, 1 ♀.

Porrhomma profundum M. Dahl, 1939: Veľká ružínska jaskyňa, 8. 7. 1999, 1 ♂.

Tenuiphantes alacris (Blackwall, 1853): Malá kvapľová jaskyňa, 2 – 5 m od vchodu, presev a následná extrakcia opadu, 16. 3. 2007, 1j ♀.

Tenuiphantes tenebricola (Wider, 1834): Veľká ružínska jaskyňa, 18. 9. 2001, 2 ♀ + 1j ♂; 9. 6. 2005, 2j ♀.

Thyreosthenius parasiticus (Westring, 1851): Antonova jaskyňa, 18. 10. 2006, 1 ♀.

TETRAGNATHIDAE

Meta menardi (Latreille, 1804): Andrejova jaskyňa, 27. 6. 2002, leg. P. Ľuptáčik, 6j ♀; Antonova jaskyňa, 18. 10. 2006, 1j ♀; Humenecká jaskyňa, 23. 6. 2000, 1j ♀; Veľká ružínska jaskyňa, 9. 6. 2005, 1j ♂+1j ♀.

Metellina merianae (Scopoli, 1763): Kysacká jaskyňa, 28. 10. 1998, 1j ♂; Malá kvapľová jaskyňa, 18. 9. 2001, 2j ♀; Medvedia jaskyňa, 16. 3. 2007, 1 ♂ + 1 ♀.

AGELENIDAE

Histopona torpida (C. L. Koch, 1834): Malá kvapľová jaskyňa, 16. 3. 2007, 1j ♂.

Tegenaria silvestris L. Koch, 1872: Hadia jaskyňa, 19. 2. 2007, 1j ♀; Medvedia jaskyňa, 16. 3. 2007, 1j ♀; Netopieria jaskyňa, 19. 2. 2007, 1j ♀; Zákrutová jaskyňa, 27. 4. – 8. 7. 1999, 1 ♀.

CYBAEIDAE

Cybaeus angustiarum L. Koch, 1868: Antonova jaskyňa, 18. 10. 2006, 1j ♀; Previsová jaskyňa, 28. 4. – 23. 9. 1999, 1 ♂; Veľká ružínska jaskyňa, 8. 7. – 17. 11. 1999, 1 ♂; 18. 9. 2001, 1 ♀ + 1j ♀.

DICTYNIDAE

Cicurina cicur (Fabricius, 1793): Kysacká jaskyňa, 7. 9. – 28. 10. 1998, 1 ♂; Netopieria jaskyňa, 2. 4. – 18. 6. 1998, 2 ♀.

AMAUROBIIDAE

Amaurobius fenestralis (Stroem, 1768): Antonova jaskyňa, 5. 12. 1997 – 2. 4. 1998, 1 ♂; 19. 2. 2007.

CLUBIONIDAE

Clubiona comta C. L. Koch, 1839: Zákrutová jaskyňa, 27. 4. – 8. 7. 1999, 1 ♀.

ANYPHAENIDAE

Anyphaena accentuata (Walckenaer, 1802): Veľká ružínska jaskyňa, 9. 6. 2005, 1j ♂.

SALTICIDAE
Evarcha falcata (Clerck, 1757): Humenecká jaskyňa, 14. 6. 2002, 1 ♂.
Opiliones
PHALANGIIDAE
Leiobunum rotundum (Latreille, 1798): Antonova jaskyňa, steny, 10 – 20 m, 18. 6. 2006, 1 ♂, 1 ♀.
NEMASTOMATIDAE
Mitostoma chrysomelas (Herman, 1804): Malá kvapľová jaskyňa, cca 10 od vchodu, na vlhkom dreve, 20. 11. 2009, 1 juv. ex.; Veľká ružínska jaskyňa, cca 50 m od vchodu, na dreve, 9. 6. 2005, 1 juv. ex.
TROGULIDAE
Trogulus tricarinatus (Linnaeus, 1767): Malá kvapľová jaskyňa, na stene, 5 m od vchodu, 9. 6. 2005, 1 subad. ♀.
Oniscidea
LIGIIDAE
Ligidium hypnorum (Cuvier, 1792): Puklina v Pečipalke, okolie vchodu, lieska + buk a potok neďaleko, 24. 5. 1999, 7 ♂♂, 8 ♀♀, 1 juv.
MESONISCIDAE
Mesoniscus graniger (Frivaldszky, 1865): Malá kvapľová jaskyňa, chodba vpravo, 6 m od vchodu, zber pod vrstvou lístia a kameňmi vo vlhkom hlinitom substráte, 18. 10. 2006, 2 ex.; 10 m od vchodu, pod naviatym lístím, 20. 11. 2009, 1 ex.; Veľká ružínska jaskyňa, vlhká sutina 20 m od vchodu, zber pod kameňom, 3. 6. 2004, 1 ♀.
TRICHONISCIDAE
Trichoniscus sp.: Puklinová jaskyňa v Pečipalke, okolie vchodu, lieska + buk a potok neďaleko, 24. 5. 1999, 1 ♀(juv?); Krížová jaskyňa, okolie vchodu, bučina s jaseňom, machy na dreve, práchno, opad a humus, extrakcia, 27. 5. 1999, leg. Ľ. Kováč 2 ♀♀ (1 s vajíčkami); Malá kvapľová jaskyňa, 3 – 6 m od vchodu, presev opadu, 18. 10. 2006, 1 juv; 2 – 5 m, presev lístia, 16. 3. 2007, 1 ♂; Veľká ružínska jaskyňa, 2 – 10 m od vchodu, presev nafúkaného bukového lístia, 9. 5. 2005, 1 ♂.
Hyloniscus sp.: Krížová jaskyňa, okolie dolného vchodu, machy na dreve, opad a humus, extrakcia, 27. 5. 1999, leg. Ľ. Kováč, 1 juv.
PHILOSCIIDAE
Lepidoniscus minutus (C. L. Koch, 1838): Hadia jaskyňa, vchod, zber a presev opadu, 27. 4. 1999, 1 ♂, 1 ♀; Jaskyňa Komín nad Previsovou jaskyňou („Priepasťová jama nad Previsovou jaskyňou"), dno v hĺbke cca 1 m, presev vlhkého bukového lístia, 28. 4. 1999, 3 ♂♂, 2 juv; Puklinová jaskyňa v Pečipalke, okolie vchodu, lieska + buk a potok neďaleko, 24. 5. 1999, 3 ♂♂, 3 ♀♀, 1 juv.; Krížová a Previsová jaskyňa, okolie vchodov, vlhký opad na úpätí skál, presev, 28. 4. 1999, 3 ♂♂, 2 ♀♀; Zákrutová jaskyňa, vchod, zber a presev opadu, 27. 4. 1999, 1 ♀.
AGNARIDAE (syn. TRACHELIPODIDAE part.)
Protracheoniscus politus (C. L. Koch, 1841): Antonova jaskyňa, vstup, opad a humus pod otvorom v strope, extrakcia, 19. 2. 2007, 1 subad. ♂; Hadia jaskyňa, vchod, zber a presev opadu, 27. 4. 1999, 1 ♀; Komín nad Previsovou jaskyňou, dno v hĺbke cca 1 m, presev vlhkého bukového lístia, 28. 4. 1999, 1 ♀; Puklinová jaskyňa v Pečipalke, okolie vchodu, lieska + buk a potok neďaleko, 24. 5. 1999, 9 ♂♂, 8 ♀♀, 2 juv.; Krasová jama na hrebeni Bokšovskej skaly, dno (cca – 1,5 m), vrstva bukového lístia, extrakcia, 30. 9. 1997, 1 ♀; Krížová a Previsová jaskyňa, okolie vchodov, vlhký opad na úpätí skál, presev, 28. 4. 1999, 1 ♂, 6 ♀♀; Kysacká jaskyňa, okolie vchodu, borovicový les, opad, humus, presev, 28. 10. 1998, 1 ♂♂, 7 ♀♀; 1 juv.; okolie vchodu, vzorka humusu a opadu (dub a javor), extrakcia, 28. 10. 1998, 1 ♀; Malá kvapľová jaskyňa, 3 – 6 m od vchodu, presev lístia, 18. 10. 2006, 1 ♀; 2 – 5 m, presev lístia, 16. 3. 2007, 1 ♀; Zákrutová jaskyňa, vchod, zber a presev opadu, 27. 4. 1999, 1 ♂, 1 ♀.
TRACHELIPODIDAE
Porcellium conspersum (C. L. Koch, 1841): Puklinová jaskyňa v Pečipalke, okolie vchodu, lieska + buk a potok neďaleko, 24. 5. 1999, 2 ♂♂, 1 juv.
Trachelipus difficilis (Radu, 1950): Jaskyňa Nová galéria, na stene, 5 m od vchodu, 14. 10. 2002, 1 ♂; Klenbová jaskyňa (Zikmundova 9), zber v sutine pri zadnej stene vstupnej chodby, 20 m, 14. 10. 2002, 1 ♂.
Trachelipus ratzeburgii (Brandt, 1833): Jaskyňa Komín nad Previsovou jaskyňou, dno v hĺbke cca 1 m, presev vlhkého bukového lístia, 28. 4. 1999, 1 subad. ♂.
ARMADILLIDIIDAE
Armadillidium versicolor Stein, 1859: Hadia jaskyňa, 10 m od vchodu, formalínová pasca a návnada, 8. 7. – 17. 11. 1997, 1 ♀; vchod, zber a presev opadu, 27. 4. 1999, 1 ♂, 2 ♀♀; Puklinová jaskyňa v Pečipalke, vchod, presev lístia (lieštiny s bukom), 24. 5. 1999, 1 ♀; Medvedia jaskyňa, 2 – 3 m, na stene, 16. 3. 2007, 1 ♀; Predná veľká jaskyňa, vstup, sutina, formalínová pasca s návnadou, 22. 3. – 13. 6. 2002, 5 ♂♂, 1 ♀, 1 juv.; vstup, pasca pri predošlej pasci, suchšia sutina, formalínová pasca s návnadou, 22. 3. – 13. 6. 2006, 1 ♂, 4 ♀♀; vstup, sutina, zber pod kameňmi, 22. 3. 2002, 2 ♂♂, 7 ♀♀; Zákrutová jaskyňa, 10 m od vchodu, 2 formalínové pasce s návnadou, 27. 4. – 8. 7. 1999, 1 ♂, 1 juv.

CYLISTICIDAE
Cylisticus convexus (De Geer, 1778): Puklinová jaskyňa v Pečipalke: okolie vchodu, lieska + buk a potok neďaleko, 24. 5. 1999, 2 ♂♂, 1 juv.; Kysacká jaskyňa: vstupná sieň, cca 5 m, zber na spodnej strane dreva, 28. 10. 1998, 1 ♂; hlavná sieň, 10 m od vchodu, vlhká sutina, formalínová pasca s návnadou, 11. 3. – 4. 9. 1999, 1 ♀; Humenecká jaskyňa, dno vstupnej šachty, v sutine pri stene, 10 m od vchodu, formalínová pasca s návnadou, 27. 5. 1999 – 25. 6. 2000, 1 ♂; dno vstupnej šachty, zber na drevách a pod kameňmi, 5 – 10 m, 14. 6. 2002, 2 ♂♂, 2 juv.; dno vstupnej šachty, 5 m, humus a práchnivé drevo, zber, 6. 6. 2006, 3 ♂♂, 1 ♀, 3 juv.

Diplopoda

GLOMERIDA
DODERIIDAE
Trachysphaera costata (Waga, 1857): Krížová jaskyňa, 20 m od spodného vchodu za vstupnou chodbou, formalínová pasca s návnadou, 27. 5. – 23. 9. 1999, 1 ♀; Veľká ružínska jaskyňa, 30 m, vlhké bukové lístie, 3. 6. 2004, 1 ♀; 80 – 90 m, na dreve, 9. 6. 2005, 1 ♀.
Trachysphaera gibbula (Latzel, 1884): Malá kvapľová jaskyňa, drevá a lístie, 3 – 10 m, 9. 6. 2005, 1 ♀.
Trachysphaera sp.: Krížová jaskyňa, komín pod horným vchodom, humusový substrát, extrakcia, 30. 3. 1999, leg. Ľ. Kováč, 1 juv.
GLOMERIDAE
Glomeris hexasticha Brandt, 1833: Malá kvapľová jaskyňa, lístie, 3 – 10 m, 9. 6. 2005, 1 ♂.
Glomeris sp.: Veľká ružínska jaskyňa, 3 – 10 m, vlhké bukové lístie, presev, 9. 6. 2005, 4 juv.
CHORDEUMATIDA
MASTIGOPHOROPHYLLIDAE
Mastigophorophyllidae gen. sp.: Krížová jaskyňa, okolie vchodu, humus a opad, extrakcia, 27. 5. 1999, leg. Ľ. Kováč, 1 juv.
POLYZONIIDA
POLYZONIIDAE
Polyzonium germanicum Brandt, 1837: Veľká ružínska jaskyňa, vstup, opustené hniezdo *Erythacus rubecula* (?) v stene, 2 m nad zemou, extrakcia, 3. 6. 2004, 1 ♂.
BLANIULIDAE
Cibiniulus sp.: Klenbová jaskyňa, Bočná sieň, cca 20 m od vchodu, pod kameňom, 12. 5. 2004, 1 ♀.
Proteroiulus fuscus (Am Stein, 1857): Humenecká jaskyňa, stredná časť (20 m od vchodu), drevená drvina v sutine, extrakcia, 6. 6. 2006, 1 juv.
NEMASOMATIDAE
Nemasoma varicorne C. L. Koch, 1847: Veľká ružínska jaskyňa, 40 m, pod kôrou práchnivého kmeňa stromu, 3. 6. 2004, 1 juv.
JULIDAE
Julus curvicornis Verhoeff, 1899: Klenbová jaskyňa, Bočná sieň, cca 20 m od vchodu, 12. 5. 2004, 1 ♀.
Enantiulus tatranus (Verhoeff, 1907): Krížová jaskyňa, okolie vchodu, humus a opad, extrakcia, 27. 5. 1999, leg. Ľ. Kováč, 1 ♂, 1 ♀, 4 juv.
Enantiulus sp.: Medvedia jaskyňa, vchod, presev lístia, 16. 3. 2007, 1 ♀; Veľká ružínska jaskyňa, 3 – 10 m, vlhké bukové lístie, presev, 9. 6. 2005, 1 ♀.
Unciger foetidus (C. L. Koch, 1838): Malá kvapľová jaskyňa, lístie, 3 – 10 m, 9. 6. 2005, 1 ♂.
Julinae sp.: Antonova jaskyňa, vstup, opad a humus pod prepadnutým stropom, extrakcia, 19. 2. 2007, 1 juv.
POLYDESMIDA
POLYDESMIDAE
Polydesmus complanatus (Linnaeus, 1761): Krížová jaskyňa, okolie vchodu, humus a opad, extrakcia, 27. 5. 1999, leg. Ľ. Kováč, 2 juv.; Malá kvapľová jaskyňa, 5 m od vchodu, presev lístia, 18. 9. 2001, 3 juv.; Medvedia jaskyňa, vchod, presev lístia, 16. 3. 2007, 1 juv.; 3 – 10 m, zber na stene, 16. 3. 2007, 2 ♀♀.

Chilopoda

GEOPHILOMORPHA
SCHENDYLIDAE
Schendyla nemorensis (C. L. Koch, 1836): Krížová jaskyňa, machy na dreve a pňoch pri vchode, 27. 5. 1999, 4 ♀, 1 juv. ex.
GEOPHILIDAE
Clinopodes flavidus C. L. Koch, 1847: Humenecká jaskyňa, zber z dreva, 6. 6. 2006, 1 ♀.
CHILENOPHILIDAE
Pachymerium ferrugineum (C. L. Koch, 1835): Krížová jaskyňa, okolie vchodu, opad, extrakcia, 27. 5. 1999, leg. Ľ. Kováč, 1 subad. ♀; Veľká ružínska jaskyňa, 9. 6. 2005, 1 ♂ adult.
DIGNATHODONTIDAE
Strigamia acuminata (Leach, 1814): Veľká ružínska jaskyňa, 9. 6. 2005, 1 ♂ adult.
SCOLOPENDROMORPHA

CRYPTOPIDAE

Cryptops parisi Broelemann, 1920: Antonova jaskyňa, vstupná časť, vlhké lístie v sutine, presev, 19. 2. 2007, 1 ♂; Veľká ružínska jaskyňa, pod kameňom vo vlhkej hline, 30 m od vchodu, 3. 6. 2004, 1 ♂.

LITHOBIOMORPHA

LITHOBIIDAE

Lithobius aeruginosus L. Koch, 1862: Kysacká jaskyňa, okolie vchodu, opad, extrakcia, 28. 10. 1998, 1 subad. ♀.

Lithobius agilis C. L. Koch, 1847: Humenecká jaskyňa, machy vo vstupnom komíne na stenách, 27. 5. 1999, leg. Ľ. Kováč, 1 ♂; Krížová jaskyňa, machy na dreve a pňoch pri vchode, 27. 5. 1999, leg. Ľ. Kováč, 1 subad. ♂, 1 juv. ex.

Lithobius borealis Meinert, 1868: Kysacká jaskyňa, okolie vchodu, opad a humus, 28. 10. 1998, 1 ♂.

Lithobius burzenlandicus Verhoeff, 1931: Klenbová jaskyňa, vstupná chodba, 12. 5. 2004, 1 ♂.

Lithobius erythrocephalus C. L. Koch, 1847: Antonova jaskyňa, 10 – 20 m, zber v sutine a na drevách, 18. 10. 2006, 1 ♂; vstupná časť, vlhké lístie v sutine, presev, 19. 2. 2007, 1 ♂; Hadia jaskyňa, vstup, 0 – 2 m, presev lístia, 19. 2. 2007, 1 subad. ♂, 1 ♀.

Lithobius forficatus (Linné, 1758): Antonova jaskyňa, 10 – 20 m, zber v sutine a na drevách, 18. 10. 2006, 1 subad. ♀; 15 m od vchodu, 19. 2. 2007, 1 ♂; Predná veľká jaskyňa, vstup, 12. 5. 2004, 1 ♂ adult, 1 ♀ adult.

Lithobius mutabilis L. Koch, 1862: Klenbová jaskyňa, bočná stena, 12. 5. 2004, 1 ♀; vstupná chodba, 12. 5. 2004, 1 ♀, 1 subadult. ♀.

Lithobius muticus C. L. Koch, 1847: Hadia jaskyňa, vstup, 0 – 2 m, presev lístia, 19. 2. 2007, 1 ♂.

Lithobius pusilus Latzel, 1880: Antonova jaskyňa, 10 – 20 m, zber v sutine a na drevách, 18. 10. 2006, 1 ♂; Hadia jaskyňa, vstup, 0 – 2 m, presev lístia, 19. 2. 2007, 2 ♂; Kysacká jaskyňa, okolie vchodu, opad a humus, 28. 10. 1998, 1 subad. ♂; Medvedia jaskyňa, vstup, presev, 16. 3. 2007, 1 ♀.

Lithobius sp.: Antonova jaskyňa, vstupná časť, vlhké lístie v sutine, presev, 19. 2. 2007, 8 juv. ex.; Hadia jaskyňa, vstup, 0 – 2 m, presev lístia, 19. 2. 2007, 5 juv. ex.; Krížová jaskyňa, machy na dreve a pňoch pri vchode, 27. 5. 1999, 7 juv. ex.; Kysacká jaskyňa, okolie vchodu, presev, 28. 10. 1998, 2 juv. ex.; Malá kvapľová jaskyňa, 3 – 6 m od vchodu, presev opadu, 18. 10. 2006, 1 juv. ex.; 2 – 5 m, presev opadu, 16. 3. 2007, 1 juv. ex.; Veľká ružínska jaskyňa, presev lístia, 40 – 50 m od vchodu, 9. 6. 2005, 1 juv. ex.

Coleoptera

CARABIDAE

Carabus coriaceus rugifer Kraatz, 1887: Previsová jaskyňa, formalínová pasca, 28. 4. – 23. 9. 1999, 1 ♂ 1 ♀.

Carabus nemoralis O. F. Miller, 1764: Previsová jaskyňa, formalínová pasca, 28. 4. – 23. 9. 1999, 3 ♀♀.

Carabus violaceus violaceus Linnaeus, 1758: Previsová jaskyňa, formalínová pasca, 28. 4. – 23. 9. 1999, 2 ♂♂.

Duvalius bokori valyianus (Bokor, 1922): Krížová jaskyňa, 45 m od vchodu, Dolomitová chodba, formalínová pasca s návnadou, 30. 3. – 27. 5. 1999, 4 ex.; Sieň chrobákov, 35 m od vchodu, formalínové pasce s návnadou, 30. 3. – 27. 5. 1999, 1 ex.; Malá kvapľová jaskyňa, 15 m od vchodu, formalínová pasca, 2. 4. – 18. 6. 1998, 1 ex.; Previsová jaskyňa, 10 m od vchodu, sutina, formalínová pasca, 28.4. – 23. 9. 1999, 1 ex.; Veľká ružínska jaskyňa, vchod, 5 m, sutina, formalínová pasca, 8. 7. – 17. 9. 1999, 1 ex.

Duvalius hungaricus cf. *slovacus* Hůrka et Pulpán, 1980: Krížová jaskyňa, chodba vľavo za vstupným tunelom, 20 m od vchodu, formalínová pasca, 31. 3. 1998 – 30. 3. 1999, 1 ex.; Medvedia jaskyňa, Vstupná chodba, alkoholová pasca s návnadou, 27. 6. – 7. 8. 1999, leg. Ľ. Kováč, 6 ex.; Previsová jaskyňa, sutina, 10 m od vchodu, formalínová pasca 28. 4. – 23. 9. 1999, 1 ex.

Pterostichus foveolatus (Duftschmid, 1812): Previsová jaskyňa, formalínová pasca, 28. 4. – 23. 9. 1999, 1 ♂, 2 ♀♀; Zákrutová jaskyňa, formalínová pasca, 27. 4. – 8. 7. 1999, 2 ♂♂.

COCCINELLIDAE

Calvia quatuordecimguttata (Linné, 1758): Antonova jaskyňa, 5 m od vchodu, vlhký opad na sutinovom kuželi pod prepadnutým stropom, presev, 19. 2. 2007, 1 ex.

CRYPTOPHAGIDAE

Cryptophagus sp.: Antonova jaskyňa, 20 m, vlhká drevná drvina v sutine, extrakcia, 19. 2. 2007, 1 ex.; Humenecká jaskyňa, stredná časť, sutina, alkoholové pasce, 17. 3. – 27. 5. 1999, leg. Ľ. Kováč, 1 ex.; 6. 6. 2006, 20 m od vchodu, drevná drvina v sutine, extrakcia, 1 ex.

CURCULIONIDAE

Curculionidae gen. sp.: Kysacká jaskyňa, okolo vchodu, humus a opad medzi skalami, extrakcia, 28. 10. 1998, 1 ex.

GEOTRUPIDAE

Anoplotrupes stercorosus Scriba, 1761: Previsová jaskyňa, formalínová pasca, 28. 4. – 23. 9. 1999, 6 ex.; Veľká ružínska jaskyňa, formalínová pasca, 13. 7. – 18. 9. 2001, 1 ex.

HISTERIDAE

Abraeus granulum Erichson, 1839: Krížová jaskyňa, okolie vchodu, bučina s jaseňom, machy a práchno, extrakcia, 27. 5. 1999, leg. Ľ. Kováč, 1 ex.

CHRYSOMELIDAE

Mniophila muscorum wroblewskii Wankowitz, 1880: Kysacká jaskyňa, okolo vchodu, humus a opad medzi skalami, extrakcia, 28. 10. 1998, 1 ex.

LATRIDIIDAE

Dienerella filiformis (Gyllenhal, 1827): Medvedia jaskyňa, vstupná chodba, rozložené drevo, extrakcia, 7. 8. 1999, leg. Ľ. Kováč, 1 ex.

Dienerella filum (Aubé, 1850): Humenecká jaskyňa, zber na dreve a pod kameňmi, 27. 5. 1999, 1 ex.

LEIODIDAE

Agathidium badium Erichson, 1845: Krížová jaskyňa, okolie vchodu, bučina s jaseňom, extrakcia machu a práchna, 27. 5. 1999, leg. Ľ. Kováč, 1 ♀.

Agathidium laevigatum laevigatum Erichson, 1845: Malá kvapľová jaskyňa, 2 – 10 m od vchodu, opad (buk, lipa), presev, 9. 6. 2005, 1 ♀; presev vo vchode, 16. 3. 2007, 1 ♂.

Catops longulus Kellner, 1846: Malá kvapľová jaskyňa, formalínová pasca, 2. 4. – 18. 6. 1998, det. Jan Růžička, 1 ♂; formalínová pasca, 7. 4. – 14. 10. 2000, 1 ♀; Netopieria jaskyňa, 18. 9. 2001, leg. R. Mlejnek, 1 ♂.

Catops picipes (Fabricius, 1787): Hadia jaskyňa, 10 m od vchodu, formalínová pasca, 8. 7. – 17. 11. 1999, 1 ♀; Malá kvapľová jaskyňa, formalínová pasca, 7. 4. – 14. 10. 2000, 1 ♂.

Leptinus testaceus Müller, 1817: Jaskyňa Hoľa I, formalínová pasca, 22. 3. – 13. 6. 2002, 1 ♂; Kysacká jaskyňa, okolie vchodu, dubové lístie a borovicové ihličie s humusom, extrakcia, 28. 10. 1998, 1 ex.; formalínová pasca, 28. 10. 1998 – 17. 3. 1999, 1 ♂; Malá kvapľová jaskyňa: formalínová pasca, 7. 4. – 14. 10. 2000, 1 ♂, 1 ♀; 18. 9. 2001, leg., R. Mlejnek, 1 ♂; 2 – 10 m od vchodu, opad (buk, lipa), presev, 9. 6. 2005, 1 ex.; 3 – 6 m, 18. 10. 2006, 2 ex.; 2 – 8 m od vchodu, zber v nafúkanom bukovom lístí, 9. 6. 2005, 1 ex.; Veľká ružínska jaskyňa 18. 9. 2001, 15 m od vchodu, leg. R. Mlejnek, 3 ♂, 2 ♀.

PSELAPHIDAE

Euplectus bescidicus Reitter, 1881: Veľká ružínska jaskyňa, 40 m od vchodu, uhlíky v starom ohnisku a okolitý substrát, extrakcia, 9. 6. 2005, 1 ♀.

Bryaxis curtisi orientalis (Karaman, 1942): Kysacká jaskyňa, okolie vchodu, humus a opad medzi skalami, presev, extrakcia, 28. 10. 1998, 1 ♀.

Bryaxis frivaldszkyi slovenicus (Machulka, 1926): Humenecká jaskyňa, 14. 6. 2002, 1 ♂; Klenbová jaskyňa, zber, 13. 6. 2002, 3 ♀; Bočná sieň, zber, 12. 5. 2004, 1 ♂; Predná veľká jaskyňa 22. 3. 2002, P. Ľuptáčik leg., 1 ♀; Veľká ružínska jaskyňa, 13. 7. 2001, 1 ♂; formalínová pasca, 13. 7. – 18. 9. 2001, 1 ♀.

Bryaxis nigripennis (Aubé, 1844): Hadia jaskyňa, vstup, opad, extrakcia, 19. 2. 2007, 2 ♀; Malá kvapľová jaskyňa, 2 – 10 m od vchodu, opad (buk, lipa), presev, 9. 6. 2005, 1 ♀.

Bryaxis nodicornis (Aube, 1833): Veľká ružínska jaskyňa, formalínová pasca, 25. 5. – 8. 7. 1999, 2 ♂♂ 1 ♀.

Trimium brevicorne (Reichenbach, 1816): Hadia jaskyňa, vstup, opad, extrakcia, 19. 2. 2007, 2 ♀; Kysacká jaskyňa, vchod, napadaný opad na dne, extrakcia, 28. 10. 1998, 1 ♀; okolie vchodu, dubové lístie a borovicové ihličie s humusom, extrakcia, 28. 10. 1998, 4 ♀.

PTILIIDAE

Acrotrichis intermedia (Gillmeister, 1845): Kysacká jaskyňa, okolie vchodu, borovicový les s dubom a javorom, opad, extrakcia, 28. 10. 1998, 4 ♀♀; Veľká ružínska jaskyňa: 40 – 50 m od vchodu, presev bukového lístia (donesené návštevníkmi jaskyne), 9. 6. 2005, 18 ex.

Acrotrichis rosskotheni Sundt, 1971: Malá kvapľová jaskyňa, presev vo vchode, 16. 3. 2007, 1 ♂, 1 ♀.

Acrotrichis sp.: Kysacká jaskyňa, pred vchodom, humus a opad medzi skalami, extrakcia, 28. 10. 1998, 4 ex.; *Ptenidium* sp.: Krížová jaskyňa, okolie vchodu, bučina s jaseňom, extrakcia machu a práchna, 27. 5. 1999, leg. Ľ. Kováč, 3 ex.; pred horným vchodom, bučina s lipou, jaseňom a jedľou, opad a humus pri skalnej stene, extrakcia, 27. 5. 1999, leg. Ľ. Kováč, 1 ♂.

PTINIDAE

Ptinus sp.: Predná veľká jaskyňa, vstup, 12. 5. 2004, 1ex.

RHIZOPHAGIDAE

Rhizophagus dispar (Paykull, 1800): Veľká ružínska jaskyňa, vchod, sutina pri stene, formalínová pasca, 2. 4. – 18. 6. 1998, 1 ex.

SCYDMAENIDAE

Cephenium majus Reitter, 1881: Malá kvapľová jaskyňa, zber na drevách, 3 – 10 m od vchodu, 9. 6. 2005, 1 ♂.

Nevraphes elongatulus (Müller et Kunze, 1822): Veľká ružínska jaskyňa, formalínová pasca, 25. 5. – 8. 7. 1999, 1 ♀.

Scydmoraphes sparshali (Denny, 1825): Hadia jaskyňa, vstup, opad, extrakcia, 19. 2. 2007, 2 ♀♀.

SPHINDIDAE

Arpidiphorus orbiculatus (Gyllenhal, 1808): Hadia jaskyňa, vstup, opad, extrakcia, 19. 2. 2007, 2 ex.

STAPHYLINIDAE

Acrotona troglodytes (Motschulsky, 1858): Krížová jaskyňa, okolie vchodu, bučina s jaseňom, extrakcia machu a práchna, 27. 5. 1999, leg. Ľ. Kováč, 1 ♂; Antonova jaskyňa, 5 m od vchodu, vlhký opad na sutinovom kuželi pod prepadnutým stropom, presev, 19. 2. 2007, 13 ex.

Anthobium melanocephalum (Illiger, 1794): Antonova jaskyňa, formalínová pasca, 2. 4. – 18. 6. 1998, 2 ♀♀; Veľká ružínska jaskyňa, formalínová pasca, 25. 5. – 8. 7. 1999, 2 ♂♂, 1 ♀.
Atheta fungi (Gravenhorst, 1806): Antonova jaskyňa, 5 m od vchodu, vlhký opad na sutinovom kuželi pod prepadnutým stropom, presev, 19. 2. 2007, 1 ♀; Kysacká jaskyňa, pred vchodom, humus a opad medzi skalami, extrakcia, 28. 10. 1998, 7 ♀.
Atheta sodalis (Erichson, 1837): Veľká ružínska jaskyňa, formalínová pasca, 25. 5. – 8. 7. 1999, 1 ♀.
Atheta spelaea (Erichson, 1840): Márnica, zber, 22. 3. 2002, 1 ♂; formalínová pasca, 22. 3. – 13. 6. 2002, 1 ♂, 8 ♀; Predná veľká jaskyňa, formalínová pasca, 22. 3. – 13. 6. 2002, 1 ♂.
Atheta sp.: Kysacká jaskyňa, okolo vchodu, humus a opad medzi skalami, extrakcia, 28. 10. 1998, 1 ♀.
Domene scabricollis (Erichson, 1840): Krížová jaskyňa, okolie vchodu, bučina s jaseňom, machy a práchno, extrakcia, 27. 5. 1999, leg. Ľ. Kováč, 1 ♀.
Geostiba circellaris (Gravenhorst, 1806): Hadia jaskyňa, vstup, opad, extrakcia, 19. 2. 2007, 1 ♀.
Geostiba chyzeri (Eppelsheim, 1883): Krížová jaskyňa, okolie vchodu, bučina s jaseňom, opad, hrabanka a humus, extrakcia, 27. 5. 1999, leg. Ľ. Kováč, 1 ♂ 1 ♀.
Habrocerus capillaricornis (Gravenhorst, 1806): Kysacká jaskyňa, pred vchodom, humus a opad medzi skalami, extrakcia, 28. 10. 1998, 1 ex.; okolie vchodu, humus a opad medzi skalami, extrakcia, 28. 10. 1998, 5 ex.
Haploglossa villosula (Stephens, 1832): Veľká ružínska jaskyňa, vchod, vtáčie hniezdo na stene vo vstupe (*E. rubecula*?), extrakcia, 3. 6. 2004, 2 ex.
Ilyobates mech (Baudi, 1848): Zákrutová jaskyňa, formalínová pasca, 27. 4. – 8. 7. 1999, 1 ♂.
Ischnosoma longicornis (Mäklin, 1847): Malá kvapľová jaskyňa, 2 – 10 m od vchodu, opad (buk, lipa), presev, 9. 6. 2005, 1 ex.
Leptusa flavicornis Brancsik, 1874: Malá kvapľová jaskyňa, 3 – 6 m, 18. 10. 2006, 1 ♂.
Lesteva longoelytrata (Goeze, 1777): Netopieria jaskyňa, 18. 9. 2001, leg. R. Mlejnek, 2 ♀♀; Veľká ružínska jaskyňa 18. 9. 2001, leg. R. Mlejnek, 1 ♀.
Liogluta microptera Thomson, 1867: Malá kvapľová jaskyňa, 3 – 6 m, 18. 10. 2006, 2 ♂.
Liogluta wuesthoffi (Benick, 1938): Malá kvapľová jaskyňa, 2 – 10 m od vchodu, opad (buk, lipa), presev, 9. 6. 2005, 1 ♀.
Medon brunneus (Erichson, 1839): Krížová jaskyňa, pred horným vchodom, bučina s lipou, jaseňom a jedľou, opad a humus pri skalnej stene, extrakcia, 27. 5. 1999, leg. Ľ. Kováč, 1 ♂.
Ocypus macrocephalus (Gravenhorst, 1802): Zákrutová jaskyňa, formalínová pasca, 27. 4. – 8. 7. 1999, 2 ♀♀.
Omalium caesum Gravenhorst, 1806: Malá kvapľová jaskyňa, 2 – 10 m od vchodu, opad (buk, lipa), presev, 9. 6. 2005, 1 ♀; Veľká ružínska jaskyňa, formalínová pasca, 25. 5. – 8. 7. 1999, 2 ♂♂.
Omalium rugatum Mulsant et Rey, 1880: Malá kvapľová jaskyňa, presev vo vchode, 16. 3. 2007, 1 ♂.
Othius punctulatus (Goeze, 1777): Zákrutová jaskyňa, formalínová pasca, 27. 4. – 8. 7. 1999, 3 ♂♂ 3 ♀♀.
Oxypoda annularis (Mannerheim, 1830): Malá kvapľová jaskyňa, 3 – 6 m, 18. 10. 2006, 1 ex.
Oxypoda longipes Mulsant et Rey, 1861: Netopieria jaskyňa, 18. 9. 2001, leg. R. Mlejnek, 1 ♀.
Phyllodrepa puberula Bernhauer, 1903: Jaskyňa Hoľa I, formalínová pasca, 22. 3. – 13. 6. 2002, 1 ♂ 2 ♀♀; Predná veľká jaskyňa, formalínová pasca, 22. 3. – 13. 6. 2002, 2 ♂♂.
Quedius mesomelinus mesomelinus (Marsham, 1802): Antonova jaskyňa, 2. 4. – 18. 6. 1998, formalínová pasca, 2 ♂♂; 10 – 20 m, 18. 10. 2006, 1 ♀; Humenecká jaskyňa, stredná časť, sutina, alkoholové pasce, 17. 3. – 27. 5. 1999, leg. Ľ. Kováč, 3 ♂♂; formalínová pasca, 17. 3. – 27. 5. 1999, 2 ♀♀; 27. 5. 1999, leg. A. Mock a P. Ľuptáčik, 1 ♀; 23. 3. 2000, extrakcia návnady, 1 ♂; Jaskyňa Hoľa I, formalínová pasca, 22. 3. – 13. 6. 2002, 70 ♂♂, 112 ♀♀; 13. 6. 2002, leg. A. Mock a V. Papáč leg., 2 ♂♂, 1 ♀; Klenbová jaskyňa, formalínové pasce, 22. 3. – 13. 6. 2002, 6 ♀♀; zber, 13. 6. 2002, 1 ♀; Bočná sieň, zber, 12. 5. 2004, 1 ♂; Krížová jaskyňa, Sieň chrobákov, alkoholové pasce, 30. 3. – 27. 5. 1999, leg. Ľ. Kováč, 1 ♂; spodný vchod, 20 m od vstupu, formalínová pasca, 31. 3. 1998 – 30. 3. 1999, 3 ♀♀; spodný vchod, 20 m od vstupu, formalínová pasca, 30. 3. – 27. 5. 1999, 2 ♂♂ 4 ♀♀; Kysacká jaskyňa, zber, 7. 9. 1998, 1 ♂; formalínová pasca, 28. 10. 1998 – 17. 3. 1999, 1 ♂; Malá kvapľová jaskyňa, formalínová pasca, 2. 4. – 18. 6. 1998, 1 ♀; zber na drevách, 3 – 10 m od vchodu, 9. 6. 2005, 1 ♀; Previsová jaskyňa, formalínová pasca, 28. 4. – 23. 9. 1999, 1 ♀; Veľká ružínska jaskyňa, formalínová pasca, 2. 4. – 18. 6. 1998, 1 ♀; 18. 6. 1998, 1 ♂; formalínová pasca, 25. 5. – 8. 7. 1999, 1 ♂ 2 ♀♀; formalínová pasca, 13. 7. – 18. 9. 2001, 2 ♂♂ 7 ♀♀; 18. 9. 2001, leg. R. Mlejnek, 1 ♀; 10 – 30 m od vchodu, na dreve, 9. 6. 2005, 1 ♂.
Rugilus rufipes (Germar, 1836): Hadia jaskyňa, vstup, opad, extrakcia, 19. 2. 2007, 1 ♀; Zákrutová jaskyňa, zber, 24. 6. 1999, 1 ♂.
Tachinus rufipennis Gyllenhal, 1810: Krížová jaskyňa, spodný vchod, 20 m od vstupu, formalínová pasca, 31. 3. 1998 – 30. 3. 1999, 1 ♂; Malá kvapľová jaskyňa, formalínová pasca, 2. 4. – 18. 6. 1998, 1 ♀.
Tachinus subterraneus (Linnaeus, 1758): Jaskyňa Hoľa I, formalínová pasca, 22. 3. – 13. 6. 2002, 2 ♀♀

SLOVENSKÝ KRAS ACTA CARSOLOGICA SLOVACA	47/2	275 – 281	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2009

POTRAVNÍ PREFERENCE JESKYNNÍHO STEJNONOŽCE *MESONISCUS GRANIGER* (ISOPODA, ONISCIDEA) V LABORATORNÍCH TESTECH

VLADIMÍR ŠUSTR[1] – ALENA LUKEŠOVÁ[1] – ALENA NOVÁKOVÁ[1] – ONDŘEJ VOŠTA[2]

[1] Biologické Centrum AV ČR, v. v. i., Ústav půdní biologie, České Budějovice, Česká republika; sustr@upb.cas.cz

[2] Česko-anglické gymnázium, s. r. o., České Budějovice, Česká republika

V. Šustr, A. Lukešová, A. Nováková, O. Vošta: Feeding preference of cave isopod *Mesoniscus graniger* (Isopodia, Oniscidea) in laboratory tests

Abstract: Two species of algae (*Protosiphon botryoides, Chlamydomonas* cf. *macrostellata*), four microscopic fungi (*Arthrinium phaeospermum, Paecillium lilacinum, Clonostachys rosea f. rosea, Penicillium vulpinum*) and two undetermined species of yeasts were offered as a food to cave isopods *Mesoniscus graniger* in cafeteria (multiple-choice) feeding preference tests arranged on Petri dishes. Presence of animals inside the sector with particular food, directly on the food, and distribution of faecal pellets were monitored. Direct consumption of microbial cultures was evaluated from macro-photos using PC image analysis. Only the two species of algae were consumed by isopods. The other monitored parameters showed that isopods moved mainly in the vicinity of offered algae. The sectors containing another kind of food were visited to a lesser extent. The methodology of these experiments, problems with experimental design, data evaluation and real feeding strategy of *M. graniger* in caves are discussed.

