

SLOVENSKÝ KRAS

ACTA CARSOLOGICA SLOVACA

ROČNÍK 50
ČÍSLO 1



2012

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

doc. RNDr. Zdenko Hochmuth, CSc.

Výkonný redaktor / Executive Editor

Ing. Peter Holúbek

Redakčná rada / Editorial Board

Predseda / Chairman

doc. RNDr. Zdenko Hochmuth, CSc.

Členovia / Members

doc. RNDr. Pavel Bella, PhD., RNDr. Václav Cílek, CSc., RNDr. Ľudovít Gaál, PhD.,
Dr. hab. Michał Gradziński, 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., PhD. Marián Soják, PhD., prof. Ing. Michal
Zacharov, CSc.

Recenzenti / Reviewers

Ing. Jirí Faimon, RNDr. Ľudovít Gaál, PhD., Mgr. Dagmar Haviarová, PhD., Ing. Peter
Holúbek, Ing. Marcel Lalkovič, CSc., doc. RNDr. Eva Mičietová, PhD., RNDr. Milan
Seman, CSc., doc. RNDr. Alexandra Šimonovičová, CSc., Mgr. Lukáš Vlček, PhD.

OBSAH – CONTENTS

ŠTÚDIE A VEDECKÉ SPRÁVY – SCIENTIFIC PAPERS

<i>Arrigo A. Cigna</i> The Problem of Lampenflora in Show Caves <i>Problémy lampenflóry v sprístupnených jaskyniach</i>	5
<i>Michal Zacharov</i> Význam regionálnych tektonických štruktúr vo východnej časti Slovenského krasu pre vznik a vývoj jaskýň <i>The Significance of Selected Regional Tectonic Structures in Eastern Part of Slovak Karst for Origin and Evolution of Caves</i>	11
<i>Juraj Gašinec, Pavel Bella, Silvia Gašincová, Angela Imreczeová</i> Digitálny výškový model podlahových ľadových povrchov v Dobšinskej ľadovej jaskyni <i>Digital Elevation Model of Floor Ice Surfaces in the Dobšinská Ice Cave, Slovakia</i>	31
<i>Alexander Lačný, René Putiška, Ivan Dostál, Dávid Kušnirák</i> Využitie metódy ERT pri prieskume jaskýň v Havranej skale (Plavecký kras) <i>Utilisation of ERT Method in Research of Caves in the Crow Rock (the Plavecký Karst)</i>	41
<i>Andrea Samu, István Fekete, Ilona Bárány-Kevei</i> Sequential Extraction Procedure for the Speciation of Heavy Metals in the Sediments of Shallow Karstic Lakes on the Aggtelek and Slovak Karst (Hungary and Slovakia) <i>Sekvenčný extraktívny postup pre vznik ťažkých kovov v sedimentoch plytkých krasových jazier v Aggtelekskom a Slovenskom krase (Maďarsko a Slovensko)</i>	55
<i>Dana Elhottová, Jiří Jirout, Jiří Petrásek</i> Výskyt a prevalence baktérií rezistentných k tetracyklinovým antibiotikám ve vybraných jeskyniach národných parků Slovenska <i>Prevalence of Tetracycline-Resistant Bacteria in the Selected Caves of National Parks in Slovakia</i>	65
<i>Alena Nováková</i> Monitoring mikroskopických hub ve vybraných nepřístupných jeskyních NP Slovenský kras <i>Monitoring of Microscopic Fungi in Selected Inaccessible Caves of the NP Slovak Karst</i>	79
<i>Marcel Lalkovič</i> Niektoré poznatky k staršej histórii demänovských jaskýň <i>Some Knowledge on Older History of the Demänovské Caves</i>	89
<i>Martin Budaj</i> K dejinám prieskumu Ďumbierskeho vysokohorského krasu <i>On the History of Exploration of Ďumbier High-Mountain Karst</i>	103
SPOLOČENSKÁ KRONIKA – SOCIAL CHRONICLE	
<i>Pavel Bella</i> Významné životné jubileum doc. RNDr. Jozefa Jakála, DrSc. <i>Life Jubilee of doc. RNDr. Jozef Jakál, DrSc.</i>	123
RECENZIE – REVIEWS	
<i>Ludovít Gaál</i> Keveiné Bárány Ilona: A karsztok ökológiai rendszere	127
<i>Iveta Korenková</i> Trevor Shaw, Alenka Čuk: Slovene Caves and Karst Pictured 1545 – 1914	129

DO ĎALŠEJ PÄŤDESIATKY

Päťdesiat rokov sa považuje v ľudskom živote za „okružle jubileum“. Jubilant má za sebou často búrlivú mladosť, ale už aj bohaté životné skúsenosti. Jeho pohľad nazad zaberá aj niekoľko generácií, pozná ešte aj tých, čo stáli pri jeho zrode. Náš časopis, zborník, ročenka sa týmto ročníkom dožíva práve tohto jubilea. Pre časopis je to vek úctyhodný a v slovenských pomeroch iba niekoľko periodík sa môže pýšiť nepretržitou 50-ročnou radou čísel. Ešte je medzi nami zopár tých, ktorí stáli pri jeho zrode. Pri tejto príležitosti je čas na ohliadnutie sa dozadu i na zamyslenie.

Aké sily viedli Vojtecha Benického, „hlavného redaktora“, k jeho založeniu?

Benický, jeden z iniciátorov organizovanej speleológie na Slovensku, mal za sebou mladé roky speleológie v tieni Aloisa Krála, správcovstvo jaskyne Domica, založenie Speleologickej odbočky KSTL, ako aj tajomníctvo novozaloženej Slovenskej speleologickej spoločnosti. Jej krátky povojnový rozmach v tieni Víťazného februára sa čoskoro skončil a medzi perzekvovanými bol aj Benický, z centra speleológie neskôr odsunutý do „smutnej zápače“, do Ružomberka. Pisateľ tohto úvodníka sa tam mal česť ešte s ním stretnúť. V čase vzniku Slovenského krasu získal podporu pre svoje editorské úsilie na pôde konsolidovaného Múzea slovenského krasu, ktorého nástupníkom je dnešná vydavateľská organizácia, SMOPaJ.

V rokoch 1955 – 1956 sa zrodila v Múzeu slovenského krasu, založenom ešte J. Volkom Starohorským, popri rôznych iných ideách aj idea speleologického zborníka, ktorý by lepšie vyhovoval potrebám rozvíjajúcej sa speleológie na Slovensku ako doteraz hlavné tribúny autorov Krásy Slovenska alebo Geografický časopis, hoci aj im patrí vďaka za poskytnutie priestoru pre speleológiu.

Práve toto sa dozvedáme v úvodníku prvého čísla zborníka. Je ovenčený básňou Júliusa Lenka a v závere vyzýva na hrdosť na naše prírodné krásy, ktorých iba tak budeme hodní. V tiráži sa uvádza, že prvé číslo bolo zadané do tlače v novembri 1957. V redakčnej rade poznáme osobnosti slovenskej speleológie i širšieho geovedného základu – Ing. Kámena, Dr. Droppu, geológa M. Mahela, neskoršieho riaditeľa Geologického ústavu D. Štúra, archeológa Bártu, básnika Lenka, botanika Michalka, hydrológa Porubského a napodiv aj z väzenia omilosteného prvého predsedu SSS Vojtecha Kričku Budinského. Výborná fotka na obálke pripomína Benickému roky života strávené v Domici, ale už prvý príspevok sa zaoberá skvostom rodného kraja – Ladovou priepasťou na Ohništi, pričom tento fenomén komplexne mapuje viacerými fundovanými príspevkami. Zaujme aj obrazová príloha prevažne s výbornými Benického snímkami dnes historickej hodnoty.

Za jeho dlhšej histórie sa striedali editori, členovia redakčných rád, organizačnými zmenami prechádzala aj materská organizácia a došlo i k zmene vydavateľského subjektu. To však nič nemení na skutočnosti, že Slovenský kras vychádzal pravidelne, aj keď miestami so sklzmi a problémami, na ktoré si dnes už málokto spomenie. Rozhodujúci bol, je a bude obsah, či ho bude mať kto čítať, komu bude prospešný. Toto sú veci, nad ktorými sa treba zamýšľať v dnešnom období zvyšovania „vedeckosti“ príspevkov a premeny časopisu na viac vedecké ako speleologické fórum, ktoré má však vždy nádych amaterizmu v tom najlepšom zmysle slova.

Čo želať Slovenskému krasu do ďalších liet?

V prvom rade dostatok tvorivých autorov, ktorí rozvinú budúce speleologické objavy k novým metám. V ďalšom rade hrdosť speleologických, geovedných či environmentálnych inštitúcií na jeho históriu i súčasnosť. Verme, že prostriedky, ktoré sa za posledných 50 rokov na jeho vydanie vždy našli, sa nájdu aj v budúcnosti.

Zdenko Hochmuth

SLOVENSKÝ KRAS ACTA CARSOLOGICA SLOVACA	50/1	5 – 10	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2012
--	------	--------	------------------------

ŠTÚDIE A VEDECKÉ SPRÁVY – SCIENTIFIC PAPERS

THE PROBLEM OF LAMPENFLORA IN SHOW CAVES

ARRIGO A. CIGNA

Former Chairman of the ISCA Scientific and Technical Committee, Fraz. Tuffo, Str. Bottino 2, I-14023 Cocconato (AT), Italy; arrigocigna@tiscali.it

A. A. Cigna: The problem of lampenflora in show caves

Abstract: Lampenflora is a typical problem of show caves, because the light that is necessary for the visitors supplies enough energy to some plants, mainly algae and mosses, which may grow to the point of defacing and damaging seriously the cave itself. After a description of the main characteristics of lampenflora and a detailed list of the environmental conditions contributing to its development, the best methodology to control such a development with particular attention to an easy and successful implementation is here described.