Key words: *Mesoniscus graniger*, isopod, food, algae, microfungi, preference tests

ÚVOD

Nedostatek světla, který eliminuje primární produkci fototrofními rostlinami, a omezený přísun organického materiálu vede k relativní jednoduchosti společenstev organismů v jeskyních. Proto představují jeskyně vhodné modelové prostředí pro studium dekompozičních potravních sítí. Významnou roli hrají v tomto prostředí omezené zdroje organické hmoty (jako je například trus netopýrů), aktivity společenstev mikroorganismů a jejich interakce s bezobratlými živočichy (Elhottová et al., 2003).

V jeskyních Slovenského krasu tvoří významnou složku fauny bezobratlých populace stejnonožce *Mesoniscus graniger* (Frivaldszky, 1865). Údaje o jeho rozšíření v jeskyních a na několika vlhkých a zastíněných povrchových lokalitách Západních Karpat shrnuli Mlejnek a Ducháč (2003). Tito autoři uvádějí na Slovensku 76 jeskyní s výskytem tohoto druhu. Na 18 lokalitách byla přitom jeho početnost ohodnocena nejvyšším stupněm semikvantitativní škály (více než 30 jedinců). Velké populační hustoty tohoto druhu naznačují jeho význam v potravních řetězcích jeskynních společenstev.

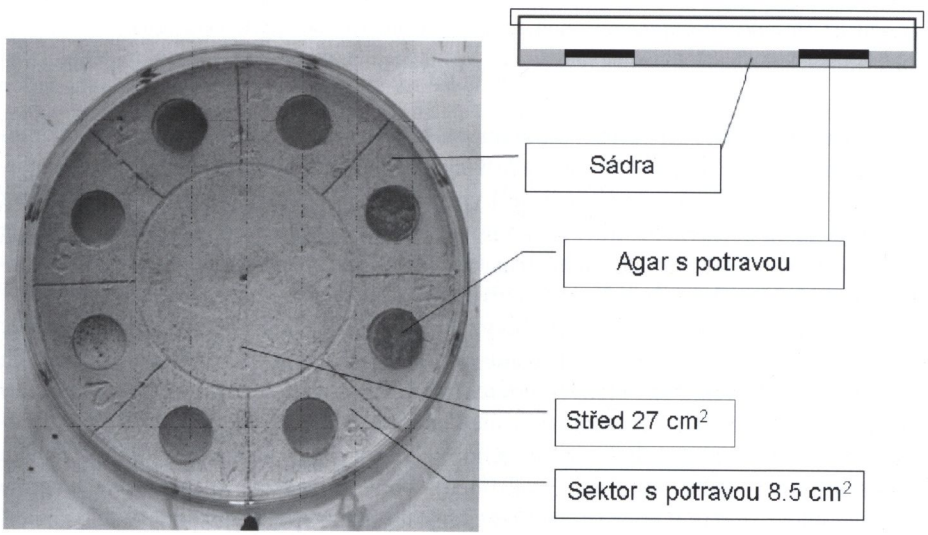
Základní informace o morfologii, geografickém rozšíření a taxonomickém postavení druhu *M. graniger* v rámci rodu *Mesoniscus* podává Giurginca (2009). Výsledky prvních měření některých ekofyziologických parametrů tohoto druhu (letální teplotní

limity, teplotní preference, závislost respirační aktivity na teplotě a aktivity několika trávicích enzymů) publikovali Gere (1964) a Šustr et al. (2005). Informace o potravní biologii se omezují na popis morfologie přední části trávicího traktu (Tabacaru a Giurginca, 2000) a na postupně publikované výsledky našich potravně preferenčních testů (Šustr et al., 2005; Nováková et al., 2005 a 2008; Lukešová a Nováková, 2009; Šustr a Lukešová, 2009). Potravní preference stejnonožce *M. graniger* byly testovány v několika experimentech s řadou mikroorganismů izolovaných z jeskyní a různým uspořádáním testů. Snažili jsme se vyladit metodické problémy (Kováč et al., 2009), najít optimální experimentální protokol a otestovat postupně co nejširší škálu možných mikrobiálních potravních zdrojů, které přicházejí v úvahu v jeskyních Slovenského krasu. Zde představujeme výsledky jedné z dosud vyhodnocených experimentálních variant.

METODIKA PREFERENČNÍCH TESTŮ

Stejnonožci pocházeli z terénních sběrů v jeskyních Domica, Čertova diera a Ardovská ve Slovenském krasu. Před pokusem byli chováni několik týdnů v laboratoři potmě při teplotě 10 °C na navlhčeném jeskynním sedimentu s kousky guána. Mikrobiální kmeny, nabízené jako potravy, byly izolované z jeskyní Slovenského krasu a kultivované podle metodiky popsané Lukešovou a Novákovou (2009).

V této variantě testů jsme nabízeli stejnonožcům mikroskopické houby (*Arthrinium phaeospermum*, *Penicillium vulpinum*, *Clonostachys rosea* f. *rosea*, *Paecillium lilacinum*) včetně dvou dosud druhově neurčených kvasinek (Kv2 a Kv4) a dva druhy řas (*Chlamydomonas* cf. *macrostellata* a *Protosiphon botryoides*). Použili jsme laboratorní testy potravní preference spočívající v současné nabídce těchto 8 druhů potrav skupině 50 pokusných živočichů. Na každé z 5 pokusných Petriho misek o průměru 11 cm bylo umístěno 10 stejnonožců. Dno misky bylo pokryto vlhkou sádrou. Kruhové výseky kultur mikrobů na agaru byly vloženy do otvorů v sádře (o průměru 1,3 cm) pravidelně rozmístěných po okrajích misky. Plocha každé misky byla rovnoměrně rozdělena na



Obr. 1. Potravně preferenční testy. Schéma experimentálního uspořádání
Fig. 1. Multiple-choice feeding preference tests, the experimental design (plaster of Paris, agar with food, centre 27 cm², sector with food 8.5 cm²)

8 sektorů s potravou a středový kruh o průměru 6 cm (obr. 1). Na všechny misky byly vloženy vzorky všech osmi druhů mikroorganismů, ale pozice potrav na miskách jsme náhodně vylosovali, aby bylo omezeno vzájemné ovlivnění sousedních potrav. Pokusné misky byly umístěny do termostatu s prosklenými dveřmi. Do termostatu byly umístěny nádoby s vodou udržující vysokou relativní vlhkost vzduchu. Teplota byla nastavena na 10 °C. Experiment probíhal potmě, dvířka termostatu byla mezi jednotlivými odečty pokryta černou neprůsvitnou fólií. Test trval 6 dní. Každý den byl přes skleněná dvířka, bez otevření termostatu, zapisován počet stejnonožců zdržujících se v jednotlivých sektorech a přímo na potravách i počet exkrementů uložených v každém ze sektorů. V rámci každého odečtu byly sečteny počty jedinců z jednotlivých misek a pro účely hodnocení byly vypočteny průměry ze všech šesti součtů. Na konci každého odečtu byly jednotlivé potravy fotografovány pod stereomikroskopem a následně byla pomocí počítačové analýzy obrazu vyhodnocena plocha sežrané potravy jako míra konzumace.

Vliv potrav na rozložení zvířat v sektorech jsme testovali χ^2 testem rozdílů očekávaných a pozorovaných četností. Testovali jsme významnost odchylky od hypotézy náhodného rozložení stejnonožců nebo exkrementů po ploše misky. Teoretické počty v jednotlivých sektorech, očekávané na základě této hypotézy, byly vypočteny tak, že celkový počet objektů byl rozdělen v poměru ploch jednotlivých sektorů. Tyto očekávané počty jsme porovnávali s průměry skutečně pozorovaných počtů. Podobně jsme vyhodnotili počty exkrementů v jednotlivých sektorech odečtené na konci experimentu.

χ^2 testem jsme testovali i rozložení stejnonožců zdržujících se přímo na potravě. Srovnávali jsme teoretické rozložení 1 : 1 : 1 : 1 : 1 : 1 : 1 : 1, vyplývající z hypotézy nezávislosti přítomnosti zvířat na druhu potravy, s rozložením skutečně pozorovaným.

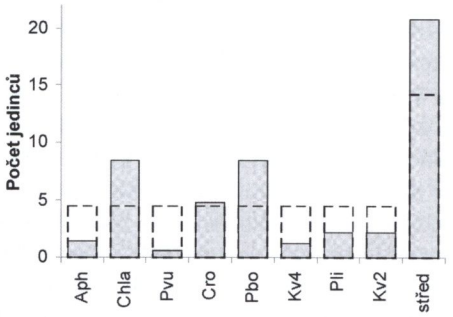
Konzumaci (úbytek plochy potravy na konci experimentu) jsme porovnávali Kruskal-Wallisovým testem s použitím programu Statistica v 6.0 (StatSoft, Inc.).

VÝSLEDKY A DISKUSE

Poměry, očekávané na základě předpokladu náhodného rozložení, jsou naznačeny na grafech výsledků prázdnými čárkovanými sloupci (obr. 2 až 4). Pozorované počty ukazují šedé sloupce. U často navštěvovaných sektorů a preferovaných potrav šedý sloupec výrazně převyšuje čárkovaný. Průměrný počet jedinců v sektorech (obr. 2), celkový počet exkrementů v sektorech (obr. 3) i průměrné počty jedinců přímo na potravách (obr. 4) naznačují stejný trend. Velký počet stejnonožců se zdržoval ve středovém kruhu bez potravy, což dokládá i vysoký počet exkrementů uložených v tomto sektoru. Z potrav byly častěji navštěvovány řasy *Ch.* cf. *macrostellata* a *P. botryoides*. V blízkosti hodnot odpovídajících náhodnému rozdělení se pohybovala ještě mikroskopická houba *C. rosea* f. *rosea*, ostatním potravám se stejnonožci spíše vyhýbali. Statisticky signifikantní odchylka od náhodného rozložení byla potvrzena u počtů jedinců ($n = 50$, $\chi^2 = 20{,}2$, $p < 0{,}01$) i exkrementů ($n = 1471$, $\chi^2 = 549{,}1$, $p < 0{,}001$) v sektorech. Přímo na potravách se v době odečtů zdržovalo málo jedinců a odchylka od nulové hypotézy nebyla významná ($n = 3$, $\chi^2 = 5.4$, $p > 0{,}61$).

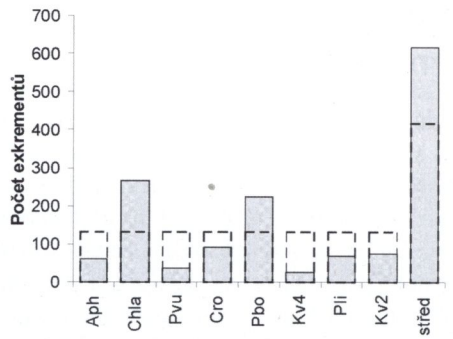
Rozdíly celkové konzumace potrav byly pochopitelně statisticky významné (Kruskal-Wallisův test, $H = 36{,}1$, $p < 0.0001$), protože požírání bylo zaznamenáno pouze u řas *Ch.* cf. *macrostellata* a *P. botryoides*. U kvasinky 2 byl na jedné z misek nalezen pouze jeden malý náznak požerku (obr. 5).

Preference a konzumace řas byla potvrzena také v předcházející variantě shodně uspořádaných testů, kde bylo nabízeno sedm druhů řas a sinice rodu *Nostoc* (Šustr a Lukešová,



Obr. 2. Průměrné počty jedinců *M. graniger* v jednotlivých sektorech. Čárkované sloupce – očekávané počty, šedé sloupce – pozorované počty. Zkratky: *Arthrinium phaeospermum* – Aph, *Penicillium vulpinum* – Pvu, *Clonostachys rosea* f. *rosea* – Cro, *Paecillium lilacinum* – Pli, kvasinka 2 – Kv2, kvasinka 4 – Kv4, *Chlamydomonas* cf. *macrostellata* – Chla, *Protosiphon botryoides* – Pbo

Fig. 2. Average numbers of individuals of *M. graniger* in single sectors. Dashed columns – expected numbers, grey columns – observed numbers. Abbreviations: *Arthrinium phaeospermum* – Aph, *Penicillium vulpinum* – Pvu, *Clonostachys rosea* f. *rosea* – Cro, *Paecillium lilacinum* – Pli, yeast 2 – Kv2, yeast 4 – Kv4, *Chlamydomonas* cf. *macrostellata* – Chla, *Protosiphon botryoides* – Pbo



Obr. 3. Celkové počty exkrementů v jednotlivých sektorech. Čárkované sloupce – očekávané počty, šedé sloupce – pozorované počty. Zkratky: jako u obr. 2

Fig. 3. Total numbers of excrements in single sectors. Dashed columns – expected numbers, grey columns – observed numbers. Abbreviations: see Fig. 2

2009). V tomto uspořádání stejnonožci preferovali řasy *Spongiochloris irregularis*, *Botrydiopsis intercedens* a *P. botryoides*. Přitom v prvních předběžných testech, zakládaných na Petriho miskách přímo v jeskyni Domica, stejnonožci hojně navštěvovali nejen řasy, ale i mikroskopické houby a baktérie (Šustr et al., 2005). Konzumace však nebyla během těchto testů vyhodnocována. Všechny testy v laboratoři ukazují na preferenci řas (*S. irregularis*, *Botrydiopsis intercedens*, *Heterococcus* sp., *Scotielopsis terrestris*, *Eustigmatos magnus*) před mikroskopickými houbami (*Penicillium glandicola*, *C. rosea* f. *rosea*, *P. lilacinum* a *Isaria farinosa*). Z hub byl výrazně navštěvovaný pouze druh *Trichoderma polysporum*, ale přímá konzumace stejnonožci *M. graniger* byla zatím v laboratorních testech prokázána pouze u řas (Lukešová a Nováková, 2009).

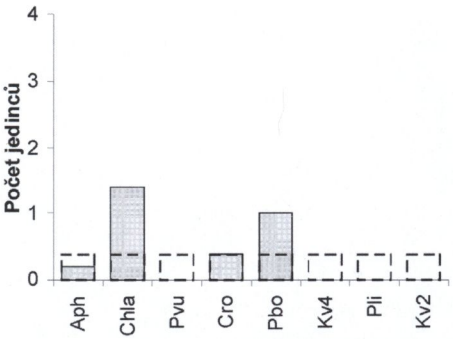
Buňky řas jsme po ukončení testů našli ve všech částech trávicího traktu kromě hepatopankreatu. Mnoho buněk řas prošlo trávicím traktem nepoškozeno. To může souviset s absencí celuláz umožňujících trávit celulózní buněčné stěny některých druhů řas (Šustr et al., 2005). V testech preferované řasy *Protosiphon*, *Spongiochloris* a *Botrydiopsis* jsou však zřejmě tráveny úspěšněji než rody *Chlamydomonas* a *Chlorella*.

Společenstvo řas tvoří v jeskyních Slovenského krasu typické půdní druhy, které mohou být zanášeny do jeskyní například s průsakovou vodou. Nějaká metabolická přizpůsobení, například schopnost přechodu k mixotrofnímu či heterotrofnímu metabolismu, umožňují výskyt společenstva řas i v jeskyních, kde není žádné umělé osvětlení (Lukešová a Nováková, 2009). Přesto není pravděpodobné, že by řasy tvořily hlavní zdroj energie pro početné populace *M. graniger* v jeskyních.

M. graniger se zdržuje v blízkosti rozkládajících se organických zbytků. Předběžné mapování výskytu stejnonožců a viditelných organických zbytků v jeskyni Domica ukázalo, že výskyt *M. graniger* koreluje s výskytem organického materiálu. Tento druh se ale vyskytuje i na několika místech, kde nebyly nalezeny žádné viditelné organické

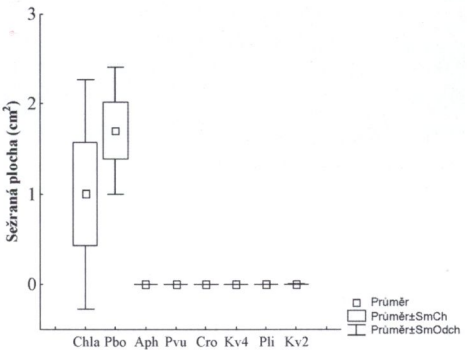
zbytky. Byla potvrzena korelace výskytu *M. graniger* s výskytem rozkládajícího se dřeva, ale nebyla potvrzena jeho závislost na netopýřím guánu. Stejnonožci se sice často pohybují v blízkosti čerstvých exkrementů netopýrů, ale jejich výskyt v blízkosti starých kup guána je velmi sporadický. Přibližně v polovině míst, kde byl v jeskyni Domica během jednorázového mapování nalezen *M. graniger*, nebylo zaznamenáno žádné guáno.

Agarové kultury řas a hub, exponované několik měsíců v jeskyni Domica, byly téměř zcela rozloženy včetně hub *C. rosea* f. *rosea* a *P. lilacinum*, kterým se stejnonožci v laboratoři vyhýbali. Exkrementy stejnonožců byly na zbytcích těchto potrav velmi hojné. Přítomnost typických exkrementů *M. graniger* na zbytcích potrav ukazuje na podíl stejnonožců při rozkladu těchto potrav. Rozpor s laboratorním experimentem lze vysvětlit tak, že kultury mikroorganismů byly v jeskyních exponovány dlouhodobě, jejich vlastnosti se mění stárnutím a při jejich rozkladu působí také ostatní druhy fauny, jejichž sukcesní změny na exponovaných vzorcích potrav neznáme. Exkrementy nalezené na zbytcích všech druhů potrav byly hnědavé jako okolní jeskynní sediment i zcela černé jako některé mikrobiální pigmenty (obr. 6). Jejich složení nebylo analyzováno.



Obr. 4. Průměrné počty jedinců *Mesoniscus graniger* přímo na potravách. Čárkované sloupce – očekávané počty, šedé sloupce – pozorované počty. Zkratky: jako u obr. 2

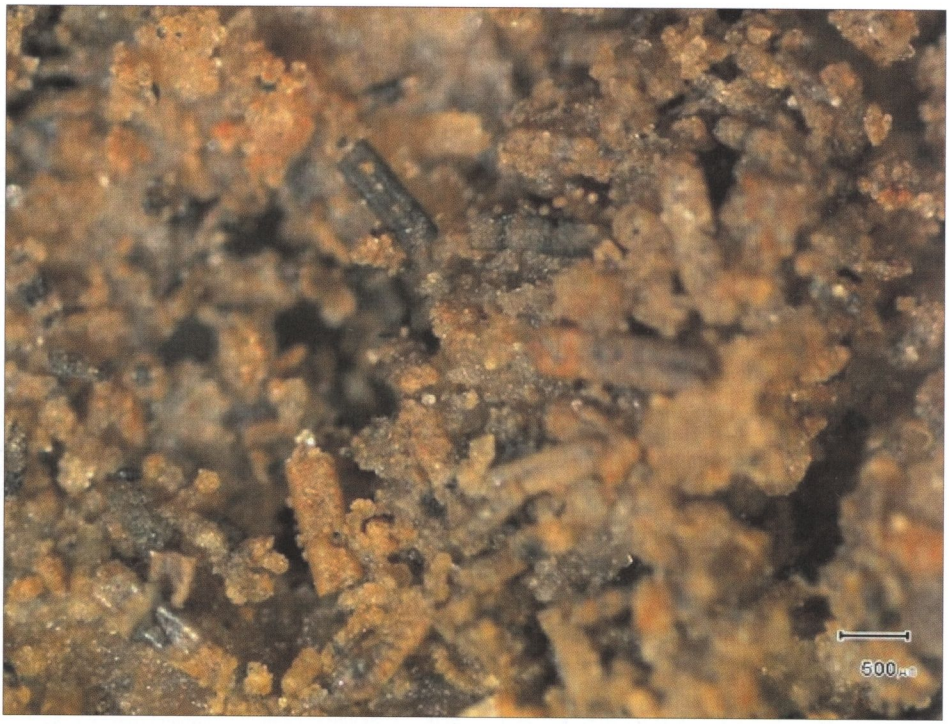
Fig. 4. Average numbers of individuals *Mesoniscus graniger* directly on the food. Dashed columns – expected numbers, grey columns – observed numbers. Abbreviations: see Fig. 2



Obr. 5. Průměrná konzumace různých mikrobiálních potrav stejnonožcem *Mesoniscus graniger*. Průměr – aritmetický průměr, SmCh – střední chyba, SmOdch – směrodatná odchylka. Ostatní zkratky: jako u obr. 2

Fig. 5. Average consumption of different microbial food types by the isopod *Mesoniscus graniger*. Průměr – average, SmCh – standard error, SmOdch – standard deviation. Other abbreviations: see Fig. 2

V laboratorních testech se prokázala schopnost stejnonožců rozpoznávat jednotlivé druhy mikroorganismů a výrazně preferovat některé z nich. Přesto existuje řada faktů, které nepřímo naznačují, že *M. graniger* může v reálném prostředí jeskyní konzumovat neselektivně různé substráty a z nich trávit mikroorganismy. Barva střevního obsahu a exkrementů připomíná barvu jeskynního sedimentu. V laboratoři jsou exkrementy často pestře pruhované, obsahují různé materiály obsažené v chovných miskách jako je například sádra, plastelina a pigmenty z mikrobiálních kultur. V laboratorních testech s jeskynním sedimentem, jako podkladem, kde byly nabízeny mikroskopické houby, se stejnonožci nabízeným potravám vyhýbali a zdržovali se ve středu misky, kde se hromadily hnědé exkrementy tvořené sedimentem. Stejnonožci přežívají v laboratoři na substrátu tvořeném téměř výhradně z jejich vlastních exkrementů, což ukazuje na koprofagii spojenou s trávením mikroorganismů vyrostlých na exkrementech. Taková plastická potravní strategie souhlasí



Obr. 6. Zbytky mikroskopické houby *Paecillium lilacinum* po šestiměsíční expozici v jeskyni Domica s hnědě a černě zbarvenými exkrementy *Mesoniscus graniger*
Fig. 6. The rests of microscopic fungi *Paecillium lilacinum* after six month exposition in the Domica Cave with the brown and black excrements of *Mesoniscus graniger*

i s širokou ekologickou valencí tohoto druhu k některým faktorům životního prostředí, kterou odvozují z faunistických dat Mlejnek a Ducháč (2003). Relativně nízká úroveň metabolismu *M. graniger* při teplotách obvyklých v jeho přirozeném prostředí navíc naznačuje, že jeho energetická spotřeba může být velmi nízká (Šustr et al., 2005).

ZÁVĚRY

Laboratorními experimenty byla prokázána atraktivita některých druhů řas, které jsou intenzivně konzumovány a částečně tráveny. Mikroskopické houby bývají v laboratorních testech stejnonožci nedotčeny, ale v terénních podmínkách se *Mesoniscus* může podílet na jejich rozkladu. *Mesoniscus* není striktně guanofilní, ale je přitahován organickými zbytky.

Přes prokázanou schopnost selektivity ve výběrových testech různé nepřímé důkazy naznačují, že tento druh je schopen konzumovat neselektivně různé substráty a z nich zřejmě trávit mikroorganismy. Definitivní objasnění jeho potravní strategie v přírodních podmínkách bude vyžadovat kromě dalších potravně preferenčních testů i kombinaci s jinými metodickými postupy včetně mikroskopických, molekulárních a isotopových analýz.

LITERATURA

ELHOTTOVÁ, D. – KRIŠTŮFEK, V. – NOVÁKOVÁ, A. – KOVÁČ, Ľ. – MOCK, A. – ĽUPTÁČIK, P. 2003. Domica a Ardovská jaskyňa – štúdium interakcií medzi faunou a mikroflórou. Aragonit, 8, 38–40.

GERE, G. 1964. Untersuchungen über die Temperaturtoleranz von *Mesoniscus graniger* J. Friv. (Crust. Isop.). Annales Universitatis Scientiarum Budapestinensis, Sect. Biol., 7, 95–103.

GIURGINCA, A. 2009. Aspects concerning the genus *Mesoniscus*. Morphology, spreading, historical biogeography. Politehnica Press, Bucuresti.

KOVÁČ, Ľ. – NOVÁKOVÁ, A. – ŠUSTR, V. – ĽUPTÁČIK, P. – LUKEŠOVÁ, A. 2009. Interactions between cave microorganisms and invertebrates – Problems with feeding preference tests. In Tajovský, K. (Ed.): 10th Central European Workshop on Soil Zoology. Abstract Book. ISB BC ASCR, České Budějovice, 44.

LUKEŠOVÁ, A. – NOVÁKOVÁ, A. 2009. Interactions between the soil micro-flora and invertebrates in Slovak and Moravian caves. In Tajovský K. – Schlaghamerský J. – Pižl V. (Eds.): Contributions to Soil Zoology in Central Europe III. ISB BC ASCR, České Budějovice, 89–96.

MLEJNEK, R. – DUCHÁČ, V. 2003. Troglobiontní a endogenní výskyt druhu *Mesoniscus graniger* (Crustacea: Isopoda: Oniscoidea) na území Západních Karpat. Acta Musei Reginaehradecensis, A, 29, 71–79.

NOVÁKOVÁ, A. – ELHOTTOVÁ, D. – KRIŠTŮFEK, V. – LUKEŠOVÁ, A. – HILL, P. – KOVÁČ, Ľ. – MOCK, A. – ĽUPTÁČIK, P. 2005. Feeding sources of invertebretes in the Ardovská Cave and Domica Cave systems – preliminary results. In Tajovský, K. – Schlaghamerský, J. – Pižl, V. (Eds.): Contributions to Soil Zoology in Central Europe I. Proceedings of the 7th Central European Workshop on Soil Zoology, České Budějovice, 107–112.

NOVÁKOVÁ, A. – ĽUPTÁČIK, P. – KOVÁČ, Ľ. – LUKEŠOVÁ, A. – ŠUSTR, V. 2008. Mikroskopické houby jako potrava jeskynních bezobratlých živočichů – laboratorní pokus potravní preference. In Nováková, A. (Ed.): Sborník příspěvků z workshopu MICROMYCO 2008. České Budějovice, 52–57.

ŠUSTR, V. – ELHOTTOVÁ, D. – KRIŠTŮFEK, V. – LUKEŠOVÁ, A. – NOVÁKOVÁ, A. – TAJOVSKÝ, K. – TŘÍSKA, J. 2005. Some aspects of ecophysiology of cave isopod *Mesoniscus graniger* (Frivaldszky, 1865). European Journal of Soil Biology, 41, 69–75.

ŠUSTR, V. – LUKEŠOVÁ, A. 2009. Cave isopod *Mesoniscus graniger* (Isopoda, Oniscidea) prefers some species of algae in the laboratory multi-choice preference tests. In Tajovský, K. (Ed.): 10th Central European Workshop on Soil Zoology. Abstract Book. ISB BC ASCR, 82.

TABACARU, I. – GIURGINCA, A. 2000. On the structure of the stomach at *Mesoniscus* (Isopoda, Oniscidea, Microchaeta). The constitutive elements of the stomach at isopoda. Travaux de l´ Institute de Spéologie „Émile Racovitza", XXXIX–XL (2000 – 2001), 23–42.

SLOVENSKÝ KRAS ACTA CARSOLOGICA SLOVACA	47/2	283 – 290	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2009

ENTEROBAKTERIÁLNA MIKROBIOTA JASKYNNÝCH VÔD SILICKEJ PLANINY

MILAN SEMAN[1] – BARBORA GAÁLOVÁ[1]

[1] Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta, Katedra mikrobiológie a virológie, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava

M. Seman, B. Gaálová: Enterobacterial microbiota of cave waters of Silica Plateau

Abstract: Microorganisms represent an important part of the cave biota. Their determination is not easy, mainly because of a substantial part of the cave microbiota, especially bacteria, being difficult to cultivate. In this work, we largely concentrated on the biodiversity of the dominant cultivable part of the cave microbiota represented by the enterobacteria, also known as the coliforms. Six sampling sites were defined in three caves (Domica, Gombasek, Milada) located on the Silica Plateau, from which in 2008 seasonal water samples were taken for a microbial analysis. The standard methods were used to estimate the total count of coliforms in the water and based on these results, their species or genus status was systematically determined as well. In total, we were able to identify thirty three species of enterobacteria. They were low in quantity, ordinally tens colony forming units per mililiter of water. Even thought almost all enterobacteria are considered facultative pathogens, their count indicated in the karst waters does not present any potential health hazard. The isolated species are likely autochthonous residents of the karst waters and probably are not related to the fecal contamination, with the exception of the Domica stream.

Key words: Silica Plateau, cave waters, cave microbiota, enterobacterial biodiversity

ÚVOD

Územie Slovenského krasu okrem iných prírodných hodnôt obsahuje aj veľké množstvo jaskýň. Niektoré z nich sú od roku 1995 zaradené do zoznamu svetového prírodného dedičstva, preto si vyžadujú zvýšenú starostlivosť a ochranu (Jakál, 1975; Rozložník a Karasová, 1994). Jaskyne ako unikátne geomorfologické útvary predstavujú ideálne prostredie pre široké spektrum adaptovaných organizmov, ktoré sú schopné existovať v limitujúcich podmienkach pre život. Významnú úlohu v jaskynnom ekosystéme zohrávajú aj mikroorganizmy. Pre väčšinu z nich je prostredie jaskýň prirodzeným habitatom, v ktorom dokážu prežívať po mnoho generácií (Northup et al., 1997).

Cieľom našej práce bolo determinovanie druhového spektra koliformných baktérií vo vodách vybraných jaskýň Silickej planiny. Uvedená skupina mikroorganizmov má značný hygienický význam, lebo je indikátorom fekálneho znečistenia vôd, poukazujúc tak na ich zdravotné riziká. Zo systematického hľadiska patria koliformné baktérie do druhovo bohatej skupiny gramnegatívnych, fakultatívne anaeróbnych, nesporulujúcich, oxidázanegatívnych baktérií taxonomicky označovaných ako enterobaktérie (*Enterobacteriaceae*). Patria sem druhy, ktoré charakterizuje schopnosť skvasovať laktózu za tvorby plynu, kyselín, aldehydu v priebehu 48 hodín pri teplote 35 až 37 °C. Nie všetky koliformné baktérie sú schopné skvasovať laktózu napriek tomu, že majú enzým β-galaktozidázu, potrebný na metabolickú transformáciu laktózy. Súčasná identifikácia

koliformov je preto založená na priamom dôkaze prítomnosti β-galaktozidázy. Využíva sa aj technika molekulárnej biológie označovaná ako PCR (polymerázová reťazová reakcia), ktorá identifikuje *lacZ* gén kódujúci spomínaný enzým. Pri stanovení dominantného reprezentanta koliformov, baktérie *Escherichia coli*, sa môže využiť okrem detekcie β-galaktozidázy aj detekcia enzýmu β-D-glukuronidázy (Ambrožová, 2004; Baudišová, 2005; Baudišová, 2007).

Doterajšie biologické výskumy v jaskyniach Slovenska boli zamerané hlavne na bezstavovce a stavovce, z ktorých žijú v jaskyniach významné troglofily a troglobionty (Jakál et al., 2005). Mikroorganizmom sa doteraz venovala minimálna pozornosť. V sprístupnených jaskyniach Slovenského krasu prebehlo monitorovanie rias a cyanobaktérií v okolí umelého osvetlenia, tzv. lampenflóry (Šrámeková a Kováčik, 2005). V sedimentoch jaskyne Domica boli izolované alkalotolerantné baktérie, v guáne zasa mikroskopické huby (mikromycéty), ako aj baktérie zo skupiny aktinomycét. Saprotrofné mikromycéty sú zrejme dominantnou zložkou jaskynnej mikroflóry. Zistili sa aj v ovzduší, v ílovitom substráte, v exkrementoch kavernikolnej fauny, na rozkladajúcom sa dreve (Elhottová et al., 2003; Nováková, 2004, 2006).

V rámci doterajších výskumov sa sporadicky skúmali niektoré mikrobiologické parametre (Haviarová, 2004), avšak podrobnejšie mikrobiologické analýzy vrátane druhovej identifikácie sa ešte nerobili. Z tohto dôvodu sme sa rozhodli v spolupráci so Správou slovenských jaskýň (čiastkové úlohy PHÚ SSJ II.1/2007, III.1/2007, III.2/2007, V.9/2008, VI.8/2008, VI.9/2008, V.14/2009 a VI.16/2009) uskutočniť základný monitoring osídlenia krasových akvatických biotopov vybraných jaskýň Silickej planiny. Okrem hygienicky relevantných skupín nás zaujímali aj konkrétne systematické jednotky prítomné v krasových vodách. Významnú a charakteristickú zložku mikrobioty tvoria baktérie, predovšetkým kultivovateľné heterotrofné taxóny. Ich dominantnými systematickými jednotkami sú enterobaktérie a nefermentujúce baktérie. Naša práca je pilotnou štúdiou zameranou na enterobakteriálnu mikrobiotu, ktorej mnohí zástupcovia patria aj k medicínsky významným reprezentantom fakultatívnych patogénov.

METODIKA

Vzorky vody sa odoberali sezónne v roku 2008 z troch jaskýň Slovenského krasu: Domice, Gombaseckej jaskyne a jaskyne Milada. Pri výbere monitorovacích miest bolo snahou zachytiť reprezentatívne miesta v jednotlivých jaskynných systémoch tak, ako už boli opísané vo viacerých publikáciách (Haviarová, 2004; Haviarová a Gruber, 2006a, 2006b). Celkove sa vybrali tieto odberné miesta:

D1 – vstup podzemnej riečky Styx do jaskyne Domica, cca 15 m nad Rímskymi kúpeľmi;

D2 – ponor Domického potoka – miesto vstupu Domického potoka do jaskyne Domica, betónová šachta cca 10 m od cesty Plešivec – Kečovo;

D3 – Styx za tzv. druhou plavbou, miesto, kde riečka opúšťa jaskyňu Domica na území Slovenska, tesne pred hranicou s Maďarskom;

G1 – tesne pred vyústením Čierneho potoka z Gombaseckej jaskyne;

G2 – Zrkadlové jazierko v Mramorovej sieni Gombaseckej jaskyne;

M – podzemný tok riečky v nesprístupnenej jaskyni Milada.

Vodu sme odoberali pomocou odbernej tyče do sterilných 100 ml sklenených tmavých fliaš so zábrusom v príslušnom odbernom mieste v hĺbke asi 10 cm pod hladinou. Vzorky sa prenášali v prenosnej autochladničke a spracované do 24 hodín po odbere.

Koliformné baktérie (KB) a termotolerantné koliformné baktérie (TKB) boli kvantitatívne stanovené štandardne kultiváciou 1 ml vody na MacConkey agare (referenčná metóda ISO 9308-1 podľa Häusler, 1994). Kultivácia KB prebiehala 24 hodín pri 36 °C, kultivácia TKB 24 hodín pri 44 °C.

Zistené počty mikroorganizmov vo vode boli vyhodnotené podľa Nariadenia vlády SR č. 296/2005 Z. z., kde sú v prílohe 1 ustanovené odporúčané hodnoty pre tri mikrobiologické ukazovatele: koliformné baktérie (100 KTJ/ml), termotolerantné koliformné baktérie (20 KTJ/ml) a črevné enterokoky (10 KTJ/ml).

Na kvalitatívnu determináciu koliformov sa v súlade s inštrukciami dodávateľa aplikovala nová biochemická metóda na stanovenie koliformných baktérií a *E. coli*, zavádzaná v súčasnosti do laboratórnej praxe, Colilert 18/Quanty-Tray (IDEXX, USA). V tomto komerčnom systéme sa deteguje priamo enzým β-galaktozidáza hydrolýzou chromogénneho substrátu ONPG (o-nitrofenyl-β-D-galaktopyranozid). Navyše sa deteguje aj enzým β-D-glukuronidáza pri *Escherichia coli*, ktorý hydrolyzuje fluorogénny substrát MUG (4-metyl-umbelliferyl-β-D-glukozid). Za pozitívny výsledok sa považuje žlté zafarbenie inkubovanej zmesi, v prípade *E. coli* s fluorescenciou.

Zo všetkých pozitívnych testov v systéme Colilert bolo odobraných 100 µl zmesi, vyočkovaných na povrch MacConkey agaru a inkubovaných 24 hodín pri 36 °C. Arbitrárne vybrané kolónie sa podrobili cytochrómoxidázovému testu (Pliva-Lachema, Česká republika). Všetky oxidáza negatívne kolónie sa následne identifikovali na druhovej, resp. rodovej úrovni systémom komerčných biochemických mikrotestov ENTEROtest24 (Pliva-Lachema, Česká republika) v súlade s manuálom výrobcu. Výsledky 24 biochemických testov vyhodnotené binomicky (+; –) boli spracované počítačovým programom TNW-Lite (Pliva-Lachema, Česká republika). Za akceptovateľnú druhovú identifikáciu sa považovali výsledky s ID (identifikačné skóre – štatistický údaj) nad 90 %, resp. 80 % na úrovni rodu.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Na analýzu sa v nadväznosti na predchádzajúce štúdie definovalo 5 interných (D1, D3, G1, G2, M) a 1 externé odberné miesto (D2) v 3 vybraných jaskyniach Silickej planiny. Koliformné baktérie a termotolerantné koliformné baktérie (identické s *Escherichia coli*) ako indikátory fekálneho znečistenia sa štandardnou metódou sledovali v štyroch sezónnych vstupoch v priebehu roku 2008. Celkove sa získalo 16 vzoriek vody, 8 vzoriek sa vzhľadom na absenciu vody v danom odbernom mieste nepodarilo získať. Tretí indikátor fekálneho znečistenia, črevné enterokoky, patrí do skupiny tzv. grampozitívnych baktérií. Ich kvantitatívna a kvalitatívna analýza budú predmetom samostatnej štúdie.

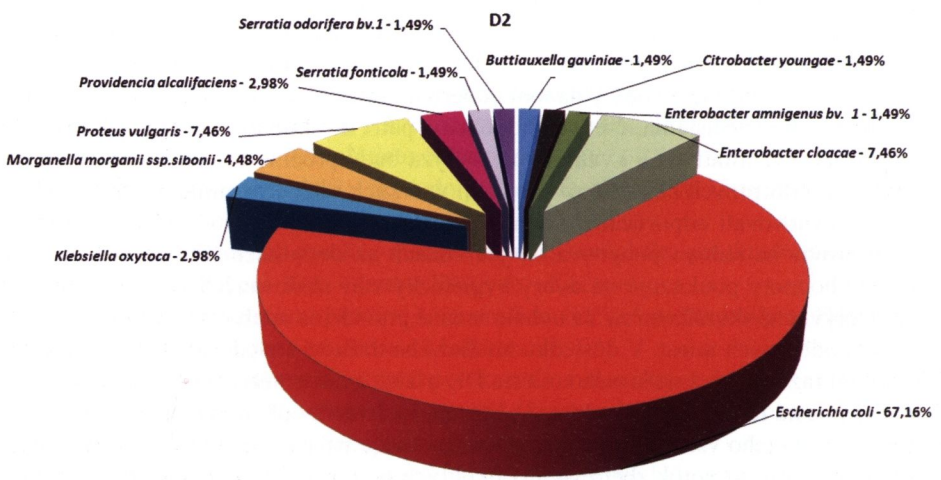
Počty koliformných baktérií vo všetkých vzorkách vôd, s výnimkou letného odberu v D2, vyhovovali odporúčanej hodnote Nariadenia vlády č. 296/2005 Z. z. Hodnoty koliformov sa rádovo pohybovali v jednotkách až desiatkach KTJ/ml (tab. 1 a 2). Uvedené hodnoty poukazujú na dobrý hygienický stav sledovaných vôd. Výsledky sú však ovplyvnené skutočnosťou, že nebolo možné pravidelne analyzovať vzorky vody zo všetkých odberných miest. V dôsledku zrážkového deficitu v sledovanom roku sme nezískali ani raz vzorky z odberného miesta D1, trikrát z odberného miesta G2 a raz z odberného miesta D2. Zvýšená hodnota koliformov v letnom odbere v ponore Domického potoka, miesta jeho vstupu do jaskyne Domica, môže ísť na vrub poľnohospodárskeho znečistenia, pretože potok zberá vodu z okolitých polí, ale aj blízkej stavebnej aktivity pri výstavbe zábavného parku. Domický potok ako externý zdroj je ľahko náchylný na znečistenie.

Tab. 1. Koliformné baktérie – celkové počty v KTJ/ml. KTJ = kolónie tvoriaca jednotka, N = nedeterminované, boldom označené čísla indikujú prekročenie limitnej hodnoty (100 KTJ/ml)
Tab. 1. Coliforms – total count (CFU/ml). CFU = colony forming unit, N = non-determined number in bold indicates exceeding of limit value (100 CFU/ml)

Odberné miesta	27. 3. 2008	26. 6. 2008	11. 9. 2008	20. 11. 2008
D1	N	N	N	N
D2	85	>1000	N	40
D3	23	2	2	0
G1	14	2	0	1
G2	0	N	N	N
M	17	4	0	2

Tab. 2. Termotolerantné koliformné baktérie – celkové počty v KTJ/ml. KTJ = kolónie tvoriaca jednotka, N = nedeterminované
Tab. 2. Termotolerant coliforms – total count (CFU/ml). CFU = colony forming unit, N = non-determined

Odberné miesta	27. 3. 2008	26. 6. 2008	11. 9. 2008	20. 11. 2008
D1	N	N	N	N
D2	2	4	N	0
D3	0	0	0	0
G1	4	0	0	0
G2	0	N	N	N
M	1	0	0	0

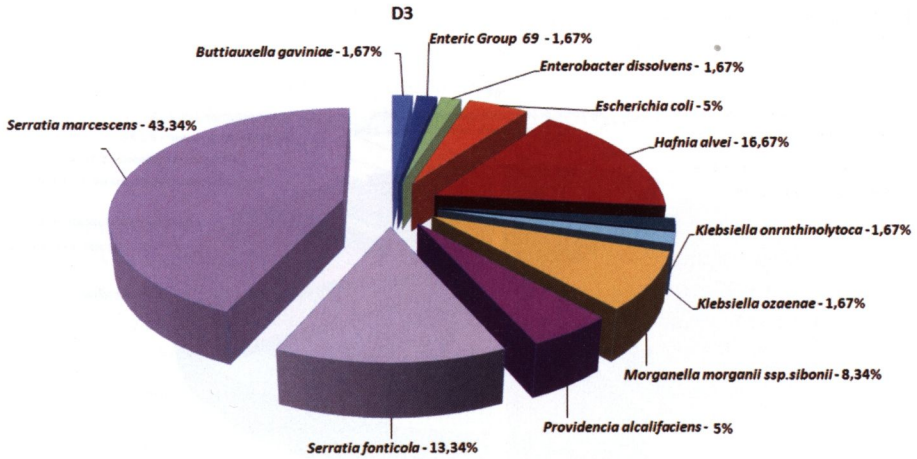


Obr. 1. Prehľad enterobakteriálnych druhov identifikovaných v odbernom mieste D2
Fig. 1. List of enterobacterial species identified in sampling site D2

Na druhovú analýzu koliformov sa vykultivovalo celkove 263 izolátov zo 4 odberných miest: D2, D3, G1 a M. Najväčšie percentuálne zastúpenie mali rody *Serratia, Escherichia, Enterobacter,* menej *Klebsiella, Hafnia, Morganella, Proteus, Providencia.*

Z odberného miesta D2 sa izolovalo 67 koliformov (obr. 1), druhovo prevládala *E. coli* viac ako nadpolovičnou väčšinou. Druhové zastúpenie doplnili: *Enterobacter cloaceae, Enterobacter amnigenus, Citrobacter youngae, Buttiauxella gaviniae, Morganella morganii, Providencia alcalifaciens, Proteus vulgaris, Klebsiella oxytoca, Serratia odorifera* a *Serratia fonticola*; tá bola spolu s *Escherichia coli* jediným enterobakteriálnym druhom vyskytujúcim sa vo všetkých odberných miestach.

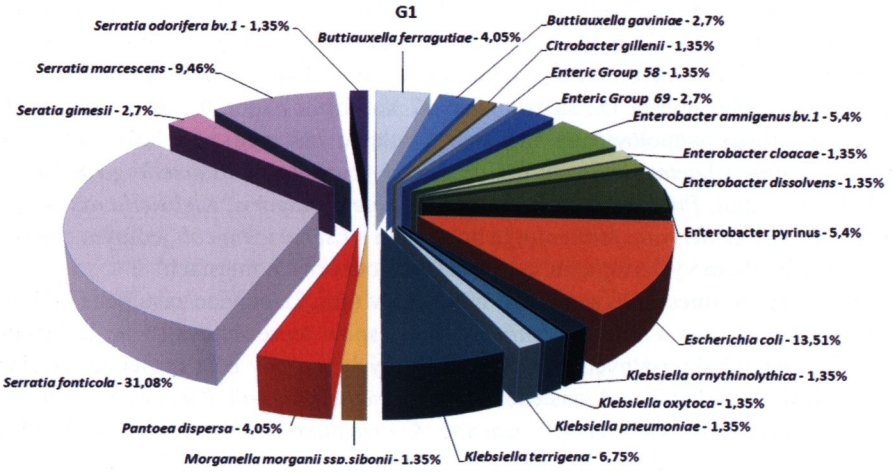
Z odberného miesta D3 sa získalo 60 izolátov (obr. 2), najviac zastúpené boli druhy *Serratia marcescens* a *Serratia fonticola,* ktoré spolu reprezentovali viac ako polovicu všetkých enterobakteriálnych izolátov. Z ostatných taxónov bola druhá najpočetnejšia *Hafnia alvei* (až 10 izolátov), nasledovali *Morganella morganii, Escherichia coli, Providencia alcalifaciens*, klebsiely (*K. ozaenae, K. ornythinolythica*), enterobaktery (*E. dissolvens*, enterická skupina 69), v jednom prípade aj *Buttiauxella gaviniae.*



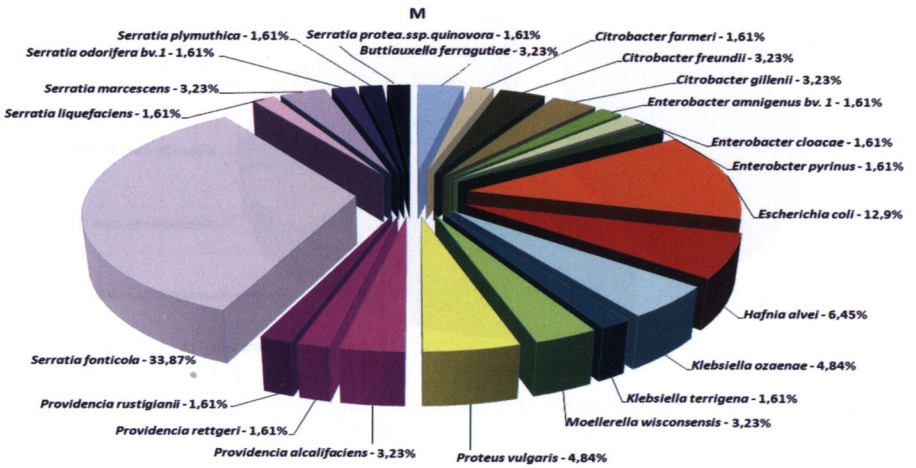
Obr. 2. Prehľad enterobakteriálnych druhov identifikovaných v odbernom mieste D3
Fig. 2. List of enterobacterial species identified in sampling site D3

Z odberného miesta G1 sa izolovalo 74 koliformov (obr. 3), najviac zastúpená bola opäť *Serratia fonticola* a iné druhy serácií: *S. marcescens, S. grimesii, S. odorifera.* Identifikované boli aj typické koliformy, ako *Escherichia coli*, enterobaktery (*E. pyrinus, E. dissolvens, E. cloaceae, E. amnigenus*, enterická skupina 69 a enterická skupina 58), klebsiely (*K. terrigena, K. oxytoca, K. pneumoniae, K. ornythinolythica*) a *Citrobacter gillenii.* Determinovali sa aj druhy *Morganella morganii, Pantoea dispersa, Butiauxella gaviniae* a *Butiauxella ferragutiae.*

Z odberného miesta M sa vykultivovalo 62 koliformných baktérií (obr. 4) s taxonomicky najbohatším spektrom. Dominancia serácií bola vyjadrená aj ich širším druhovým zastúpením: *Serratia fonticola, S. liquefaciens, S. marcescens, S. odorifera, S. plymuthica, S. quinivorans.* Ďalej boli identifikované obligátne sa vyskytujúce taxóny, ako *E. coli*, enterobaktery (*E. pyrinus, E. cloaceae, E. amnigenus*), klebsiely (*K. terrigena, K. ozaenae*), citrobaktery (*C. gillenii, C. freundii, C. farmeri*), providencie (*P. alcalifaciens, P. rettgeri, P. rustigianii*), ako aj zriedkavejšie druhy: *Hafnia alvei, Moellerella wisconsensis, Proteus vulgaris, Buttiauxella ferragutiae.*



Obr. 3. Prehľad enterobakteriálnych druhov identifikovaných v odbernom mieste G1
Fig. 3. List of enterobacterial species identified in sampling site G1



Obr. 4. Prehľad enterobakteriálnych druhov identifikovaných v odbernom mieste M
Fig. 4. List of enterobacterial species identified in sampling site M

Enterobaktérie sú z fyziologického hľadiska univerzálnymi organizmami: dokážu žiť tak v aeróbnych, ako aj anaeróbnych podmienkach (fakultatívna anaerobióza). Ako typické mezofily dokážu tolerovať nízke, ako aj vyššie teploty. Ich výskyt v takomto druhovom rozsahu v krasových vodách na sledovaných lokalitách neprekvapuje. Ako fakultatívne patogény by mohli vzbudzovať obavu o hygienickú kvalitu týchto vôd. Aj keď prakticky všetky determinované druhy enterobaktérií sú fakultatívnymi patogénmi, ich celkové počty neprekročili limitné hodnoty (okrem indikovanej výnimky). Izolované druhy sú zrejme autochtónnymi obyvateľmi krasových vôd a nemusia súvisieť s fekálnym znečistením. Ako environmentálne izoláty pravdepodobne ani nebudú disponovať žiadnym patogénnym potenciálom, čo by bolo však potrebné verifikovať špeciálnymi štúdiami. Tvoria tak zrejme regulárnu zložku psychrotrofnej mikrobioty jaskynných biotopov.

V Českej republike sa realizovala analogická štúdia v Moravskom krase na lokalitách Jedovnického potoka (Janda, 2001). Celkovo bolo identifikovaných 15 enterobakteriálnych rodov, medzi ktorými dominovali: *Klebsiella* (42 izolátov), *Serratia* (40 izolátov), *Enterobacter* (38 izolátov), o niečo menej boli zastúpené rody: *Escherichia, Citrobacter, Kluyvera, Hafnia, Yersinia, Pantoea.* Z uvedeného vyplýva, že v obidvoch štúdiách sa dospelo k veľmi podobnej štruktúre enterobakteriálnej mikrobioty krasových vôd. Dominujú v nich rôzne druhy serácií. Tieto ubikvitné baktérie majú široký diapazón habitatov, krasové vody nevynímajúc.

Výskumy zamerané na mikrobiologickú analýzu jaskýň sú vo svete pomerne rozšírené. A to nielen v krasových jaskyniach, ale aj v jaskyniach lávových, kremencových, pieskovcových (Boston et al., 2001). Práce opisujú dôležitosť mikroorganizmov pri interakcii s jaskynným prostredím, analyzujú aktívnu a pasívnu úlohu mikroorganizmov vo formovaní a zvetrávaní vnútorných foriem (sintrov) v jaskyniach, ale aj pri degradácii vápencových skál jaskýň. Nemalú pozornosť venujú aj biodiverzite jaskynnej mikrobioty (Northup a Lavoie, 2001).

Našou štúdiou sa získali prvé poznatky o mikrobiote vôd vybraných jaskýň Slovenského krasu. Krasové vody sú nielen biotopom exkluzívnej bioty, ale niektoré z nich sú potenciálne využiteľným zdrojom pitnej vody aj pre zásobovanie obyvateľstva. Preto sledovanie ich mikrobiologickej a hydrobiologickej kvality by sa malo stať integrálnou súčasťou komplexného monitoringu krasových vôd Slovenska.

ZÁVER

Systematická štúdia zameraná na odhalenie bakteriálnej diverzity krasových vôd dvoch sprístupnených a jednej nesprístupnenej jaskyne Silickej planiny ako jednej z orografických jednotiek Slovenského krasu, priniesla prvé poznatky o druhovej skladbe dominantnej zložky kultivovateľných heterotrofných baktérií nazývaných enterobaktérie. Druhú významnú zložku reprezentujú nefermentujúce baktérie. Obidva taxóny patria do skupiny tzv. gramnegatívnych baktérií, ktoré sú charakteristické štruktúrou svojej bunky, odlišnou od tzv. grampozitívnych baktérií. Aj tie majú nepochybne v krasových vodách svoje taxonomické zastúpenie, na odhaľovanie ktorého bude potrebné upriamiť výskumné aktivity aj týmto smerom. Prezentovaná štúdia je preto pionierskou prácou a prvým pokusom na dlhej ceste v spoznávaní a odhaľovaní druhovej identity mikrobiálnej bioty v jaskynnom mikrosvete. Na území Slovenska, takom bohatom na jaskynné systémy, je to úloha priam generačná.

Poďakovanie. Za vstup do jaskýň a možnosť odberu vzoriek ďakujeme Správe slovenských jaskýň v Liptovskom Mikuláši. Realizovaný výskum vyplýval z Plánu hlavných úloh Správy slovenských jaskýň na roky 2007 a 2008 a bol podporený grantom VEGA č. 1/4043/07 grantovej agentúry Ministerstva školstva Slovenskej republiky. Za odbornú a technickú spoluprácu ďakujeme Mgr. Dagmar Haviarovej zo Správy slovenských jaskýň a pracovníčkam Výskumného ústavu vodného hospodárstva v Bratislave RNDr. Miloslave Prokšovej, CSc., a RNDr. Marianne Cíchovej.

LITERATÚRA

Ambrožová, L. 2004. Mikrobiológia vody. Vydavateľstvo SAV, Bratislava, 1–167.

Baudišová, D. 2005. Mikrobiologické ukazovatele v povrchových vodách a ovlivnění mikrobiální kvality vody odtoky z velkých ČOV. In Baudišová, D. (Ed.): Mikrobiologie vody a prostředí. Československá společnost mikrobiologická, Praha, 30, 5–7.

Baudišová, D. 2007. Současné metody mikrobiologického rozboru vody. Příručka pro hydroanalytické laboratoře, VÚV T. G. Masaryka, Praha, 1–103.

Boston, P. J. – Splide, M. N. – Northup, D. E. 2001. Cave Biosignature Suites: Microbes, Minerals, and Mars. Astrobiology, 1, 25–55.

Elhottová, D. – Krištůfek, V. – Nováková, A. 2003. Domica a Ardovská jaskyňa – štúdium interakcií medzi faunou a mikroflórou. Aragonit, Liptovský Mikuláš, 8, 38–40.

Hausler, J. 1994. Mikrobiologické kultivační metody kontroly jakosti vod. Díl II. Mikrobiologický rozbor vod. Ministerstvo zemědělství ČR, Praha, 1–164.

Haviarová, D. 2004. Predbežné výsledky hydrologického monitoringu v Jasovskej jaskyni, Gombaseckej jaskyni a jaskyni Domica. In Bella, P. (Ed.): Výskum, využívanie a ochrana jaskýň, zborník referátov. Správa slovenských jaskýň, Liptovský Mikuláš, 4, 95–103.

Haviarová, D. – Gruber, P. 2006a. Najnovšie výsledky monitorovania vodnej zložky podzemnej mokrade Domica-Baradla. In Bella, P. (Ed.): Výskum, využívanie a ochrana jaskýň, zborník referátov. Správa slovenských jaskýň, Liptovský Mikuláš, 5, 136–143.

Haviarová, D. – Gruber, P. 2006b. Stopovacia skúška v jaskyni Milada. Aragonit, Liptovský Mikuláš, 11, 43–45.

Jakál, J. 1975. Kras Silickej planiny. Osveta, Martin, 1–146.

Jakál, J. – Bella, P. – Gaál, Ľ. – Hlaváč, J. – Kováč, Ľ. – Lalkovič, M. – Soják, M. – Zelinka, J. 2005. Jaskyne svetového dedičstva na Slovensku. Knižné centrum, Žilina, 1–159.

Janda, J. 2001. Gramnegativní bakterie v krasových vodách. Diplomová práca, Přírodovědecká fakulta Masarykovy Univerzity, Brno, 1–96.

Nariadenie vlády SR č. 296/2005 Z. z. z 21. júna 2005, ktorým sa ustanovujú požiadavky na kvalitu a kvalitatívne ciele povrchových vôd a limitné hodnoty ukazovateľov znečistenia odpadových vôd a osobitných vôd.

Northup, D. E. – Lavoie, K. H. – Mallory, L. 1997. Microbes found in caves. NSS News, 3, 96–101.

Northup, D. E. – Lavoie, K. H. 2001. Geomicrobiology of Caves. A Review. Geomicrobiology Journal, 18, 199–222.

Nováková, A. 2004. Saprotrofní mikroskopické houby v jeskyních Národního parku Slovenský kras. In Bella, P. (Ed.): Výskum, využívanie a ochrana jaskýň, zborník referátov. Správa slovenských jaskýň, Liptovský Mikuláš, 4, 162–168.

Nováková, A. 2006. Mikroskopické houby v Dobšinské ledové jeskyni a ve vybraných jeskyních Národního parku Slovenský kras. In Bella, P. (Ed.): Výskum, využívanie a ochrana jaskýň, zborník referátov, Správa slovenských jaskýň, Liptovský Mikuláš, 5, 203–210.

Rozložník, M. – Karasová, E. 1994. Chránená krajinná oblasť – biosférická rezervácia Slovenský kras. Osveta, Martin, 1–479.

STN EN ISO 9308-1. 2003. Kvalita vody. Stanovenie *Escherischia coli* a koliformných baktérií. Časť 1: Metóda (75 7834) membránovej filtrácie.

Šrámeková, K. – Kováčik, L. 2005. Výskyt cyanobaktérií a rias v nárastoch „lampenflóry" v šiestich sprístupnených jaskyniach na Slovensku. Bulletin Slovenskej botanickej spoločnosti, Bratislava, 24, 17–21.

SLOVENSKÝ KRAS ACTA CARSOLOGICA SLOVACA	47/2	291 – 296	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2009

ZAJÍMAVÉ NÁLEZY MIKROSKOPICKÝCH HUB V JESKYNÍCH

ALENA NOVÁKOVÁ

Ústav půdní biologie, Biologické centrum AV ČR, v. v. i., Na Sádkách 7, 370 05 České Budějovice, Česká republika; alena@upb.cas.cz

A. Nováková: Interesting records of microscopic fungi in caves

Abstract: Microscopic fungi were studied in various substrates (cave air, sediment, excrements, dead insect, etc.) in caves of the Czech Republic, Slovakia, Spain, and Romania. Records of *Phycomyces nitens*, *Chaetocladium brefeldii*, *Coemansia aciculifera*, *Thamnidium elegans*, *Isaria farinosa*, *Hirsutella* sp., *Beauveria bassiana*, *B. brongniartii*, *B. felina*, *Chrysosporium speluncarum*, *Penicillium vulpinum*, *P. glandicola*, *Botryosporium longibrachiatum*, and *Myriodontium keratinophilum* were presented together with literature records about their distribution in above and underground systems.

Key words: microscopic fungi, caves

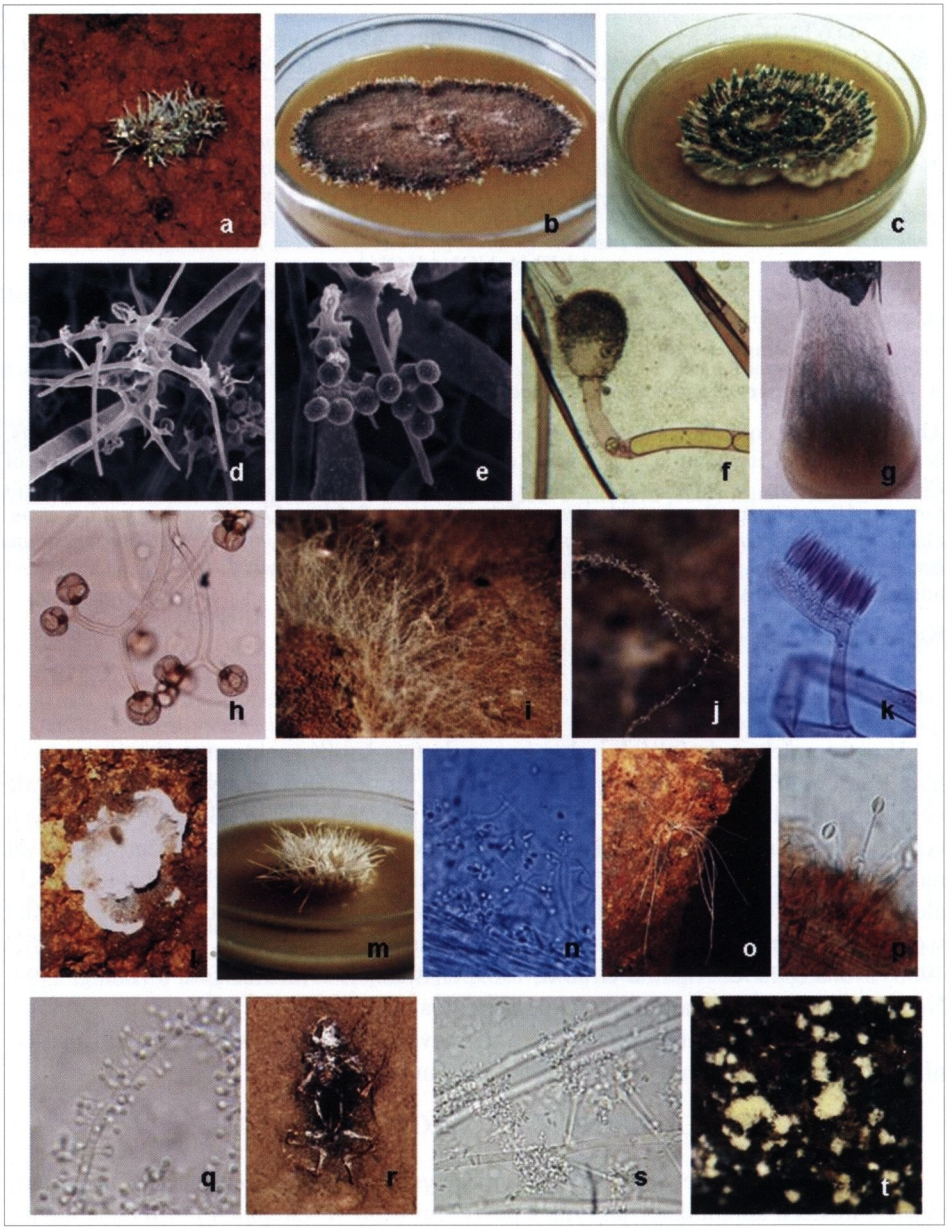
UVOD

V extrémních podmínkách jeskyní se vyskytuje široké spektrum mikroskopických hub. Řada mikromycetů v jeskyních přežívá ve formě spor v různých substrátech, ale některé jsou schopny aktivního růstu a mohou vytvářet viditelné kolonie na různých typech substrátů. Makroskopické kolonie mikroskopických hub je možné pozorovat na exkrementech různých živočichů navštěvujících jeskyně nebo žijících v jeskyních, ale také na zbytcích těl těchto živočichů. Specifické spektrum mikromycetů se nachází v ovzduší jeskyní, ale také v jeskynních sedimentech a hieroglyfech (např. Zeller, 1962, 1966, 1968a,b, 1970; Anelli a Graniti, 1967; Grifiths, 1979; Rutherford a Huang, 1994; Nováková, 2005a, 2006a,b, 2008, 2009a,b; Ulloa et al., 2006).

Cílem této práce je představit některé zajímavé nálezy mikroskopických hub z jeskyní Slovenska, České republiky, Španělska a Rumunska.

IZOLOVANÉ MIKROSKOPICKÉ HOUBY

Exkrementy plchů nebo kun se v jeskyních vyskytují poměrně často a jsou nacházeny nejen v místech komunikace jeskyně s povrchem nebo ve vstupních prostorách, ale jak čerstvé exkrementy, tak exkrementy s nárostem mukorovitých hub nebo s koprofilními druhy rodu *Penicillium* (obr. 1a) můžeme nalézt i poměrně daleko od těchto míst. Kolonie penicillií na těchto exkrementech mají jednotný vzhled, tj. modrošedě zabarvené kolonie vytvářející synnemata prstovitého tvaru. Z kolonií na kuních exkrementech v jeskyni Domica, ale také z netopýřího guána bylo opakovaně izolováno *Penicillium glandicola* (Nováková, 2009b). Ze stejně vyhlížejících kolonií na exkrementech plchů ve Staré brzotínské jeskyni však bylo vedle *P. glandicola* (obr. 1b) izolováno také *P. variabile* a z některých exkrementů bylo izolováno pouze *P. vulpinum*. Tento druh (obr. 1c) byl dále izolován z makroskopických kolonií na jeskynním sedimentu (Jasovská a Gombasecká jeskyně),



Obr. 1. Izolované mikroskopické houby: **a** – kolonie koprofilních penicillií na plších exkrementech; **b** – 7-denní kolonie *Penicillium glandicola* na sladinovém agaru; **c** – 7-denní kolonie *P. vulpinum* na sladinovém agaru; **d, e** – *Chaetocladium brefeldii*, detail větvení sporangioforu a spory, SEM; **f, g** – *Phycomyces nitens*, kolumela a 3-denní kolonie na sladinovém agaru; **h** – *Thamnidium elegans*, dichotomické větvení sporangioforu se sporangiolami; **i, j, k** – *Coemansia aciculifera*, kolonie na jeskynním sedimentu, sporangiofor se sporokladii a detail sporokladia se sporami, **l** – *Beauveria bassiana*, kolonie na stěně jeskyní; **m, n** – *Beauveria felina*, 14-denní kolonie na sladinovém agaru; **o, p** – *Hirsutella* sp., synnematální kolonie na mrtvém hmyzu a konidiogenní buňky s konidiemi; **q** – *Myriodontium keratinophilum*, dentikulátní fertilní hyfy s konidiemi; **r, s** – *Botryosporium longibrachiatum*, kolonie na kostře žáby v jeskyni Domica a detail konidioforu s konidiemi; **t** – kolonie *Chrysosporium speluncarum* na netopýřím guánu

Fig. 1. Isolated microscopic fungi: **a** – colonies of coprophilous *Penicillia* on dormouse dung; **b** – a 7-days old colony of *Penicillium glandicola* on beer wort agar; **c** – a 7-days old colony of *P. vulpinum* on beer wort agar; **d, e** – *Chaetocladium brefeldii*, a detail of sporangiophore branching and spores, SEM; **f, g** – *Phycomyces nitens*, columela and 3-days old colony on beer wort agar; **h** – *Thamnidium elegans*, dichotomic branched sporangiophore with sporangioles; **i, j, k** – *Coemansia aciculifera*, a colony on cave sediment, sporangiophore with sporocladia and a detail of sporocladium with spores; **l** – *Beauveria bassiana*, a colony on cave wall; **m, n** – *Beauveria felina*, 14-days old colony on beer wort agar; **o, p** – *Hirsutella* sp., a synnematal colony od dead insect and conidious cells with conidia; **q** – *Myriodontium keratinophilum*, denticulate fertile hyphae with conidia; **r, s** – *Botryosporium longibrachiatum*, a colony on a frog skelet in the Domica Cave and a detail of conidiophore with conidia; **t** – colonies of *Chrysosporium speluncarum* on bat guano

z jeskynního sedimentu (jeskyně Fãnaţe, Rumunsko, jeskyně Ardales a Castañar de Ibor, Španělsko), z exkrementu kuny (Šingliarova propast), z mrtvých pavouků (Gombasecká jeskyně) a můry *Triphosa dubiata* (Krásnohorská jeskyně) a dále z exkrementů myší (jeskyně Ardales, Španělsko), organického materiálu neznámého původu (Jeskyně na Turoldu) a z mrtvého netopýra (jeskyně Fãnaţe, Rumunsko). Hojně izolované druhy *P. glandicola* a *P. vulpinum* jsou řazeny do podrodu *Penicillium*, sekce *Chrysogena*, série *Claviformia*. V této sérii jsou zařazeny všechny synnematální koprofilní druhy rodu *Penicillium* (Samson a Frisvad, 2004). *P. gladicola* je řídce nacházený druh, ale s celosvětovým rozšířením v různých půdách, *P. vulpinum* je ubikvistní druh, jehož frekvence výskytu v půdách není vysoká (Domsch et al., 2007). Naproti tomu *P. variabile* patří mezi ubikvistní druhy hojně izolované z půdy (Pitt, 1991), ovoce, obilí, rýže, kukuřice, ovocných džusů a podzemnice olejné (Samson, 2009).

Druhy rodu *Chaetocladium* a *Phycomyces* patří mezi koprofilní zygomycety vyskytující se na exkrementech různých živočichů v nadzemních ekosystémech (Anonymus, 2008). V jeskyních byly zaznamenány z exkrementů kuny – *Chaetocladium brefeldii* (obr. 1d, 1e) z Ardovské jeskyně a *Phycomyces nitens* (obr. 1f, 1g) z rumunské jeskyně Ferice, z netopýřích dropinek v Gombasecké jeskyni byla opakovaně izolována *P. nitens* a *C. jonesii* bylo zaznamenáno ve smíšené kultuře společně s *Mortierella* sp., izolované z agarových bločků exponovaných v jeskyni Domica po dobu šesti měsíců. Další zástupce zygomycetů, *Thamnidium elegans* (obr. 1h), bylo izolováno z ovzduší několika jeskyní – jednorázově z Ardovské jeskyně a jeskyně Fãnaţe v Rumunsku a velice hojně a opakovaně bylo izolováno z Jeskyně na Turoldu. I tento druh je řazen mezi koprofilní houby (Anonymus, 2008), Domsch et al. (2007) jej řadí mezi psychrofilní druhy temperátní zóny, vyskytující se v různých půdách a v rhizosféře, ale i na obilí, na studeném skladovaném masu, v hnízdech a na peří volně žijících ptáků.

Mezi poměrně málo uváděné druhy patří i zástupci rodu *Coemansia*, a to díky jejich pomalému růstu a nutnosti izolace na specifických půdách. Makroskopické kolonie *C. aciculifera* na netopýřím guánu byly nalezeny v jeskyni Domica na podzim 2005 (obr. 1i, 1j, 1k), ale izolace byla neúspěšná. Ta se podařila až na podzim 2007 a dále v roce 2008 z jeskynního sedimentu odebraného v jeskynním systému Domica-Baradla. Výskyt tohoto druhu v jeskynním sedimentu je patrně mnohem vyšší, než ukazují výsledky izolace mikromycetů. Použitím jeskynního sedimentu z jeskyně Domica jako základního substrátu pro laboratorní chovy jeskynních chvostoskoků se ukázalo, že tato houba je v substrátu hojně zastoupena a v dlouhodobých mikrokosmech patří mezi frekventované nárosty na povrchu sedimentu.

Také entomopatogenní houby vytvářejí v jeskyních dobře pozorovatelné a mnohdy skutečně makroskopické kolonie. Tyto houby napadají různý hmyz, který se uchýlil do jeskynních prostor hlavně z důvodu nepříznivých podmínek ve venkovním prostředí. Nejčastěji izolovanými druhy entomopatogenních mikromycetů jsou v jeskyních zá-

stupci rodu *Beauveria* – *B. bassiana* a *B. brongniartii*. Tyto houby vytvářejí typické bílé vatičkovité kolonie, velice často rostoucí zdánlivě na jeskynním sedimentu nebo na stěnách jeskyně, ale na spodní straně kolonií je možné spatřit tělo mrtvého hmyzu (obr. 1m). Naproti tomu *Beauveria felina* (obr. 1n) je řazena mezi koprofilní druhy a bývá izolována z různých exkrementů (de Hoog, 1972). Byla izolována z jeskynního sedimentu z jeskyně Altamira a Castañar de Ibor ve Španělsku a dále z ovzduší Koněpruských jeskyní. *Isaria farinosa* (syn. *Paecilomyces farinosus*) bývá také poměrně často z podzemních prostor izolována z hmyzích těl (Kubátová a Dvořák, 2005; Nováková, 2009b). Skutečně makroskopická kolonie tohoto druhu byla nalezena na můře *Scoliopteryx libatrix* v rumunské jeskyni Ferice (Bihor Mts.) Velice nápadné kolonie vytvářejí v jeskyních zástupci rodu *Hirsutella* (obr. 1o, 1p), prozatím byly tyto houby opakovaně nalezeny v Krásnohorské jeskyni.

Zajímavým nálezem z jeskyní je opakovaná izolace keratinofilního druhu *Myriodontium keratinophilum* (obr. 1q). Tento druh byl izolován z ovzduší a z netopýřího guána Koněpruských jeskyní (Nováková, 2005b; Novakova 2005a, 2009b). *M. keratinophilum* bývá převážně izolováno z půdy (de Hoog et al., 2000), autorkou byl v minulosti izolován z půdy v blízkosti jeskyně Domica a z lesní půdy obory Bulhary u Mikulova (Nováková, 2005b). Neméně zajímavý je nález houby *Botryosporium longibrachiatum*. Tento druh, izolovaný z bílých nárostů na kostře mrtvé žáby v jeskynním systému Domica-Baradla (obr. 1r, 1s), je řazen mezi fytopatogenní houby (Anonymus, 2009), ale vyskytuje se i ve sklenících na starém listí (Kendrick, 2002) a v minulosti byl izolován také půdy rašelinišť (Thormann a Rice, 2007).

Nově popsaný druh *Chrysosporium speluncarum* (Nováková a Kolařík, 2009), připomínající svými tuberkulátními konidiemi patogenní houbu *Histoplasma capsulatum*, ale i nepatogenní houbu *Renispora flavissima*, byl izolován z drobných žlutých kolonií na netopýřím guánu (obr. 1t) ze tří jeskyní v NP Slovenský kras (Ardovská jeskyně, Jasovská jeskyně a Domica – Čertova diera). Na základě mikroskopického pozorování odebraných vzorků netopýřího guána88 byl tento druh zaznamenán i z dalších jeskyní Slovenska (Krásnohorská jeskyně, jeskyně Domica, Stará brzotínská jeskyně), České republiky (Chýnovská jeskyně, Jeskyně na Turoldu) a Rumunska (jeskyně Ziditâ, Ferice a Fănaţe).

ZÁVĚR

Z jeskyní jsou izolovány velice zajímavé druhy mikroskopických hub, mnohdy druhy, které jsou izolovány zcela ojediněle či vzácně. Některé z nich mají velice úzkou vazbu na určitý substrát a některé jsou v jeskyních nacházeny na zcela odlišném substrátu než v povrchových ekosystémech. Je možné konstatovat, že mikroskopické houby v jeskyních představují specifické spektrum hub, které se přizpůsobily specifickým podmínkám jeskynního prostředí.

Poděkování. Děkuji Správě slovenských jaskýň, Správě jeskyní České republiky, RNDr. J. Stankovičovi, Zoltánu Jergovi, Romanu Mlejnkovi a správcům jmenovaných jeskyní za umožnění odběrů v jeskyních, slovenským (Ľ. Kováč, A. Mock a P. Ľuptáčik) a španělským (C. Saiz Jimenéz, E. Porca Belio, V. Jurado Lobo) kolegům a Traianovi Bradovi (Institutul de Speleologie „Emil Racoviţă", Cluj-Napoca, Rumunsko) za veškerou pomoc při odběru vzorků a Kláře Kochtové za technickou pomoc. Pracovníkům Laboratoře elektronové mikroskopie Parazitologického ústavu BC AV ČR, v. v. i., děkuji za pomoc při zhotovení snímků SEM.

Studie byla finančně podpořena Výzkumným záměrem ÚPB BC AV ČR, v. v. i. – AV0Z60660521.

LITERATURA

Anelli, F. – Graniti, A. 1967. Aspetti microbiologici nella genesi delle vermicolazioni argillose delle Grotte di Castellana (Murge di Bari). Grotte d'Italia, ser. 41, 131–140.

Anonymus 2009. http:// www.uoguelph.ca/~gbarron/Misc2009/ botryosp.htm.

Anonymus 2008. http:// www.cabi-bioscience.org/extremestrains.asp.

Domsch, K. H. – Gams, W. – Anderson, T.-H. 2007. Compendium of soil fungi. 2nd ed. IHW-Verlag, Eching, 672 p.

Griffiths, P. 1979. Collection, culture and identification of soil microfungi from Florence Lake Cave near Victoria, B. C. Canadian Caver, 10, 35–38.

de Hoog, G. S. 1972. The genera Beuaveria, Isaria, Tritirachium and Acrodontium gen. nov. Studies in Mycology, 1, 1–41.

de Hoog, G. S. – Guarro, J. – Gené, J. – Figueras, M. J. 2000. Atlas of clinical fungi. 2nd ed. CBS and Universitat Rovira i Virgili, Utrecht and Reus, 1126 p.

Kendrick, B. 2002. The Fifth Kingdom. http://www.mycolog.com/fifthtoc.html.

Kubátová, A. – Dvořák, L. 2005. Entomopathogenic fungi associated with insect hibernating in underground shelters. Czech Mycology, 57, 221–237.

Larcher, G. – Bouchara, J. P. – Pailley, P. – Montfort, D. – Béguin, H. – de Bièvre C. –Chabasse, D. 2003. Fungal biota associated with bats in Western France. Journal de Mycologie Médical, 13, 29–34.