Key words: lampenflora, lighting, control of lampenflora

INTRODUCTION

In a wild cave the flora, i.e. any kind of plants, exists only in a part close to a natural entrance where the outside light reaches the cave environment. According to the species, the plants may grow inside a cave until the light intensity ranges between one to three orders of magnitude less than outside.

Most of the show caves are fitted with a lighting system and in an area more or less around a lamp plants can develop. In general these plants are algae or mosses but sometimes also ferns till superior plants may develop and grow. This phenomenon was firstly studied mainly by Austrian scientists (Kyrle, 1923; Morton & Gams, 1925) and, later, in France (De Virville, 1928). A rather exhaustive book on the cave flora, with many references dating back to the XVIII century, is that due to Morton & Gams (1925).

Only in 1963 the word “lampenflora” (a German word which means “plants of the lamp”) was firstly introduced by Dobát (1963) and is presently adopted everywhere in the world to identify any kind of plants growing in the vicinity of lamps.

WHAT IS LAMPENFLORA AND HOW IT DEVELOPS

The plants classified as lampenflora range, in general, from cyanobacteria (also known as blue-green algae), algae, lichens, mosses to ferns. Cyanobacteria, green algae and mosses are the most common components of the lampenflora in show caves, their abundance varies from cave to cave (Padisák et al., 1984; Grobbelaar, 2000; Aley, 2004). Algae and cyanobacteria exist in wild caves (Claus 1962, 1964; Hajdu, 1966; Kol, 1967) also in the dark sections. This means that a release of spores brought in by the visitors is not strictly necessary for a successive growth of these algae. When a cave is developed as a show cave the algae proliferate in the vicinity of the light sources thanks to the energy released by the lamps.

In general the lampenflora is firstly composed by algae at the beginning of its development, to be followed by mosses, ferns and sometimes by vascular plants (Mulec & Kosi, 2009). The negative effects of lampenflora is due to the fact that plants may produce weak organic acids, which in time can corrode both limestone and formations (Aley, 2004). When a prehistoric cave is concerned the paintings may be seriously damaged as happened in Lascaux cave in France (Ruspoli, 1986). In addition, without any intervention the lampenflora spread rather quickly (e.g. in Baradla cave, Hungary (Hazslinszky, 2002), lampenflora doubled in 7 years) and may become an important source to colonise wide areas. A typical example is observed in Cango Caves, South Africa, where large surfaces of coral-like formations far away from the lighted section of the cave are covered by green algae.

Lampenflora's growth and distribution depend on light intensity, temperature, moisture and substratus.

The lux (symbol: lx) is the unit of illuminance and it is used to measure the intensity of the light, as perceived by the human eye that hits a surface. As a rough indication of the light intensity resulting in the development of 85 % of the lampenflora, a value around 40 lux was measured when the light was switched on for most or all the time that the caves were open. A continuous lighting yields more lampenflora growth than short periods of lighting for the same length of time because the adaptation of plants to light and dark phases requires both time and plant energy (Aley, 2004). The established lampenflora populations can survive long periods of very low levels of illumination or total darkness (Johnson, 1979).

Chlorophyll (types a and b) has two absorption peaks, in the ranges 430 – 490 nm and 640 – 690 nm. Therefore if a lamp has an emission spectrum in the range 500 to 630 nm the contribution to the photosynthesis process of green algae is reduced without important aesthetic problems. In Mammoth Cave, USA, lighting with LED at an intensity of 49.5 lx and a yellow light (595 nm) prevented regrowth for 1.5 years after complete lampenflora removal (Olson, 2002).

Sometimes a UV irradiation was used to suppress the lampenflora on account of its germicidal effect (Mulec & Kosi, 2009). Recently in Grotta Gigante, Trieste, Italy, a new set of germicidal lamps, provided with an electronic starter, which obtained the 2008 Green certificate, in order to inhibit the development of lampenflora and to ensure an environmentally-friendly use of the cave were installed. These lamps, whose use aims at keeping under control the development of lampenflora, turn on when all the other lights in the cave are turned off (Fabbricatore, 2009).

Incandescent lamps produce an increase of the temperature and a decrease of the humidity. Within some tens of centimetres from the lamp the increase of temperature

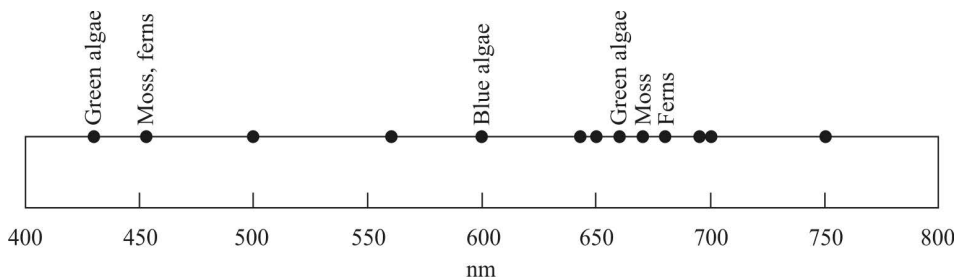


Fig. 1. The most important absorption peaks of lampenflora (from Caumartin 1994, modified)

may be of the order of 10 °C and the decrease of the relative humidity to 70 – 80 %, this condition results in an algal growth unless the decrease of humidity is excessive and the algae cannot proliferate (Mulec & Kosi, 2009). In fact lampenflora develops on moist or damp surfaces and therefore soft surfaces as cave sediments and moonmilk provide higher moisture storage than hard surfaces with the chance of luxuriant growths (Aley, 2004).

HOW TO CONTROL LAMPENFLORA

The most obvious action is the reduction of energy supply by both a reduction of the light emitted and the adoption of a light spectrum with a low emission in the wavelength absorbed for growth the lampenflora (Smith & Olson, 2007). Unfortunately such an action is not enough effective to solve the problem. Nevertheless it is convenient to use lamps with an emission spectrum poor of the wavelength mostly absorbed by lampenflora. In Fig. 1 its is reported a graph where the maximum of the absorption peaks are reported. The frequencies with the maxima from 460 to 453 nm around 600 nm and from 653 to 700 (particularly the latter) are the most dangerous for the proliferation (Caumartin, 1994). Preliminary experiments with cold cathode lamps reached a reduction of the growth of a green alga (*Dunaliella salina*) down to 57 % of the control (Antrox, 2009).

The technique of switching out the light for a prolonged time interval (e.g. one month) counteracts the proliferation of photosynthetic organisms in caves but may favour the diffusion of especially resilient organisms as *Phormidium autumnale* (and generically cyanobacteria) by reducing competition (Montechiaro & Giordano, 2006).

It must be stressed that, notwithstanding the reduction of light plays a positive role in reducing the proliferation of lampenflora, sometimes a moss intertwined with cyanobacteria may cover relatively wide areas which were only occasionally illuminated (Giordano et al., 2001).

When lampenflora proliferates, it is necessary to destroy it with chemical compounds. The herbicides have the disadvantage of being sometimes highly toxic for cave fauna and also the personnel must pay a special care. For this reason these biocides as DCMU, Atrazine, Simazine, Karmex, etc., are absolutely inappropriate in caves (Mulec & Kosi, 2009).

A comparison among an herbicide, sodium hypochlorite and sodium chlorate at the following concentrations:

Karmex™ Du Pont 3 g/L water

Sodium hypochlorite 2.75 % Cl

Sodium chlorate 30 g/m²

gave similar results, but sodium hypochlorite had a faster effect while the results obtained with sodium chlorate were less homogeneous. The runoff of the solution should preferably be collected and disposed outside the cave. In any case after the treatment the surface should be rinsed with water.

A test to evaluate the corrosive action of sodium hypochlorite was carried out on some broken formations. After 10 minutes of treatment about 41 mg/m² were dissolved without any further increase over 17 hours (Bertolani et al., 1991). For this reason the treatment with sodium hypochlorite is currently adopted in the Frasassi Caves, Italy, since many decades with no disadvantages for the formations, which are as shining as when, they were discovered. But according some authors (Faimon et al., 2003; Mulec & Kosi, 2009) it represents a burden for the cave environment.

Therefore hydrogen peroxide, which is an environmentally friendly agent was proposed (Grobbeelaar, 2000). The threshold concentration for the destruction of

lampenflora was found to be 15 % vol. but the solution attacked the carbonates with a dissolution rate around $2 \cdot 10^{-2} \text{ mol m}^{-2} \text{ h}^{-1}$. In order to avoid such an effect a preliminary peroxide saturation was obtained by adding of few limestone fragments into the peroxide solution at least 10 hours prior to its application (Faimon et al., 2003).

CONCLUSION

There are different actions to control the development of lampenflora in show caves. First of all, there is the reduction of energy introduced into the cave by the lighting:

- Lights switched on when necessary only
- Minimum distance of indicatively 1 m between lamp and cave wall or formations
- Emission spectrum with minima in the ranges 430 – 490 nm and 640 – 690 nm
- UV lamps switched on when visitors are absent

These actions can be implemented together or each one according to the local situation and possibilities. Obviously the lamps switched on only when the visitors are present in their vicinity reduce the energy release as well as the cost of electric energy. Since the amount of radiation emitted from a lamp decreases as the inverse of the square of the distance, it is always convenient to avoid the placement of lamps too close to walls or formations also because the temperature increase can interfere with the growth of formations. A spectrum poor of the wave length mostly absorbed by lampenflora can be easily obtained with discharge lamps (cold cathode lamps) or LED. The effect of UV irradiation was found to have only a transitory suppressing effect (Dobat, 1998). In addition the effective range is between 50 and 70 cm for a 30 W lamp and therefore in order to have a wider area treated to a distance, e.g. of 3 m, a 400 W lamp would be required or a multiple low power lamps (Kermode, 1975). Some experiments are being carried on presently, as in Grotta Gigante (Trieste, Italy) where the whole electrical system has been replaced recently (Fabbricatore, 2009). The result of the UV irradiation will be appraised in the very next future. In particular its effects should be considered with reference to the expenses of installation and maintenance.