Nováková, A. 2005a. Interesting and rare saprotrophic microfungi isolated from excrements and other substrates in the Domica and Ardovská Caves. In Tajovský, K. – Schlaghamerský, J. – Pižl, V. (Eds.): Contributions to Soil Zoology in Central Europe I., pp. 103–106.

Nováková, A. 2005b. Mikroskopické houby některých chráněných území České republiky. Mykologické listy, 94, 45.

Nováková, A. 2006a. Mikroskopické houby v Dobšinské ledové jeskyni a ve vybraných jeskyních národního parku Slovenský kras. In Bella, P. (Ed.): Výskum, využívanie a ochrana jaskýň, 5. Zborník referátov, vedecká konferencia s medzinárodnou účasťou pri príležitosti životného jubilea RNDr. Antona Droppu, CSc., 26. – 29. 9. 2005, Demänovská Dolina, Liptovský Mikuláš, pp. 203–210.

Nováková, A. 2006b. Mikroskopické houby Chýnovské jeskyně a Jeskyně na Turoldu (Česká republika). In Bella, P. (Ed.): Výskum, využívanie a ochrana jaskýň, 5. Zborník referátov, vedecká konferencia s medzinárodnou účasťou pri príležitosti životného jubilea RNDr. Antona Droppu, CSc., 26. – 29. 9. 2005, Demänovská Dolina, Liptovský Mikuláš, pp. 211–213.

Nováková, A. 2008. Mikroskopické houby v jeskyních České republiky a Slovenska. Acta Carsologica Slovaca, 46, 2, 409–418.

Nováková, A. 2009a. Pidoplitchkoviella terricola – an interesting fungus from the Domica Cave (Slovakia). International Journal of Speleology, 38, 1, 23–26.

Nováková, A. 2009b. Microscopic fungi from the Domica Cave system (Slovak Karst National Park, Slovakia). A review. International Journal of Speleogy, 38, 1, 71–82.

Nováková, A. – Kolařík, M. 2009. Chrysosporium speluncarum, a new species resembling Ajellomyces capsulatus, obtained from bat guano in caves of temperate Europe. Mycological Progress (v tlači).

Pitt, J. I. 1991. A laboratory guide to common Penicillium species. 2nd ed. CSIRO, North Ride, 187 p.

Rutherford, J. M. – Huang, L. H. 1994. A study of fungi of remote sediments in West Virginia caves and a comparison with reported species in the literature. NSS Bulletin, 56, 38–45.

Samson, R. A. 2009. http://www.mycobank.org.

Samson, R. A. – Frisvad, J. C. 2004. Penicillium subgenus Penicillium: new taxonomic schemes, mycotoxins and other extrolites. Studies in Mycology, 49, 1–257.

Thormann, M. N. – Rice, A. V. 2007. Fungi from peatlands. Fungal Diversity, 24, 241–299.

Ulloa, M. – Lappe, P. – Aguilar, S. – Park, H. – Pérez-Mejía, A. – Toriello, C. – Taylor, M. L. 2006. Contribution to the study of the mycobiota present in the natural habitats of Histoplasma capsulatum: an integrative study in Guerrero, Mexico. Revista Mexicana de Biodiversidad, 77, 153–168.

Zeller, L. 1962. Gymnoascaceae from the Aggtelek cave „Baradla" (Biospeleologica Hungarica, XVI.). Annales of the University of Sciences Budapest, Section Biology 5, 273–280.

Zeller, L. 1966. Keratinophilic fungi from the „Baradla" cave in Aggtelek (Biospeleologica Hungarica, XXII.). Annales of the University of Sciences Budapest, Section Biology, 8, 375–388.

Zeller, L. 1968a. Chrysosporium species from the „Baradla" cave in Aggtelek (Biospeleologica Hungarica, XXIV.). Mycopathologia et Mycologia Applicata, 34, 296–301.

ZELLER, L. 1968b. Mucorales from the „Baradla" cave in Aggtelek (Biospeleologica Hungarica, XXVI.). Annales of the University of Sciences Budapest, Section Biology, 9/10, 388–399.
ZELLER, L. 1970. Arthroderma species from the „Baradla" cave in Aggtelek (Biospeleologica Hungarica, XXXI.). Annales of the University of Sciences Budapest, Section Biology, 12, 235–240 + 3 tables.

SLOVENSKÝ KRAS ACTA CARSOLOGICA SLOVACA	47/2	297 – 314	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2009

ZAČIATKY POZNÁVANIA JASKÝŇ MALÝCH KARPÁT

MARCEL LALKOVIČ

M. R. Štefánika 4, 034 01 Ružomberok; m.lalkovic@gmail.com

M. Lalkovič: Beginnings of caves cognition in the Lesser Carpathians Mts.

Abstract: The first literature references on caves in the Lesser Carpathians Mts. come from the first half of the 18th century. Different character of interest is represented by tendencies from the 19th century, which were connected with adaptation of spaces in the cave pod Plaveckým hradom and measuring of the Haviareň Cave in the Vápenná Hill. The beginnings of closer cognition of the caves in the Lesser Carpathians Mts. are connected with the second half of the 19th century. It acquired more systematic character at the end of the 19th and beginning of the 20th century. The research of J. Hillebrand during 1912 – 1913 in the Deravá skala Cave near Plavecký Sv. Mikuláš can be considered a kind of termination of this trend. F. Horálka resumed his activity after 1918. This trend was also connected with activities that resulted in discovery of the Driny Cave during 1930 – 1932.

Key words: Lesser Carpathians Mts., caving history, Franciscan monastery, vocational and tourist interest

ÚVOD

Poznávanie jaskýň Malých Karpát aj napriek tomu, že najstaršie známe zmienky o nich súvisia s prvou polovicou 18. storočia, je procesom, ktorý sa výrazne prejavil až v 20. storočí. Vplyvom rôznych okolností sú však zmienky o nich v literatúre 19. storočia pomerne časté a tento trend má svoje pokračovanie aj po roku 1918. I keď sa už začiatkom 19. storočia Plavecká jaskyňa stala našou prvou sprístupnenou jaskyňou, záujem o poznávanie tunajších jaskýň nenadobudol výraznejšie dimenzie. Zvrat priniesol až objav jaskyne Driny v rokoch 1930 – 1932, ale až v 2. polovici 20. storočia sa rozvinul do foriem, aké ho charakterizujú dodnes.

NAJSTARŠIE ZNÁME ZMIENKY

Prvé zmienky o jaskyniach Malých Karpát, vo vtedajšej Bratislavskej stolici, sa do literatúry dostali zásluhou Mateja Bela (1684 – 1749), slovenského vedca a geografa už v prvej polovici 18. storočia (obr. 1). O tunajších jaskyniach sa zmieňoval v prvom zväzku svojej historicko-geografickej práce o Uhorsku – Notíciách. Tlačou vyšiel v roku 1735 a z obsahového hľadiska predstavoval opis Bratislavskej stolice. Spomenul v ňom existenciu dvoch jaskýň v doline Stupavky, v okolí hradu Pajštún, ktoré sám navštívil. Lokalizoval ich v stráni vrchu, z ktorého vyviera Stupavka. Ako prvú opísal jaskyňu nad vyvieračkou v dnešných Medených Hámroch (Riečna jaskyňa). Mala dosť priestranný, ale ťažko prístupný vchod. Druhá ním opísaná jaskyňa sa nachádzala vyššie a dnes je známa pod menom Zbojnícka jaskyňa.

Obr. 1. Matej Bel (1684 – 1749)
Fig. 1. Matej Bel (1684 – 1749)

Zmienil sa aj o jaskyni pri Smoleniciach. Nachádzala sa v doline za mestečkom, na východnej strane strmých brál. Tunajší obyvatelia ju nazývali Mníchovou dierou. Predpokladal o nej, že s ohľadom na svoju polohu mohla v minulosti slúžiť za útočisko *ktorejkoľvek triede ľudí.*[1] Ďalšie menej známe jaskyne zaregistroval v okolí Pezinka. V tom čase ešte neboli preskúmané a nevedelo sa o nich, či sú výtvorom prírody alebo dielom ľudských rúk. Vyzýval preto Pezinčanov, aby jaskyňou, ktorej vchod sa nachádzal v rozoklanej skale, prekopali naprieč štôlňu, a tak zistili jej pôvod.

Údaje M. Bela dlhý čas predstavovali jediný zdroj informácií o tunajších jaskyniach. Nezmieňoval sa o nich ani Karl Gottlieb von Windisch (1725 – 1783), bratislavský richtár a geograf, v dvojdielnom zemepise Uhorska, ktorý vyšiel tlačou v roku 1780. Aj keď pri opise stolíc spomenul niektoré tam sa nachodiace jaskyne, zmienky o jaskyniach nezahrnul do opisu Bratislavskej stolice. Podobne je to i v prípade Jána Mateja Korabinského (1740 – 1811), geografa a štatistika, ktorý v roku 1786 vydal hospodársko-geografický lexikón Uhorska. V niektorých heslách síce spomenul i jaskyne, ale ani jedna z nich sa nenachádzala na území Bratislavskej či Nitrianskej stolice, čiže v oblasti Malých Karpát.

V rokoch 1796 – 1799 vydal András Vályi (1764 – 1801), profesor na univerzite v Pešti, trojzväzkový opis Uhorska. V podstate išlo o preklad práce J. M. Korabinského do maďarského jazyka a jej doplnenie o ďalšie údaje. V treťom diele sa pri opise Bratislavskej stolice stručne zmienil o jaskyniach v okolí Stupavy, Smoleníc a Pezinka, ale neuviedol žiadne bližšie údaje. Charakter jeho informácie naznačuje, že pri zmienke o nich vychádzal zo starších prameňov, t. j. prvého zväzku Notícií M. Bela.

JASKYŇA V OKOLÍ KLÁŠTORA FRANTIŠKÁNOV PRI NAHÁČI

Zaujímavú zmienku, ktorá by mohla súvisieť s jaskyňami Malých Karpát, obsahuje heslo *S. Katherein, S. Katalin* v lexikóne J. M. Korabinského. Autor sa v ňom zmienil o jaskyni, ktorá sa mala nachádzať v blízkom okolí františkánskeho kláštora sv. Kataríny neďaleko Naháča. Nie je známe, odkiaľ J. M. Korabinský prevzal tieto údaje, ale zmienka o tunajšej jaskyni úplne absentuje v prácach neskorších autorov. Keďže jej polohu vyznačil aj vo svojej ekonomicko-geografickej mape Uhorska (obr. 2), kde zakreslil objekty v súlade s údajmi lexikónu, musela teda predstavovať objekt reálnej existencie.[2] Neskorší prieskum širšieho okolia kláštora však existenciu jaskyne nepotrvrdil. Z tohto aspektu však na niečo poukazuje jeho doterajšia história.

Františkánsky kláštor dal postaviť na mieste staršej kaplnky v severozápadnom zalesnenom výbežku dechtického chotára tunajší zemepán Krištof Erdödi v roku 1618. Z prameňov k jeho počiatkom podľa M. Matulovej (2003) vyplýva, *že na samote medzi hlbokými lesmi, na vyvýšenom mieste, sa údajne kedysi zjavila sv. Katarína akémusi*

[1] Pozri: Prikryl, Ľ. V. 1984. Matej Bel a jaskyne na Slovensku. Slovenský kras, 22, s. 17

[2] Pozri: Lalkovič, M. 1992. Nový pohľad na históriu poznávania jaskýň Malých Karpát. Slovenský kras, 30, s. 111

zbožnému dechtickému roľníkovi. Keď sa správa o zjavení rozchýrila, veriaci z Dechtíc tu vystavali drevenú kaplnku a onedlho sa sem začali schádzať procesie pútnikov. V súvislosti s úctou k tomuto miestu dostupné pramene opisujú Jána Apponiho, mladíka z Jablonice, ktorý tu v skalnej jaskyne, ešte koncom 16. storočia ju vytvoril v skale istý pastier, viedol pustovnícky život. *V skalnej jaskyne, blízko spomínanej drevenej kaplnky, na mieste zjavenia žil celý jeden rok. Túto jaskynku mala obklopovať neskoršia svätyňa kostola a zjavenie sa údajne stalo na ľavej strane hlavného oltára.*[3] Z toho plynie, že existencia prípadnej jaskyne v týchto končinách navodzuje akúsi súvislosť s počiatkami kláštora. Nachádzať by sa mala v mieste ruín kostola, ktorý po prestavbách kláštora rozšírili na rozsiahlejší chrám. Opodstatnenosť tohto názoru by mohla vyplynúť i z konštatovania M. Matulovej (2003, s. 33), podľa ktorého podložie kostola je *značne skalnaté, najmä v oblasti svätyne, pod ktorou sa nachádza dodnes dôkladnejšie nepreskúmaná rozsiahla dutina či jaskynka.*

Obr. 2. Časť mapy J. Korabinského s vyznačením jaskyne v okolí františkánskeho kláštora (vľavo od textu S. Catharina)
Fig 2. A part of map by J. Korabinský with marking a cave near Franciscan monastery (left from the text S. Catharina)

V takejto súvislosti sa J. M. Korabinský o jaskyni nezmieňoval. Konštatoval iba, že kostolná a kláštorná budova je takmer dookola opatrená priestrannými kaplnkami a uviedol, že *je tu tiež vidieť jaskyňu, v ktorej strávil Hippolitus svoj čas života.* Nemohla to teda byť jaskyňa v priestore svätyne kostola. Jeho zmienka sa preto musela týkať niečoho, čo v čase fungovania kláštora bolo dobre viditeľné a netvorilo súčasť žiadneho objektu. Potrebné vysvetlenie by azda mohli poskytnúť výsledky jozefínskeho, čiže prvého vojenského mapovania v rokoch 1763 – 1785. Išlo o topografické mapovanie Rakúsko-Uhorska v mierke 1 : 28 800, keď sa územie dnešného Slovenska zobrazilo na 210 mapových listoch s rozmermi 62 × 42 cm. Ku každému listu sa vyhotovoval popis vojensky dôležitých údajov, ktoré neboli vyznačené v mape. Práve na liste, kde je schematicky zakreslený pôdorys kláštora sv. Kataríny, medzi doplňujúcimi poznámkami v závere popisu nachádzame aj zmienku o blízkej jaskynke, v ktorej žil Hipolitus Schimberger. *Bol to známy páter františkán, ktorý v jaskynke či skalnej dutine pod kaplnkou sv. Kríža viedol pustovnícky život, kde napokon i zomrel vo veku 73 rokov.*[4] Znamená to, že túto udalosť mal na mysli J. M. Korabinský, keď ju zakomponoval do zmienky o jaskyni v okolí kláštora.

Kaplnka sv. Kríža bola jednou zo siedmich kaplniek, ktoré sa nachádzali v okolí kláštora. Ich kruhové rozmiestnenie v blízkosti kostola je rovnako ako schematický pôdorys kláštora znázornené na mapovom liste prvého vojenského mapovania. Z doterajších poznatkov vyplýva, že by sa mala nachádzať nad Hipolitovou jaskynkou, ale v kontexte kostola jej poloha nie je bližšie známa. Hipolitovu jaskynku by sme tak asi

[3] Matulová, M. 2003, s. 23–24
[4] Matulová, M., c. d., s. 31

nemali stotožňovať s tou, ktorú M. Matulová lokalizovala do oblasti svätyne v podloží kostola a ktorej existencia by mohla súvisieť s udalosťou, čo sa tu mala odohrať koncom 16. storočia. Do akej miery je táto úvaha správna a koľko malých jaskýň skutočne existuje v areáli bývalého kláštora, by mohol objasniť iba dôkladný speleologický prieskum predmetného územia. Pravdou však ostáva, že Korabinského zmienka o jaskyni má isté opodstatnenie. Okrem niektorých dobových autorov poukazujú na ňu aj údaje, ktoré súviseli so zachytením celkovej situácie v okolí františkánskeho kláštora v časoch prvého vojenského mapovania.

CHARAKTER POZNÁVANIA JASKÝŇ MALÝCH KARPÁT

Začiatky poznávania jaskýň Malých Karpát charakterizuje niekoľko tendencií. Prvá z nich, ktorá sa začala prejavovať začiatkom 19. storočia, súvisela s úpravou niektorých jaskýň pre turistickú verejnosť. Druhá tendencia od polovice 19. storočia sa týkala odborného záujmu a najmä koncom 19. storočia nadobúdala systematickejší charakter.

ÚPRAVA PRIESTOROV NIEKTORÝCH JASKÝŇ

Ako vyplýva z údajov, ktoré roku 1809 publikovala na stránkach *Vlasteneckých listov* rakúska spisovateľka Caroline Pichlerová (1769 – 1843), Plavecká jaskyňa sa stala zásluhou majiteľa tunajšieho panstva grófa Jozefa Františka Pálffyho (1764 – 1827) našou prvou sprístupnenou jaskyňou. Malo sa tak stať niekedy začiatkom 19. storočia a pravdepodobne niekoľko rokov potom, ako došlo k jej náhodnému objavu. V čase svojej druhej návštevy jaskyne okolo roku 1809 tu Pichlerová zaregistrovala viditeľné zásahy ľudských rúk, ktoré svedčili o snahách urobiť ju prístupnou širšej verejnosti. Zmieňovala sa o starej bráne vo vchode do jaskyne, chodníku, akým sa spoľahlivo kráčalo úzkymi chodbami, svietidlách umiestnených v skalách či schodoch, ktorými sa prechádzalo do navzájom spojených častí (obr. 3).

Podľa autora hesla *Blasenstein*, ktoré je uvedené v *Allgemeine Encyclopädie* z roku 1823, ďalšie úpravy sa tu mali realizovať v rokoch 1819 – 1820. Súviseli s vyrazením horizontálnej vstupnej chodby v dĺžke asi 40 siah. Na základe tejto informácie sa teda možno domnievať, že v čase návštevy spisovateľky existoval do jaskyne iný vstup. Prípadne, že sa úpravy z rokov 1819 – 1820 týkali rozšírenia už existujúcej úzkej puklinovitej chodby, ktorú dovtedy uzatvárala stará vstupná brána. Nemožno tiež vylúčiť, že sa jaskyňa stala verejne prístupnou až po vykonaní uvedených úprav, pričom potrebného sprievodcu zabezpečoval lesný úrad, ktorý sídlil v neďalekom majeri. V tomto období, ale i neskôr ju sporadicky navštevovali náhodní pocestní, prípadne turisti, čo zavítali do týchto končín.

Obr. 3. Caroline Pichlerová (1769 – 1843)
Fig. 3. Caroline Pichler (1769 – 1843)

Keďže sa v roku 1780 o jej existencii nezmieňoval K. G. von Windisch a v roku 1786 ju nespomínal ani J. M. Korabinský, je možné, že v tom čase ešte nebola známa. Napokon aj C. Pichlerová navštívila jaskyňu prvýkrát až niekedy okolo roku 1800, čo mohlo byť i krátko po jej objave. Prvé informácie o nej zverejnila v roku 1809, až potom, keď tu počas ďalšej návštevy zaregistrovala zmeny, ktoré

svedčili o zámere urobiť ju prístupnou širšej verejnosti. Pravdepodobne pod ich vplyvom zakreslil jej polohu do mapy Bratislavskej stolice Demeter Görög (1760 – 1833), maďarský redaktor a autor atlasu uhorských stolíc.[5] O niekoľko rokov neskôr sa C. Pichlerová opäť vrátila k Plaveckej jaskyni, a to, čo o nej publikovala v roku 1809, zaradila aj do výberu svojich prozaických prác, ktoré vydala roku 1822 vo Viedni.

Údaje C. Pichlerovej o Plaveckej jaskyni a jej širšom okolí sa v rôznej úprave objavovali pomerne často v literatúre prvej polovice 19. storočia. Ako prvý ich v roku 1809 do *Zázrakov prírody rakúskeho cisárstva* prevzal Franz Sartori (1782 – 1832), rakúsky spisovateľ a prednosta ústredného úradu pre revíziu kníh vo Viedni.[6] S určitou úpravou Pichlerovej údaje týkajúce sa Plaveckej jaskyne zaradil v roku 1814 do svojej publikácie Leopold Chimani (1774 – 1844), rakúsky spisovateľ a pedagóg. V nezmenenej forme údaje o Plaveckej jaskyni a jej širšom okolí začlenil v roku 1821 do svojho Topograficko-štatistického archívu Uhorského kráľovstva Ján Čaplovič (1780 – 1847), slovenský právnik a etnograf. V ďalšej práci z roku 1829 sa zase podľa Pichlerovej údajov zmienil o charaktere jej kvapľovej výzdoby. Na podklade C. Pichlerovej heslo o Plaveckej jaskyni zaradili v roku 1825 Carl von Szepesházy (1780 – 1829), kráľovský provinčný vicekancelár, a J. C. von Thiele, ruský cársky radca, do historicko-štatisticko-topografickej práce o Uhorsku, ktorú vydali v Košiciach. V takejto forme ju v roku 1833 prevzal J. C. von Thiele aj do ďalšej historicko-štatisticko-topografickej práce o Uhorsku. S malou úpravou údaje C. Pichlerovej ešte v roku 1828 zaradil Andreas Engelhart do druhého zväzku práce o skvostných dielach podzemia, ktorú vydal vo Viedni. V podstatne stručnejšej forme sa informácie o Plaveckej jaskyni objavovali neskôr i v ďalších prácach, ale z dôvodov, ktoré nie sú bližšie známe, sa ani tak nestala objektom širšieho záujmu návštevníckej verejnosti.

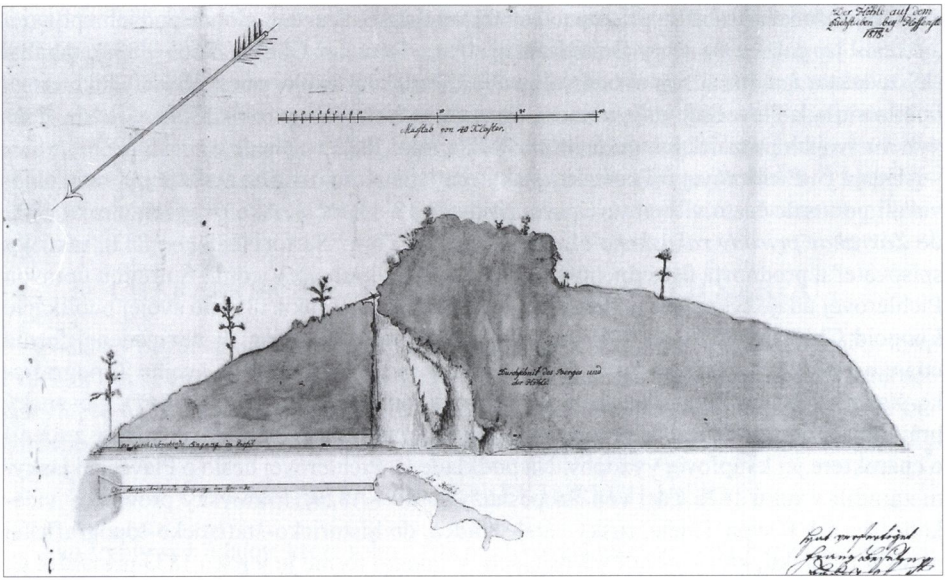
Inou lokalitou Malých Karpát je jaskyňa Haviareň. Aj keď v jej prípade absentuje dostatok vhodných informácií, pre nás je zaujímavá tým, že s ňou súvisí existencia plánu jej priestorov z roku 1818 (obr. 4). Jeho autorom je František Besetzer, stavebný inšpektor, ktorý pravdepodobne pôsobil na panstve Pálffyovcov v Malackách.[7] Dôvody, ktoré ho viedli k tomu, aby jaskyňu zameral, síce nepoznáme, ale ním vyhotovený plán je významný z úplne iného hľadiska. V pláne, ktorý patrí k našim najstarším známym vyobrazeniam jaskynných priestorov, je okrem pôvodného priepastovitého vstupu v pôdoryse a reze zakreslená aj vstupná chodba do jaskyne. Predstavuje horizontálne banské dielo – vstupnú prerážku, razenú v kompaktnom horninovom masíve, ktorá umožňuje pohodlný vstup do priestorov jaskyne. Znamená to, že tu už pred rokom 1818 existovalo niečo, čo spôsobilo, že sa majiteľ panstva rozhodol pre iný a podstatne výhodnejší vstup do jaskynných priestorov. V opačnom prípade vyrazeniu vstupnej prerážky s dĺžkou viac ako 30 m chýba akákoľvek logika.

Podľa informácie z roku 1860 objav jaskyne súvisí s rokom 1817. V tomto roku chlapci z Podhradia pri pasení dobytka náhodne objavili dieru, ktorá po vhodení kameňa vydávala zvláštny zvuk. Zvesť sa rýchlo rozšírila a na prieskum neznámej diery sa podujal F. Besetzer. Jeho opis nevšedného zážitku mal upútať pozornosť majiteľa tunajšieho panstva J. Pálfyho. Na návrh riaditeľa svojich majetkov M. Lačného preto rozkázal, aby z boku do jaskyne prerazili pohodlný vchod. K tomuto účelu povolali dvoch baníkov

[5] Lalkovič, M. c. d., s. 114 a 118–119

[6] Ide o tretí, resp. štvrtý diel Sartoriho práce: Naturwunder des oesterreichischen Kaiserthumes z roku 1809. Spomína ho aj J. Čaplovič v práci Topographisch-statistisches Archiv des Königreichs Ungern z roku 1821, ale nesprávne udáva rok jeho vydania.

[7] Lalkovič, M. c. d., s. 124–126



Obr. 4. Plán jaskyne Haviareň z roku 1818
Fig. 4. Groundplan and section of the Haviareň Cave from 1918

z dolnorakúskeho Krumbachu. Baníci, ktorí tu pracovali takmer 10 rokov, vyrazili do jaskyne asi 35 siah dlhú vstupnú štôlňu. Po ukončení prác si jaskyňu, ktorá pozostávala z troch veľkých siení, mali prehliadnuť početní vzdelaní hostia. Odvtedy ju údajne navštívilo mnoho zvedavých pocestných. Plán jej priestorov z roku 1818 je teda asi podkladom, ktorý mal slúžiť k vyrazeniu vstupnej štôlne. Z tohto aspektu je asi opodstatnený aj názor J. Dosedlu (1949), že vstupnú chodbu nechal vyraziť majiteľ panstva v nádeji, že jaskyňa bude mať ďalšie pokračovanie. Zmienka J. Hunfalvyho (1863), že sa do jaskyne kedysi spúšťalo po povraze, by potom zase mohla súvisieť s obdobím, kedy ju takto navštívil F. Besetzer a ďalší, čo sa do roku 1827 zaujímali o jej priestory.

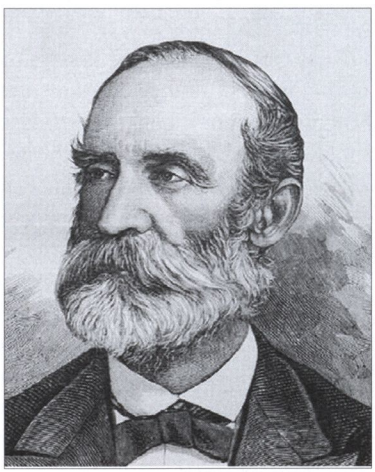
ODBORNÝ ZÁUJEM

Začiatky odborného poznávania jaskýň Malých Karpát súvisia s činnosťou Bratislavského lekársko-prírodovedného spolku. Na základe vlastného výskumu publikoval v roku 1865 jeho bývalý tajomník Andrej G. Kornhuber (1824 – 1905) poznatky o fyzickom zemepise Bratislavskej stolice. V tejto súvislosti sa zmienil aj o niektorých tunajších jaskyniach. V kontexte malokarpatského pleistocénu spomenul aj jaskyne a rozsadlinové dutiny, kde sa našli kosti vyhynutých zvierat, ktoré sa sem údajne dostali počas potopy sveta. Uviedol, že v Malých Karpatoch je len jedna takáto jaskyňa – Tmavá skala. Nachádzala sa asi polhodinu cesty od Plaveckého Mikuláša na pravej strane doliny, vo výške 30 siah nad jej dnom. Jej kostrové nálezy preskúmal Florián F. Rómer (1815 – 1889), archeológ a prírodovedec, počas pôsobenia na kráľovskej akadémii v Bratislave v rokoch 1845 – 1848. Vyskytovali sa vo veľmi zlom stave v čiernej lepkavej vrstve zeminy, ktorá ukrývala značné množstvo kostí a zubov jaskynného medveďa. Pri tejto príležitosti sa A. Kornhuber zmienil stručne aj o iných tunajších jaskyniach. Spomenul jaskyňu Deravá skala, ktorá sa nachádzala oproti. Ďalšiu situoval do vrchu Raštún a na skalnatom úpätí hradného vrchu Plaveckého hradu existovala ďalšia. Zmienil sa aj o jaskyni či skôr rozsadline v Cajlanskej doline a Zbojníckej jaskyni v blízkom okolí medeného hámra.

V publikácii, ktorú v roku 1865 vydali pri príležitosti 11. valného zhromaždenia spolku, okrem zmienok v Kornhuberovej práci nachádzame aj iné zmienky o tunajších jaskyniach. Sú obsiahnuté v miestopise Bratislavy a okolia a ich autorom je podľa všetkého Tomáš Szekcső. V súvislosti s opisom exkurzie Mariánskou dolinou a okolím Jantárovej doliny autor miestopisu sa tu zmienil o medenom hámri, kde sú v blízkej a úzkej skalnej rozsadline dve jaskyne. Jedna, s dĺžkou 6 siah bola vyplnená vodou. Výver vody napájal potok v doline, ktorý poháňal hámor. Niekoľko krokov od nej bola druhá, tzv. Zbojnícka jaskyňa. Viedlo k nej niekoľko do skaly vytesaných schodov a jej vnútorný priestor mal asi 20 siah[8].

Ďalšie zmienky sa týkali jaskýň v okolí Plaveckého hradu. Plaveckú kvapľovú jaskyňu v blízkosti hradných ruín mal začiatkom 19. storočia objaviť mladý pastier cez úzku skalnú puklinu. Neskôr k nej vyrazili štôlňu, čím sa uľahčil vstup do jej priestorov. Mala pekné kvapľové útvary a slúžila za pobyt netopierom. Druhá, takmer 2 siahy dlhá, ale bezvýznamná jaskyňa bola na protiľahlej strane nízkeho hradného kopca. Na severozápadnej strane susedného Rachsturnu sa nachádzala najväčšia tunajšia jaskyňa, dlhá 60 a vysoká 9 siah. Podstatne zaujímavejšia bola jaskyňa Tmavá skala severne od Plaveckého Podhradia. Nachádzala sa v Mokrej doline v blízkosti Plaveckého Mikuláša a vyskytovali sa v nej skamenené kosti zvierat. Vchod do jaskyne tvorila skalná puklina vysoká 5 a široká 3 siahy. Vo vzdialenosti asi 3 až 4 siah sa tu úzkou puklinou dalo štvornožky dostať do ďalšej priestornejšej časti, k miestu, odkiaľ sa z vlhkej zeme získali rôznorodé skameneliny. V tej istej doline oproti Tmavej skale bola ešte jedna jaskyňa, ale bez kvapľovej výzdoby a výskytu prípadných skamenelín.

Vplyvom stagnácie, ktorá sa v činnosti spolku prejavovala od roku 1861, záujem o poznávanie Malých Karpát, a tým aj tunajších jaskýň načas akoby stratil opodstatnenie. V literatúre sa zmienky o jaskyniach objavovali sporadicky a informácie tu uvádzané boli už dovtedy známe. V druhom zväzku geografickej práce o Uhorsku a Sedmohradsku sa Ján Hunfalvy (1820 – 1888), geograf a historik, roku 1860 zmienil pri opise okolia Bratislavy aj o existencii jaskýň pod Plaveckým hradom a vo vrchu Raštún (obr. 5). Na existenciu malokarpatských jaskýň upozornil aj vo svojej ďalšej práci, zemepisnom opise Uhorska z roku 1863. Spomenul Zbojnícku jaskyňu pri Medených Hámroch v doline Stupavky a jaskyňu v Cajlanskej doline nad pezinskými vápenkami. Stručne sa zmienil aj o jaskyniach v okolí Plaveckého hradu. Najväčšia z nich, dlhá 60 siah, sa nachádzala vo vrchu Raštún. K ďalším patrila Plavecká jaskyňa, menšia jaskyňa oproti nej či Tmavá a Deravá skala v Mokrej doline.



Obr. 5. Ján Hunfalvy (1820 – 1888)
Fig. 5. Ján Hunfalvy (1820 – 1888)

Pravdepodobne na základe Rómerových poznatkov údaje o nálezoch kostí a zubov jaskynného medveďa z jaskyne Tmavá skala prevzal v roku 1864 zoológ Ján Šalamún Petényi-Petian (1799 – 1855). Do svojho súpisu fosílnych pozostatkov, ktoré sa našli na území Uhorska, zahrnul aj jaskyňu pri Plaveckom Mikuláši a uviedol, že sa v nej našli fosílne pozostatky pramedveďa. Jeho informácia je trochu nejasná v tom, že sa síce zmienil o jaskyni pri Plaveckom Mikuláši, ale dopustil sa omylu v jej názve. Ním uvádzaný názov *Blassenstein-höhle* je nemecké

[8] 1 siaha = 1,896 m

Obr. 6. Daniel Lichard (1812 – 1882). Archív literatúry a umenia Matice slovenskej, signatúra SL 29/5
Fig. 6. Daniel Lichard (1812 – 1882). Literature and Art Archive of the Matica slovenská, signature SL 29/5

pomenovanie Plaveckej jaskyne a nie jaskyne, s ktorou mohli súvisieť spomenuté fosílne pozostatky.

O jaskyniach Malých Karpát v roku 1871 písal aj Daniel Lichard (1812 – 1882), publicista a vydavateľ (obr. 6). V práci zameranej na topografiu Malých Karpát o nich uviedol, že *nachodia sa ony výlučne vo vápennom útvare a jedna z nich má i kosti zvierat predpotopných.* Ako prvú opísal jaskyňu Tmavá skala, *vzdialenú pol hodiny od Plaveckého Sv. Mikuláša. Nachodilo sa v nej premnoho kostí z tak zvaného predpotopného medveďa (Ursus spelaeus), ktoré sú ale veľmi mrvivé. Druhá a síce medzi všetkými najvätšia jaskyňa nachodí sa na vrchu Rachšturnu; ona je 60 siah dlhá, miestami do 9 siah vys. Spomenutia zasluhuje i jaskyňa u päty vrchu, na ktorom zámok Plavec leží. K tejto jaskyni dal pripraviť zemský pán knieža Pálffy pohodlný vchod, lebo ju v lete mnohý pocestní, pre jej veľmi pekné kvapníky (Stalaktity) navštivujú.* Spomenul aj jaskyňu neďaleko Stupavy, kde *v súsedstve medeného hámru nachodí sa tak zvaná zbojnícka jaskyňa.* Z hľadiska jaskýň menej zaujímavou bola východná strana Malých Karpát, kde *iba jaskyňa u mestečka Smolenic verejného spomenutia zasluhuje.*

O malokarpatských jaskyniach sa v roku 1884 v učebnici zemepisu Bratislavskej stolice zmieňovali aj bratislavskí stredoškolskí profesori Ľudovít Wagner (1846 – 1930) a Móric Orbók (1853 – 1930). Pri opise Malackého okresu sa zmienili o Plaveckej jaskyni, ktorú objavil pastiersky chlapec. Zároveň pri opise tunajšieho horstva konštatovali, že v Malých Karpatoch sa vyskytuje viacero jaskýň, a to Tmavá skala pri Plaveckom Mikuláši, Plavecká jaskyňa v blízkosti ruín Plaveckého hradu, Zbojnícka jaskyňa v blízkosti borinských medených hámrov a jaskyňa vo vrchu Raštún.

K ďalšiemu oživeniu záujmu o poznanie malokarpatských jaskýň dochádzalo koncom 19. a začiatkom 20. storočia. V júli 1888 navštívil oblasť Plaveckého Mikuláša János Szendrei (1857 – 1927), tajomník Uhorskej archeologickej a antropologickej spoločnosti. Uskutočniť tu mal prvý systematický archeologický výskum Čertovej jaskyne.[9] O výsledkoch výskumu potom koncom septembra 1888 referoval na zasadnutí spoločnosti. V jeho rámci o. i. konštatoval, že v jaskyni nenašiel žiadne archeologické artefakty, len množstvo rôznych kostí jaskynného medveďa. Zmienil sa aj o neprebádaných jaskyniach v okolí Dolian a v doline Železnej studničky.

Na základe poverenia Uhorského kráľovského geologického ústavu maďarský geológ a paleontológ György Primics (1849 – 1893) publikoval v roku 1890 obšírnu správu o výskyte kostí jaskynného medveďa v Uhorsku (obr. 7). Do zoznamu zaradil aj jaskyne s kostrovými nálezmi pri Plaveckom Mikuláši. Jaskyňa Tmavá skala v Mokrej doline mala 5,5 m široký a asi 8 m vysoký vchod. Dno pokrýval piesok premiešaný s hlinou, v ktorom sa nachádzalo množstvo krehkých kostí. Ďalšia jaskyňa, západne od Plaveckého Mikuláša, v skupine vápencových skál mala nízky vchod. Smerom dovnútra sa rozširovala a končila sa priestorom, ktorý pripomínal pivnicu. Tu sa vo výške asi 15 m

[9] Nie je bližšie známe, ktorá dnes známa jaskyňa sa skrýva pod uvedeným názvom. Jaskyňu tohto pomenovania nespomína ani P. Mitter vo svojej geomorfologickej rajonizácii krasu Malých Karpát z roku 1983.

nachádzala dutina izbovitého charakteru, kam sa dalo dostať pomocou rebríka. V oboch priestoroch sa na dne v kamenistom blativom íle nachádzali kosti rôznych menších zvierat, najviac však kosti jaskynného medveďa.

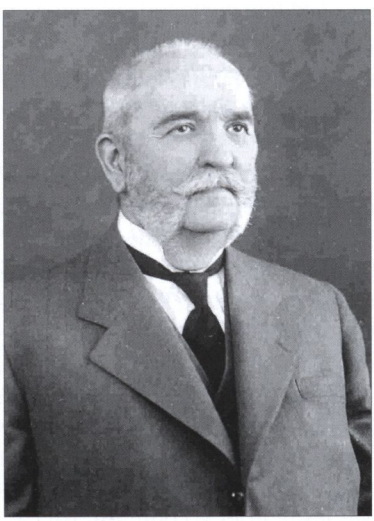
V roku 1895 na existenciu jaskýň v Malých Karpatoch poukázal aj Antoni Rehman (1840 – 1917), poľský geograf, profesor Univerzity vo Ľvove. V práci, ktorú venoval Karpatom, na podklade niektorých poznatkov D. Štúra konštatoval, že aj tu sú predpoklady na výskyt jaskýň, čo o. i. dokumentoval existenciou vyvieračky pri osade Dobrá Voda, ktorá patrila k najkrajším v Malých Karpatoch.

Obr. 7. György Primics (1849 – 1893)
Fig. 7. György Primics (1849 – 1893)

Do kontextu poznávania jaskýň Malých Karpát spadá aj činnosť maďarského geológa Henrika Horusitzkého (1870 – 1944) v rokoch 1907 a 1910. V prvej etape sa v Malých Karpatoch zaoberal agrogeologickým výskumom východných svahov ich južnej časti, v roku 1910 to bola oblasť Serede, Častej a Horných Orešian. Vo výsledkoch, ktoré publikoval roku 1912 sa zmienil aj o niektorých tunajších jaskyniach. Konkrétne spomenul jaskyňu pri Častej, ktorú bližšie nepomenoval a severozápadne od Dolných Orešian jaskyňu vo vrchu Sova, ktorú miestni obyvatelia nazývali Sovou dierou.

Neveľkú jaskyňu v katastri obce Prašník, pri osade U Fajnorov, v roku 1911 preskúmala Ida von Wattenwylová. Poznatky z prieskumu jaskyne, ktorú miestne obyvateľstvo poznalo pod názvom Oplentová, publikovala ešte v tom istom roku. Pozostávali predovšetkým z opisu jej priestorov a čiastočného zhodnotenia literatúry o geológii okolia jaskyne. Na základe výsledkov práce I. Wattenwylovej navrhol H. Horusitzky pomenovanie tejto jaskyne na Idinu jaskyňu (obr. 8).

Na podnet H. Horusitzkého vykopal v roku 1911 maďarský antropológ Jenő Hillebrand (1884 – 1950) v Pálffyho jaskyni (Deravá skala) pri Plaveckom Mikuláši zisťovaciu sondu, ktorá potvrdila Horusitzkého domnienku o možných stopách paleolitického človeka. Za podpory Uhorského geologického ústavu sa tu v rokoch 1912 – 1913 uskutočnil systematický výskum, ktorý však prerušila prvá svetová vojna. Výskum poskytol bohatý paleontologický materiál. Medzi artefaktmi našiel J. Hillebrand opracované kosti soba a jaskynného medveďa i kamenné nástroje. Usudzoval, že túto jaskyňu obýval človek v období mousteriénu. Štúdiom Hillebrandových paleontologických nálezov sa zaoberal maďarský geológ Gyula Éhik (1891 – 1964), ktorý opísal tunajšiu faunu. V referáte na schôdzi Uhorskej geologickej spoločnosti v decembri 1912, s odvolaním sa na práce S. Rotha vyslovil názor, že tu jestvuje spojitosť s faunou ružínskych jaskýň a jaskýň vo vrchu Nový v Belianskych Tatrách.



Obr. 8. Henrik Horusitzky (1870 – 1944). Archív SMOPaJ, Liptovský Mikuláš
Fig. 8. Henrik Horusitzky (1870 – 1944). Archive of SMOPaJ, Liptovský Mikuláš

TURISTICKÝ ZÁUJEM

Do kontextu poznávania jaskýň Malých Karpát spadá aj záujem, ktorý súvisel s rozvojom turistiky a orientoval sa na ich návštevu s cieľom prehliadky jaskynných priestorov. Výraznejšie sa začal prejavovať až v 2. polovici 19. storočia, pričom primárny prvok takéhoto záujmu predstavovala Plavecká jaskyňa. Napokon práve tieto dôvody rozhodli, že sa začiatkom 19. storočia dočkala svojho sprístupnenia, aj keď túto etapu jej existencie detailne nepoznáme. Na jej turistické využívanie však poukazujú nápisy na stenách jednotlivých častí. Väčšinou súvisia s druhou polovicou 19. storočia, s obdobím, kedy záujem o prírodu podnietil rozvoj turistiky a inicioval zakladanie turistických spolkov.

Rozvoj turistiky spôsobil, že informácie o jaskyniach Malých Karpát sa neskôr objavovali v literatúre, ktorá zámerne upozorňovala na ich existenciu a vytvárala priestor pre prípadný návštevnícky záujem. V takýchto intenciách sa roku 1908 o Plaveckej jaskyni zmieňoval František Kretz (1859 – 1929), moravský etnograf a múzejník. Pri opise výletu spojeného s návštevou Plaveckého zámku nezabudol poznamenať, že *na svahu vrchu zámeckého jsou pozoruhodné krápnikové jeskyně, které kolem r. 1790 jeden ovčák náhodou odkryl.*

V turistickom sprievodcovi po juhozápadnej časti Slovenska sa roku 1910 o jaskyniach Malých Karpát zmienil aj spisovateľ Ferdinand Dúbravský (1850 – 1926).[10] Pri opise západnej strany Malých Karpát spomenul Medvediu jaskyňu pri samote Ámon, ktorú pred rokmi navštevovalo mnoho turistov. Keďže každý z nich si odtiaľ na pamiatku zobral *dakoľko obrovských kostí z nahromadených tu skeletov predpotopných zvierat, knieža Pálffy nechal zatarasiť vchod do nej, zakázal hájnikom dakoho sem vodiť, aby nebolo všetko vykradené.*

V okolí Plaveckého Podhradia sa v súvislosti s tunajším zámkom zase zmienil o blízkej kvapľovej jaskyni, *ktorá je síce železnou mrežou zatvorená, ale kľúč a sprievodčího možno dostať v lesnom úrade tu v majeri za dosť malý poplatok. Táto jaskyňa sa práve pod starým hradom Plaveckým, ináče Detrekovom zvaný nachodí a voľakedy bola aj s hradom pomocou vyťahovadla spojená. Je veľmi zaujímavá a jedna z najkrásnejších jaskýň Uhorska.* V prípade Roštúnu uviedol, že *v okolí Rachšturmu je mnoho jaskýň a podzemných dier; mnohé z nich sú krápnikové, iné plné horských krištáľov, avšak neupravené, ťažko prístupné a nie každomu známe.*

O jaskyniach sa zmieňoval aj pri opise východnej strany Malých Karpát. Konštatoval, že pod hradom Červený Kameň *nachodia sa veľké a rozsiahle sklepy a jaskyne. Je tu aj vchod do krápnikovej jaskyne (taká jak pod Detrekovom). V školských zemepisoch jako znamenitosti Malých Karpát sú uvedené: Vörösköi és Detreköi csepköbarlang = Detrekovská, čili Plavecká a Červenokameňná krápniková jaskyňa, ktorá sa rozvetvuje pod celou horou zvanou Spiegelberg.* Pri zmienke o pútnickom mestečku Ompitál (Doľany) zase uviedol, že *za mestečkom na kopci je starobylý kostolík a neďaleko jaskyňa sv. Lenharda, ktorý ju obýval.*

Na existenciu malokarpatských jaskýň pamätal v roku 1910 aj Stanislav Klíma (1878 – 1944), český učiteľ a spisovateľ. Do práce, ktorá tvorila súčasť Slovenskej čítanky a mala slúžiť ako spoľahlivý sprievodca pri cestovaní po Slovensku zaradil aj výlet na Plavecký hrad. V tejto súvislosti uviedol, že prehliadku jaskyne pod hradom povoľoval lesný úrad v Podhradí, nachádzal sa tu aj kľúč od železnej mreže, ktorá ju uzatvárala. Iná, ťažko prístupná Medvedia jaskyňa známa pozostatkami pravekej fauny, bola

[10] Tento rodák z Borského Sv. Jura často pri svojich prácach používal rôzne pseudonymy. Aj publikáciu, o ktorej je reč a vyšla v Olomouci, vydal pod pseudonymom Str. Fd. Martinov.

neďaleko Plaveckého Sv. Mikuláša v doline Javorinky. Jaskyňa pod hradom Červený Kameň a jaskyňa sv. Lenharda pri Doľanoch sa zase nachádzali na druhej strane Malých Karpát.

PO ROKU 1918

V kontexte rôzne orientovaného poznávania Malých Karpát po roku 1918 sa zmienky o tunajších jaskyniach objavovali nielen v turistických príručkách, ale aj niektorých ďalších prácach. Už v roku 1920 sa F. Bilý (1854 –1920), český literárny historik, a S. Klíma zmienili v sprievodcovi po Slovensku o existencii jaskyne pod Plaveckým zámkom. Jej prehliadku povoľoval tunajší lesný úrad. Nachádzal sa tu aj kľúč od železnej mreže, ktorá uzatvárala jej vchod. Uviedli tiež, že sa sprievodcovi za umožnenie prehliadky jaskyne dávalo sprepitné. Iná jaskyňa, ktorú spomenuli, sa nachádzala pod hradom Červený Kameň. Ďalšia bola v obci Ompitál, na kopci neďaleko starobylého kostolíka. Podľa autorov išlo o jaskyňu, *ve které bydlil sv. Lenhard.* Informácie o niektorých malokarpatských jaskyniach sa objavili aj v ďalšej Klímovej práci z roku 1921. Zmieňoval sa v nej o neprístupnej jaskyni pod hradom Červený Kameň či železnou mrežou zatvorenej kvapľovej jaskyni pod Plaveckým hradom. Spomenul aj jaskyňu v obci Ompitál, kde sa nachádzala kaplnka sv. Lenharda, *ktorý v neďalekej jaskyni sa zdržiaval.* O rok neskôr sa o jaskyni sv. Leonharda, ktorá je údajne *spojená s krápnikovou jeskyní pod Červeným Kamenem*, zmienil v študentskom sprievodcovi po Slovensku aj košický kníhkupec Antonín Štangler.

Na zmienky o tunajších jaskyniach pamätala aj turistická príručka Ješka Hoffmanna (1883 – 1945), českého historika umenia a pamiatkara, ktorú zostavil v roku 1922 spolu s Klementom Ptáčovským (1886 – 1963), českým botanikom. Pri opise turisticky zaujímavých trás na území Malých Karpát spomenuli v súvislosti s hradom Červený Kameň existenciu tunajšej rozvetvenej jaskyne, ktorá *je ve spojení s jeskyní sv. Lenharda u Ompitálu a prý i s jeskyněmi na druhé straně Karpát.* Ako ďalej uviedli, údajne *těchto jeskyň a chodeb používal prý sv. Lenhard ke svým zázračným návštěvám na obou stranách pohoří.* Otázku, *zda je taková jeskyně možná*, ponechali na posúdenie geológom. Za nepravdepodobný považovali aj všeobecne rozšírený názor, že *dva lidé v podzemních chodbách u Rachsturnu zabloudili a vyšli až u Časté.* Pri opise turistickej trasy z Bratislavy do Stupavy zmienili sa i o hrade *Ballenstein* (Pajštún), kde *uvnitř nádvoří je zaklenutá jeskyně, která sloužila za cisternu a dosud má pitnou vodu.*

Ďalšie dve jaskyne sa nachádzali v okolí medených hámrov. Hneď za nimi vyvieral silný potok, ktorý poháňal hámre a dolinou sa prišlo k vápenným peciam. V ich tesnej blízkosti vo svahu boli jaskyne, *z nichž jedna malá, je naplněná vodou, druhá prostorná, je suchá a podle jména loupežnická jeskyně byla obývána a skutečně, ještě dnes vidíme do ní vytesané schůdky.*

V prípade turistickej trasy Rachsturn – Plavecký hrad zase uviedli, že *s vrcholku Rachsturnu sjedeme příkre ke vchodu do jeskyně, v jejímž uměle vytrhaném příchodním tunelu nalezeme vodu (jediná nahoře!). Jeskyně má nyní přístupné 3 dómy úzkými chodbami spojené. První dóm ca 30 vysoký je v nejhořejší části spojen s povrchem. Je sídlem četných netopýrů. Dno jeskyně je značně naplaveno a naplněno kameny, spadlými se stropu. – V nejnovější době objevena těžko dostupná pobočni jeskyně, pojmenovaná objeviteli „Kornhuberova".*

Pri zmienke o Plaveckom hrade spomenuli existenciu Plaveckej jaskyne, ktorá leží priamo pod ním. Kľúč od dverí do jaskyne bolo treba vyžiadať na lesnom úrade vo dvore v Podhradí. *Jiný vchod, zcela neschůdný, ve stráni o něco výše. Jeskyně má pěkné vysoké*

dómy s řadou vedlejších chodeb. Úzkým otvorem je spojena s další 5 m dlouhou jeskyní, ležící ještě níže.

V ďalšej časti sa zmienili aj o dvoch pravdepodobne najzaujímavejších jaskyniach tunajšieho pohoria. Nachádzali sa v okolí Plaveckého Sv. Mikuláša, ale nebola k nim vyznačená cesta, čo malo nepovolaným osobám sťažiť ich prípadné vyhľadanie. Jaskyne boli veľmi málo preskúmané. Podľa opisu *v údolí, vedoucím z Plav. Sv. Mikuláše k loveckému zámku Monrepos, asi $^1/_2$ hod. vzdáleny, nacházejí se ve výši asi 40 m nad údolím naproti sobě. Jedna, t. zv. Medvědí jeskyně, asi 20 m dolouhá, je značne, částečne zúmyslně zasypána. Nalézají se v ní kosti předpotopních zvířat (ursus paleus, elephans primogenius). Druhá jeskyně, podle vchodu soudě, mnohem větší, směřuje dolů a je úplně zaplavená pískem a hlinou, v níž nalézáme hojně kostí i střepin.*

Rozličné zmienky o jaskyniach Malých Karpát nachádzame po roku 1918 aj v prácach iného charakteru. Stručnú zmienku o kvapľovej jaskyni pod Plaveckým hradom zahrnul do opisu Bratislavskej župy v roku 1920 František Kulhánek (1882 – 1962), český publicista. V roku 1921 František Koláček (1881 – 1942), profesor geografie na univerzite v Brne, vo fyzikálnom zemepise karpatskej časti Československej republiky spomenul pri opise stredného pásu Karpát kvapľovú jaskyňu pod hradom Červený Kameň. V roku 1922 Eduard Štorch (1878 – 1956), český pedagóg a spisovateľ, na adresu jaskýň Malých Karpát uviedol, že pravekí lovci našli v nich *bezpečné útočištia a pri dôkladnejšom bádaní objaví sa naozaj mnoho pamiatok.* V tejto súvislosti sa *známou stala tak rečná Medvedia jaskyňa čiže Pálffyho jaskyňa pri Plaveckom Sv. Mikuláši, západne od Malaciek.* Spomenul tunajší nález ľudského zuba – stoličky a ďalej uviedol, že *Prof Jenő Hillebrand, zaslúžilý skúmateľ uhorských jaskýň, objavil tuná r. 1912 kostený nástroj, ktorý je výrobok pravekého lovca. Je to pekne prisekaný a ohľadený hrot z kosti soba, ktorý snáď slúžil človeku ako šidlo alebo harpuna.* O kvapľovej jaskyni pod hradom Červený Kameň sa zase v roku 1924 stručne zmienil český učiteľ Karel Jelínek (1871 – 1967). V kontexte geologického vývoja Bratislavskej župy spomenul ju ako jedinú jaskyňu v oblasti Malých Karpát.

V roku 1929 český geológ Vlastislav Zázvorka (1903 – 2002) zase publikoval prácu o krasových územiach na Slovensku. Spomenul v nej aj *nejzápadnější část krasu na Slovensku*, krasový terén Malých Karpát. Z tunajších jaskýň však konkrétne uviedol len kvapľovú jaskyňu pod hradom Červený Kameň. Ďalšia, o ktorej sa ešte zmienil, *jest na Zámčisku, poblíže letoviska Harmonie, západně od městečka Modra.*

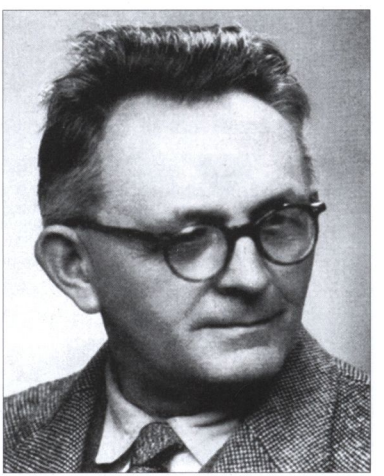
Iné dimenzie v prípade jaskýň Malých Karpát predstavoval po roku 1918 odborný záujem. V jeseni roku 1923 František Horálek realizoval pod vedením Jana Eisnera (1885 – 1967), českého archeológa, archeologický výskum v jaskyniach Deravá skala a Tmavá skala pri Plaveckom Sv. Mikuláši. V Tmavej skale, do ktorej sa vchádza úzkym otvorom vo vysokom dóme kruhovitého pôdorysu, prehliadnutím vykopanej hliny z predchádzajúcich vykopávok našiel mnoho kostí jaskynného medveďa. Našiel tam dolný premolár veľkého vlka. Kosti jaskynného medveďa boli väčšinou polámané, niektoré opálené, iné prihladené do špičiek a hladidiel. O prítomnosti paleolitického človeka v jaskyni svedčil podľa neho jednoznačne ďalší nález – prerezaný a vyhladený očný zub jaskynného medveďa.

V Deravej skale F. Horálek už pri povrchnej obhliadke jaskynného dna našiel po ľavej strane pri vchode sekerkovitý, serpentínový, pekne hladený a úplný modrosivý klin (obr. 9). Hlavná časť jeho nálezov pochádzala z asi 1 m hlbokej odpadkovej jamy v ľavej zadnej časti jaskyne. Tu našiel všetky nádoby, ktoré sa dali aspoň čiastočne doplniť. Išlo o ručnú výrobu bez použitia kruhu. Nádoby mali veľmi odlišné tvary a väčšina z nich bola bez ozdôb. Medzi nádobami bola aj jedna takmer úplná lyžička fajkovitého tvaru. V tejto časti

Obr. 9. Časť nálezov F. Horálka z výskumu Deravej skaly v roku 1923
Fig. 9. A part of F. Horálek's findings from the research of the Deravá skala from 1923

jaskyne našiel aj tri neúplné hrubšie a pekne hladené sekerkovité kliny, o niečo väčšie ako prvý. V kultúrnej vrstve so zvyškami ohniska ohraničeného kameňmi v kruhu vzadu vpravo od Hillebrandovho výkopu našiel ručný mlyn. Pozostával z plochého kameňa obdĺžnikového tvaru, ktorý bol vyhladený na povrchu guľovitým drvičom veľkosti päste. S ohľadom na charakter nálezov F. Horálek usúdil, že patria k jordansmühlskej kultúre.

V roku 1926 J. Eisner publikoval niektoré poznatky týkajúce sa štúdia predhistorickej archeológie na Slovensku po prevrate, ako aj poznatky z vtedajšieho výskumu. Zmienil sa tu i o nových paleontologických a archeologických nálezoch na Slovensku. V tejto súvislosti potom konštatoval, že pleistocénne kosti a zuby z jaskýň Deravá a Tmavá skala z výskumu F. Horálka získalo Vlastivedné múzeum slovenské v Bratislave.



Obr. 10. Josef Skutil (1904 – 1965)
Fig. 10. Josef Skutil (1904 – 1965)

Ako druhú dôležitú paleolitickú stanicu na Slovensku *jaskyňu Pálffyho*[11] *vo veľkom jaskyňovitom abri v triasovom vápenci pri Plaveckom Sv. Mikuláši* spomenul v roku 1927 v práci o slovenskom paleolite Josef Skutil (1904 – 1965), český archeológ (obr. 10). V tejto súvislosti konštatoval, že *výkopy započaté tu dr. Z. Schréterom, boly zakončené týmto profilom s bohatým paleontologickým materiálom (ale bezvýznamným celkom pre detailnejšiu archeologickú klasifikáciu).*

[11] Podľa J. Skutila jaskyňu známu dovtedy ako Djeravá skala premenoval na Pálffyho jaskyňu H. Horusitzky.

Z hľadiska jej ocenenia uviedol, že *veľmi inštruktívny profil Pálffyho jaskyne so superpozíciou kultúrnych vrství, archeologicky nie síce príliš bohatých, ale predsa len typicky charakterizovaných, obľahčuje klasifikáciu: najnižší horizont je aurignacký a mladší protosolutréenský, charakterizovaný piatimi exemplármi vavrínových listov szeletského typu; najmladšie niveau bolo magdalénske, tak že Pálffyho jaskyňa reprezentuje celú mladopaleolitickú evolúciu v smysle západnej teorie.*

V kontexte charakterizovania staršej doby kamennej J. Eisner v roku 1928 uviedol, že bezpečných paleolitických staníc je na Slovensku šesť. Zaradil medzi ne aj jaskyňu Deravá skala a konštatoval, že výskum tzv. *Pálffyho jaskyne pri Plaveckom Sv. Mikuláši, kde byl zjišten aurignacien, protosolutréen a magdalénien, zaslouží, aby byl podrobně uveřejněn.* Zásluhou F. Horálka sa tak stalo v roku 1930.

Pri zmienke o nových výskumoch maďarských bádateľov J. Eisner v roku 1930 spomenul kostený hrot z obdobia aurignaciénu z jaskyne Deravá skala pri Plaveckom Sv. Mikuláši. V tejto súvislosti citoval názor A. Saáda, maďarského bádateľa, ku ktorému dospel na základe jeho porovnania s podobným nálezom z jaskyne Szeleta v Maďarsku. Ten za správnejší považoval názor J. Hillebranda, ktorý sa domnieval, že na oboch hrotoch bol urobený umelý zárez.

O nálezoch z malokarpatských jaskýň sa J. Eisner zmieňoval aj v roku 1930 (obr. 11). Ako uviedol, *kosti jaskynného medveďa sa našly v jaskyni „Tmavej" za Plaveckým Svätým Mikulášom i v jaskyni „Pálffyovej", ktorá sa otvára proti jaskyni „Tmavej" na druhom boku doliny. V „Pálffyovej" jaskyni sa prišlo tiež na kosti soba aj druhých zvierat, ktoré dnes žijú v studených krajoch na severe.* Konštatoval tiež, *že cenné pamiatky po paleolitických lovcoch našiel pre rokmi maďarský archeológ J. Hillebrand v jaskyni „Pálffyovej". Sú z doby aurignackej, protosolutréenskej a magdalénskej. Kosti diluviálnych vtákov z onej jaskyne určil V. Čapek, učiteľ v Oslavanoch na Morave. J. Hillebrand našiel v jaskyni i detský zub, dosiaľ jediný zbytok z ľudského tela z doby diluviálnej na Slovensku.* Pri charakterizovaní obdobia neolitu zmienil sa aj o jednotlivých kultúrach. V tejto súvislosti uviedol, že s kultúrou lengyelskou súviseli osady, z ktorých jedna sídlila *v Pálffyovej jaskyňke pri Plaveckom Sv. Mikuláši,* pričom išlo o pamiatky *z mladšieho obdobia kultúry lengyelskej, ktoré menujeme jordansmühlské.*

Obr. 11. Jan Eisner (1885 – 1967). Archív SMOPaJ, Liptovský Mikuláš
Fig. 11. Jan Eisner (1885 – 1967). Archive of SMOPaJ, Liptovský Mikuláš

O rozvíjajúcom sa záujme o poznanie krasu Malých Karpát svedčí aj práca Vladimíra Holečka z roku 1930. V nej sa popri načrtnutí tunajších geologických pomerov usiloval aj o objasnenie hydrologických pomerov a charakterizovanie vtedy známych krasových javov v Brezovských Karpatoch.

JASKYŇA DRINY

Inú významnú kapitolu po roku 1918 predstavuje činnosť, ktorá v rokoch 1930 – 1932 vyústila do objavu jaskyne Driny. Prieskumu Smolenického krasu sa od roku 1920 venovala skupina mladíkov. Boli to Imrich Vajsábel a bratia Silvester i Alexander Valovci. Lákali ich poklady, a preto prehľadávali rozličné pukliny a dutiny v okolí. Neskôr ich zaujalo hľadanie podzemných priestorov s kvapľovou výzdobou. Do roku 1922 sa snažili preniknúť do hlbín

Kompereku a Sovej hory. Neskôr sa k nim pridružil študent Karol Haverlent. Na jeho popud preskúmali Havranicu, Malú skalu, Driny, Veterlín, kde sa usilovali preniknúť do predpokladaných priestorov. Roku 1921 sa skupina rozšírila o Štefana i Jána Baniča a Alojza Vajsábla. Odchodom viacerých členov do Francúzska na štúdiá sa celá skupina rozpadla.

Podľa Štefana Jastrabíka (1917 – 1981), učiteľa a regionálneho historika, sa neskôr ku zvyšku skupiny pripojil P. Vravúšek z Bíňoviec. Ťažiskom záujmu sa stala Havranica, kde objavili malú jaskyňu s nepatrnou výzdobou bez ďalšieho pokračovania. Záhadnú dieru závrtového komína na vrchole Driny sa niekedy okolo roku 1924 údajne opäť pokúsil preskúmať I. Vajsábel so svojím bratom. Dostali sa iba do hĺbky 10 m, kde ďalšiemu postupu bránilo množstvo nahádzaných kameňov.

Záujem o jaskyne sa oživil príchodom štábneho strážmajstra Jana Prudíka (1899 – 1942) do Smoleníc roku 1926 (obr. 12). Náhodne sa dozvedel o tunajších jaskynných otvoroch a sám začal podnikať vychádzky do blízkeho okolia. V roku 1929 sa dostal k jaskyni na Havranici. Prezrel si jej zasypaný vchod, ale nevenoval jej viac pozornosť. Po získaní Bedřicha Toufara, záhradníka Pálffyho veľkostatku, a ďalších záujemcov začali chodiť na Havranicu spoločne. Zo začiatku mali vychádzky charakter výletov, neskôr tu pracovali s čoraz väčšou intenzitou. K Prudíkovi sa časom pripojil Karol Haverlent, úradník chemickej továrne, ktorý sa o jaskyne zaujímal aj v minulosti. Pridali sa aj J. Banič a I. Vajsábel, ľudia v podobných prácach skúsení, čím práca na Havranici dostala plánovitejší charakter.

Obr. 12. Jan Prudík (1899 – 1942). Archív SMOPaJ, Liptovský Mikuláš
Fig. 12. Jan Prudík (1899 – 1942). Archive of SMOPaJ, Liptovský Mikuláš

V lete 1930 K. Haverlent, J. Vajsábel a J. Banič uvoľnili vchod do jaskyne na Havranici. Prenikli do hĺbky niekoľkých metrov, ale otvor na konci chodby nemal pokračovanie. Menší priestor s poškodenou kvapľovou výzdobou objavili po prekonaní cca 30 m dlhej úzkej puklinovej chodby aj v jaskyni na Malej skale. V apríli 1931 preskúmali krasové javy na Padlej vode pri Smoleniciach a Mníchovej skale a 35 m hlbokú dieru Peterská pod Veterlínom. Dozvedeli sa aj o rozsadline Zavesená skala pri Drinách, ale ani tu sa ich úsilie nestretlo s úspechom.

Objav kvapľových priestorov jaskyne Driny pripadá na rok 1930. Prudíka na existenciu diery na vrchu Driny upozornil hájnik Gočál. V októbri 1930 ju vyhľadal a začali v nej pracovať. Prudíkovi a jeho spoločníkom sa podarilo dostať po veľký kameň, uzatvárajúci lievikovitú dieru. Po jeho odstránení sa otvorila asi 10 m hlboká diera, ktorou sa spustili do neznámej hĺbky, kde sa im vo svetle lampášov po prvý raz ukázal priestor zdobený kvapľami. Snahy o ďalší prienik neviedli k úspechu a rok 1930 sa skončil bez väčších výsledkov. Prieskum rozsadliny v Zavesenej skale pri Drinách roku 1931 motivovalo úsilie dostať sa aspoň týmto smerom do predpokladaných jaskynných priestorov. Vynaložená námaha ani tu nepriniesla želaný výsledok.

Pod dojmom neúspechov J. Prudík založil 9. júna 1931 Komitét pre výskum jaskýň v Smoleniciach. Dosiahnuté výsledky ani potom nepriniesli nič mimoriadne. Spôsobili útlm záujmu a veci okolo jaskýň sa pohli až vtedy, keď do podniku zainteresovali Jána Beňovského, okresného náčelníka v Trnave. V auguste 1932 sa prihlásil za člena komitétu

a po prehliadke lokalít dospel k presvedčeniu, že treba začať tam, kde to prospeje rozvoju turistiky, t. j. na Drinách. V septembri 1932 už pracoval na realizácii rozvrhnutých plánov. Od majiteľa lesov získal povolenie na ďalšie práce. Smolenický veľkostatok zapožičal inventár. Jeho zásluhou sa prípravy rozbehli natoľko, že už 3. novembra 1932 začali robotníci na čele s J. Baničom vyťahovať z diery na Drinách kamene. Vedenie prác mal na starosti J. Prudík. Do prvého väčšieho priestoru sa dostali 19. novembra 1932 a 23. novembra 1932 prenikli do spodných častí jaskyne. V práci pokračovali ďalej a 14. decembra 1932 sa ich úsilie zavŕšilo preniknutím do pekných kvapľových priestorov.

LITERATÚRA

ANONYMUS 1860. Rachštunská jeskyně v prešpurské stolici. Slovenské noviny, č. 143, Ve Vídni, v úterek dne 4. dec.

ANONYMUS 1975. Sto rokov archeologického výskumu v jaskyniach na Slovensku. Slovenský kras, 13, 3–36.

BILÝ, F. – KLÍMA, S. 1920. Ilustrovaný průvodce po Slovensku s mapou Slovenska a Tater. Praha, 142 s.

BOKESOVÁ-UHEROVÁ, M. 1958. Bratislavský lekársko-prírodovedný spolok (1856 – 1945). Bratislava, 73 s.

CSAPLOVICS, J. 1821. Die Tropfstein=Höhle zu Blasenstein (Detrekö). Archiv des Königreichs Ungern, Wien, 74–77.

CSAPLOVICS, J. 1829. Gemälde von Ungern. Pesth, s. 53

DOSEDLA, J. 1949. Zajímavé puklinové jeskyně v Malých Karpatech. Sborník Československé společnosti zeměpisné, 54, 1, Praha, 45–46.

EISNER, J. 1926. Studium předhistorické archeologie na Slovensku po převratě. Sborník Muzeálnej slovenskej spoločnosti, ročník XX, Turčiansky Sv. Martin, 14–27.

EISNER, J. 1928. Predhistorický výzkum na Slovensku a v Podkarpatské Rusi r. 1927. Sborník Muzeálnej slovenskej spoločnosti, ročník XXII, Turčiansky Sv. Martin, 26–40.

EISNER, J. 1930. Predhistorický výzkum na Slovensku a v Podkarpatské Rusi r. 1929. Sborník Muzeálnej slovenskej spoločnosti, ročník XXIV, Turčiansky Sv. Martin, 167–179.

EISNER, J. 1930. Okres bratislavský a malacký v praveku. Sborník kultúrnej práce, Vlastivedný sborník okresu bratislavského a malackého, diel I., Bratislava, 21–26.

ENGELHART, A. 1828. Die Tropfsteinhöhle zu Blasenstein. Prachtwerke der Unterwelt, Zweyter Theil, Wien, 186–190.

ERSCH, J. S. – GRUBER, J. G. 1823. Allgemeine Encyclopädie der Wissenschaften und Künste, Zehnter Theil (Bibel – Blei). Wien, 522–524.

FÉNYES, E. 1847. Poson vármegye. Magyarország leirása, 2. rész, Pest, 392 a 482.

FÉNYES, E. 1851. Magyarország geographiai szótára, I. kötet, Pesten, s. 257.

HOFFMANN, J. – PTAČOVSKÝ, K. 1922. Bratislava s okolím a Malé Karpaty, turistická knihovna Klubu československých turistů, Svazek 1, Praha, 33–34, 39–40, 44–45.

HOLEČEK, V. 1930. Krasový terén v Brezovském pohoří. Bratislava, časopis Učené společnosti Šafaříkovy, Bratislava, 352–359.

HORÁLEK, F. 1931. Archeologický výzkum v jeskyni Pálffyově u Plaveckého Svatého Mikuláše. Príspevky k praveku, dejinám a národopisu Slovenska, Bratislava, 12–16.

HUNFALVY, J. 1860. Magyarország és Erdély, II. kötet, Darmstadt, 76–77.

HUNFALVY, J. 1863. A magyar birodalom természeti viszonyainak leirása, Pest, 153–154.

CHIMANI, L. 1814. Die Tropfsteinhöhle in Blasenstein. Der Freund des Vaterlandes, Wien, 167–171.

JASTRABÍK, S. 1969. Smolenická jaskyňa Driny. Bratislava, 88 s.

JELÍNEK, K. 1924. Župa bratislavská, XV. Bratislava, 112 s.

KLÍMA, S. 1921. Slovenská vlasť. Praha, 24–25 a 27.

KOLÁČEK, F. 1921. Fysikální zeměpis karpatské části Československé republiky. Praha, 130 s.

KORABINSKÝ, J. M. 1786. Geographisch-Historisches und Produkten Lexikon von Ungarn. Pressburg, 624– 625.

KORNHUBER, G. A. 1865. Adalékok Pozsonymegye természettani földrajzához. Pozsony és környéke, Pozsony, s. LIX–LX.

KRETZ, F. 1908. Na Plavecký zámek. Z cest po Slovensku. Revue Naše Slovensko, měsíčník pro hájení zájmů uherských Slováků, roč. I, sešit 5, Vydavatel Ant. Reis, V Praze, nákladem vlastním, 207–209.

KULHÁNEK, F. 1920. Župy a mestá na Slovensku. Republika československá, Banská Bystrica, s. 107.

Lalkovič, M. 1992. Nový pohľad na históriu poznávania jaskýň Malých Karpát. Slovenský kras, 30, 109–130.
Lalkovič, M. 1997. Príspevok k problematike turisticky sprístupnených jaskýň na Slovensku. Slovenský kras, 35, 153–162.
Lalkovič, M. 2000. Príspevok k histórii jaskyne Driny. In Bella, P. (Ed.): Výskum, využívanie a ochrana jaskýň, zborník referátov, Liptovský Mikuláš, 189–199.
Lichard, D. G. 1871. Z topografie Malých Karpatov. Letopis Matice slovenskej VIII, zväzok II, Matičných spisov č. 27, Martin, 36–46.
Martinov, St. F. 1910. Malé Karpaty a Biela Hora. Olomouc, 13–33.
Matulová, M. 2003. Kláštor sv. Kataríny pri Dechticiach. Diplomová práca, Filozofická fakulta UK Bratislava, 89 s.
Mitter, P. 1983. Geomorfologická rajonizácia krasu Malých Karpát. Slovenský kras, 21, 3–34.
Petényi, S. J. 1864. Hátrahagyott munkái, I. füzet. Pest, 85–120.
Pichler, C. 1809. Tropsteinhöhle Blasenstein. Vaterländische Blätter, 2. Jhg., Bd. 1, Nr. 16, Wien, 3. 3. 1809.
Pichler, C. 1822. Die Tropfsteinhöhle in Blasenstein. Prosaische Aufsätze, Erster Theil, Wien, 45–54.
Prikryl, Ľ. V. 1985. Dejiny speleológie na Slovensku. Bratislava, 204 s.
Primics, Gy. 1890. A barlangi medve (Ursus spelaeus Blumenb.) nyomai hazánkban. Földtani közlöny, XX. Kötet, 146–173.
Rehman, A. 1895. Ziemie dawnej Polski i sąsiednich krajów sławiańskich opisane pod względem fizyczno-geograficznym. Część pierwsza: Karpaty (Karpaty opisane pod względem fizyczno-geograficznym). We Lwowie, 657 s.
Sartori, F. 1811. Naturwunder des Osterrechischen Kaiserthums, II. Th. Wien, s. 39
Skutil, J. 1927. Slovenský paleolit. Sborník Muzeálnej slovenskej spoločnosti, ročník XXI, Turčiansky Sv. Martin, 39–48.
Szekcső, T. 1865. Sz. kir. Pozsony városának és környékének helyrajzi és statistikai ismertetése, Helyirati rész. Pozsony és környéke, Pozsony, s. 114 a 123–124.
Szepesházy, C. – Thiele, J. C. 1825. Blasensteiner Höhle. Merkwürdigkeiten des Königreiches Ungern, Erster Band, Kaschau, 33–34.
Štangler, A. 1921. Studentský průvodce Slovenskem. Košice, 71 s.
Štorch, E. 1922. Prví ľudia v našej krajine. Slovenská vlastiveda, ročník I., Praha, 106–110.
Thiele, J. C. 1833. Blasensteiner Höhle. Das Königreich Ungarn, Kaschau, 33–34.
Vályi, A. 1799. Pozsony vármegye. Magyar országnak leírása, harmadik kötet, Budán, 123–125.
Wagner, L. – Orbók, M. 1884. Pozsonymegye földrajza. Pozsony, s. 44 a 76.
Wattenwyl, I. 1911. Eine neue Höhle in der Gemarkung der Gemeinde Fajnoráci im Kom. Nyitra. Földtani közlöny, 41, Budapest, 220–221.
Windisch, K. G. 1780. Geographie des Koenigreichs Ungarn, Erster Theil. Pressburg, 103–148.
Zázvorka, V. 1929. Krasová území na Slovensku. Krása našeho domova, ročník XXI, Praha, 42–44, 57–60.

BEGINNINGS OF CAVES COGNITION IN THE LESSER CARPATHIANS MTS.

Summary

Probably the first mentions on caves in the Lesser Carpathians Mts. came to literature thanks to Matej Bel in 1735. He published them in his Notície, where he mentioned the existence of two caves in the valley of Stupavka, above the Pajštún Castle. He also mentioned a cave near Smolenice. Local people called it Mníchova diera and registered also existence of less known caves near Pezinok. The data of M. Bel were the only source of information on the Lesser Carpathians Mts. caves for a long time. As late as 1786 J. M. Korabinský mentioned the existence of another cave in the Lesser Carpathians Mts. He situated it into the surroundings of the Franciscan monastery of St. Catherine near Naháč.

Different interests in caves of the Lesser Carpathians Mts. are represented by tendencies, which are connected with the cave pod Plaveckým hradom and the Haviareň Cave in the Vápenná Hill. The first mentions on the cave pod Plaveckým hradom were introduced to literature as early as the beginning of the 19th century by Austrian woman-writer C. Pichler. Thanks to that time owner of the land count Pálffy, this cave became the first show cave in the Slovak territory. The case of the Haviareň Cave is interesting by the fact that as early as 1818 a civil engineer F. Besetzer depicted its spaces. It is manifested by his originally colorized handwritten work in the collection of maps and plans forming a part of Pálffy's family archive. The beginnings of closer cognition of the caves in the Lesser Carpathians Mts. are connected with activities of natural scientific fellowship established in 1856. On the basis of his own researches, its secretary A. Kornhuber published his knowledge on physical geography of the Bratislava County in the fellowship

yearbook in 1865. He also mentioned several caves. In the context of skeleton findings of extinct animals, he mentioned the Tmavá skala Cave near Plavecký Mikuláš, which was studied by F. Rómer. He also mentioned a cave in the Rachsturn Hill, cave pod Plaveckým hradom, caves in Cajlanská Valley near Pezinok and Zbojnícka Cave in the Stupavka Valley.

The cognition of caves in the Lesser Carpathians Mts. acquired more systematic character at the end of the 19th and beginning of the 20th century. The secretary of the Ugrian Archaeological and Anthropological Society J. Szendrei carried out the first archaeological research of the Čertova diera Cave near Plavecký Mikuláš in 1888. H. Horusitzky realized an agrogeological research of the southern part of the eastern slopes of the Lesser Carpathians Mts. in 1907 and of the region around Sereď, Častá and Horné Orešany in 1910. He published his knowledge in 1912, where he also mentions a cave near Častá and a cave in the Sova Hill. I. Wattenwyl investigated a cave in the cadastre of Prašník village near the settlement U Fajnorov. Gy. Éhik studied palaeontological findings in the cave near Plavecký Mikuláš in 1912. In the same year J. Hillebrand realized palaeontological-archaeological research in the so-called Pálffy's Cave near Plavecký Mikuláš.

During the second half of the 19th and beginning of the 20th century the mentions on caves appeared both in vocational and differently oriented publications. It is witnessed by works of J. Hunfalvy from 1863, J. S. Petényi-Petian from 1864, L. Wagner and M. Orbók from 1884, Gy. Primics from 1890, F. Kretz from 1908 or F. Martinov from 1910. This trend continued also after 1918. Within the context of deepening knowledge of the Lesser Carpathians Mts., the references on caves appeared not only in tourist guides but also in other works. It is documented by tourism oriented works of F. Bilý and S. Klíma from 1920, A. Štangler from 1921, J. Hoffmann and K. Ptačovský from 1922 and others. It is also witnessed by works of F. Kulhánek, F. Koláček, K. Jelínek and V. Zázvorka, where also in spite of their entirely different thematic orientation, we can also find mentions on several local caves.