Once the lampenflora is present, it is necessary to avoid its further development and destroy it by chemical methods:

No herbicides! Too toxic for the cave environment

Sodium hypochlorite 5 %

Hydrogen peroxide 15 % vol

Herbicides, used frequently in agriculture, must be avoided because their degradation in the cave environment is rather slow and their toxicity may affects seriously the cave fauna. Sodium hypochlorite treatment releases gaseous chlorine, which may have bad side effects on the cave fauna. Some air circulation may avoid such bad effects. Hydrogen peroxide, once it is saturated with calcium carbonate, is surely the most “friendly” chemical compound, but its use required some precautions by the personnel, while the personnel can apply the sodium hypochlorite without special attention.

Acknowledgements: The author is very grateful to A. Fabbricatore, M. Giordano, D. Summers and D. Traferro for the useful discussions and contribution to bibliography.

REFERENCES

ALEY, T. 2004. Tourist Caves: Algae and Lampenflora. In Gunn J. (Ed.) – *Encyclopedia of Caves and Karst Science*, Taylor and Francis-Routledge, New York: 733–734.

- ANTROX, 2009. Personal communication by Daniele Traferro, President, Antrox srl., Via Fioretti 10, 60131 Ancona – Italy
- BERTOLANI, M. – CIGNA, A. A. – MACCIÒ, S. – MORBIDELLI, L. – SIGHINOLFI, G. P. 1991. The karst system “Grotta grande del vento-Grotta del Fiume” and the conservation of its environment. *Proc. Int. Environmental Changes in Karst Areas – I.G.U.-U.I.S.*, Italy, 15 – 27 Sept. 1991, Quaderno Dip. Geografia N. 13, Univ. of Padova: 289–298. Also as: ENEA Report RT/AMB/92/19.
- CAUMARTIN, V. 1994. *Reflexion sur la conservation des grottes aménagées pour la visite touristique*. ANECAT, Paris.
- CLAUS, G. 1962. Data on the ecology of the algae of Peace Cave in Hungary. *Nova Hedwigia*, 4(1): 55–79
- CLAUS, G. 1964. Algae and their mode of life in the Baradla Cave at Aggtelek II. *International Journal of Speleology*, 1:13–2
- DE VIRVILLE, D. 1928. *Influence de la lumière électrique discontinue sur la flore d'une grotte*. Imp. Libr. Goupil., Laval.
- DOBÀT, K. 1963. “Höhlenalgen” bedrohen die Eiszeitmalereien von Lascaux. *Die Höhle*, Wien, 14(2): 41–45.
- DOBÀT, K. 1998. Flore de la lumière artificielle (lampenflora-maladie verte). In Juberthie C. & Decu V. (Eds.). *Encyclopaedia Biospeologica*. Tome 2, Société de Biospéologie, Moulis-Bucarest: 1325–1335.
- FABBRICATORE, A. (ED.) 2009. *Grotta Gigante, tursimo, ambiente, cultura*. Società Alpina delle Giulie, Trieste: 1–24.
- FAIMON, J. – STELCL, J. – KUBESOVA, S. – ZIMAK, J. 2003. Environmentally acceptable effect of hydrogen peroxide on cave “lamp-flora”, calcite speleothems and limestones. *Environmental Pollution*, 122: 417–422.
- GIORDANO, M. – MOBILI, F. – PEZZONI, V. – HEIN, M. K. – DAVIS, J. S. 2001. Photosynthesis in the caves of Frasassi (Italy). *Phycologia*, 39(5): 384–389.
- GROBBELAAR, J. U. 2000. Lithophytic algae: A major threat to the karst formation of show caves. *J. Applied Phycology*, 12: 309–315.
- HAJDU, L. 1966. Algological studies in the cave at Maytas Mount, Budapest, Hungary. *International Journal of Speleology*, 2: 137–149.
- HAZSLINSZKY, T. 2002. Übersicht der Lampenflorabekämpfung in Ungarn. In Hazslinszky T. (Ed.) *Proc. Int. Conf. on Cave Lighting*. Budapest, Hungary, Hungarian Speleological Society: 41–50.
- JOHNSON, K. 1979. Control of Lampenflora at Waitomo Caves, New Zealand. In Robinson A. A. (Ed.) *Cave Management in Australia III*. Proc. Third Aust. Conf. Cave Tourism and Management, Mt. Gambier, South Australian National Parks and Australian Speleological Federation, Adelaide.
- KERMODE, L. 1975. Glow-worm Cave, Waitomo. Conservation Study. *New Zealand Speleological Bulletin*, 5(91): 329–344.
- KOL, E. 1967. Algal growth experiments in the Baradla Cave at Aggtelek. *International Journal of Speleology*, 2: 457–74.
- KYRLE, G. 1923. *Grundgriss der theoretischen Speläologie*. Wien: Österreichischen Staatsdruckerei
- MONTECHIARO, F. – GIORDANO, M. 2006. Effect of prolonged dark incubation on pigments and photosynthesis of the cave-dwelling cyanobacterium *Phormidium autumnale* (Oscillatoriales, Cyanobacteria). *Phycologia*, 45 (6): 704–710.
- MORTON, F. – GAMS, H. 1925. Höhlenpflanzen. *Verlag Eduard Hölzel*, Wien: 1–227 + 10 Tables.
- MULEC, J. – KOSI, G. 2009. Lampenflora algae and methods of growth control. *J. of Cave and Karst Studies*, 71 (2): 109–115.
- OLSON, R. 2002. Control of lamp flora in Mammoth Cave National Park. In Hazslinszky, T. (Ed.), *Proc. Int. Conf. on Cave Lighting*. Budapest, Hungarian Speleological Society: 131–136.
- PADISÁK, J. – RAJČZY, M. – PARICSY-KOMAROMY, Z. – HAZSLINSZKY, T. 1984. Experiments on algae and mosses developing around different lamps in the cave “Pal-Völgyi-Barlang”. *Proc. Int. Colloquium on lamp flora, Budapest, 10 – 13 October 1984*: 83–102.

- RUSPOLI, M. 1986. *The Cave of Lascaux: the Final Photographs*. New York, Abrams and London, Thames and Hudson.
- SMITH, T. – OLSON, R. 2007. A Taxonomic Survey of Lamp Flora (Algae and Cyanobacteria) in Electrically Lit Passages Within Mammoth Cave National Park, Kentucky. *Int. J. Speleology*, 36(2): 105–114.

SLOVENSKÝ KRAS ACTA CARSOLOGICA SLOVACA	50/1	11 – 30	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2012
--	------	---------	------------------------

VÝZNAM REGIONÁLNYCH TEKTONICKÝCH ŠTRUKTÚR VO VÝCHODNEJ ČASTI SLOVENSKÉHO KRASU PRE VZNIK A VÝVOJ JASKÝŇ

MICHAL ZACHAROV

Technická univerzita v Košiciach, Fakulta baníctva, ekológie, riadenia a geotechnológií, Ústav geovied, Park Komenského15, 042 00 Košice; michal.zacharov@tuke.sk

M. Zacharov: The significance of selected regional tectonic structures in eastern part of Slovak Karst for origin and evolution of caves

Abstract: Western Carpathians origin and evolution is characteristic by extensive tectonic processes importance of which on the karst formation is not sufficiently known. In this paper we would like to present the results of studies of chosen significant regional tectonic structures, which radically influenced the geological composition of the studied area. The study was mainly devoted to disjunctive structures, their characteristics and relation, influence and importance for caves origin and evolution. The structures were chosen based on the occurrence of caves and karst springs in their association. Intentionally also hydrogeological conditions were studied in the area of structures.

Key words: Eastern part of Slovak karst, regional tectonic structures, formation and development caves, hydrogeology

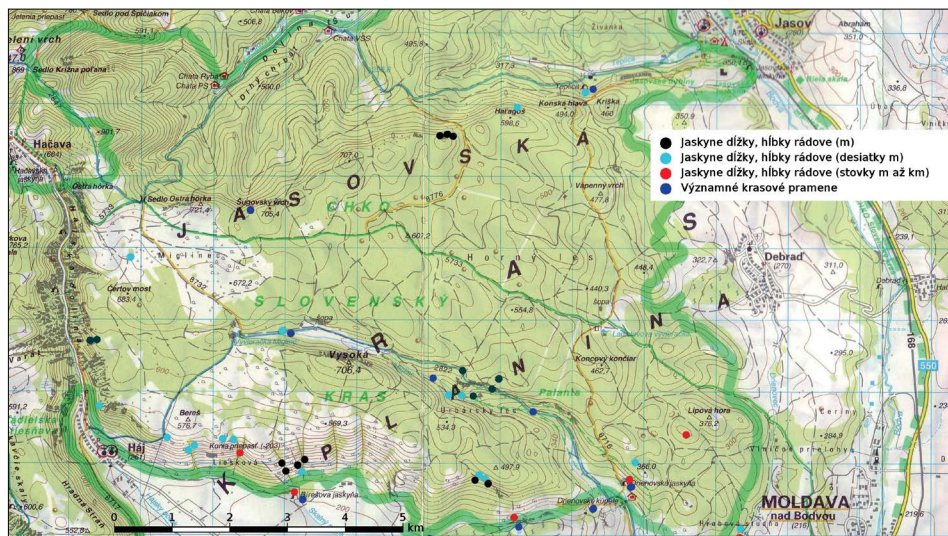
ÚVOD

Význam tektonických štruktúr pre vznik a vývoj krasu je nepochybný. Prepracovanie horninového masívu tektonickými procesmi je vo všeobecnosti priaznivým predpokladom pre vznik a vývoj množstva krasových javov. Najmä jaskyne, ktoré sa vytvárajú rozmanitými endogénnymi a exogénnymi geodynamickými procesmi, sú vo väčšine prípadov viazané na tektonické štruktúry. Zvlášť markantné je to na území Slovenska, ktorého pohoria sú z pohľadu geologickej stavby tvorené jednotkami Západných Karpát. Proces vzniku a formovania Západných Karpát je typický rozsiahlymi tektonickými procesmi, ktorých význam a podiel na vzniku a formovaní krasu nie je dostatočne známy. V období rokov 2006 až 2010 autor príspevku vykonával výskum tektonických štruktúr vo východnej časti Slovenského krasu. Výskum bol zameraný najmä na štúdium disjunktívnych štruktúr s cieľom pokúsiť sa zistiť ich vzťah, vplyv a význam pri vzniku a vývoji jaskýň. Pri riešení uvedenej problematiky sa taktiež venoval významným regionálnym tektonickým štruktúram, ktoré zásadným spôsobom ovplyvňujú geologickú stavbu predmetného územia.

GEOLOGICKÉ POMERY ŠTUDOVANÉHO ÚZEMIA

Územie, v ktorom boli vykonané štúdie vybraných regionálnych tektonických štruktúr, sa nachádza vo východnej časti geologickej jednotky Slovenského krasu. Je potrebné uviesť, že pri štúdiu tektonických štruktúr boli samozrejme jeho predmetom aj jednotky bezprostredne susediace so Slovenským krasom.

Východné ohraničenie geologickej jednotky Slovenského krasu v študovanom území predstavuje dolina rieky Bodvy v úseku medzi Moldavou nad Bodvou a Jasovom. Južná hranica územia je výrazná a prebieha po zvlnenej línii od obce Háj cez Drienovec až po Moldavu nad Bodvou. V podstate prebieha po úpätí južných svahov Slovenského krasu výrazne vystupujúcich z rovinatého terénu Košickej kotliny. Zo západu je územie ohraničené terénne výraznou Hájskou dolinou a zo severu prebieha hranica územia po línii obec Hačava, kóta Šugovský vrch (705 m n. m.), údolie potoka Teplica až po obec Jasov (obr. 1).



Obr. 1. Mapa výskytov jaskýň a významných krasových prameňov viazaných na vybrané regionálne tektonické štruktúry vo východnej časti Slovenského krasu
 Fig. 1. Map of caves occurrence and significant karst springs associated with chosen regional tectonic structures in eastern part of Slovak karst

Slovenský kras je charakteristický komplikovanou geologickou stavbou. Na stavbe jeho územia a bezprostredného okolia sa zúčastňuje päť základných príkrovových jednotiek – silicikum, turnaikum, meliatikum, príkrov Bôrky a gemerikum (Mello et al., 1997). Ďalej sa na stavbe lokálne zúčastňujú výskyt sedimentov vrchnej kriedy. Uvedené jednotky sčasti prekrývajú sedimenty kenozoika.

V študovanej východnej časti Slovenského krasu a blízkeho okolia sú zastúpené všetky uvedené prvky jeho stavby. Najvýznamnejšou jednotkou pre vznik a vývoj krasu je však silicikum zastúpené silickým príkrovom. Tvoria ho najmä triasové a lokálne i jurské horniny. Trias silického príkrovu v študovanom území je zastúpený skupinou facií predriftového štádia, dominantnou skupinou facií karbonátovej platformy a facií intraplatformových depresíí a facií pelagických, resp. facií svahových a panvových (Mello et al., 1997). Geologické pomery – pozícia, rozsah, vzájomný vzťah vyššie uvedených jednotiek a ich faciálne vývoje sú zobrazené na geologickej mape (obr. 2).

Vo vysvetlivkách k výrezu geologickej mapy (Mello et al., 1996) (obr. 2) sú z hľadiska zamerania príspevku uvedené len základné údaje o príkrovových jednotkách, vrchnej kriede a pokryvných sedimentoch kenozoika. Nepovažujem za účelné detailne uvádzať členenie jednotlivých skupín facií a vývojov sedimentov v študovanom území na litologické typy hornín.

VYBRANÉ REGIONÁLNE TEKTONICKÉ ŠTRUKTÚRY ŠTUDOVANÉHO ÚZEMIA

V oblasti Slovenského krasu v predchádzajúcich desaťročiach bolo vykonaných množstvo geologických, geomorfologických a speleologických výskumov. Výsledkom je rozsiahla odborná literatúra, ktorej odcitovanie, aj keby bolo účelovo zamerané len na problematiku príspevku, je neúnosne veľké. Podstatná časť literatúry je však uvedená v monografickej práci J. Mella et al., (1997) a L. Gaála (2008).

Na základe terénneho štúdia a prehodnotenia množstva poznatkov z odbornej literatúry boli vybrané pre štúdium len disjunktívne tektonické štruktúry. Štruktúry plikativne reprezentované vrásovými štruktúrami neboli zahrnuté do štúdia, pretože ich vplyv a význam pre vznik a vývoj jaskýň v predmetnom území nebol dosiaľ preukázaný (Zacharov, 2009). Výber tektonických štruktúr bol podriadený nasledujúcim kritériam. Tektonická štruktúra musí mať regionálny význam, to znamená, že významne ovplyvňuje nielen charakter geologickej stavby študovanej časti územia Slovenského krasu, ale aj celú jednotku. Jej existencia a pozícia v teréne je výrazná a ľahko rozpoznateľná podľa geologických (zásadná zmena litológie, stratigrafie, prítomnosť rozsiahlych dislokačných štruktúr a pod.) a geomorfologických príznakov (výrazná a náhla zmena morfológie terénu, morfológia a usporiadanie povrchových tokov a pod.). Hlavným kritériom bol však výskyt jaskýň a krasových prameňov preukázateľne viazaných na študovanú štruktúru.

Z viacerých možností som vybral tieto tektonické štruktúry (obr. 2): línia presunutia (nasunutia) silického príkrovu (RTŠ-1), rožňavská zlomová zóna (RTŠ-2), skupina zlomov stotožňovaných so zlomovou zónou Darnó (RTŠ-3) a skupina zlomov výrazne ohraničujúcich južný okraj krasového masívu Slovenského krasu (RTŠ-4).

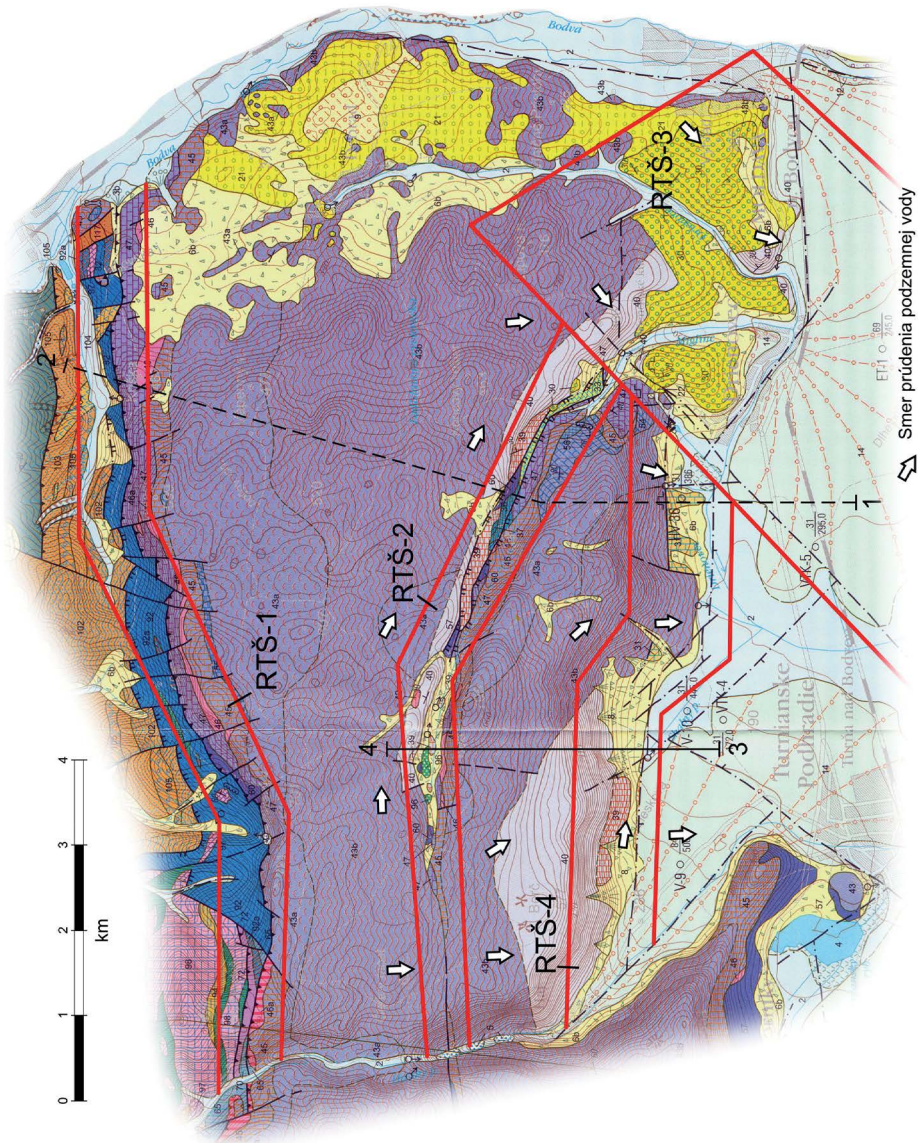
Pri posudzovaní významu uvedených štruktúr alebo skupiny štruktúr pre vznik a vývoj jaskýň bola vykonaná v prvom rade ich klasifikácia a popis na základe ich štúdia na povrchu. Pre tieto účely boli merané a vyhodnocované nasledujúce parametre: smer a sklon tektonickej štruktúry, smer a zmysel pohybu blokov podľa kinematických indikátorov, rozsah a charakter tektonického prepracovania horninového prostredia, smerná dĺžka a výška skoku, resp. zdvihu. Veľmi dôležitou skupinou údajov boli údaje o jaskyniach. Vyhodnocovala sa lokalizácia jaskýň vzhľadom na posudzovanú štruktúru, početnosť výskytu jaskýň, veľkosť priestorov, genetická a morfológická klasifikácia, posúdenie orientácie priestorov vzhľadom na predmetné tektonické štruktúry a z toho vyplývajúca tektonická predispozícia pre ich vznik a vývoj. Pri štúdiu jaskynných priestorov boli samozrejme merané a vyhodnocované obdobné parametre tektonických štruktúr ako na povrchových prejavoch regionálnych štruktúr.