Other dimensions after 1918 were represented by vocational interest in caves of the Lesser Carpathians Mts.. It is not only connected with the archaeological research of F. Horák in the Deravá skala Cave in 1923. It is also witnessed by activities of J. Eisner, J. Skutil or V. Holeček. The character of processes understood this way is illustrated by activities merited to J. Prudík and J. Beňovský, which ended up with the discovery of the Driny Cave during 1930 – 1932.

SLOVENSKÝ KRAS ACTA CARSOLOGICA SLOVACA	47/2	315 – 328	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2009

KORČULIARSKE SLÁVNOSTI V DOBŠINSKEJ ĽADOVEJ JASKYNI

KINGA SZÉKELY[1] – PAVOL HORVÁTH[2]

[1] Füst Milán u. 12, H-1039 Budapest, Hungary
[2] Banícke múzeum v Rožňave, Šafárikova 31, 048 01 Rožňava

K. Székely, P. Horváth: Skating events in the Dobšiná Ice Cave

Abstract: After its discovery in 1870, the Dobšiná Ice Cave became accessible to the public already in 1971. To promote publicity and facilitate training for skaters in the summer season Miklós Markó (journalist 1865 – 1933) initiated and organized grand ice skating events between 1893 and 1909 on seven occasions in the so-called Great Hall. European champions of ice skating and dance, but also locals with such interest were the participants of these events. The ice surface was made even to host the spectacular shows. Since this sport grew in its popularity towards the end of the century, the audience could also try their talent on the ice. As notable artists were also among the spectators, some of them, like László Bellony, György Conräder, Ödön Kacziány and Ernő Markó also took record of the participants in their pictures and drawings. Károly Divald Jr. also took photographs of the ice dancers. Information on these events are on the one hand interesting data sources on the history of the development and utilization of the cave, on the other hand these pictures are unique documents of the age.

Key words: history, cave, skating events, Dobšiná Ice Cave

ÚVOD

Po objave v roku 1870 sa Dobšinská ľadová jaskyňa čoskoro stala obľúbeným výletným miestom. Významnou mierou k tomu prispelo, že jaskyňu turisticky sprístupnili s podporou mesta Dobšiná už v roku 1871 a od roku 1881 elektricky osvetlili, aj keď len sporadicky.[1] V tom období ju považovali za najväčšiu ľadovú jaskyňu na svete. Jej krásy a jedinečnosť propagovali ilustrované opisy v maďarskom, nemeckom, anglickom a poľskom jazyku. Prehliadku jaskyne si v roku 1889 dala do svojho plánu jedna z najvýznamnejších cestovných kancelárií The Cook et Son. Na popularitu jaskyne poukazuje aj skutočnosť, že začiatkom letnej sezóny v roku 1888 bola v osade Ľadová jaskyňa zriadená pošta a telegraf.[2] Pošta, otvorená v mesiacoch júl a august, používala poštovú pečiatku „Dobsinai-jégbarlang" (Dobšinská ľadová jaskyňa).

Kým v prvých rokoch od jej sprístupnenia sa počet návštevníkov pohyboval v rozmedzí niekoľko sto, po roku 1890 sa návštevnosť postupne zvyšovala až na viac než tritisíc za rok. Vzhľadom na polohu jaskyne, vtedajšie možnosti cestovania, ubytovania, stravovania a stav komunikácií sa už tento počet môže pokladať za veľmi významný. V tom istom čase návštevnosť jaskyne Baradla, považovanej vtedy za druhú najdlhšiu jaskyňu na svete, známej už po stáročia, nepresiahla ročný priemer 600 návštevníkov.

Publicista Mikuláš Marko (1865 – 1933) bol napriek tomu s týmto stavom nespokojný (obr. 1). Tento rožňavský rodák, syn známeho majiteľa manufaktúry na výrobu kože Jozefa Marka, sa ako

[1] Rozsnyói Híradó, roč. IV, č. 32, 7. august 1881, s. 3.
[2] Rozsnyói Híradó, roč. XI, č. 27, 1. júl 1888, s. 3.

Obr. 1. Mikuláš Marko s manželkou. Súkromný archív Veroniky Griegerovej-Markovej
Fig. 1. Miklós Markó with his wife (courtesy of Mrs Grieger, Veronika Markó)

milovník a propagátor Gemera sústavne usiloval o zviditeľnenie jeho pamätihodností. Marko, píšuci pre viacero periodík, ako pravý kronikár neustále informoval verejnosť o aktuálnom dianí na Gemeri. Zároveň bol aj priaznivcom korčuliarskeho športu. V roku 1889 sa stal majstrom Uhorska v rýchlokorčuľovaní. Bolo len prirodzené, že popularitu ľadovej jaskyne chcel pozdvihnúť aj pomocou korčuľovania v nej. Chcel nielen zvyšovať počet návštevníkov, ale zároveň umožniť korčuľovanie aj mimo zimného obdobia.

Myšlienka korčuľovania v jaskyni nebola žiadna novinka. Prvýkrát sa môžeme dočítať, že v roku 1881 uverejnili periodiká mylnú správu o ohlásenej ľadovej slávnosti, keďže dozorná rada ľadovej jaskyne o tom informáciu nemala. V roku 1887 sa znovu objavuje pojem korčuľovania, ktoré plánovali pri príležitosti slávnostného spustenia elektrického osvetlenia jaskyne 3. júla. Podľa plánu mala byť jaskyňa *osvetlená účelovým zariadením, keď budú v prevádzke všetky batérie a dynamo, poháňané parným strojom*, vďaka čomu jaskyňa bude osvetlená intenzitou cca 30- až 35-tisíc sviečok a Veľká sieň bude k dispozícii korčuliarom.

Či sa plánovaná akcia aj uskutočnila a o tom, či sa už v 80. rokoch 19. storočia vo Veľkej sieni korčuľovalo, správy nehovoria. Podľa Pavla Glaufa (1895a) však možno predpokladať, že dobšinská mládež využívala Veľkú sieň na korčuľovanie už pred organizovaním korčuliarskych slávností. Napriek tomu azda môžeme oprávnene považovať za otca ľadových slávností M. Marka, ktorý tieto slávnosti navrhol už v roku 1892 a aktívne začal aj s ich organizovaním.

Po preskúmaní Markovej činnosti môžeme konštatovať, že to bol človek veselej mysle, milujúci spoločnosť, históriu, vážiaci si významné osobnosti, obdivovateľ umenia.[3] Veľmi rád sa zabával, bol nadšencom cigánskej muziky a k jej interpretom priateľsky naklonený. Jeho vlastnosťou bolo za dobrú vec mobilizovať a zabávať masy. Zvlášť dbal na prítomnosť novinárov, aby udalosti dostali čím väčšiu publicitu. Markove snahy neboli vždy podporované, naopak, často aj marené. Ani jeho vlastná rodina si ho veľmi necenila a považovali ho len za nejakého „škrabáka". Je pravda, že jeho články nepatrili medzi krásnu literatúru, ale sú neoceniteľným zdrojom informácií o podujatiach v súčasnosti už takmer zabudnutých.

Zdrojom informácií pri písaní tohto príspevku na oživenie spomienok na ľadové slávnosti boli periodiká Rozsnyói Híradó (Rožňavský spravodaj), vydávaný od roku 1887 každú nedeľu, a Sajó vidéke (Vidiek Slanej), ktorý vychádzal od roku 1898 každý štvrtok (obr. 2). Informovali o plánovaných, ako aj uskutočnených podujatiach. Po preskúmaní dostupnej literatúry je možné konštatovať, že predbežné zvesti sľubovali vždy niečo viac, než čo potvrdili správy o uskutočnených podujatiach. Z toho dôvodu bolo potrebné brať do úvahy obidve informácie.

[3] Najvýznamnejším podujatím v Markovej réžii bolo okrem ľadových slávností odhalenie pamätnej tabule pri jaskyni Baradla v roku 1906 a slávnosť centenária, uskutočnená v roku 1923 na počesť Alexandra Petőfiho, Alberta Pákha a Júliusa Andrássyho za účasti 10 000 osôb.

Rozsnyó 1912 XXXV. évfolyam 39. szám Szeptember 29

ROZSNYÓI HIRADÓ

Megjelenik hetenkint egyszer: vasárnap
Kiadóhivatal: Rozsnyón, Rákóczi-tér 24, hová az előfizetések, hirdetések és a lap szétküldésére vonatkozó felszólalások intézendők

Felelős szerkesztő: PÁSZTOR MIHÁLY
Társszerkesztő: VÁRY LÁSZLÓ

Előfizetési árak: Egész évre 8 korona Fél évre 4 korona Negyed évre 2 korona Egy szám 20 fillér
Nyilt-téri közlemények ára soronkint 60 fillér

1918. HUSZONEGYEDIK ÉVFOLYAM 19-ik szám. ROZSNYÓ, CSÜTÖRTÖK, MÁJUS 9.

SZERKESZTŐSÉG: ROZSNYÓN, RÁKÓCZI-TÉR 3. SZ. hová a lap szellemi részét illető küldemények cimzendők.
Kéziratok vissza nem küldetnek
BÉRMENTETLEN LEVELEK NEM FOGADTATNAK EL.
ELŐFIZETÉSI-DIJ: Vidékre postán, helyben házhoz küldve
Egész évre . . 12·— kor.
Fél évre . . . 6·— kor.
Negyed évre . . 3·— kor.
Egyes szám ára 25 fill.

Sajó-Vidék

VEGYESTARTALMÚ HETILAP.

Megjelenik hetenként egyszer: csütörtökön.

Szerkesztésért felelős: LÓSKA BÉLA.

KIADÓHIVATAL ROZSNYÓN, RÁKÓCZI-TÉR 3. SZ. hová az előfizetési díjak, hirdetések és nyilttérbe való közlemények és ezeknek dij jai s végül a felszólamlások cimzendők.
Árverési hirdetések nyugtabélyeggel együtt egyszeri közlésnél 25 sorig 12 korona 14 fillér szontúl minden további sor 40 fillérrel több.
Nyilttér soronként 80 fill.

Obr. 2. Hlavičky rožňavských týždenníkov, ktoré informujú o dianí v jaskyniach – Rožňavský spravodaj a Vidiek Slanej
Fig. 2. The headlines of two Rožňava journals (Sajó Vidék, Rozsnyói Híradó) reported on the cave events

ĽADOVÉ SLÁVNOSTI

Dejiskom ľadových slávností bola 120 m dlhá a 40 až 60 m široká Veľká sieň. Milovníci korčuľovania mali k dispozícii ľadovú plochu s rozlohou takmer 500 štvorcových siah (1650 m^2). Jej využiteľnú plochu sústavne zväčšovali, prípadne využili aj ľadový svah okolo nej, z ktorého sa smelší spúšťali. Hladkú ľadovú plochu dosiahli vyhladením jej povrchu. Túto prácu pravidelne a s vysokou odbornosťou vykonával vždy pred slávnosťami sprievodca jaskyne.

Prvá ľadová slávnosť sa uskutočnila 16. júla 1893. Rozsnyói híradó informoval už v júni, že na čele organizačného výboru je objaviteľ jaskyne Eugen Ruffíny a členmi komisie sú Gustáv Lang, spoluobjaviteľ jaskyne a kapitán mestskej polície, Gejza Sziklay, starosta mesta Rožňava, a M. Marko. Gestorom podujatia bol poslanec parlamentu Gedeon Rohonczy, predseda Budapeštianskeho korčuliarskeho spolku.

Skutočnosť však bola taká, že ani Rožňava, ba ani Dobšiná si necenila Markovu iniciatívu, dokonca mesto Dobšiná úmyselne odignorovalo podujatie, na ktorom sa nezúčastnili ani objavitelia jaskyne, ba ani činitelia mesta, ktoré sa prezentovalo na podujatí iba mestským pisárom.

Napriek tomu, že v tlači sa písalo o organizačnom výbore zloženom z významných osobností, nakoniec všetka organizačná činnosť zostala na pleciach M. Marka. Keďže išlo o prvé podujatie svojho druhu, bolo len samozrejmé, že všetko neprebehlo hladko. V tomto nezohrala rolu len neskúsenosť, ale aj prístup spomenutých miest k podujatiu.

Na podujatí sa zúčastnilo takmer 100 účinkujúcich, z toho 32 párov bolo členmi korčuliarskeho spolku. Predstavenie sledovalo 300 očarených divákov. Hostia z Budapešti pricestovali do Rožňavy, tu však nebol dostatočný počet kočov na ďalšiu cestu, preto gróf Gejza Andrássy pre dámy zapožičal svoje štvorzáprahy.

Počas ľadových slávností, ktoré trvali od 14. do 16. hodiny, 32 párov tancovalo valčík, potom za hudobného sprievodu primáša Lajosa Radicsa z Miškolca zatancovali francúz-

sku štvorylku. Pre nedostatočnú kapacitu ubytovacieho zariadenia pri jaskyni zúčastnení pretancovali celú noc. Ráno sa časť spoločnosti vzdialila na kočoch. Ostatní oddychovali v priestoroch veľkej siene turistickej ubytovne, rozdelenej španielskou stenou pre dámy a pánov, alebo vo vaniach kúpeľnej dvorany. Pre dámy priniesol ráno vodu na umývanie z neďalekej studne sám poslanec Rohonczy.

G. Rohonczy pri záverečnom prípitku vyhlásil, že v záujme zachovania ľadových slávností a rozvoja okolia pripravuje založiť akciovú spoločnosť. Svoj návrh zakrátko aj predložil vedeniu mesta. Plánoval vystavať rekreačné stredisko so štvorposchodovým hotelom, ku vchodu do jaskyne vybudovať pozemnú lanovku a zriadiť železničné spojenie s Popradom. Zrovnaním ľadového svahu Veľkej siene chcel zväčšiť využiteľnú ľadovú plochu. Za ľadovú jaskyňu ponúkol 100 000 forintov.[4] Jeho projekt podporilo viacero významných osobností Uhorska.

Predtým však, než mesto o Rohonczyho ponuke rozhodlo, padol nový návrh. Parlamentný poslanec Gejza Kubinyi na zasadnutí týkajúcom sa výstavby železnice, ktoré sa konalo 6. augusta pri jaskyni, vyhlásil, že keď mu mesto predá jaskyňu a pod ňou pozemok s rozlohou 200 jutár[5], je ochotný zaplatiť 200 000 tisíc forintov s prísľubom, že železničná trať z Popradu bude vybudovaná nielen k ľadovej jaskyni, ale až po Dobšinú.

Mesto Rohonczyho prvú ponuku zamietlo. Kubinyi však pravdepodobne svoju ponuku písomne nepotvrdil, pretože Rohonczy v septembri podal ďalšiu žiadosť, ale už len na prenájom jaskyne za 4000 tisíc forintov ročne na 6 rokov. Takisto požiadal o pozemky v hodnote 4000 forintov, na ktorých by začali s výstavbou letovísk významní športovci už v priebehu jari budúceho roku.

Mesto však aj tento návrh zamietlo, k čomu podľa dobovej tlače významne prispela malichernosť dobšinských paničiek, ako aj žiarlivosť mužov. Dámy sa obávali zvýšeného počtu návštevníkov z Budapešti, čím by boli nútené držať sa peštianskej módy, a to by zvýšilo ich hmotné náklady. Páni sa zase v obavách o vernosť svojich manželiek zľakli prílevu mužov dobrého zjavu s vyšportovanými postavami.

O druhých ľadových slávnostiach, ktoré sa uskutočnili v roku 1894, priniesol v predstihu správu Rozsnyói Híradó už 4. marca 1894. Podľa nej plánovali uskutočniť ľadové slávnosti v júni. Termín podujatia bol podmienený obnovením hostinca pri jaskyni, lebo ten 12. októbra 1893 zničil požiar.

Roznyói Híradó už v máji informoval o júlovom programe, v júli zase o slávnosti, ktorá sa uskutoční 4. augusta 1894. Vtedy však už bolo známe, že mesto obnovu hostinca, s ktorou začalo až v júli, nestihne dokončiť do potrebného termínu. Keďže nájomca jaskyne E. Ruffíny sa neunúval odpovedať na dopyt organizátorov ohľadom možnosti stravovania a ubytovania, usporiadatelia program slávností v širších kruhoch nepropagovali. Organizačný výbor, ktorého hybnou pákou bol opäť M. Marko, poučený z minuloročných nedostatkov, venoval organizácii podujatia väčšiu pozornosť. S účastníkmi podujatia bolo dohodnuté, že 3. augusta 1894 odcestujú z Budapešti s príchodom do Popradu na druhý deň ráno. Tu sa ubytujú a uskutočnia výlet buď k Štrbskému plesu, alebo do Tatranskej Lomnice a 5. augusta 1894 pricestujú na kočoch k ľadovej jaskyni, kde sa v provizórnych priestoroch nedokončeného hotela prezlečú. Následne sa uskutoční slávnostné defilé k jaskyni. Po prehliadke jaskyne sa uskutoční predstavenie. Prerušiac program bude nasledovať obed s konzumáciou na ľadových stoloch, vytesaných v Sieni kráľa zimy. Večer sa hostia na kočoch presunú do Rožňavy a nasledujúci deň navštívia jaskyňu Baradla. Nakoniec sa podujatie ukončí prehliadkou hradu Krásna Hôrka.

[4] Roku 1892 sa v Rakúsko-Uhorsku zaviedla korunová mena – zlatá koruna. Napriek tomu sa v Uhorsku bežne uvádzali ceny vo forintoch. Niektoré platidlá forintovej meny boli platné do roku 1900.

[5] 1 jutro = 1200 štvorcových siah = 4315,924 m^2.

Keďže po prístupe mesta k Rohonczymu s ním ako patrónom podujatia počítať nemohli, požiadali o patronát parlamentného poslanca Dénesa Pázmándyho. Najvýznamnejším hosťom podujatia mal byť akademický maliar Egon Kacziány.

Podrobná správa o podujatí nie je známa. Toľko však vieme, že mesto sa na ňom nezúčastnilo. Gyula Porzsoly, viacnásobný korčuliarsky majster Európy, svoju účasť v poslednej chvíli odvolal z dôvodu iných, výhodnejších ponúk. Krasokorčuliar Tergovcsics vytkol Ruffínymu, že je poľutovaniahodné, že mesto pre korčuliarov, ktorých účasť stojí aj 30 až 40 forintov, im neposkytne nejaké hodnotnejšie ceny alebo kolekciu minerálov, aby kompenzovalo ich účasť na podujatí. Na tejto akcii sa zúčastnilo okrem budapeštianskych aj 20 pruských korčuliarov na čele s nemeckým ríšskym radcom Delbrückom, korčuliarskym majstrom; spoločne so svojou manželkou si zakúpili v Poprade korčule, aby mohli byť aktívnymi účastníkmi podujatia.

Napriek tomu, že v roku 1895 bolo 25. výročie objavenia jaskyne, ani nájomca, ani mesto si ho slávnostne nepripomenuli. Pravdepodobne aj v tomto, ale aj nasledujúcom roku mali miestni príležitosť využiť možnosť letného korčuľovania, M. Marko však osobitný program neorganizoval.

Ďalšia ľadová slávnosť sa uskutočnila až v roku 1897. Marko si zaumienil propagovať krásy a pamätihodnosti župy, preto program rozšíril o prehliadku jaskyne Baradla, Silickej ľadnice, Zádielskej doliny a hradu Krásna Hôrka. Náklady na účasť a ubytovanie si každý hradil sám.

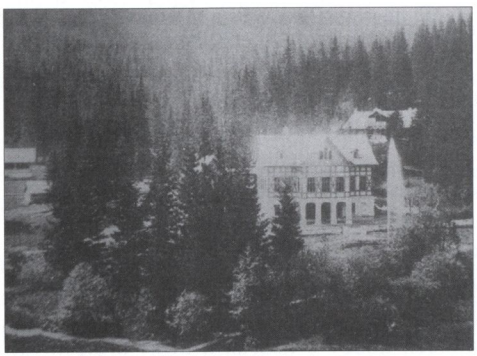
Aj keď organizátori nepočítali s takou účasťou ako v roku 1893, napriek poklesu počtu návštevníkov jaskyne v predošlom roku dúfali vo vydarené podujatie a zvýšenú návštevnosť jaskyne. Svoju účasť na podujatí potvrdilo viacero zástupcov renomovaných novín a významných osobností: publicista gróf Alexander Vay, sochár Alojz Štróbl, ministerský tajomník a redaktor športového periodika Herkules Július Porzsolt, ako aj krasokorčulari Artúr Dezső a Jenő Márkus. Svoju účasť ohlásili aj traja členovia korčuliarskeho klubu z Viedne, medzi nimi už známy radca Delbrück, majster Európy, ako aj zástupca Budapeštianskeho korčuliarskeho spolku František Marko, bratranec hlavného organizátora.

Pred podujatím vyhladil nájomca jaskyne ľadovú plochu a na jej okraj umiestnil lavice pre divákov. Pre cigánsku kapelu pripravil pódium, aby jej členovia nemuseli stáť na ľade. Účastníci prichádzajúci z hlavného mesta sa stretli 11. júla 1897 v Rožňave pri hoteli Čierny orol, kým hostia prichádzajúci od Popradu sa pripojili k spoločnosti doktora Sebőa Joanovitsa v Kvetnici. Z Rožňavy odchádzalo 12 kočov, ku ktorým sa pri dobšinskom veľkohostinci pripojilo 8 ďalších kočov s hosťami, ktorí pricestovali do Dobšinej vlakom. Pri stratenskej skalnej bráne zvečnil Károly Divald (1858 – 1924) vyše 70-člennú spoločnosť na 3 fotografických záberoch. Hostí prichádzajúcich k hotelu Ľadová jaskyňa vítala cigánska kapela. Ku skupine sa pripojlo 36 korčuliarov, ktorí došli z Kvetnice, medzi nimi korčuliarky Budapeštianskeho korčuliarskeho spolku, ako aj hostia prichádzajúci od Tatier. Počet korčuliarov vrátane rožňavských odhadli na 70, kým divákov na 65.

Účastníci sa najprv odfotografovali pri vchode jaskyne. Vzápätí za taktov Ľadového valčíka Hainesa Jacksona slávnostne vpochodovali do jaskyne. Po uvítacom príhovore M. Marka si mohol každý vyskúšať povrch ľadovej plochy a následne sa začalo predstavenie korčuliarov. Z nich sa najviac vynímalo vystúpenie J. Porzsolta, ministerského tajomníka a majstra Európy v korčuľovaní a plávaní, ako aj produkcia Dr. Joanovitsa Sebőa a Eleny Kroneszovej (obr. 3). Pozoruhodný bol i zjazd J. Porzsolya, M. Marka a vysokoškolského profesora Józsefa Zhuka z ľadového svahu. Páčila sa francúzska štvorylka v

Obr. 3. Mikuláš Marko (vľavo) a Dr. Sebő Joanovits (vpravo), kúpeľný lekár v Kvetnici, účastníci ľadových slávností v roku 1897 na budapeštianskom klzisku v roku 1895. Archívna fotografia zo súkromnej zbierky K. Székely

Fig. 3. Miklós Markó (left) and dr. Sebő Joanovits (right), the balneology professor of Virágvölgy, participants of the ice festival in 1897, at the Városliget Skating Ring (Budapest) in 1895. Kinga Székely's collection



Obr. 4. Reštaurácia Ľadová jaskyňa, prevádzkovaná viac ako 40 rokov Andrejom Fejérom. V pozadí Fejérova, aj v súčasnosti zachovaná súkromná vila. Foto: Loránd Eötvös, 1894. Archívna fotografia zo súkromnej zbierky K. Székely

Fig. 4. The building of the Jégbarlangvendéglő (Ice Cave Restaurant), that was operated by Endre Fejér for over 40 years. Behind it Fejér's cottage still exists. Photo: Count Loránd Eötvös, 1894. Kinga Székely's collection

podaní 12 párov alebo keď všetci korčuliari predvádzali rôzne tanečné kreácie na ľade. Hudobnú produkciu zabezpečovala cigánska kapela Antala Sárközyho z Egru. Program trval 3 hodiny. Po skonzumovaní večere v hostinci Ľadová jaskyňa posledný koč s hosťami odišiel po 21. hodine. Únava a dlhá cesta v kočoch odradili hostí od pondelňajšej návštevy jaskyne Baradla, ktorú si prehliadlo sotva 20 osôb. Ani ďalší plánovaný program sa neuskutočnil.

Po tomto podujatí sa najbližšie uskutočnilo až po ôsmich rokoch. Organizoval ho M. Marko 26. júla 1905. Spomína sa raz ako 10., inokedy 12. alebo 13. letné korčuľovanie. Keď však za prvé považujeme podujatie uskutočnené v roku 1893, nezodpovedá tomu ani jeden z uvedených ročníkov. Akcia sa uskutočnila na deň Anny, 26. júna. Už v niekoľkotýždňovom predstihu však začali s úpravou ľadovej plochy. Krasokorčuliarka a bývalá primadona na ľade Oľga Turcsányiová, ktorá vystupovala aj v Rusku, účasť so svojou skupinou korčuliarok odmietla. Zrejme sa bála spoločnej nocľaháreň, oddelenej od mužských účastníkov len španielskou stenou. Významných krasokorčuliarov-mužov sa na tomto podujatí zúčastnilo najviac, počet hostí vrátane vystupujúcich prevyšoval 200. Zlatým klincom programu bol sólový čardáš Artura Dezsőa z vlastnej tvorby a ľadový valčík spoločne s pani Lykovou. Pekné bolo aj vystúpenie H. Steinera, A. Dezsőa a T. Meszléryho, ale ani vystúpenie M. Marka nezaostávalo za ostatnými. Po trojhodinovom predstavení sa hostia, vymrznutí v jaskyni, zohrievali v jedálni hostinca Andreja Fejéra pri dobrej hudbe a chutných jedlách (obr. 4).

V máji 1906 informovala rožňavská tlač o tom, že krasokorčuliari pripravujúci sa na majstrovstvá v krasokorčuľovaní vo švajčiarskom Davose absolvujú v letnom období prípravu v Dobšinskej ľadovej jaskyni, lebo v Budapešti takéto možnosti nemajú. Tanečný pár A. Dezső a O. Turcsányiová pricestujú do ľadovej jaskyne 19. mája 1906, budú tam denne 2 hodiny trénovať a koncom júla sa predstavia verejnosti. S nácvikom začnú už 20. mája. Po odstúpení M. Marka

bude mať program na starosti majster Uhorska v korčuľovaní A. Dezső. Sprievodca jaskyne Ján Kovács začal s úpravou ľadu už koncom apríla. Nakoniec však ľadovú slávnosť, podobne ako predchádzajúce, opäť organizoval M. Marko. Podujatie bolo spojené s odhalením pamätnej tabule pri jaskyni Baradla, kam boli pozvaní aj zástupcovia periodík hlavného mesta.

Hostia, ktorí 22. júla 1906 pricestovali do Tornale, sa potom na kočoch odviezli do Aggteleku, kde na aggtelekskom skalnom brale umiestnili pamätnú mramorovú tabuľu Uhorského karpatského spolku na počesť prepojenia vetvy Vörös tó s hlavnou vetvou jaskyne Baradla v roku 1890. 300-členná skupina hostí si prehliadla jaskyňu Baradla od Aggtelekského vstupu až po východ vo Vörös tó. Novinárov z hlavného mesta privítal rožňavský profesor Mikuláš Komoróczy v príslovečnom gemerskom nárečí.

Časť hostí sa po srdečnom pohostení vrátila domov, druhá časť odcestovala do Dobšinej, aby sa zúčastnili ľadových slávností. Okolo 400 osôb, dovolenkujúci v osade Ľadová Jaskyňa, elita mesta Dobšiná, ako aj hostia a turisti na dovolenke v tatranských osadách sa vybrali k ľadovej jaskyni 24. júla 1906 napoludnie po troch slávnostných výstreloch z dela. Hudobnú produkciu trojhodinovej slávnosti zabezpečovala cigánska kapela Ondreja Bandi Baloga.

Hrdinom podujatia namiesto množstva proklamovaných krasokorčuliarov bol len jeden, a to majster Uhorska v krasokorčuľovaní Alexander Urbáry ml. Po jeho vystúpení si mohli na ľadovej ploche vyskúšať svoje korčuliarske majstrovstvo aj diváci. Obed mali pripravený v hostinci A. Fejéra. Večer sa v jaskyni uskutočnil korčuliarsky ples, na ktorom sa pri cigánskej muzike zabávala mládež do 4. hodiny rannej. V stredu ráno predstavenie zopakovali najmä za účasti novinárov.

Roku 1908 sa v tlači opäť objavila správa, podľa ktorej majsterka sveta Lily Kronbergerová, ako aj ďalší krasokorčuliari prisľúbili, že svoje letné tréningy uskutočnia v ľadovej jaskyni. Ľadová slávnosť sa síce 19. júla uskutočnila, ale bez účasti známych krasokorčuliarov, keďže dobová tlač sa ani o jednom z nich nezmieňuje. Od tohto obdobia správa jaskyne povolila každodenné korčuľovanie v jaskyni.

40. výročie objavenia jaskyne hlásala dobová tlač už v roku 1909. Slávnosť plánovali uskutočniť najprv 11. júla, nakoniec ju odsunuli až na 25. júla 1909. Na podujatie chceli pozvať opernú speváčku, jelšavskú rodáčku Máriu Basilidesovú, aby spievala v jaskyni v sprievode dobšinskej cigánskej kapely pod vedením Valenta Baloga. Plány však zase ostali neuskutočneným snom. Pozvaní krasokorčuliari svoju účasť odriekli, vlak z Budapešti meškal, chýbalo priame pripojenie do Dobšinej. V Dobšinej nebol dostatočný počet vozov na prepravu k ľadovej jaskyni, a preto sa viacerí vrátili domov alebo zmeškali začiatok predstavenia. M. Marko v poslednej chvíli zabezpečil účasť majstrov Uhorska, krasokorčuliarskej dvojice Karola Nováka a p. Richterovej, ktorí nakoniec potešili prítomných hodnotným vystúpením. Vystúpili však aj miestni korčuliari. Hudobný sprievod zabezpečila cigánska kapela V. Baloga a na tárogató[6] hral Ľudovít Végh, študent z Ceglédu. Pre oneskorených návštevníkov predstavenie na druhý deň zopakovali. Účastníci podujatia telegramom pozdravili objaviteľa jaskyne E. Ruffínyho.

Po tomto podujatí o významnejších ľadových slávnostiach nemáme vedomosti. Obyvatelia okolia, ako aj dovolenkujúci však pravdepodobne ešte niekoľko desaťročí využívali možnosť letného korčuľovania. Presný dátum ukončenia korčuľovania v jaskyni sa nepodarilo zistiť. Podľa písomnej informácie Karola Divína v letných mesiacoch 1947 – 1952 v jaskyni trénovala československá elita krasokorčuliarov.

[6] Maďarský ľudový hudobný nástroj.

VÝTVARNÉ STVÁRNENIA ĽADOVÝCH SLÁVNOSTÍ

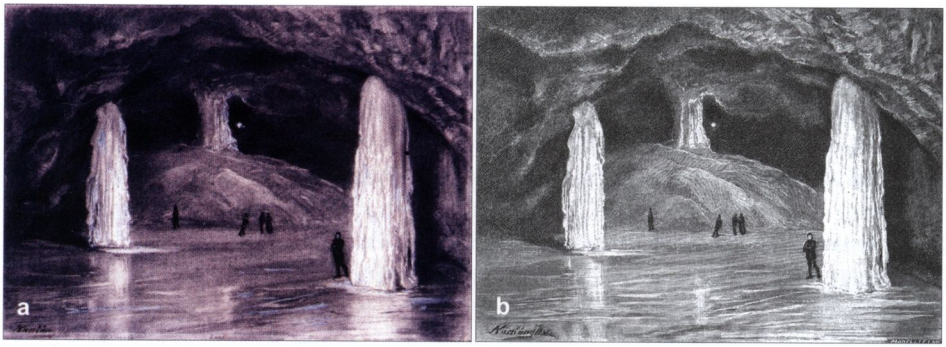
Po objave Dobšinskej ľadovej jaskyne sa začalo aj s jej umeleckým stvárnením. Na území Uhorska v 70. rokoch 19. storočia nebolo jaskynné fotografovanie známe. Keď chcel niekto podzemný svet ukázať aj verejnosti, musel ho stvárniť graficky. Na zasadnutí Prírodovedného spolku v roku 1872 podal mestský lekár Dr. Ferdinand Fehér návrh, aby požiadali „odborného kresliča" vyhotoviť kresby najkrajších útvarov v jaskyni. Vďaka tomuto návrhu si na Veľkú noc roku 1873 mineralóg József Krenner (1839 – 1920) prehliadol jaskyňu, zameral ju a vyhotovil skice ľadových útvarov. Na základe jeho kresieb bolo v roku 1874 vo Viedni vydaných 5 farebných litografií s krátkym opisom jaskyne v nemeckom a maďarskom jazyku. Okrem umeleckého zobrazenia ľadových útvarov vyhotovil i pôdorys priestorov jaskyne. Reprezentatívnu publikáciu vystavili aj na zemepisnom kongrese v roku 1875 v Paríži. Tieto obrázky boli publikované i v domácich a zahraničných obrázkových časopisoch, ale v jednoduchšom, čiernobielom prevedení.

Dobšinskú ľadovú jaskyňu po jej objave navštívilo niekoľko významných maliarov. Miklós Barabás (1810 – 1898), najvýznamnejší predstaviteľ maďarského biedermeieru, bol jej 293. návštevníkom. V roku 1881 sem zavítal Gyula Sándy (1827 – 1894), krajinkár, a v roku 1885 aj Ignác Spöttl (1836 – 1892), viedenský umelec. Z ich pobytu však poznáme len Spöttlovo stvárnenie jaskyne. Vie sa, že László Demjén (1864 – 1929), vnuk maliara M. Barabása, počas návštevy maďarských umelcov a spisovateľov v roku 1881 vyhotovil vicero krajiniek. Popri jaskyni Baradla zvečnil aj Dobšinskú ľadovú jaskyňu „pri elektrickom osvetlení". Žiaľ, ani jedno z týchto diel nie je známe.

Opisy jaskyne z 19. storočia, medzi nimi aj práca Jána Pelecha (1878 – 1879), sú ilustrované kresbami. Na nich je však uvedené len meno rytca Gustáva Morelliho. Niektoré sú veľmi podobné Krennerovým, preto je možné, že vznikli na základe jeho kresieb. Jaskyňu výtvarne stvárnil aj sám jej objaviteľ E. Ruffíny.

Ľadové slávnosti, prípadne korčuľujúcich sa vo Veľkej sieni, zvečnilo niekoľko významných umelcov. Korčuliari sa prvýkrát objavujú na obraze akademického maliara Ö. Kacziányho. Menovaný bol jedným z ilustrátorov knižnej série pozostávajúcej zo 16 zväzkov, ktorá predstavovala rakúsko-uhorskú monarchiu a vychádzala koncom 19. storočia. Roku 1894 sa v tlači objavila správa, že po dohode s M. Markom sa zúčastní ľadových slávností. Jeho kresby jaskyne plánovali zverejniť v rozličnej domácej aj zahraničnej tlači na spopularizovanie tohto unikátneho prírodného výtvoru. Kacziány sa pravdepodobne podujatia aj zúčastnil. Aj keď v knižnej sérii o monarchii stvárňuje jaskyňu jeho kresba Veľkej siene – dejiska ľadových slávností, nezobrazuje však podujatie, keďže na kresbe sú korčuliari sotva badateľní. Je celkom možné, že dielo nevzniklo na mieste, ale na základe fotografie. Na obraze dominuje ľadová výzdoba jaskyne. Chýbajú na ňom zábradlia a chodníky, zabezpečujúce komunikáciu po jaskyni. Postavy sa nachádzajú len v pozadí, na oživenie diela. Že ide o korčuľujúce sa osoby, môžeme usudzovať len z ich postoja, prípadne po zväčšení obrazu. Pôvodné obrazy (270 × 375 mm), vyhotovené na papieri tušom a bielou krycou farbou, sa nachádzajú v Maďarskom národnom múzeu v Budapešti. Na kópiách pre knižnú publikáciu, rytých G. Morellim (90 × 128 mm, XVIII. 1890), na korčuľujúcich poukazuje už len držanie tela účinkujúcich, korčule na ich nohách viditeľné nie sú (obr. 5).

M. Marko požiadal Ladislava Bellonyho (1871 – 1913), maliara zo Spišskej Novej Vsi, aby zachytil na plátne ľadové slávnosti. Jeho dielo bolo publikované aj vo Vasárnapi ujság (Nedeľné noviny). Na pravej strane obrazu je zvečnený Marko s jeho neoddeliteľnou súčasťou slávností, trúbkou, v strede obrazu vidno vedúceho dvadsaťčlennej skupiny-



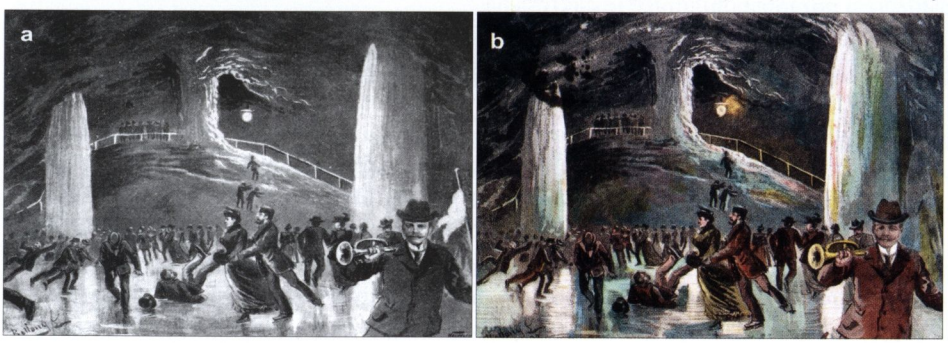
Obr. 5. Grafika Ödöna Kacziányho: a – zhotovená tušom a bielou krycou farbou (270 × 375 mm, Maďarské národné múzeum), b – tlačená podoba na základe rytiny Gustáva Morelliho. Reprodukcie zo súkromnej zbierky K. Székely

Fig. 5. The original drawing by Ödön Kacziány: a – made with China ink and white covering paint (270 × 375 mm, Hungarian National Museum), b – printed version based on the cutaway by Gusztáv Morelli. Reproductions from Kinga Székely's collection

pruských cvičencov, nemeckého ríšskeho radcu Delbrücka s manželkou, ktorý si kúpil v Poprade korčule, aby sa mohol aktívne zúčastniť slávnosti. Obraz ilustroval Markove články o ľadových slávnostiach a slúžil aj ako predloha pohľadníc, niekoľkokrát vydaných A. Fejérom. Popis pohľadnice „Prvá ľadová slávnosť v roku 1903" je však zavádzajúci, keďže v Markových prácach sa píše o prvom korčuľovaní v jaskyni v roku 1893.