Význam bol posudzovaný tromi stupňami: štruktúra významná (jaskyne dosahujúce dĺžku, resp. hĺbku stovky až tisíce metrov), málo významná (jaskyne dosahujúce dĺžku, resp. hĺbku metre až desiatky metrov) a bezvýznamná (bez výskytu jaskýň), ktorá sa prakticky v študovanom území nevyskytuje (tab. 1).

Charakteristika vybraných tektonických štruktúr

Línia presunutia (nasunutia) silického príkrovu

Uvedená mimoriadne geologicky i geomorfologicky významná tektonická štruktúra sa vyskytuje na severnom okraji Jasovskej planiny, resp. Medzevskej pahorkatiny (obr. 2). V tejto oblasti je silický príkrov presunutý na ďalšie tri príkrovové jednotky, príkrov Bôrky, meliatikum a gemerikum. Tieto príkrovové jednotky sú základnými tek-



Obr. 2. Geologická mapa študovaného územia – výrez z Geologickej mapy Slovenského krasu 1 : 50 000, (Mello et al., 1996; upravil M. Zacharov, 2011)

Fig. 2. Geological map of research area – the crop from Geological map of Slovak Karst Mts., 1 : 50 000 (Mello et al., 1996; modified by M. Zacharov, 2011)

Vysvetlivky:

KVARTÉR: 2,12 – klastické fluvialne sedimenty; 4 – organické sedimenty; 5 – travertíny; 6b, 8, 9 – deluviálne klastické sedimenty; 14 – proluviálne klastické sedimenty; TERCIÉR: 21, 22 – klastické sedimenty, uhofné íly, lignit (miocén); 30 – drienovské zlepence (vrchný oligocén – spodný miocén); 31 – vápence šomodského súvrstvia (eocén – oligocén); MEZOZOIKUM: 33 – miglinecké vápence (krieda); SILICIKUM, silický príkrov: 36, 37 – vápence, slie, brekcie (jura); 39, 40, 43, 43a, 43b, 45, 46, 47 – vápence a 42, 44, 46, 46a – dolomity fácií karbonátovej

platformy (stredný – vrchný trias); 54, 55, 56 – vápence svahových a panvových fácií, (stredný – vrchný trias); 57, 60 – bridlice, pieskovce a vápence fácií predriftového štádia (spodný trias); TURNAIKUM, turniansky príkrov: 65 – fylity, silicity, bázické vulkanoklastiká (stredný – vrchný trias); 70, 72 – vápence a dolomity (stredný trias); PRÍKROV BÔRKY: 92, 92a, 94, 95, 96, 97, 98 – fylity, kryštalické vápence, metabázické horniny, serpentinity (trias – jura); 102, 103, 104, 105 – fylity, metamorfované pieskovce a zlepenca, metaryolity (perm); GEMERIKUM: 119 – fylity (vrchný devón – spodný karbón)

Explanations:

QUATERNARY: 2, 12 – fluvial clastic sediments; 4 – organic sediments; 5 – travertine; 6b, 8, 9 – deluvial clastic sediments; 14 – proluvial clastic sediments; TERTIARY: 21, 22 – clastic sediments, carbonaceous clays, lignite (Miocene); 30 – Drienovec Conglomerates (Upper Oligocene – Lower Miocene); 31 – Šomody formation limestones (Eocene – Oligocene); MESOZOIC: 33 – Migline limestones (Cretaceous); SILICICUM, Silica Nappe: 36, 37 – limestones, marls, breccias (Jurassic); 39, 40, 43, 43a, 43b, 45, 46, 47 – limestones and 42, 44, 46, 46a – dolomites facies of Carbonate platform (Middle – Upper Triassic); 54, 55, 56 – limestones of slope and basal facies (Middle – Upper Triassic); 57, 60 – shales, sandstones and limestones of pre-rifting stage facies (Lower Triassic); TURNAICUM, Turnia nappe: 65 – phyllites, silicites, basic volcanoclastic rocks (Middle – Upper Triassic); 70, 72 – limestones and dolomites (Middle Triassic); BÔRKA NAPPE: 92, 92a, 94, 95, 96, 97, 98 – phyllites, crystalline limestones, metabasic rocks, serpentinites (Triassic – Jurassic); 102, 103, 104, 105 – phyllites, metasandstones, metaconglomerates, metarhyolites (Permian); GEMERICUM: 119 – phyllites (Upper Devonian – Lower Carboniferous)

Všeobecné vysvetlivky:

General explanations:



1 2 3

1 – zlomy a – zistené, b – predpokladané, faults a – observed, b – inferred; 2 – prešmyky, reverse faults; 3 – presunové línie, thrust lines; 1 I—I 2 – línie geologických rezov, lines of geological sections.

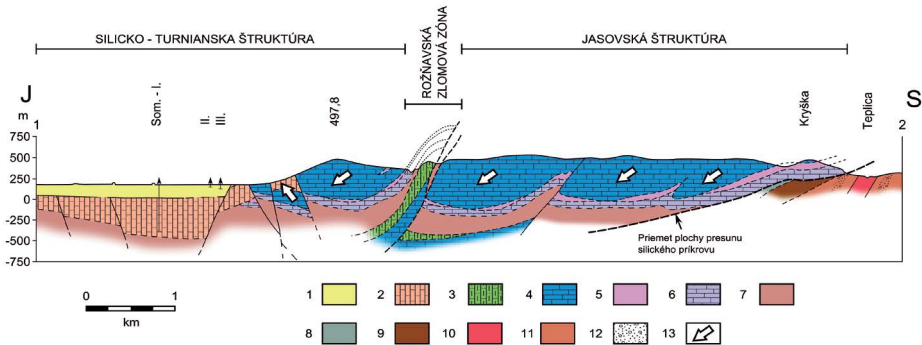
REGIONÁLNE TEKTONICKÉ ŠTRUKTÚRY: RTŠ-1: Línia presunu (násunu) silického príkrovu; RTŠ-2: Rožňavské zlomové pásmo; RTŠ-3: Skupina zlomov stotožňovaných so zlomovou zónou Darnó; RTŠ-4: Skupina zlomov na južnom okraji Slovenského krasu

REGIONAL TECTONIC STRUCTURES: RTŠ-1: Displacement line of the Silica Nappe; RTŠ-2: Rožňava fault zone; RTŠ-3: group of faults considered as Darnó fault zone; RTŠ-4: group of faults in the southern margin of the Slovak karst.

tonickými štruktúrami geologickej stavby a ich podstatná časť je tvorená nekrasovými horninami. Generálne majú V – Z smer priebehu horninových pruhov (obr. 2). Styk silického príkrovu s podložnými príkrovmi je samozrejme tektonický a predstavuje ho línia približne V – Z smeru. Presunová línia predstavuje priesečnicu bazálnej presunovej plochy príkrovu s povrchom terénu a jej topografickým prejavom je popisovaná línia. Podstatná časť podložia silického príkrovu je tvorená horninovými komplexmi príkrovu Bôrky. V teréne líniu resp., priebeh presunovej plochy indikuje zmena reliéfu (výrazná zmena sklonu svahu) a litológie (obr. 3, 4). Tektonicky je „nevýrazná“ a len lokálne sa prejavuje zónami brekciovitých karbonátov, resp. vyšším stupňom zbridičnatenia hornín príkrovu Bôrky (Zacharov, 2007). Vo východnom úseku boli taktiež zistené zložité melanže dm hrúbok z hornín na sebe uložených príkrovov, ktoré je taktiež možné považovať za indikátory presunových plôch. Báza príkrovu je rôznorodá. Približne na dvoch tretinách z asi 11 až 12 km dĺžky presunovej línie sa na báze vyskytujú gutensteinské vápence. Na zvyšku sa vyskytujú wettersteinské vápence, gutensteinské dolomity a hor-

Tab 1. Základné charakteristiky jaskýň a tektonických štruktúr vyskytujúcich sa v pásmach regionálnych tektonických štruktúr
 Tab 1. Basic characteristics of caves and tectonic structures occurring in the regional tectonic structures belt