Pôvodná podoba obrazu nie je známa. Nepoznáme jeho veľkosť ani techniku vyhotovenia. Je však možné, že to bola kresba menších rozmerov. Pokiaľ dielo porovnáme s neskoršie publikovanou ilustráciou v týždenníku Vasárnapi ujság, je pravdepodobné, že umelec vyhotovil kópiu podľa pôvodného obrazu. Pri porovnaní dvoch obrazov o tom svedčia niektoré drobnejšie odchýlky. Túto domnienku podporuje dátum na pohľadnici, na podpise písmeno L v inej podobe, ako aj niekoľko odchýlok na výkrese. Na pôvodnom obraze je viditeľná precízne vypracovaná vlajka a na ľavej jedna noha. Na neskorších vyhotoveniach obrazu noha zmizla a vlajka je zobrazená len štylisticky. Najvýraznejší rozdiel je však v zobrazení Markovho klobúka a jeho očí. Na pôvodnom vyhotovení lem klobúka sa klenie v súlade s očami, kým na neskoršom vyhotovení tento súlad nie je (obr. 6).

Na ľadovej slávnosti v roku 1897 sa zúčastnil aj syn priekopníka krajinárskej fotografie K. Divald ml., ktorý roku 1886 ako prvý fotografoval jaskyňu. Rožňavský



Obr. 6. Grafika Ladislava Bellonyho: a – uverejnená vo Vasárnapi Újság (Nedeľné noviny), 1895; b – pohľadnica, 1897. Reprodukcie zo súkromnej zbierky K. Székely

Fig. 6. Bellony's drawing: a – published in the Vasárnapi Újság (Sunday News), 1895; b – picture postcard, 1897. Reproductions from Kinga Székely's collection

spravodaj (Rozsnyói Híradó) uviedol, že vyhotovil po tri zábery pri stratenskej skalnej bráne, pri hoteli a pred vchodom do jaskyne odfotografoval korčuliarov s korčuľami na nohách. Znamená to, že v jaskyni už ďalšie zábery nerobil. Poznáme však pohľadnicu, ktorá zobrazuje ľadové slávnosti vo Veľkej sieni v roku 1897 a vznikla na základe fotografie. V období rokov 1912 – 1920 bola vydaná v niekoľkých podobách. Na Divaldovu fotografiu poukazuje jeho podpis na spodku pohľadnice. Spoznávame na nej M. Marka a vo svetlom oblečení J. Porzsolta, majstra Európy v korčuľovaní a plávaní, ktorý bol zároveň hlavnou postavou podujatia (obr. 7).

Obr. 7. Pohľadnica zhotovená podľa fotografie Károlya Divalda ml. Reprodukcia zo súkromnej zbierky K. Székely
Fig. 7. A picture postcard based on Károly Divald's photo. Reproduction from Kinga Székely's collection

Z vyobrazenia je zrejmé, že ostré kontúry postáv sa vynímajú od bledých priestorov jaskyne a nevrhajú žiadny tieň. Na vtedajšie technické možnosti by bolo veľmi obťažné sieň dostatočne osvetliť. Expozícia trvala aj niekoľko minút, takže pohybujúce sa postavy v tej dobe na sklenenú platňu (negatív), ktoré dosahovali len zlomok citlivosti oproti súčasným možnostiam, sa ešte nedali fotografovať ani pri dokonalom dennom osvetlení. Preto musel Divald fotografovať postavy na povrchu a ide jednoznačne o fotomontáž. Možno aj pozadie pohľadnice je nakreslené.

Divaldove zábery sa pravdepodobne dostali do obehu aj vo forme fotografie, pretože dal prísľub, že týždeň po podujatí budú v Rožňave v predaji. Žiaľ, takáto fotografia nie je známa.

Na podujatí v roku 1897 sa zúčastnil aj maliar Július Háry, ktorý bol podobne ako Kacziány ilustrátorom knižnej série o rakúsko-uhorskej monarchii. V knihe sú však len jeho ilustrácie Dobšinej, kaštieľa v Betliari a jaskyne Baradla.

Nájomca jaskyne A. Fejér sa v roku 1905 rozhodol zvečniť ľadovú slávnosť vo Veľkej sieni jaskyne na olejomaľbe a tú umiestniť v jedálni hotela. S týmto zámerom akademický maliar György Conräder (1838 – 1911) vyhotovoval počas dvoch týždňov skice jaskyne. *„Aby do veľkoplošného obrazu vdýchol život, modelom mu stáli aj členovia Budapeštianskeho korčuliarskeho spolku. Za účasti 40 – 45 osôb sa umelcovi podarilo zvečniť podarené podujatie ľadovej slávnosti v roku 1905."* Z pôvodne plánovanej veľkosti obrazu v dĺžke 2 m a šírke 1 m bolo nakoniec 3 × 1,5 m. Dielo mníchovského

rodáka, roky žijúceho v Pešti, prvý raz vystavili na zimnej výstave vo výstavnej sieni Budapeštianskej galérie a odborníci Múzea krásneho umenia v Budapešti ho považovali za prvotriedne. Obraz sa však napriek pôvodnému zámeru nedostal do jedálne hotela. Kúpil ho štedrý mecenáš gróf Dionýz Andrássy (1835 – 1913) na návrh správcu svojho majetku Štefana Šujovského (Sulyovszkého) a daroval ho Baníckemu múzeu v Rožňave. Obraz v múzeu inštaloval 6. júla 1906 sám autor, ktorý na ňom urobil ešte posledné úpravy a prelakoval jeho povrch.

Banský radca a riaditeľ múzea Vendelín Branszky dovolil, aby si monumentálne dielo mohla pozrieť verejnosť v ktorúkoľvek dennú hodinu. V októbri sa naň prišiel pozrieť aj sám gróf D. Andrássy a vyjadril sa o ňom veľmi pochvalne. Obraz sa v 40. rokoch minulého storočia dostal na Ministerstvo poľnohospodárstva v Budapešti a zdobil jeho vstupnú dvoranu. Žiaľ, kde sa v súčasnosti nachádza, nie je známe; jeho nájdenie je vecou ďalšieho výskumu. Podľa obrazu bola vyhotovená aj jedna kópia, ktorá bola v roku 1911 vystavená v Maďarskom kráľovskom geologickom múzeu. Ani túto sa však zatiaľ nepodarilo nájsť.

Nezachovala sa ani tlačená verzia obrazu, čo sťažuje jeho identifikáciu. S veľkou pravdepodobnosťou je však podoba Conräderovho obrazu na jednej z mnohých obmien pohľadníc vydaných Fejérom (vďaka kolorovaniu aj zhodné vydania sú rozdielne). Je na nej zobrazených asi 40 postáv, tak korčuľujúcich, ako aj divákov. Jediný dôkaz je v popise pohľadnice, na ktorej na rozdiel od ostatných nie sú údaje o jaskyni, ale tento text: „Obraz ľadových slávností v roku 1905. Originál v Múzeu baníctva Gemera v Rožňave“ (obr. 8).

Obr. 8. Pohľadnica zhotovená podľa olejomaľby Györgya Conrädera. Reprodukcia zo súkromnej zbierky K. Székely
Fig. 8. A picture postcard after György Conräder's painting. Reproduction from Kinga Székely's collection

Dôvod, prečo obraz, ktorý si u Conrädera objednal A. Fejér, nakoniec kúpil Dionýz Andrássy, nie je známy. Pravdepodobne to však boli finančné dôvody. Je však jednoznačné, že Fejér sa svojho plánu dať namaľovať korčuľovanie v jaskyni nevzdal a objednal si iný obraz. Splnenie jeho úsilia uľahčil pobyt akademického maliara, významného krajinkára Ernesta Marka (1868 – 1950), ktorý v roku 1906 (a aj neskôr) trávil rodinnú dovolenku v osade Ľadová Jaskyňa. Okrem jaskyne zvečnil najkrajšie miesta Stratenského

kaňonu a dobšinské ulice. E. Marko sa narodil v Košiciach. Jeho otec bol vnukom Pavla Marka, zakladateľa kožiarskej manufaktúry v Rožňave. Bol teda vzdialeným príbuzným Karolovi Markovi, významnej osobnosti krajinárskej tvorby 19. storočia a bratrancom M. Marka, organizátora ľadových slávností. Svet jaskýň mu nebol vzdialený. Už roku 1882 navštívil ľadovú jaskyňu a roku 1887 aj Baradlu. Jeho výnimočný talent vynikol už v jeho 19. rokoch, keď do návštevnej knihy jaskyne Baradla nakreslil jaskynného sprievodcu Jána Klanicu. Jeho diela zobrazujúce ulice Dobšinej aj v súčasnosti zdobia priestory tamojšieho mestského úradu.

Obr. 9. Olejomaľba Ernesta Marka. Foto: P. Horváth
Fig. 9. Original oil painting by Ernő Markó. Photo: P. Horváth

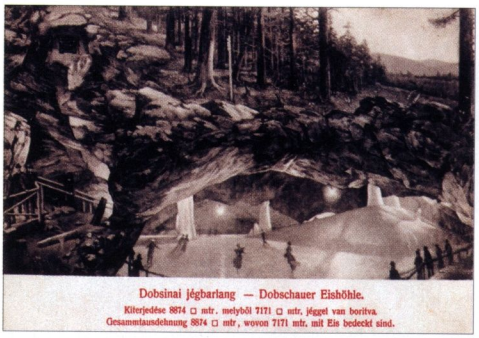
Marko na rozdiel od Conrádera namaľoval dielo väčších rozmerov. Olejomaľbu na plátne veľkosti 2 × 4 m dokončil v roku 1907 (obr. 9). Obraz bol roku 1908 vystavený vo vestibule Maďarského geologického oddelenia na výstave v Londýne.

Dielo, ktoré prežilo požiar reštaurácie Ľadová jaskyňa aj druhú svetovú vojnu, ponúkol Fejérov dedič v roku 1976 vtedajšiemu Múzeu slovenského krasu v Liptovskom Mikuláši. Po odbornom preskúmaní však múzeum obraz neodkúpilo pre predpokladané vysoké náklady na reštaurovanie a pre jeho problematickú prepravu a umiestnenie, vyplývajúce z jeho veľkých rozmerov. Úlohu pri kúpe zohrala aj skutočnosť, že ako autor obrazu bol dedičom mylne určený Eduard (Ede) Marko a rok vzniku diela 1939. Takto bola skutočná hodnota obrazu úplne skreslená. Pre nevhodné podmienky sa stav obrazu ešte viac zhoršil. Plátno je vlhké, na viacerých miestach deravé a na veľkej ploche pokryté plesňou. V súčasnosti je hodnota obrazu už len morálna. Jeho súčasný stav si vyžaduje vysoké náklady na reštaurovanie, napriek tomu by bolo dobré dielo zachovať, pretože sa viaže k histórii jaskyne (obr. 10 a 11).

V tlači vyobrazená podoba obrazu nebola známa a donedávna sa nevedelo, že dielo je zhodné s pohľadnicou vydanou A. Fejérom v troch farebných mutáciách (obr. 12).

Obr. 10. Vila Andreja Fejéra s Markovým obrazom. Foto: P. Horváth
Fig. 10. Endre Fejér's home today, where Markó's painting is housed. Photo: P. Horváth

Obr. 11. Hrob A. Fejéra na katolíckom cintoríne v Dobšinej. Foto: P. Horváth
Fig. 11. Endre Fejér's grave in the Catholic cemetery of Dobšiná. Photo: P. Horváth



Obr. 12. Pohľadnica vyhotovená podľa obrazu E. Marka. Reprodukcia zo súkromnej zbierky K. Székely
Fig. 12. A picture postcard after Ernő Markó's painting. Reproduction from Kinga Székely's collection

Obr. 13. Signovanie autora v pravom rohu obrazu. Foto: P. Horváth
Fig. 13. The author's signature is in the right hand side of the picture. Photo: P. Horváth

Obr. 14. Postavy na obraze E. Marka, vľavo M. Marko. Foto: P. Horváth
Fig. 14. Personalities from Ernő Markó's painting, Miklós Markó on the left. Photo: P. Horváth

Obr. 15. Olejomaľba E. Halasyho na mestskom úrade v Dobšinej vytvorená pri príležitosti 600. výročia založenia Dobšinej roku 1926. Foto: P. Horváth
Fig. 15. Jenő Halasy's oil painting made for the 600th anniversary of the city of Dobšiná in 1926. Photo: P. Horváth

Pohľadnice s popisom v červenej farbe, bez udania roku, vytlačili v budapeštianskom ateliéri K. Divalda. Pohľadnica okyptila podobu obrazu len na okrajoch. Poznajúc pôvodné dielo je čitateľné aj signovanie Markó. E (obr. 13).

Z troch obrazov stvárňujúcich korčuľovanie je tento v najlepšom vyhotovení a najumeleckejšie štylizovaný. Krajina na povrchu, vchod do jaskyne, ako aj sama jaskyňa sú v obdivuhodnej harmónii. V centrálnej časti obrazu v hnedozelenom tónovaní sa v priestore nádherne vynímajú ľadové útvary. Skalné bralo s jaskynným vchodom, zobrazené v reálnej podobe, svedčí o miestnych znalostiach autora. Postavy korčuľujúcich, ako aj divákov sú pravdepodobne zidealizované. Postavy postávajúce pri vchode jaskyne môžu byť skutočné. Vpredu stojí M. Marko, ktorého môžeme poznať na základe známych fotografií podľa rázovitej postavy a fúzov. Napravo od neho by mohol byť sám objaviteľ jaskyne – Eugen Ruffíny. Pokiaľ sú tieto úvahy správne, ďalšou z osôb môže byť objednávateľ A. Fejér a J. Kovács, jaskynný sprievodca v baníckej uniforme (obr. 14).

Korčuľujúce postavy sa na obrazoch objavujú aj po období ľadových slávností. Profesor kreslenia Eugen Halasy (1898 – ?) pri príležitosti 600. výročia založenia Dobšinej v roku 1926 namaľoval obraz predstavujúci históriu mesta. Na veľkorozmernej olejo-

Obr. 16. Pohľadnica vydaná v roku 1897. Reprodukcia zo súkromnej zbierky K. Székely
Fig. 16. A picture postcard published in 1897 showing skaters in the top left corner. Reproduction from Kinga Székely's collection

Obr. 17. Humorná kresba z korčuľovania od neznámeho autora. Reprodukcia zo súkromnej zbierky K. Székely
Fig. 17. The skating as pictured by an unknown author humorously. Reproduction from Kinga Székely's collection

maľbe, nachádzajúcej sa na Mestskom úrade v Dobšinej, sú viditeľné veľkoryso zobrazené korčuľujúce sa postavy (obr. 15). Na tlačenej verzii obrazu (1926) sa už nenachádzajú.

Jaskynné korčuľovanie nebolo inšpiráciou len na umelecké stvárnenie. Na kresbe v hornej časti litografie pohľadnice, vydanej ateliérom Schwindernocha vo Viedni (1898), pravdepodobne jeho autor imitoval takisto korčuliarov (obr. 16). Vznikla však aj pohľadnica so žartovnou kresbou. Dlhý čas bola obľúbená pohľadnica s ilustráciou korčuľujúcich sa medveďov od neznámeho autora (obr. 17).

Ľadové slávnosti neboli len milou a zaujímavou udalosťou, ale sú aj zdrojom dôležitých informácií o histórii jaskyne.

LITERATÚRA

Anonymus 1881. A dobsinai jégbarlang nagy terme. Rozsnyói Híradó, roč. IV, č. 32, 7. august, s. 3

Anonymus 1888. A dobsinai jégbarlang előtti terepen. Rozsnyói Híradó, roč. XI, č. 27, 1. júl, s. 3.

Glauf, P. ml. 1895a. Nyári korcsolyázás a Dobsinai jégbarlangban. Vasárnapi Ujság, 42, 5, Budapest, 74–75.

Glauf, P. ml. 1895b. Nyári korcsolyázás a dobsinai jégbarlangban. Rozsnyói Híradó, 18, 4, 27. január, s. 2.

Krenner, J. 1874. A Dobsinai jégbarlang. Die Eisenhöhle von Dobschau. A kir. magy. term. tud. Társulat kiadványa.

Markó, M. 1910. A dobsinai jégbarlang 40 éves jubileuma. Rozsnyói Híradó, 17. júl.

Markó, M. é.n. Az 1905. évi nyári korcsolyázás izgalmai a dobsinai jégbarlangban. In Régi magyar urak és cigányzenészek históriái, Markó M. kiadása, 229–231.

Markó, M. 1927. Nyári korcsolyázás a jégbarlangban. In Gömöry, Árpád: A 600 éves Dobsina. Tapody Árpád könyvnyomdája. Putnok, 171–175.

Pelech, J. 1884. A Sztracenai völgy és a Dobsinai jégbarlang. Budapest, II. kiadás, 40 s., 6 rytín

Székely, K. 1992. The beginning of cave photography in the Carpatian Basin. Karszt és Barlang, Special Issue, 109–112.

Székely, K. 1995. O prvých vyobrazeniach Dobšinskej ľadovej jaskyne (kresby a maľby, fotografie, pohľadnice). In Bella, P. (Ed.): Ochrana ľadových jaskýň. Zbornik referátov, Liptovský Mikuláš, 47–56.

Székely, K. – Horváth, P. 2009. Dobsinai-jégbarlang. Jégünnepélyek és képi ábrázolásouk. Gömörország, 10, 3, 37–47.

Rozsnyói Híradó: 1881 – 32; 1887 – 26 a 35; 1888 – 27 a 31; 1893 – 25, 30, 31, 32, 33, 35, 37 a 40; 1894 – 9, 21, 28, 29 a 32; 1895 – 2, 24, 25 a 28; 1897 – 23, 24, 27 a 29; 1906 – 17, 26, 29 a 30; 1908 – 8, 28, 30 a 32; 1909 – 28 a 29.

Sajó Vidék: 1905 – 32, 38; 1906 – 20, 28, 30, 31, 32 a 43, 1908 – 11 a 23; 1909 – 28, 30 a 31.

SLOVENSKÝ KRAS ACTA CARSOLOGICA SLOVACA	47/2	329 – 331	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2009

SPOLOČENSKÁ KRONIKA – SOCIAL CHRONICLE

Ing. JOZEF HLAVÁČ ŠESŤDESIATROČNÝ

Pri každom okrúhlom výročí sa zvykneme trochu pristaviť a pozrieť dozadu, akú stopu sme zanechali za sebou. Pluh osudu vyoráva rôzne hlboké brázdy na oráčine života a mnohým aj na tvári. Jubilantovi, Jozefovi Hlaváčovi, by sme ich však márne hľadali na obličaji, tie nájdeme v jeho skutkoch. A hodnota človeka je tým väčšia, čím viac dobrých skutkov vykonal pre ľudí a pre spoločnosť.

S menom Jozefa Hlaváča, rodáka z Ružomberka (30. 7. 1949), absolventa Vysokej školy baníckej v Ostrave, sa spája najintenzívnejší rozvoj dobrovoľného i profesionálneho jaskyniarstva na Slovensku koncom minulého a začiatkom tohto storočia. Od roku 1976, kedy sa stal tajomníkom Slovenskej speleologickej spoločnosti, mravčou prácou zabezpečoval chod spolku dobrovoľného jaskyniarstva, jeho materiálno-technické vybavenie, osobné kontakty s oblastnými skupinami, prípravu jaskyniarskych týždňov, speleologickej školy, zasadnutí predsedníctva, valných zhromaždení a vydávanie stále kvalitnejšieho Spravodaja Slovenskej speleologickej spoločnosti. Nemalou mierou sa podieľal na zakladaní odborných komisií i jaskyniarskej záchrannej služby a priamo či nepriamo podporoval zahraničné študijné alebo expedičné cesty jaskyniarov.

Bohaté skúsenosti a organizačné schopnosti zúročil jubilant na poli profesionálneho jaskyniarstva, keď sa v roku 1994 stal riaditeľom Správy slovenských jaskýň. Organizácia mu nebola cudzia, veď po dvojročnej baníckej praxi na Geologickom prieskume, n. p., v Turčianskych Tepliciach Jozef Hlaváč nastúpil v roku 1976 na Správu slovenských jaskýň a odvtedy pracoval v jej rôznych zložkách, ako aj v Slovenskom múzeu ochrany prírody a jaskyniarstva. Preto mu nebol ľahostajný ani osud Správy slovenských jaskýň, ktorá sa po obnovení v roku 1990 borila vo vnútorných problémoch a názorových nezhodách vtedajšieho vedenia. Organizácii chýbala ucelená koncepcia rozvoja a hrozilo aj pričlenenie niektorých jaskýň obciam, dokonca boli snahy i o privatizáciu jaskýň. Takáto cesta by viedla k výlučne komerčnému využívaniu jaskýň s postupnou degradáciou ich nenahraditeľných abiotických či biotických prírodných hodnôt. Preto Ministerstvo životného prostredia SR v roku 1994 vypísalo konkurz na riaditeľa Správy, na ktorom uspel náš jubilant. Ďalšie roky potvrdili, že voľba ministerstva bola správna.

Pre jubilanta to bola výzva, požiadavka doby i veľkej rodiny jaskyniarov, na druhej strane však najťažšie obdobie v jeho pracovnej kariére. Človeku s ľudskou, otvorenou povahou je omnoho ťažšie uskutočniť personálne zmeny v záujme zastavenia nežiaduceho smerovania organizácie.

Naplniť očakávania zriaďovateľa (Ministerstva životného prostredia SR), ale aj triezvo rozmýšľajúcej jaskyniarskej verejnosti bolo pre jubilanta výzvou, ale aj veľkým bremenom, pod ktorým pracovať medzi zamestnancami s veľkými názorovými nezhodami vôbec nebolo ľahké. Prvý rok bol najťažší. Jozef Hlaváč si uvedomoval, že prvoradým stabilizačným krokom musí byť personálne obsadenie jednotlivých prevádzok jaskýň osvedčenými odborníkmi, najmä z radov Slovenskej speleologickej spoločnosti. Rovnako postupoval aj pri budovaní úseku ochrany jaskýň. Bol presvedčený, že vysoká profesionalita vo sfére ochrany a starostlivosti o jaskyne je zárukou pevného postavenia Správy slovenských jaskýň. Odštartoval aplikovaný výskum a monitoring jaskynného prostredia v čase, keď sa na Slovensku s takou činnosťou nezaoberala žiadna iná organizácia. Zvlášť to bolo potrebné v období, keď sa v roku 1995 zapísali jaskyne Slovenského krasu do zoznamu svetového prírodného dedičstva. Súbežne však jubilant pracoval aj na stratégii organizácie. V nasledujúcom roku schválila operatívna porada ministra životného prostredia SR Strategické ciele rozvoja starostlivosti a ochrany sprístupnených a sprístupňovaných jaskýň v Slovenskej republike. Táto stratégia bola v súlade so zásadami a prioritami environmentálnej politiky štátu a pre Správu vytýčila ďalšiu cestu. Všestranne sa rozvíjajúcu činnosť organizácie bolo potrebné aj náležite propagovať, preto založil v roku 1996 časopis Aragonit, ktorý ako vedecký a odborný časopis Správy slovenských jaskýň dodnes úspešne prezentuje organizáciu.

Po vnútornej stabilizácii Správy sa začala výstavba nových vstupných areálov. Postupne vyrástli nové budovy pred Jasovskou, Dobšinskou ľadovou, Harmaneckou a Belianskou jaskyňou, za nimi je však množstvo úmornej práce s vysporiadaním vlastníckych vzťahov k pozemkom, s udeľovaním výnimiek z podmienok ochrany, s riešením finančného krytia stavieb a pod. Súbežne sa zabezpečovali inovácie elektrických rozvodov, návštevných trás, ozvučovacích a zabezpečovacích systémov v jednotlivých sprístupnených jaskyniach.

Jaskyne síce boli chránené zákonom o ochrane prírody a krajiny, nebola však vyriešená otázka ich vlastníctva. Jubilant spolu s niekoľkými pracovníkmi Správy, Ministerstva životného prostredia SR a poslancami parlamentu vynaložil nemalé úsilie v záujme uspokojivého riešenia tohto pretrvávajúceho problému. Toto úsilie bolo nakoniec korunované úspechom: v roku 2001 na základe novely Ústavy Slovenskej republiky sa všetky jaskyne dostali do vlastníctva štátu.

Ďalšou výzvou pre jubilanta bol rok 2002, kedy rozhodnutím ministra životného prostredia SR všetky jaskyne Slovenska prešli do starostlivosti Správy slovenských jaskýň. Jozef Hlaváč ešte v tomto roku založil dve nové oddelenia: oddelenie starostlivosti o jaskyne a oddelenie výskumu a monitoringu jaskýň. Opodstatnenosť tohto kroku potvrdzuje fakt, že od roku 2002 až doteraz sa vyprojektovalo 19 ochranných pásiem jaskýň (17 je vyhlásených), uzatvorilo sa, resp. opravil sa uzáver na 150 jaskyniach, vyčistilo sa 58 jaskýň a výrazne sa skvalitnil aplikovaný výskum a monitoring v jaskyniach. Pomocou podpory z fondov Európskej únie sa postupne skvalitnila technika monitorovacieho systému, počítačová technika, ale finančné prostriedky sa využívali aj na skvalitnenie prevádzky sprístupnených jaskýň a na budovanie objektov environmentálnej výchovy (v jaskyniach Domica, Prepoštská, Morské oko).

Bohaté skúsenosti jubilanta v oblasti publikačnej činnosti (dlhé roky bol výkonným redaktorom Spravodaja SSS, zborníka Slovenský kras, Sintra, je zodpovedným redaktorom časopisu Aragonit) viedli v roku 2005 k zabezpečeniu vydania reprezentatívnej publikácie o jaskyniach svetového dedičstva na Slovensku. O tri roky neskôr táto publikácia vyšla aj v angličtine, čím sa výrazne prispelo k propagácii slovenských jaskýň v zahraničí. Jubilant podporoval aj vydanie iných knižných publikácií (napr. Karsologická a speleologická terminológia, Kras Slovenského raja, Osídlenie spišských jaskýň od praveku po novovek) a v roku 2008 odštartoval vydávanie monografií Správy slovenských jaskýň s názvom edície Speleologia Slovaca, v rámci ktorej už vyšli dve práce (Geodynamika a vývoj jaskýň Slovenského krasu a Jaskyne ako prírodné geosystémy).

Jubilant už ako tajomník Slovenskej speleologickej spoločnosti podporoval zahraničné cesty jaskyniarov. Zastával názor, že sa svetu treba otvoriť, ukázať, čo vieme, ale zároveň sa učiť a získavať nové skúsenosti. Za socializmu organizovanie takýchto ciest – najmä na západ – si vyžadovalo nemalé diplomatické úsilie (až umenie). Stal sa aj taký prípad, keď jubilant v roku 1981 organizačne zabezpečil celú výpravu do Španielska, niektorým dokonca aj devízové prísľuby na vycestovanie, stranícke orgány nakoniec do zahraničia nepustili práve jeho. Možno aj

preto podporoval pôsobenie zamestnancov Správy v zahraničí. Vďaka tomu mohla Správa slovenských jaskýň prezentovať svoje výsledky na kongresoch Medzinárodnej speleologickej únie (UIS) v Barcelone, Budapešti, La-Chaux-de-Fonds, Brazílii a v Kalamose v Grécku. Rovnako sa zapája aj do práce Medzinárodnej asociácie sprístupnených jaskýň (ISCA). Stála komunikácia so zahraničnými partnermi, ale aj úspechy slovenského jaskyniarstva vyústili k tomu, že jubilant sa stal predsedom organizačného výboru 6. kongresu ISCA, ktorý sa v roku 2010 bude konať na Slovensku. Je to pre Správu veľká pocta, ale aj výzva. Skúsenosti však sú. Pod taktovkou jubilanta organizuje Správa od roku 1997 každý druhý rok vedecké konferencie s názvom „Výskum, využívanie a ochrana jaskýň", ale má za sebou aj viaceré medzinárodné podujatia (sympózium o pseudokrase v roku 2004, workshop o ľadových jaskyniach v roku 2006).

Osoba Jozefa Hlaváča je aj v súčasnosti zárukou stability a vysokej profesionality organizácie, ktorá zabezpečuje starostlivosť o najvzácnejšie prírodné hodnoty podzemia na Slovensku.

Milý Jozef, dovoľ, aby som Ti v mene jaskyniarov našej generácie i mladších adeptov zaželal pevné zdravie, menej stresov v práci, pohodu v kruhu rodiny, radosť zo života a veľa pekných dní v prekrásnom prostredí Demänovskej doliny.

Ad multos annos!

Ľudovít Gaál

SLOVENSKÝ KRAS ACTA CARSOLOGICA SLOVACA	47/2	332 – 333	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2009

K ŠESDESIATINÁM RNDr. STANISLAVA PAVLARČÍKA

Pri spomienke na vek sa nám vynára myšlienka spojená s časom ako neúprosnou veličinou určujúcou naše dianie na tomto svete. Ľudská osobnosť je obdarená schopnosťou svoj život nielen riadiť a ovplyvňovať, ale aj hodnotiť. A keďže čas je neúprosný voči všetkým ľudom, chcel by som niekoľkými riadkami pripomenúť životné jubileum RNDr. Stanislava Pavlarčíka, nášho kamaráta, jaskyniara a geológa, ktorý pri plnom zdraví a životnom eláne dobýva šesťdesiatku.

Šesťdesiatka vek, ktorý už u niekoho znamená vrchol činorodej práce, ale v Tvojom prípade začínaš plniť niektoré svoje sny a pevne verím, že všetky Tvoje vedomosti, poznatky a elán ešte zúročíš v plodnej práci. Ale vráťme sa k Tvojim začiatkom. Narodil si sa 7. marca 1949 v Spišskej Belej ako prvý syn v robotníckej rodine. Už keď si začal chodiť na základnú školu v rodnom meste, začali sa kryštalizovať tvoje záujmy o prírodu, chémiu, geológiu, archeológiu a jaskyniarstvo, k čomu prispel nemalou mierou učiteľ Otto Kňazovický, člen zakladajúcej jaskyniarskej skupiny v Spišskej Belej, s ktorým si absolvoval prvé výlety do prírody, zamerané na obohacovanie vedomostí o prírodných vedách. Svoj vzťah k chémii si prejavil v roku 1964, keď si nastúpil na odborné učilište v n. p. Chemosvit vo Svite učiť sa v odbore prevádzkového chemika. V tomto období si sa začal vážnejšie zaoberať myšlienkou venovať bližšie jaskyniarstvu Nedá mi nespomenúť spoločnú akciu do Zbojníckej jaskyne na Kurčínskej Magure pri Legnave v auguste 1967. Vtedy si získal mňa a ďalších záujemcov o jaskyniarstvo, čím sa znovu obnovila činnosť jaskyniarskej skupiny v Spišskej Belej, na čom máš nemalý podiel. Pokračovaním štúdia na Strednej priemyselnej škole chemickej vo Svite si chcel pokračovať v nastúpenej ceste, ale ako najstarší zo štyroch detí si nechcel finančne zaťažovať rodinu, tak si prestúpil na večerné štúdium popri zamestnaní na Strednej všeobecnovzdelávacej škole v Poprade a neskôr na SVŠ v Starej Ľubovni, ktoré si ukončil maturitou v roku 1970. To si už veľa času venoval jaskyniarskej činnosti a Tvoja predstava, čo budeš v budúcnosti robiť, dostala jasný cieľ. Ako robotník na stavbe v Družstve ľudovoumeleckej výroby v Spišskej Belej si sa finančne zabezpečil na štúdium na Prírodovedeckej fakulte UK v Bratislave, ktoré si ukončil štátnou záverečnou skúškou v roku 1976. Už počas štúdia si sa stal štipendistom Správy slovenských jaskýň v Liptovskom Mikuláši, kde si po jeho skončení začal pracovať ako odborný pracovník – geológ výskumného oddelenia a neskôr ako vedúci oddelenia inventarizačného výskumu v Múzeu slovenského krasu v Liptovskom Mikuláši. Toto už bola symbióza osobnej záľuby a profesie, kde sa Ti dostalo celoslovenského rozhľadu

a skúsenosti, ktoré si zúročil pri výskumných úlohách v krasových oblastiach Vysokých, Belianskych a Nízkych Tatier i Pienin. Po tomto odbornom raste si v roku 1982 štátnou rigoróznou skúškou na Prírodovedeckej fakulte UK v Bratislave v študijnom odbore geochémia a základná ložisková geológia získal titul doktora prírodných vied.

Počas Tvojho pôsobenia v múzeu spomeniem niekoľko úloh, na ktorých si sa úspešne podieľal: úspešné spracovanie geologickej zbierky prof. Jána Volka-Starohorského, rezortná úloha centrálnej evidencie sintrových foriem v múzeách na Slovensku, už spomínané výskumné úlohy v krase Tatier, množstvo výstav uskutočnených v tomto období v múzeu. Počas tvojho pôsobenia v múzeu si v rámci svojich aktivít určité obdobie zastával funkciu tajomníka Speleologického poradného zboru MK SSR a angažoval si sa v Poradnom zbore pre nákup zbierkových predmetov, čomu sa venuješ aj v súčasnosti v Komisii pre tvorbu zbierok.

Dozrel čas na zmenu, a tak po vyše 14 rokoch odchádzaš z múzea v Liptovskom Mikuláši bližšie k domovu, k Belianskym a Vysokým Tatrám. V roku 1990 nastupuješ ako výskumný pracovník, geológ a geomorfológ na Správu TANAP-u v Tatranskej Lomnici. Aj tu si prešiel viacerými funkciami podľa reorganizačných zmien v tejto inštitúcii. Svoje pracovné nasadenie si prispôsoboval danej situácii vždy s plným nasadením a zodpovednosťou a to aj napriek situáciám, keď to Tvoje postavenie nevyžadovalo. Množstvo hodín strávených v teréne si venoval problematike geochémie tatranského podložia a procesom chemického zvetrávania karbonátových hornín, čo sa odzrkadlilo aj v Tvojej solídnej publikačnej činnosti v odbornej literatúre, posudkoch, prednášateľskej činnosti a činnosti spojenej s propagáciou prírodných hodnôt návštevníkom TANAP-u. Ako správca Výskumnej stanice a Múzea TANAP-u a zároveň aj výskumný pracovník si sa významnou mierou podieľal spolu s ďalšími kolegami na vytvorení Náučnej geologickej plochy v Javorovej doline a Náučného geologického chodníka v Zadných Meďodoloch, ktorý priaznivo oslovil nielen domácich, ale aj zahraničných turistov a inštitúcie. Tie vysoko ocenili prezentované dielo aj novú geologickú a geomorfologicku expozíciu v múzeu, na tvorbe ktorej si sa významne podieľal.

V krátkosti sa vrátim k Tvojej najväčšej záľube – jaskyniarstvu, ktoré sprevádza Tvoju profesionálnu dráhu a navzájom sa dopĺňajú. Po obnovení činnosti jaskyniarskej skupiny v roku 1967 a počas štúdia na vysokej škole si sa v skupine angažoval ako organizátor a jej tajomník, od roku 1978 až do roku 2001 vedúci skupiny. Z pestrej palety činností spomeniem aspoň niektoré, ako organizáciu výstav k rôznym výročiam (90. a 100. výročie objavenia Belianskej jaskyne, 10. výročie obnovenia činnosti skupiny a 40. výročie jej založenia), angažovanosť pri obnovení hudobných koncertov v Belianskej jaskyni, ako vedúci skupiny si organizačne viedol jaskyniarsky týždeň „Belianske Tatry 81" a organizačne si sa podieľal na jaskyniarskych týždňoch „Tatry 95" a „Belianske Tatry 2005". Svoju profesiu geológa si mnohostranne využil na propagáciu krasu Belianskych a Vysokých Tatier, či už zbierkotvornou činnosťou, výskumom genézy mäkkých sintrov v Belianskej jaskyni a jeho publikovaním v odbornej literatúre a dennej tlači, cenné sú odborné opisy genézy Belianskej jaskyne počas posledného zamerania neprístupných častí v rokoch 2000 až 2007 a odborné prednášky k významným výročiam tejto jaskyne. Z praktického prieskumu spomeniem spoluobjavenie jaskyne Ponor II na Pálenici, významný podiel si mal na objave jaskyne Javorinka v roku 1973, ktorú na základe Tvojich pokynov a údajov objavili členovia skupiny a ktorá svojím charakterom patrí medzi popredné jaskyne na Slovensku. Výskumom geologickej stavby a genézy tejto jaskyne si poukázal na jej zložitosť. A práve jaskyňa Javorinka je to, čo si si predstavoval ako životné dielo – bol si pri jej zrode, podieľal si sa na výskume, mapovaní, opisoch geológie a geomorfológie i na publikačnej činnosti súvisiacej s ňou, jednoducho na všetkom, čo sa týkalo jaskyne, si nechal svoj rukopis a významný podiel práce. Zažil si veľa pekných chvíľ pri prieskume a objavovaní nových priestorov, ale aj krušné chvíle, keď si organizoval záchrannú akciu v roku 1991 na vyslobodenie zaplavených kamarátov. V krátkosti sa nedá vypovedať o Tebe všetko, ale ten, kto Ťa pozná, vie, že si predovšetkým oduševnený jaskyniar, geológ, kamarát, na ktorého sa dá spoľahnúť.

Záverom by som Ti chcel popriať veľa zdravia, času a elánu, aby si mohol realizovať svoje plány, veľa rodinnej pohody, ktorá je taká potrebná pri našich koníčkoch. Takže vpred do ďalších plodných rokov s úsmevom a odhodlaním. To všetko Ti prajem v mene svojom i za všetkých členov Jaskyniarskej skupiny Spišská Belá.

Vladimír Fudaly

SLOVENSKÝ KRAS ACTA CARSOLOGICA SLOVACA	47/2	334 – 336	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2009

Doc. RNDr. JÁN GULIČKA, CSc.
1925 – 2009

Kto nepozná súvislosti, ten je vždy zaskočený správou o úmrtí blízkej či známej osoby. Keď som v septembri 2009 telefonoval s doc. Guličkom a náš rozhovor trval aspoň 30 minút, nič nenaznačovalo jeho blížiaci sa odchod. V lete som mu poslal pásku do písacieho stroja, o ktorú ma žiadal, a tak som bol rád, že voľačo po viacročnej odmlke ešte napíše. Provokoval som ho, aby napísal aspoň nejaké poznámky k „Histórii výskumu jaskynnej fauny" v podobe recenzie. Boli sme preto na jeho bývalom pracovisku zaskočení správou o jeho úmrtí. Zomrel 11. decembra 2009 vo veku neúplných 85 rokov.

Stručne prebehnime jeho životopis. Narodil sa 8. apríla 1925 v Ružomberku-Rybárpoli. V archívnej dokumentácii sme sa dozvedeli, že pochádzal z robotníckej rodiny, mal jedného brata, otec mu zomrel v roku 1956, matka r. 1962. V Ružomberku vychodil štátnu ľudovú školu (1932 – 1937) i Štátne slovenské gymnázium (1937 – 1945). V štúdiu pokračoval na Prírodovedeckej fakulte Slovenskej univerzity v Bratislave, od školského roku 1945/46 na dvojkombinácii zemepis – prírodopis. V 3. ročníku (1948) vykonal I. štátnu skúšku zo zemepisu a prírodopisu, absolutórium dosiahol po 10 semestroch štúdia v júli 1950. Ešte počas štúdia, od roku 1948, pôsobil na Zoologickom ústave PrírF SU vo funkcii asistenta. Do trvalého zamestnania na spomenutý ústav PrírF SU (predchodca dnešnej Katedry zoológie PríF UK) nastúpil 1. októbra 1950. V roku 1951 odovzdal dizertačnú prácu (na získanie titulu RNDr.) s názvom „Progoneata a Chilopoda Slovenska", následne zložil rigoróznu skúšku a v júli 1951 bol promovaný za doktora prírodných vied. Od septembra 1952 začal pracovať ako odborný asistent na katedre zoológie prírodovedeckej fakulty. Obhajoba kandidátskej dizertačnej práce „Diplopoda Slovenska" sa konala vo februári 1961. Krátko nato predložil na habilitáciu prácu „Blepharoceridae (Dipt.) strednej a južnej Európy a Kaukazu" a v decembri 1962 prebehla aj obhajoba tejto práce. Výzvu vtedajšieho vedúceho katedry prof. Vilčeka na uchádzanie sa o profesúru odmietol. Na katedre zoológie zotrval do 14. septembra 1990, teda do svojich 65 rokov.