Označenie regionálnych tektonických štruktúr	Rozdelenie a počet jaskýň podľa dĺžky, resp. hĺbky			Celkový počet jaskýň	Prevládajúci typ diskontinuitných štruktúr	Prevládajúci genetický typ jaskýň	Hodnotenie významu
	m	desiatky m	stovky až tisíce m				
RTŠ -1: Línia presunu (násunu) siliekého príkrovu	3	3	-	6	Bazálna plocha presunu príkrovu, lokálne prešmyky	Rozsadlinovo-korózne	Málo významná
RTŠ-2: Rožňavské zlomové pásmo	6	3	-	9	Prešmyky, lokálne násuny a poklesy	Korózne-rútivý	Málo významná
RTŠ-3: Skupina zlomov stotožňovaných so zlomovou zónou Darnó	-	2	3	5	Sinistrálne posuny, lokálne poklesy	Fluviokrasovo-korózne-rútivý	Významná
RTŠ-4: Skupina zlomov na južnom okraji Slovenského krasu	6	9	3	18	Sinistrálne a dextrálne poklesy, lokálne posuny	Rozsadlinovo, resp. fluviokrasovo-korózne-rútivý	Významná



Obr. 3. Geologický rez Jasovskou planinou a príľahlou Košickou kotlinou (podľa V. Homolu, 1961 upravený M. Zacharov, 2011, graficky spracoval L. Gagyi, 2011)

Fig. 3. Geological section of Jasov Plateau and adjacent Košice Basin (after V. Homola, 1961 modified by M. Zacharov, 2011, graphic by L. Gagyi, 2011)

Vysvetlivky: TERCIER: 1 – klastické sedimenty, uhoľné íly, lignit (miocén); 2 – vápence, bridlice, zlepenec, šomodské súvrstvie (eocén – oligocén); MEZOZOIKUM: SILICIKUM, silický príkrov: 3 – vápence, sliene, brekcie nerozlíšené (vrchný trias – jura); 4 – waxenecké, wettersteinské a steinalmské vápence nerozlíšené (stredný – vrchný trias); 5 – gutensteinské dolomity (stredný trias); 6 – gutensteinské vápence (stredný trias); 4 – 6 fácie karbonátovej platformy; 7 – bridlice, pieskovce fácií predriftového štádia (spodný trias); PRÍKROV BÔRKY: 8 – fylity, kryštalické vápence (trias – jura); 9 – metamorfované pieskovce (perm); 10 – metaryolity (perm); 11 – fylity (perm); 12 – metamorfované zlepenec (perm); 13 – smer prúdenia podzemnej vody;

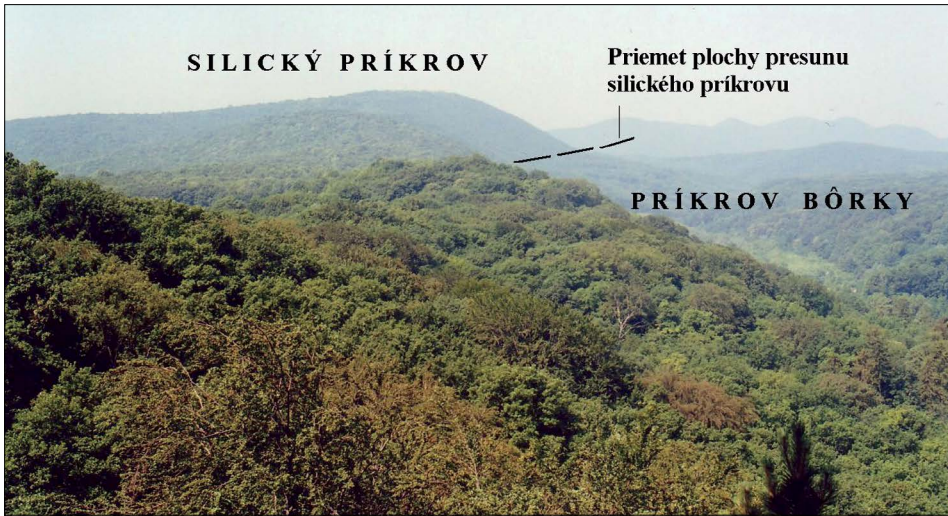
Poznámka: V reze je zachovaná pôvodná tektonická interpretácia geologickej stavby. Stratigrafia jednotiek stavby je spracovaná v zmysle koncepcie stavby Mella et al., 1996, 1997.

Explanations: TERTIARY: 1 – clastic sediments, carbonaceous clays, lignite (Miocene); 2 – limestone, shales, conglomerates, Šomodý formation (Eocene – Oligocene); MESOZOIC: SILICICUM, Silica Nappe: 3 – limestones, marls, breccias undistinguished (Upper Triassic – Jurassic); 4 – Waxeneck, Wetterstein and Steinalm limestones (Middle – Upper Triassic); 4 – Gutenstein dolomites (Upper Triassic); 6 – Gutenstein limestones (Upper Triassic); 4 – 6 Facies of Carbonate platform; 7 – shales, sandstones of pre-rifting stage facies (Lower Triassic); BÔRKA NAPPE: 8 – phyllites, crystalline limestones (Triassic – Jurassic); 9 – metamorphosed sandstones (Permian); 10 – metarhyolites (Permian); 11 – phyllites (Permian); 12 – metaconglomerates (Permian); 13 – direction of ground water flowing

Note: The profile contains the original tectonic interpretation of geological composition. Stratigraphy of the units is compiled in sense of Mello et al., 1996, 1997).

niny bodvasilašských vrstiev spodného triasu. Presunová plocha je zvlnená a jej sklon sa pohybuje v rozpätí 5 až 40° generálne k juhu (obr. 3, 4). Je to kompresná štruktúra s výskytom karbonátových brekcií, ale pomerne často aj melanží tvorených karbonátmi s variabilným obsahom nekrasových hornín. Ich hrúbka je veľmi premenlivá, od niekoľkých dm až po 12 m nepravej hrúbky. Najlepšie sú pozorovateľné v oblasti výskytu príkrovových trosiek západne od Jasovskej skaly. Celkový charakter stavby a úložné pomery litofácií výstižne dokumentu je geologický rez (obr. 3).

Presunová línia je výrazne rozsegmentovaná diagonálnou zlomovou tektonikou SZ – JV, S – J a SV – JZ smeru (obr. 2). Bližšiu charakteristiku uvádzaných zlomov spracoval Zacharov, (2007). Tieto prevažne veľmi strmé až subvertikálne zlomy tak podmieňujú charakteristickú blokovitú stavbu severného okraja Jasovskej planiny. Pri štúdiu tejto štruktúry boli zistené aj smerné V – Z zlomy (Zacharov, 2000). Časť týchto zlomov



Obr. 4. Morfológicky výrazný severný okraj silického príkrovu v doline potoka Teplica. Foto: M. Zacharov

Fig. 4. Morphologically noticeable northern margin of the Silica Nappe in valley of Teplica Creek. Photo: M. Zacharov



Obr. 5. Šikmo uklonené súvrstvie (30° k juhu) gutensteinských vápencov na severnom okraji silického príkrovu v doline potoka Teplica. Foto: M. Zacharov

Fig. 5. Inclined formation (30° to south) of Gutenstein limestones in the north margin of the Silica Nappe in Teplica Creek valley. Photo: M. Zacharov

má charakter poklesov až sinistrálnych posunov, ktoré vznikli ponásunovým spätným poklesávaním v dôsledku uvoľňovania kompresie. Zlomová tektonika je sprevádzaná drvenými zónami šírky od niekoľkých dm až do 2 m a početnými puklinovými systémami. Smerná tektonika intenzívne porušuje horninový masív do vzdialenosti 100 až 300 metrov.

Napriek rozsiahlej tektonickej porušenosti, čo je priaznivý faktor pre krasové procesy, výskyt jaskýň v oblasti opisovanej tektonickej štruktúry je sporadický, 6 lokalít (tab. 1). Línia presunutia, rozsiahlo tektonicky porušený horninový masív v zóne presunovej plochy silického príkrovu neposkytuje vhodné podmienky a prostredie na vznik a vývoj jaskýň. Doteraz známe jaskyne predstavujú korózne-rútivé, resp. rozsadlinovo-korózne-rútivé typy. Dosahujú prevažne dĺžky niekoľko metrov až desiatky metrov (max. 98 m, Gajdova stôlna). Sú prednostne viazané na miesta výskytu diagonálnej tektoniky (Zacharov, 2007).

Domnievam sa, že hlavným dôvodom, prečo tu nevznikli významnejšie jaskyne, je tlakový – uzavretý charakter tektonickej štruktúry, ktorý výrazne znižuje infiltračnú, ale aj drenážnu schopnosť štruktúry pre zrážkové vody vnikajúce do masívu karbonátov. Ďalším významným dôvodom je výrazne severovergentný charakter geologickej stavby (obr. 3, 5), ktorý odvádza infiltrované vody v podstatnej miere južným a juhovýchodným smerom (Orvan, 1974, 1991). Tieto vody relatívne rýchlo prechádzajú cez horninový masív, a preto nespôsobujú jeho rozsiahlejšie skrasovatenie v diskutovanej štruktúre. Len v malej miere odtekajú vody na sever (prameň Teplica, Šugovské pramene) niektorými diagonálnymi zlomami.

Uvedené vody sa potom sčasti akumulujú v synklinálnej časti čiastkovej hačavskej jednotky alebo na bariére rožňavského zlomu. Ďalej potom pokračujú po zlomových štruktúrach k okraju planiny, kde vytekajú v krasových prameňoch na jej úpätí. Podstatná časť podzemných vôd však prechádza formou skrytých prestupov do sedimentov kotlín obklopujúcich planinu z juhu a východu (obr. 2, 3). Líniu presunutia (nasunutia) silického príkrovu na základe uvedených faktov považujeme za málo významnú pre vznik a vývoj jaskýň.

Rožňavská zlomová zóna

Z hľadiska stavby Slovenského krasu je to pravdepodobne najvýznamnejšia tektonická štruktúra. Charakteristika tejto zóny, dosahujúcej približne dĺžku 60 km v súvislosti so Slovenským krasom, je pomerne zložitá a jej tektonickou interpretáciou a významom sa zaoberalo množstvo autorov, ktorých vyčerpávajúci prehľad je uvedený v monografických dielach O. Fusána et al., 1962, M. Maheľa et al., 1967, M. Maheľa, 1986, Š. Bajánika et al., 1983 a J. Mella et al., 1997. Z hľadiska zamerania príspevku pokladám preto za účelné venovať sa len jej charakteristike v študovanom území.

Rožňavská zlomová zóna sa začína severne od obce Drienovec. Zóna tu prechádza SZ – JV smerom morfológicky výrazným údolím Miglinc. V závere údolia sa jej smer zmení na V – Z a v tomto smere ďalej prechádza po povrchu planiny až západnému okraju, ktorý tvoria svahy Hájskej tiesňavy (obr. 1, 2, 6). Ďalej zóna pokračuje západným smerom k Rožňave. Zlomová zóna v dĺžke asi 8 km je hranicou medzi dvomi čiastkovými jednotkami silického príkrovu prepracovanými vrásovo-zlomovou tektonikou. Hačavská jednotka sa nachádza severne a severovýchodne od zóny a na jej protiláhlej strane sa nachádza jednotka silicko-turnianska (Mello et al., 1997) (obr. 3). Zóna zlomu je charakteristická zložitou prešmykovo-šupinovitou stavbou so strmým sklonom k juhu, resp. juhozápadu, lokálne i subvertikálnou (obr. 3, 9). Uvedený typ stavby zásadným spôsobom ovplyvňuje distribúciu jednotlivých typov hornín silického príkrovu, príkrovu Bôrky, ale aj vrchnej kriedy a terciéru. Taktiež prejavy vysokotlakovej metamorfózy svedčia o tom, že táto štruktúra je iba povrchovým prejavom hlbinného zlomu, ktorý oddeľuje bloky odlišného vývoja a mobility (Maheľ, 1986). Svedčia o tom okrem iného výskyt šupín serpentinitov príkrovu Bôrky v závere doliny Miglinc (obr. 2, 3, 9).



Obr. 6. Výrazná depresia v mieste priebehu rožňavskej zlomovej zóny v oblasti Hájskej doliny. Foto: M. Zacharov

Fig. 6. Marked depression in the Rožňava fault zone in Háj Valley area. Photo: M. Zacharov



Obr. 7. Vápence v rožňavskej zlomovej zóne sú výrazne zbrekčovatené a prestúpené sieťou zlomov a puklín. Foto: M. Zacharov

Fig. 7. Limestones in the Rožňava fault zone are noticeably brecciated and disrupted by faults and joints. Photo: M. Zacharov

Významnú úlohu zohrala aktivita rožňavskej zlomovej zóny pri formovaní súčasnej stavby silického príkrovu. Terciárna tektonika aktivovala túto staršiu strižnú zónu a jej výsledkom sú početné prešmyky, ale aj násuny. V jej bezprostrednom okolí majú uvedené štruktúry náznaky vejárovitej stavby (Mello et al., 1997). Zlomová zóna je diagonálne prerušená S – J a SZ – JV zlomami. Horniny v zóne zlomu sú výrazne tektonicky porušené, často sú zbrekčovatené, prestúpené hustou sieťou dislokácií a sprievodných puklín (obr. 7). Časté sú výskytu nekrasových hornín (bridlice, pieskovce, zlepenec, serpentinity) v tektonickej pozícii (obr. 9). Horninový masív je značne zvetraný a vo vrchných častiach svahov doliny je rozvoľnený.

Aj v tejto tektonickej štruktúre a jej blízkom okolí sú jaskyne vyvinuté nevýrazne. Je ich celkovo 9 (tab. 1) a rádovo dosahujú dĺžku metre až desiatky metrov (max. 30 m, Keglevichova jaskyňa). Sú to jaskyne prevažne korózne, rozsadlinové a aj fluviokrasové. Ich genetické začlenenie je často problematické pre rozsiahle

kryogénne premodelovanie. Podstatná časť ich priestorov sa vyvinula v tektonických štruktúrach analogického smeru, ako má rožňavská zlomová zóna v mieste ich výskytu, ale aj na jej križovaní s diagonálnymi dislokáciami.

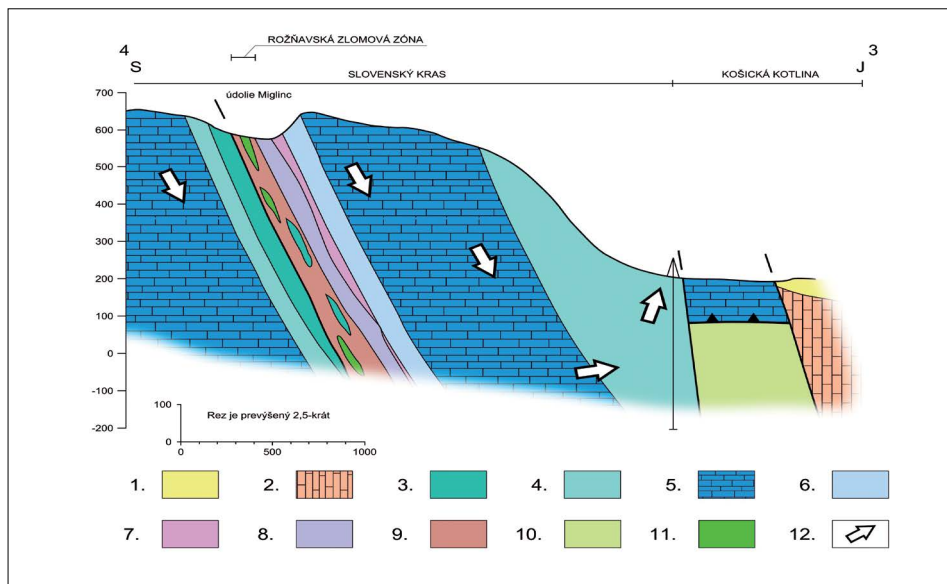
Uvedený charakter jaskýň jednoznačne súvisí s tektonickým štýlom zlomovej zóny. Je to pôvodne výrazná tlaková zóna charakteristická množstvom prešmykov, ktoré horniny intenzívne prepracovali (obr. 3, 9). Štruktúrna pevnosť hornín je tu výrazne zmenšená, čo v zásade neumožňuje tvorbu početných a rozsiahlych jaskýň. Vytvorené priestory sú málo stabilné a často zanikajú rútením, čo bolo zistené pri ich štúdiu. Procesy krasovatenia sú taktiež ovplyvňované a limitované polohami nekrasových hornín a produktmi ich zvetrávania.

Samotná pozícia zlomovej zóny (smer a sklon) významne ovplyvňuje zrážkové vody pri ich infiltrácii a taktiež ich pohyb v horninovom masíve. Zrážky v širšej centrálnej oblasti (vzhľadom na dĺžku zóny) zlomovej zóny odtekajú prevažne po povrchu, resp. plytko pod zvetraninovým pokryvom, čo im umožňuje nekrasové horniny a aj povrch karbonátov zakolmatovaný produktmi ich zvetrávania. Tomu zodpovedá aj morfológia povrchu tejto časti doliny Migline, ktorá má ploché, miestami subhorizontálne dno s meandrujúcim povrchovým tokom (obr. 8). Iný režim majú zrážky infiltrované v okrajových častiach zóny, ktoré sú tvorené karbonátmi. Na severnom okraji podstatná časť infiltrovaných vôd zostupuje do hĺbky a jej prúdenie je usmerňované nekrasovými horninami (najmä bridlice a pieskovce spodného triasu) tektonicky vytiahnutými v zóne zlomu (obr. 9). Podzemná voda v skrasovatenom masíve odteká formou hlbinného obehu juhovýchodným smerom pozdĺž rožňavskej zlomovej zóny. Časť týchto vôd je odvádzaná jaskynným systémom Drienovskej jaskyne na povrch pri vyústení doliny Migline (obr. 2). Podstatná časť však na južnom okraji krasu medzi Drienovcom a Moldavou nad Bodvou skryte prestupuje do terciérnych sedimentov Košickej kotliny. Je pravdepodobné, že časť týchto vôd vystupuje na povrch v krasovom prameni Drienovec. Je nutné



Obr. 8. Meandrujúci potok v centrálnej časti doliny Migline. Foto: M. Zacharov

Fig. 8. Meandering creek in the central part of the Migline Valley. Photo: M. Zacharov



Obr. 9. Geologický rez južnou časťou Jasovskej planiny a príľahlou Košickou kotlinou (podľa J. Mella, 1993 in J. Orvan, 1996, upravil M. Zacharov, 2011, graficky spracoval L. Gagyi, 2011).
 Fig. 9. Geological section of southern part of Jasov Plateau and adjacent Košice Basin (after J. Mello, 1993 in J. Orvan, 1996, modified by M. Zacharov, 2011, graphic by L. Gagyi, 2011)

Vysvetlivky: TERCIER: 1 – klastické sedimenty, poltárske súvrstvie (miocén); 2 – klastické sedimenty, čižske súvrstvie a vápence, bridlice, zlepenec, šomodské súvrstvie, nerozlíšené (eocén – oligocén); MEZOZOIKUM: SILICIKUM, silický príkrov: 3 – dachsteinské vápence (vrchný trias); 4 – waxenecké vápence (vrchný trias); 5 – wettersteinské vápence (stredný – vrchný trias); 6 – steinalmské vápence (stredný trias); 7 – gutensteinské dolomity (stredný trias); 8 – gutensteinské vápence (stredný trias); 3 – 8 fácie karbonátovej platformy; 9 – bridlice a pieskovce, bodvasilašské vrstvy, fácie predriftového štádia (spodný trias); MELIATIKUM: 10 – bridlice, radiolarity, meliatska formácia (jura); 11 – serpentinity, ofiolitová formácia údolia Bodvy (stredný – vrchný trias); 12 – smer prúdenia podzemnej vody

Explanations: TERTIARY: 1 – clastic sediments, Poltár formation (Miocene); 2 – clastic sediments, Číž formation and limestone, shales, conglomerates, Šomodý formation, undistinguished (Eocene – Oligocene); MESOZOIC: SILICICUM, Silica Nappe: 3 – Dachstein limestones (Upper Triassic); 4 – Waxeneck limestones (Upper Triassic); 5 – Wetterstein limestones (Upper Triassic); 6 – Steinalm limestones (Middle Triassic); 7 – Gutenstein dolomites (Middle Triassic); 8 – Gutenstein limestones (Middle Triassic); 3 – 8 Facies of Carbonate platform; 9 – shales, sandstones, Bódvaszilas Beds, pre-rifting stage facies (Lower Triassic); MELIATICUM: 10 – shales, radiolarites, Meliata formation (Jurassic); 11 – Serpentinities, Ophiolite formation of the Bodva Valley (Middle – Upper Triassic); 12 – direction of ground water flowing

podotknúť, že na diskutovanom severnom okraji je aj rad prameňov (Kozia studňa, Veľká Hačavská studňa a ďalšie), ktorých existencia súvisí s plytkým obehom podzemných vôd. Umožňuje to prítomnosť tektonických polôh nekrasových hornín.