Doc. Gulička počas svojho aktívneho pôsobenia na katedre pôsobil v troch smeroch. V pedagogickej činnosti jeho nosnou prednáškou bola „Systematická zoológia evertebrát", ktorú prevzal po smrti doc. Koniara od školského roku 1957/58. Jeho druhým ťažiskovým predmetom bola v rôznych obmenách ekológia živočíchov. Predmetov, ktoré vyučoval najmä vo vyšších roč-

níkoch, bolo samozrejme viac a rokmi sa ich spektrum menilo v súlade so študijnými plánmi. Všetkým, ktorí sme prešli jeho skúškou zo zoológie, nám však najviac utkveli v pamäti terénne práce. Nech sme čokoľvek našli a doniesli ukázať, pán docent väčšinu exemplárov poznal, všetko okomentoval náležite dlhým, ale zaujímavým prejavom. Skúška zo zoologického systému evertebrát patrila k tým najťažším (najťažšia bola trojsemestrálna organická chémia).

Zastával tiež viacero funkcií. V rokoch 1954 – 1959 bol tajomníkom katedry, bol členom Vedeckej rady Slovenského národného múzea, člen Poradného zboru pre speleológiu pri Ministerstve kultúry SSR, člen Vedeckej rady Múzea slovenského krasu, bol predsedom Slovenskej zoologickej spoločnosti, členom Československého federálneho výboru pre zoológiu pri ČSAV a SAV. Angažoval sa aj na pôde Múzea slovenského krasu, a to ako člen redakčnej rady Slovenského krasu od 14. ročníka (1976) až do svojej smrti.

Okrem pedagogickej a spoločenskej práce sa najhlbšie zapísal do československej a európskej zoológie. Jeho ťažiskovou skupinou v rozsahu Palearktu boli mnohonôžky (Diplopoda). Túto skupinu neobyčajne podrobne spracoval vo svojej dizertačnej práci, no bohužiaľ, dodnes nebola publikovaná, hoci ešte aj dnes by svedčila o tom, že Slovensko je v tomto ohľade najlepšie preskúmanou krajinou v Európe. To, čo sa z nej neskôr dostalo do viacerých článkov, sú len fragmenty. Spracovával aj zahraničný materiál mnohonôžok, napr. z Juhoslávie, Bulharska, Albánska a zo Strednej Ázie. Zvládal však spracovať aj ďalšie skupiny pôdnej fauny, ako stonôžky (Chilopoda), kosce (Opilionida), pôdne kôrovce (Oniscidea). Zaujímali ho i niektoré skupiny hmyzu významnejšie zo zoogeografického pohľadu. Išlo najmä o skupinu rovnokrídlovcov (Orthoptera), dnes rozčlenenú na koníky (Caeliphera) a kobylky (Ensifera). Boli to tiež ucholaky (Dermaptera), modlivky (Mantodea), ale dobrý prehľad mal aj o stavovcoch (mloky, jašterice, hlodavce). Všímal si najmä ich výskyt v nezvyčajných regiónoch a polohách. Významné sú však i jeho ekologické štúdie na pôdnej faune – Čierny les pri Gabčíkove, Jurský Šúr. Veľmi dobrý prehľad mal aj v botanike, geobotanike a geológii, čo vedel zúročiť pri svojich komplexných štúdiách. Tí, ktorí sme ho poznali, sa zhodneme, že bol to skutočne encyklopedický zoológ. Jeho prednášky na seminároch a konferenciách sa sledovali vždy s mimoriadnym záujmom a dali by sa počúvať i viac než predpísaných 15 alebo 20 minút. Takisto články, ktoré publikoval, sú typické šírkou problematiky, ktorú v nich rozvádzal, a sú všeobecne poučné a dobre čítavé.

Napokon nám prichodí aspoň predbežne zhodnotiť jeho prácu v speleozoológii. Na Slovensku bol nepochybne prvý, kto sa zaoberal celoživotne sústavným a koncepčným výskumom jaskynnej fauny. Nevieme, čo a kto ho k tejto problematike priviedli, ale nebol prvý, ktorý v rámci zoologického pracoviska nahliadol zoologickým pohľadom do jaskýň. Už prvý vedúci Zoologického ústavu prof. Mikuláš Novikov v mladšom veku podnikol výpravu do Skeľskej jaskyne na Kryme (r. 1910) a zorganizoval malú výpravu do Bystrianskej jaskyne v roku 1940. Aj Guličkov starší kolega, budúci docent Ivan Zmoray, prišiel do styku s jaskynnou faunou v súvislosti s jej výskumom v Bystrianskej jaskyni a roku 1947 publikoval v Krásach Slovenska článok o potrebe výskumu jaskynnej fauny. Takisto Dr. Mikuláš Wagner (neskôr docent) sa priamo zúčastnil návštevy Bystrianskej jaskyne a neskôr s oveľa mladším kolegom Guličkom navštevoval niektoré jaskyne, napr. Hevírnu a Tufnu. Ale možné je i to, že k speleozoológii sa mladý Guličkа prebil samostatne. Možno, že už ako gymnaziálny študent preliezal priestory Liskovskej jaskyne, najbližšej pri Ružomberku. Isté je len to, že najstaršia publikovaná návšteva jaskyne nesie dátum 24. – 25. 11. 1946; ide o Harmaneckú jaskyňu a návštevu dokumentuje fotografia pred jej vchodom s objaviteľom M. Bacúrikom. V tom čase bol teda poslucháčom zimného semestra 2. ročníka univerzitného štúdia. To svedčí o jeho včasnom a cieľavedomom záujme o podzemný svet a život v ňom. V jaskyniach a vôbec na vápencoch objavil ohromný genofondový potenciál. Súpis jeho navštívených jaskýň a počet návštev za jeho života nepoznáme, musel byť však úctyhodný. Iste sa zhodneme, že ani počet publikácií o jaskynnej faune a ani množstvo publikovaných údajov nie sú adekvátne jeho práci, ktorú v jaskyniach za celý svoj život odviedol. Od roku 1987 do roku 2005 o faune z jaskýň prakticky nepublikoval. Počas pôsobenia na katedre mal len jedného diplomanta s témou zameranou na faunu z jaskýň. Zdalo by sa teda, že svoje Diplopoda a faunu jaskýň si nechával na vlastné spracovanie. Povahovo doc. Guličkа na prvý pohľad mohol pôsobiť ako uzavretý a nedostupný, ale kedykoľvek za ním niekto prišiel v odbornej veci, vždy sa stretol s ochotou o nej diskutovať, a to často dlhšie, než si príchodzí sám želal. Pritom výsledok takýchto diskusií

bol niekedy diskutabilný. My, čo sme tieto okolnosti poznali, u kolegov sme si po 30 minútach „objednali telefonáty", pretože ukončiť monológ pána docenta bolo vskutku problematické. Počas jeho práce na katedre však bolo cítiť zatrpknutosť voči dávnejším funkcionárom.

Môžeme ešte uviesť, že na jeho počesť boli pomenované dva druhy chrobákov z čeľade Carabidae – *Trechus gulickai* Löbl, 1967, endemický druh z Bulharska, a *Leistus gulickai* Schweiger, 1970, ktorý sa však ukázal byť synonymom staršieho mena *Leistus parvicollis* Chaudoir, 1869. Meno pána docenta nám budú nepochybne pripomínať i jaskyne *Gulicskai-zsomboly* a *Gulicska-szirti* v pohorí Bükk v Maďarsku, ale to je určite len zvláštna zhoda mien.

Slovenská a česká zoológia stratila v doc. Guličkovi špičkového špecialistu na mnohonôžky (Diplopoda), jaskynnú a pôdnu faunu. Nádejame sa však, že aspoň najdôležitejšia časť jeho nepublikovanej spisby sa niekedy objaví v publikovanej podobe.

Česť jeho pamiatke!

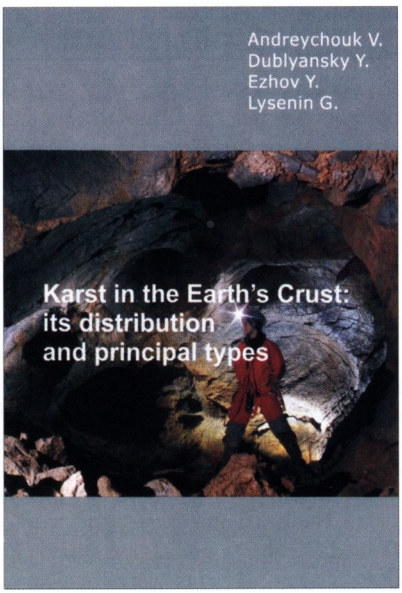
Poďakovanie: Ďakujem prof. RNDr. Ivanovi Országhovi, DrSc., a doc. RNDr. Ľudovítovi Kocianovi, CSc., za poskytnutie viacerých cenných faktografických údajov o doc. Guličkovi.

Vladimír Košel

SLOVENSKÝ KRAS ACTA CARSOLOGICA SLOVACA	47/2	337 – 342	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2009

RECENZIE – REVIEWS

V. ANDREYCHOUK – Y. DUBLYANSKY – Y. EZHOV – G. LYSENIN: KARST IN THE EARTH'S CRUST: ITS DISTRIBUTION AND PRINCIPAL TYPES
University of Silesia – Ukrainian Institute of Speleology and Karstology, Sosnowiec – Simferopol 2009, 72 strán, ISBN 978-83-87431-93-8, ISSN 1895-6777



Podmienky a procesy vývoja krasu, najmä v hlbších častiach zemskej kôry, sú neustále predmetom vedeckého záujmu. Viaceré nové poznatky a názory o hydrogeologickej zonálnosti zemskej kôry vo vzťahu k procesu krasovatenia sa objavili v ruskej literatúre začiatkom 90. rokov minulého storočia. Na zborník z vedeckej konferencie venovanej problematike hlbinného krasu, endokrasu a hydrotermálneho krasu, ktorá sa konala roku 1991 v preduralskom Kungure, upozorňujeme v Slovenskom krase, roč. 31 z roku 1993. Ucelene sa touto problematikou zaoberá monografia *Kras v zemskej kôre: rozšírenie a základné typy*, ktorá vyšla v roku 1992 v ruskom jazyku a jej autormi sú J. A. Ežov, G. P. Lysenin, V. N. Andrejčuk a J. V. Dubljanskij.

Hoci z vedeckého hľadiska ide o zaujímavú publikáciu, jej využitie sa viac-menej obmedzilo iba na odborné kruhy z Ruska, resp. z bývalých sovietskych republík. Vo vzťahu k hydrogeologickým podmienkam vývoja krasu na niektoré poznatky z tejto monografie poukázal A. B. Klimčuk v známej publikácii *Speleogenesis: Evolution of Karst Aquifers* z roku 2000. Keďže v posledných rokoch sa značná pozornosť naďalej upriamuje na problematiku vzniku a vývoja jaskýň v hlbších častiach zemskej kôry, Sliezska univerzita v Sosnovci a Ukrajinský inštitút speleológie a karsológie v Simferopoli v roku 2009 zabezpečili druhé, sčasti upravené a doplnené vydanie tejto publikácie v anglickom jazyku. Vyšla formou brožúry v rámci série vedeckých publikácií o Zemi, číslo 49, editovaných prof. A. T. Jankowskim.

Publikácia svojím odborným zameraním úzko súvisí najmä s problematikou vývoja hlbinného, hydrotermálneho a artézskeho krasu, ktorý sa vytvára v obmedzených hydrogeologických štruktúrach. Podáva aj celkový obraz o vývoji a typológii krasu v zemskej kôre. Rozdelená je do šiestich hlavných kapitol, ktoré sa postupne zaoberajú definovaním netradičných typov krasu (silikátový kras, hydrotermálny kras, hypogénny kras, endokras a rudný kras), zákonitosťami vývoja krasu v zemskej kôre (hydrodynamická zonálnosť zemskej kôry, vertikálna zonálnosť krasu, zonácia hydrotermálneho krasu, hraničné podmienky krasovej genézy), vymedzením a priestorovou štruktúrou karsosféry, špecifickými znakmi a vzťahmi medzi netradičnými typmi krasu (heterogénny kras, silikátový kras, hydrotermálny kras a endokras, hypogénny kras, rudný a rudonosný kras), vzťahom krasovatenia s ďalšími geologickými procesmi (kras a metasomatóza, charakteristické znaky krasu ako metasomatického procesu) a kavernóznosťou hornín vo veľkých hĺbkach zemskej kôry. Ako sa uvádza v predslove, autori nepovažujú predložené poznatky a názory sa definitívne a snažia sa podnietiť diskusiu s cieľom detailnejšieho rozpracovania tejto aktuálnej problematiky. Recenzentom publikácie je D. C. Ford.

V rámci hydrodynamickej zonálnosti zemskej kôry sa rozlišuje zóna hydrostatických tlakov so subzónami aktívnej, zdržanej a veľmi zdržanej cirkulácie (celková hrúbka od 0,5 až 0,6 km do 6 až 7 km, prípadne i viac), zóna prechodných tlakov so subzónami maximálnej kompakcie hornín a variabilných suprahydrostatických tlakov, resp. redukovanej hustoty hornín (celková hrúbka medzi 0,9 až 1,5 km až niekoľko kilometrov závisí od regionálnych litologických a štruktúrnych vlastností hornín, ako aj od vlastností kvapalín) a zóna litostatických tlakov (preskúmaná do hĺbky 12 až 15 km). Každá z týchto zón má špecifické tlakové, teplotné, hydrochemické a petrofyzikálne vlastnosti i špecifické hydrogeologické funkcie.

Model vertikálnej zonálnosti krasu zodpovedá vertikálnej hydrodynamickej zonálnosti zemskej kôry. V rámci neho sa vyčleňuje exokrasová a endokrasová etáž karsosféry, pričom pojmy exogénny a endogénny kras sa vymedzujú na základe pôvodu energie procesov. Zóne hydrostatických tlakov prislúcha exokrasová etáž, zóne prechodných tlakov a zóne litostatických tlakov endokrasová etáž karsosféry. Vysoká intenzita krasovatenia je vo vrchnej časti exokrasovej etáže karsosféry s lokálnou drenážou podzemných vôd (subzóna aktívnej cirkulácie), kým nižšia intenzita krasovatenia v spodnej časti exokrasovej etáže s regionálnou drenážou podzemných vôd (subzóny zdržanej a veľmi zdržanej cirkulácie). V subzóne variabilných suprahydrostatických tlakov, resp. redukovanej hustoty hornín (spodná časť zóny prechodných tlakov), ako aj v hlbšej zóne litostatických tlakov sú globálne výstupné drenáže vôd, resp. kvapalín hlbinného pôvodu. V subzóne maximálnej kompakcie hornín (horná časť zóny prechodných tlakov) je prechodná výstupná drenáž podzemných vôd. Primárnymi skrasovanými horninami v exokrasovej etáži karsosféry sú hality, sulfáty a karbonáty, kým v endokrasovej etáži sulfáty, karbonáty, silikáty a aluminosilikáty.

Podmienky vhodné na krasovatenie existujú iba vo vrchnej časti zemskej kôry, kde sa horniny môžu rozpúšťať kvapalinami v tekutom alebo tekuto-výparnom stave. Hydrotermálny kras, ktorý má azonálny charakter, sa vzťahuje na miesta hypogénnych termálnych anomálií (hlbokozaložený nízkogradientový hydrotermálny kras v podmienkach hydrostatického a suprahydrostatického tlaku až po rozhranie so suprahydrostatickým tlakom presahujúcim pevnosť hornín v ťahu) a miesta lokálnych hypergénnych anomálií (vysokogradientový hydrotermálny kras vytvorený bližšie pod zemským povrchom v podmienkach atmosférického tlaku a sčasti aj hydrostatického tlaku). Hydrotermálny kras v podmienkach suprahydrostatického tlaku sa nazýva barokras. Podľa média, ktoré sa podieľa na procese krasovatenia, sa hydrotermálny kras člení na subaerickú (kondenzácia vodnej pary uvoľňujúcej sa z hladiny podzemných termálnych jazier, kondenzačná voda obsahuje plynné zložky podporujúce koróziu) a subakvatickú zónu. Na základe metódy klimatickej gradácie sa v európskej hydrogeologickej škole voda považuje za termálnu, ak jej teplota prevyšuje priemernú ročnú teplotu vzduchu v danom území o 4 °C.

V publikácii sa značná pozornosť venuje aj základnému konceptu karsosféry a jej priestorovej štruktúre. Zdôrazňujúc dynamický charakter karsosféra predstavuje geosystém v zemskej kôre daný fluktuáciou rozpustných hornín, ktoré sa primárne vytvárajú v oceánoch a rozrušujú sa na kontinentoch. Karsosféra sa vzťahuje na diskontinuitný výskyt rozpustných hornín vo vrchnej časti zemskej kôry do hĺbky 12 až 15 km, v rámci ktorých krasové procesy boli aktívne v minulosti alebo sú aktívne v súčasnosti, alebo mohli by byť aktívne v budúcnosti. Spodná hranica karsosféry zodpovedá spodnej hranici výskytu vody v tekutom stave. V zmysle vertikálnej hydrodynamickej zonálnosti zemskej kôry sa rozlišuje exokrasová a endokrasová etáž karsosféry. Exokrasová etáž siaha od zemského povrchu do hĺbky 0,5 až 7 km, obsahuje infiltrované vody atmosférického pôvodu a vody vytlačené hydrostatickým tlakom s teplotou menej ako 80 až 100 °C. Nižšia endokrasová etáž je v hĺbkach viac ako 0,5 až 7 km, krasové procesy prebiehajú v podmienkach extrémnych hydrostatických tlakov a zvýšených teplôt viac ako 80 až 100 °C.

V nadväznosti na rozdelenie zemskej kôry na pevninskú a oceánsku časť sa vyčleňujú štyri karsogenetické prostredia – exokrasové kontinentálne, exokrasové oceánske, endokrasové kontinentálne a endokrasové oceánske, ako aj štyri prechodné prostredia. Na súši prebieha denudácia a v oceánskom prostredí akumulácia karsosféry so zmenou priestorových pozícií v geologických časových mierkach (kolobeh rozpustenej hmoty krasových hornín). V kontaktných zónach sa stanovili štyri prechodné karsogenetické prostredia. Na vyššej rozlišovacej úrovni nie sú z hľadiska

faktorov a podmienok vývoja krasu rovnorodé základné ani prechodné karsogenetické prostredia, čo principiálne umožňuje vymedziť karsogenetické situácie – typy krasu a iné analogické priestorové jednotky. Karsosféra, krasová etáž, krasogenetické prostredie a karsogenetická situácia predstavujú hierarchické štruktúrne úrovne zodpovedajúce podmienkam vývoja i osobitostiam krasu.

Vymedzovanie exokrasovej a endokrasovej etáže vo vzťahu k posudzovaniu vplyvu geomorfologických procesov na vývoj krasových javov do značnej miery korešponduje s vymedzením geomorfosféry (pozri T. Bartkowski: Metody badań geografii fizicznej. PWN, Warszawa – Poznań 1977, 543 s.) ako objektu geomorfológie. Geomorfosféra zaberá časti všetkých geosfér, v ktorých prebiehajú geomorfologické procesy. Rozsahom môže približne zodpovedať krajinnej sfére, resp. pri zameraní na endogénne procesy ju môže i značne presahovať (pozri J. Minár: Niektoré teoreticko-metodologické problémy geomorfológie vo väzbe na tvorbu komplexných geomorfologických máp. Acta Facultatis Rerum Naturalium Universitatis Comenianae, Geographica, 36, Bratislava 1996, 3–125).

Z uvedeného prístupu vymedzovania exokrasovej a endokrasovej etáže karsosféry vzhľadom na karsologickú terminológiu vyplýva, že pojem „exokras" nie je synonymom pojmu „povrchový kras", pretože zahŕňa aj podzemné priestory pod úrovňou zemského povrchu nachádzajúce sa v zóne hypergenézy. Pojem „podzemný kras" je obsahovo širší ako pojem „endokras" – zahŕňa nielen endokrasové, ale aj exokrasové podzemné priestory. V karsosfére sa za synonymum pojmu „endokras" považuje „hlbinný kras", ktorý zodpovedá hydrotermálnemu krasu v podmienkach hydrostatického a suprahydrostatického tlaku. Za endogénne sa považujú iba podzemné dutiny vytvorené endogénnymi procesmi.

Autori tejto publikácie zavádzajú pojem „heterogénny kras", ktorý vzťahujú na vývoj a následné vyplňovanie dutín v horninách spolupôsobením endogénnych a exogénnych procesov, resp. na produkt „zmiešaného" pôsobenia endogénnych a exogénnych krasových procesov v priestore a čase. Za heterogénny kras považujú hydrotermálny kras v kombinovaných podmienkach atmosférického a hydrostatického, prípadne až suprahydrostatického tlaku.

Vo vzťahu k vertikálnej zonálnosti krasu sa porovnávajú niektoré ďalšie termíny zaužívané, resp. zavedené do karsologickej a speleologickej literatúry. Hydrotermálny kras sa vytvára v endokrasovej i exokrasovej etáži karsosféry. Okrem hydrotermálneho krasu endogénneho a heterogénneho charakteru existuje aj hydrotermálny kras lokálnych termálnych anomálií, najmä v rámci spodnej časti exokrasovej etáže. Hypogénny kras sa vzťahuje na jaskyne vytvorené vodami, ktorých teplota zodpovedá teplote artézskych hydrogeologických štruktúr, a jaskyne vytvorené v miestach výstupu vysokoteplotných kvapalín. Hypogénne jaskyne sa vytvárajú v podmienkach hydrostatického tlaku alebo ďalších zdrojov energie, ktoré nezávisia od ich doplňovania z nadložných alebo bezprostredne priľahlých miest na zemskom povrchu. Naopak hypergénne jaskyne vznikajú účinkom vôd, ktoré prenikajú z nadložia a priľahlých častí zemského povrchu. Endokras, ktorý sa vytvára v spodnej časti karsosféry, kde dominuje vnútorná (telurická) energia Zeme a horniny sú pod litostatickým tlakom presahujúcim ich pevnosť v ťahu, takisto zapadá do širšieho chápania hypogénneho krasu. Silikátový kras, ako aj rudonosný kras s výskytom rúd alebo ložísk minerálov ako výsledok syngenetického spolupôsobenia krasového procesu i depozície rudy v rámci hydrotermálneho procesu môže byť exogénneho, endogénneho alebo heterogénneho pôvodu. Rudný kras so sekundárnou výplňou krasových dutín, v rámci vývoja ktorého depozícia rúd nasledovala po procese krasovatenia, je známy iba v exokrasovej etáži karsosféry.

Analyzuje sa aj vzťah procesu krasovatenia s ďalšími geologickými procesmi – zvetrávaním, diagenézou, katagenézou a metamorfózou, najmä metasomatózou hornín. Regionálne metamorfóza si vyžaduje teploty presahujúce 300 °C; zvetrávanie, diagenéza a katagenéza prebiehajú pri nižších teplotách. Tavenie hornín (anatexia, palingenéza) nastáva od 500 až 600 °C (granitoidné horniny bohaté na prchavé látky, najmä vodu) do 900 až 1000 °C (bázické horniny s nízkym obsahom prchavých látok). Ďalšie zvyšovanie teploty vedie k magmatizmu. Voda existuje v kvapalnom stave a horniny v pevnom stave iba nad zónou anatexie a palingenézy. Metasomatizmus ako typ metamorfózy, v rámci ktorého sa mení zloženie hornín, zahŕňa aj krasové procesy vytvárajúce nielen mikropóry, ale aj makropóry či väčšie dutiny. Z tohto hľadiska hlbokozaložené

procesy krasovatenia zodpovedajú metasomatóze. Pri charakterizovaní vývoja jaskýň autori tejto publikácie pojmom „speleogenéza" označujú vytváranie dutín a pojmom „speleolitogenéza" ich vyplňovanie sedimentmi.

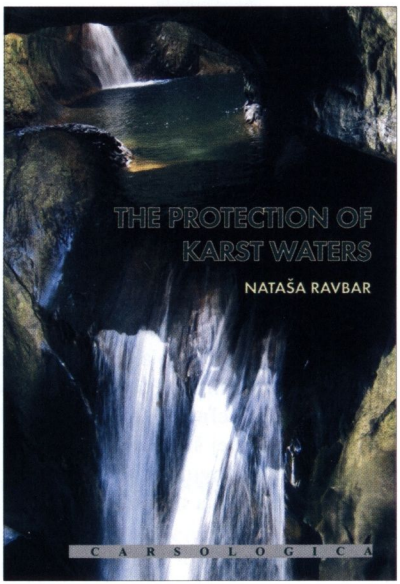
Poznatky o kavernóznosti hornín vo veľkých hĺbkach zemskej kôry, ktoré sa získali geologickými vrtmi, prekonali bývalé názory o báze krasovatenia, ktorá sa v 30. a 40. rokoch minulého storočia vzťahovala na úroveň lokálnej hydrografickej siete či morskú hladinu. Rozličné hypotézy, ktorými sa vysvetľuje vznik krasových javov vo veľkých hĺbkach zemskej kôry, sú založené na infiltrogénnom koncepte (pokles krasovatenia karbonátových hornín s hĺbkou ako dôsledok poklesu penetrácie infiltračných vôd do hlbších častí zemskej kôry), paleokrasovom koncepte (výskyt krasových javov v akejkoľvek hĺbke sa vysvetľuje pochovaním karbonátových súvrství, ktoré skrasovateli v skoršom čase a blízko zemského povrchu na pevninách alebo ostrovoch) a endokrasovom koncepte (rozpúšťanie hornín vystupujúcimi kvapalinami metamorfogénneho alebo magmatického pôvodu).

Súčasné pokroky v skúmaní hydrotermálnej aktivity a hydrokarbónového potenciálu vo veľkých hĺbkach poskytli množstvo údajov na rozpracovanie endokrasového konceptu vývoja krasu, ktorým sa súborne zaoberá táto nie veľmi rozsiahla, avšak zaujímavá a hodnotná publikácia. S cieľom komplexného podania tejto dôležitej problematiky prehľadne poskytuje množstvo poznatkov a názorov na kras v zemskej kôre. V texte sa uvádzajú mnohé citácie starších i novších prác ruských autorov, ktoré neboli doteraz v anglicky písanej literatúre zväčša známe.

Z hľadiska obsahového zamerania publikáciu dávame do pozornosti najmä odborníkom a špecialistom na geologický, hydrogeologický a geomorfologický výskum krasu a jaskýň. Vzhľadom na súborný pohľad na kras zemskej kôry, jeho typológiu a zodpovedajúcu terminológiu sa stáva dôležitým titulom medzinárodnej karsologickej a speleologickej literatúry.

Pavel Bella

NATAŠA RAVBAR: THE PROTECTION OF KARST WATERS – A COMPREHENSIVE SLOVENE APPROACH TO VULNERABILITY AND CONTAMINATION RISK MAPPING
Založba ZRC, Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU, Postojna – Ljubljana 2007, 254 strán, ISBN 978-961-254-010-4



Slovinsko patrí medzi krajiny, ktoré okrem množstva jaskýň disponujú pomerne veľkým dedičstvom kvalitnej podzemnej vody v krase. Tá sa v súčasnosti vo svete stáva čoraz vzácnejším artiklom, ktorý si vyžaduje špecifickú pozornosť a dôkladnú ochranu. Preto sa v poslednom období kladie stále väčší dôraz na komplexný a podrobný výskum krasových vôd, ktorého poznatky pretavené do praktických opatrení prispievajú k eliminácii ich znečistenia a znižovania ich zraniteľnosti.

Monografia Nataše Ravbar, ktorú vydal Inštitút pre výskum krasu ZRC SAZU v Postojnej v náklade 400 kusov, prináša na 254 stranách pohľad na problematiku ochrany krasových vôd. Publikácia je sumárom výsledkov doktorandskej práce tejto mladej autorky, ktorá sa v inštitúte v rámci svojej odbornej činnosti venuje predovšetkým krasovej hydrológii, problematike vodných zdrojov a ochrane krasových vôd.

Ústrednou témou monografie je hodnotenie zraniteľnosti a rizík kontaminácie podzemných vôd, ktoré sa v niektorých krajinách úspešne využíva pri návrhoch ochranných pásiem vodných zdrojov. Mapy zraniteľnosti podzemných vôd vznikajúce pri takomto hodnotení pomáhajú identifikovať územia s vysokou zraniteľnosťou, ktoré sú obzvlášť náchylné na kontamináciu a vyžadujú si zvýšený stupeň ochrany. Slovinsko patrí medzi štáty, ktoré sa tejto téme doteraz venovali len okrajovo a jej aplikácia v praxi bola minimálna.

Monografia je tematicky rozdelená na dve hlavné časti – metodickú a aplikačnú. Metodická časť obsahuje sedem samostatných kapitol. V prvej z nich je priestor venovaný systémom krasových kolektorov, ich základným vlastnostiam a problémom ich zraniteľnosti. Rovnako sa v stručnosti približuje kras v Slovinsku. Nechýba zhodnotenie vplyvu človeka na kvalitu krasových vôd vrátane konkrétnych príkladov ich znečistenia na území Slovinska. Najvýznamnejším zdrojom krasových vôd v Slovinsku sa venuje ďalšia kapitola, na ktorú nadväzuje problematika ochrany vodných zdrojov. V rámci nej sa opisuje súčasný stav ochrany vodných zdrojov v Slovinsku vrátane problematiky vymedzovania ich ochranných pásiem, ale aj problémov vyplývajúcich z donedávna platnej legislatívy v tomto štáte. Prvý raz sa venuje väčšia pozornosť pojmom zraniteľnosť a mapy zraniteľnosti podzemných vôd ako možným alternatívnym prístupom pri vymedzovaní ochranných zón podzemných vôd a pri ich účinnej ochrane. Samotnej zraniteľnosti podzemných vôd sa podrobnejšie venuje ďalšia kapitola, ktorá v zmysle spoločného európskeho projektu COST Action 620 definuje základnú terminológiu tejto problematiky (zraniteľnosť, všeobecnú zraniteľnosť, špecifickú zraniteľnosť a pod.) a vysvetľuje podstatu hodnotenia a mapovania zraniteľnosti. Súčasťou kapitoly je aj prehľad základných metód hodnotenia zraniteľnosti podzemných vôd vrátane stručnej charakteristiky každej metódy a zdôraznenia jej výhod a nedostatkov. Takouto formou je priblížená metóda EPIK, metóda PI, metóda SINTACS, írska metóda, „európsky prístup" hodnotenia zraniteľnosti, metóda COP a „zjednodušená metóda" hodnotenia zraniteľnosti. Ďalšie časti textu sa týkajú mapovania zraniteľnosti krasových vôd v Slovinsku, ktoré sa doteraz komplexnejšie realizovalo len formou dvoch štúdií použitím metódy SINTACS a EPIK. Autorka sa zmieňuje o probléme nedostatku, prípadne nedostupnosti zdrojových dát – databázových podkladov, ktoré sú problémom nielen Slovinska, ale aj ďalších štátov.

Jednou z nosných kapitol monografie je kapitola zaoberajúca sa „slovinským prístupom" k hodnoteniu zraniteľnosti podzemných vôd vrátane charakterizovania základných faktorov zraniteľnosti podzemných vôd, ktoré sa v rámci tohto prístupu uplatňujú (faktor O – nadložné vrstvy, faktor C – koncentrácia prúdenia, faktor P – zrážkový režim a faktor K – stupeň skrasovatenia). Približuje sa aj „slovinský prístup" k hodnoteniu hazardov a rizík vo vzťahu k podzemným vodám.

V druhej, aplikačnej časti monografie hodnotí autorka zraniteľnosť krasových vôd na konkrétnom príklade, ktorým je povodie krasových prameňov lokality Podstenjšek. Lokalita leží v juhozápadnej časti Slovinska na úpätí pohoria Snežník, blízko dediny Šembije. Krasová voda tu vystupuje na povrch v piatich stálych a niekoľkých menších občasných prameňoch. Za vysokých stavov voda vyteká aj z 35 m vzdialenej jaskyne Kozja luknja. Okrem podrobného prehľadu starších výskumov zrealizovaných na lokalite sa čitateľ dozvedá o geologických, hydrologických, klimatických, pôdnych a vegetačných pomeroch územia. Prínosom práce sú výsledky vlastných, hlavne hydrologických meraní v území a analýza dostupných dát v rámci hodnotenia jeho vodnej bilancie, hydrochemických a mikrobiologických vlastností miestnych krasových prameňov, ako aj výsledkov stopovacích skúšok vykonaných s cieľom detailne vymedziť vodozbernú oblasť a povodie prameňov. Povodie sa charakterizuje aj na základe výsledkov vlastného detailného štruktúrno-litologického a geomorfologického mapovania, ako aj merania hrúbky pôdnych sedimentov. Všetky zhromaždené informácie autorka použila pri samotnom hodnotení zraniteľnosti lokality (zraniteľnosti konkrétneho zdroja podzemnej vody aj zraniteľnosti podzemnej vody v hydrogeologickej štruktúre) za použitia viacerých metód (metóda EPIK, PI, COP, „zjednodušená metóda", „slovinský prístup" k hodnoteniu zraniteľnosti). V závere porovnala dosiahnuté výsledky, poukázala na rozdiely a niektoré problémy, ktoré vyplynuli z aplikácie jednotlivých metód na lokalite.

Okrem zraniteľnosti sa v tejto časti publikácie spomína aj problematika hodnotenia hazardov a environmentálnych rizík vo vzťahu k podzemným vodám lokality, ktoré sa využívajú ako miestny zdroj pitnej vody. Autorka podrobne opisuje aktuálne aj potenciálne zdroje znečistenia v území a predkladá zostavenú mapu hazardov a mapu ohrozenia vytvorenú na základe „európskeho prístupu" podľa projektu COST Action 620 integrovaného do návrhu „slovinského prístupu" k zraniteľnosti. Na základe všetkých vyššie uvedených podkladov prináša návrhy úprav existujúcich ochranných pásiem vodného zdroja.

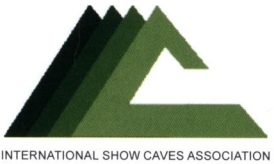
Záverečné kapitoly publikácie sú okrem samotného zhrnutia problematiky venované podrobnejšie otázke spoľahlivosti a platnosti máp zraniteľnosti. Aj na základe spracovaných podkladov z lokality Podstenjšek potvrdzuje autorka výsledky štúdií realizovaných v iných krajinách, podľa ktorých použitie viacerých metodických postupov hodnotiacich zraniteľnosť podzemných vôd na jednej lokalite môže prinášať veľmi rozdielne výsledky. Výsledky z aplikácie hodnotenia zraniteľnosti „slovinským prístupom" v povodí vodného zdroja Podstejšek ilustrujú význam potreby poznania hydrogeologických vlastností kolektora, nevyhnutnosť informácií o hydrodynamickom správaní a hydraulickom prepojení podzemných vôd pri identifikácii najzraniteľnejších častí územia.

Recenzovaná monografia obsahuje veľa všeobecných informácií venovaných zraniteľnosti, hazardom a ochrane krasových vôd. Okrem toho približuje úspešnú aplikáciu navrhnutého „slovinského prístupu" hodnotiaceho zraniteľnosť podzemných vôd, ktorá je dôkazom toho, že navrhnutý prístup dáva spoľahlivé výsledky a môže byť využitý ako základ pri vymedzovaní ochranných pásiem krasových vodných zdrojov. Aj keď metóda uvažuje so špecifickými krasovými podmienkami, nie je striktne naviazaná len na takéto prostredie a môže byť použitá aj v nekrasových územiach.

Monografia vyšla v anglickom jazyku s obšírnym slovinským sumárom a bohatým zoznamom literatúry. Je hodnotným zdrojom informácií, poznatkov a inšpirácií pre všetkých, ktorí sa venujú ochrane krasových vôd, výskumu krasovej hydrografie, prípadne manažmentu zdrojov krasových vôd. Svojím aktuálnym obsahom doplneným o množstvo prehľadných plnofarebných grafov, máp, fotografií a tabuliek, však dokáže osloviť aj širokú speleologickú verejnosť.

Dagmar Haviarová

6. KONGRES MEDZINÁRODNEJ ASOCIÁCIE SPRÍSTUPNENÝCH JASKÝŇ (ISCA)



Termín: 18. – 23. október 2010

Miesto konania: Demänovská Dolina, Slovenská republika

Hlavný organizátor:

Štátna ochrana prírody SR
Správa slovenských jaskýň
Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš
http://www.ssj.sk
e-mail: caves@ssj.sk

Odborné zameranie kongresu

KOMPLEXNÝ PRÍSTUP PRI MANAŽMENTE A OCHRANE SPRÍSTUPNENÝCH JASKÝŇ

- **Výskum, environmentálny monitoring a ochrana jaskýň** – geovedný a biologický výskum jaskýň, integrované monitorovacie systémy, archeologické a paleontologické nálezy v jaskyniach, prirodzená rádioaktivita a CO_2 v sprístupnených jaskyniach, lampová flóra a iné negatívne antropogénne vplyvy, environmentálne aplikácie a geografické informačné systémy
- **Technická infraštruktúra a rozvoj sprístupnených jaskýň** – modernizácia osvetlenia jaskýň, informačné a komunikačné technológie, speleoterapia, trvalo udržateľný rozvoj a regulácia návštevnosti jaskýň, sprístupnené jaskyne a regionálny rozvoj, informačné centrá a environmentálna výchova
- **Marketing, propagácia a prevádzka sprístupnených jaskýň** – ekonomické aspekty prevádzky, bezpečnostné a iné predpisy upravujúce prevádzku, formy propagácie a prezentácie na verejnosti, výchova sprievodcov, poskytovanie služieb pre návštevníkov

Predkongresová exkurzia
15. – 17. október 2010
Česká republika – Český kras, Moravský kras
(zabezpečuje Správa jaskýň Českej republiky, bilkova@caves.cz)

Pokongresová exkurzia
24. – 25. október 2010
Maďarsko – Aggtelekský kras
(zabezpečuje Správa Aggtelekského národného parku, tolnayzs@yahoo.com)

Detailnejšie informácie o kongrese

http://www.ssj.sk/vyskum-monitoring-dokumentacia/konferencie-aktualne/

Slovenský kras, ročník 47, číslo 2
Acta Carsologica Slovaca

Rok vydania:	2009
Vydavateľ:	Štátna ochrana prírody Slovenskej republiky – Správa slovenských jaskýň a Slovenské múzeum ochrany prírody a jaskyniarstva v Liptovskom Mikuláši
Evidenčné číslo:	EV 3878/09
Adresa redakcie:	Štátna ochrana prírody Slovenskej republiky – Správa slovenských jaskýň, Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš
Jazyková korektúra:	Mgr. Bohuslav Kortman (slovenský jazyk) Ing. Peter Gažík (anglický jazyk)
Anglické preklady:	Autori príspevkov
Grafika:	Ing. Jiří Goralski
Tlač:	Tlačiareň RVPRINT, s. r. o., Uhorská Ves 84, 032 03 Liptovský Ján
Náklad:	600 ks
Na obálke:	Jaskyňa Milada, Silická planina, Slovenský kras Foto: Pavol Staník

ISSN 0560-3137

ISSN 0560-3137