Zrážkové vody na južnom okraji štruktúry po infiltrácii do masívu prúdia podľa jej pozície južným, resp. juhozápadným smerom k okrajom planiny (obr. 2). Aj tu je ich prúdenie jednoznačne ovplyvňované pozíciou zlomovej zóny. Z uvedeného vyplýva, že rožňavská zlomová zóna je dôležitou oblasťou infiltrácie vôd podieľajúcich sa na procese krasovatenia. Podiel týchto vôd na procese vzniku a vývoja jaskýň v zlomovej zóne je

však relatívne nízky, pretože rýchlo odtekajú v dôsledku strmo ukлонenej geologickej stavby. Rožňavskú zlomovú zónu na základe uvedených faktov považujeme za málo významnú pre vznik a vývoj jaskýň.

Skupina zlomov stotožňovaných so zlomovou zónou Darnó

Je to skupina zlomov, ktoré ovplyvňujú geologickú stavbu juhovýchodného okraja študovaného územia. Zásadný význam má zlomový systém SV – JZ smeru, stotožňovaný so zlomovou zónou Darnó (obr. 2), (Vass et al., 1994, Zelenka et al., 1983). Uvedená zóna charakteru sinistrálneho posunu zasahuje na územie Slovenska až z Maďarska od oblasti Budapešti. Na našom území dosahuje šírku približne 5 km a pravdepodobne v území medzi Drienovcom a Moldavou nad Bodvou sa končí. Typickým predstaviteľom opisovanej skupiny zlomov je zlom rieky Bodva. Zlom dosahuje veľmi strmý sklon k severozápadu, lokálne je aj subvertikálny (Zacharov, 2008 b). Horniny sú v zóne tohto zlomu rozsiahle zbrekčovatené (šírka desiatky metrov) a prestúpené množstvom smerných parciálnych dislokačných plôch. Sinistrálnymi pohybmi bola v študovanom území sformovaná stavba špecifická výskytom šomodského súvrstvia a drienovských zlepcov. Uvedené horniny sa mimo územia ohraničeného opisovanou skupinou zlomov v Slovenskom krase nenachádzajú.

V území prepracovanom skupinou zlomov stotožňovaných so zlomovou zónou Darnó sa vyskytuje celkovo 5 jaskýň. Je to malý počet, ale doteraz známe jaskyne dosahujú rádovo desiatky metrov až niekoľko km (Moldavská jaskyňa 3070 m a Drienovská jaskyňa 1348 m). Sú tu jaskyne fluviokrasové a koróznorúťivé. Väzba na zlomový systém SV – JZ smeru je zrejma najmä pri Drienovskej jaskyni (Zacharov, 2008 a,b). Jaskyňa je vyvinutá v zóne zlomu rieky Bodva v intenzívne zbrekčovatených vápencoch a v malom rozsahu aj na štruktúrach diagonálnych. Horninové prostredie je charakteristické množstvom smerných a diagonálnych dislokačných plôch sprevádzaných puklinami a pásmami brekcií šírky až 25 m. Podstatná časť brekcií je stmelená, resp. vyhojená sekundárnym kalcitom a nadobudla charakter kompaktnej horniny. Taktiež sa v zóne tohto zlomu vyskytujú početné polohy tektonických ílov.

Opisovaný ekvivalent zlomovej zóny Darnó v juhovýchodnej časti Slovenského krasu je možné považovať za priaznivé prostredie pre vznik a vývoj jaskýň. Rozsiahle skrasovatenie je síce podmienené tektonickou prepracovanosťou horninového masívu ale ďalším dôležitým predpokladom sú taktiež priaznivé hydrogeologické pomery. Vyplyva to z vyššie opisovaných významných regionálnych tektonických štruktúr. Vznik a vývoj podstatne rozsiahlejších a speleologicky zaujímavých jaskýň je tu podmienený dostatkom podzemnej vody v horninovom masíve. Podstatná časť vôd je infiltračného pôvodu a prúdi do tejto časti krasu zo severnejších častí planiny. Umožňuje to priaznivá geologická stavba, ktorej charakter v súvislosti s hlavými prúdeniami podzemnej krasovej vody bol uvedený pri zhodnocovaní významu línie nasunutia silického príkrovu a rožňavskej zlomovej zóny. Ďalším zdrojom podzemných vôd sú vody infiltrované z náplavov v údolí Bodvy na východnom okraji krasu. Krasové vody prúdiace od severu a severozápadu (obr. 2) sa dostávajú do popisovanej zlomovej zóny. Regionálne smerné zlomy sprevádzané pásmami brekcií tu predstavujú preferované cesty pre prúdenie vôd v horninovom masíve od SV k JZ. V zónach týchto zlomov sa potom môžu vytvárať jaskyne a zároveň sa táto voda na úpätí planiny dostáva na povrch v krasových prameňoch (Drienovská jaskyňa). Zóna zlomu rieky Bodvy, kde je vyvinutá podstatná časť tejto jaskyne, je významnou štruktúrou, ktorá drénuje najmä podzemné vody prúdiace od severozápadu z oblasti rožňavskej zlomovej zóny. Podstatná časť týchto krasových

vôd sa však dostáva po zlomoch až k okrajom planiny a tam po zlomoch ohraničujúcich Slovenský kras z juhu vystupuje vo forme krasových prameňov (prameň Drienovec) alebo v hĺbke skryte prestupuje do kenozoických sedimentov okolitých kotlín. Územie so skupinou zlomov stotožňovaných so zlomovou zónou Darnó považujeme za významné pre vznik a vývoj rozsiahlych jaskýň, resp. jaskynných systémov.

Skupina zlomov výrazne ohraničujúcich južný okraj krasového masívu Slovenského krasu

Na stavbe a formovaní južného okraja východnej časti Slovenského krasu sa významne podieľajú zlomové systémy SZ – JV, SV – JZ, V – Z smeru a zlomy S – J smeru (Mello et al., 1996, 1997; Vass et al., 1994) (obr. 2). Južný okraj Slovenského krasu v študovanom území tu má generálne východo-západný priebeh a je hlavne sformovaný zlomami V – Z smeru s úklonom k juhu. Tieto zlomy ohraničujú výrazne vystupujúci masív Slovenského krasu od sedimentov plocho zarovnanej Košickej kotliny (obr. 10). Celkový charakter ohraničenia okraja Slovenského krasu dotvárajú diagonálne zlomy SZ – JV, SV – JZ a S – J smeru, ktoré segmentujú východo-západný priebeh okraja Slovenského krasu a podmieňujú tak vznik blokovitej stavby (obr. 2). Pre vznik a vývoj jaskýň majú zásadný význam zlomy SZ – JV a V – Z smeru (Zacharov, 2009) (obr. 11). Zlomy sú veľmi strmé až subvertikálne a majú prevažne charakter poklesov (ťahové – otvorené štruktúry), lokálne posunov sprevádzaných dm až niekoľko m zónami brekcií (obr. 12).

V uvedenej časti Slovenského krasu sa v rámci študovaných tektonických štruktúr vyskytuje najviac jaskýň. Celkovo je ich tu 18 a prevládajú jaskyne v dĺžkovom, resp. hĺbkovom rozpätí niekoľko m až desiatky m (tabuľka 1). Nachádza sa tu najdlhšia (6032 m) a zároveň aj najhlbšia jaskyňa (328 m) Slovenského krasu – Skalísty potok a aj druhá najhlbšia jaskyňa – Kunia priepasť (203 m). Z hľadiska vzniku a vývoja jaskýň sú tu najdôležitejšie zlomy V – Z smeru. V smere uvádzaných zlomov je vyvinuté podstatné množstvo jaskynných priestorov. Rozhodujúcu úlohu pri vzniku jaskýň mali zlomy charakteru šikmých dextrálnych aj sinistrálnych poklesov so sklonom na J a S. Lokálne sa vyskytujú aj posunové štruktúry s dextrálnym i sinistrálnym zmyslom pohybu (Zacharov, 2009). Druhou najvýznamnejšou skupinou sú zlomy SV – JZ smeru taktiež charakteru šikmých dextrálnych aj sinistrálnych poklesov. Uvádzané zlomy sú až na malé výnimky sprevádzané pásmami brekcií.

Rozsiahle skrasovatenie južného okraja je taktiež podmienené tektonicky. Prevláda tu poklesová tektonika, ktorá je charakteristická ťahovými otvorenými zlomovými štruktúrami vyplnenými nekompaktnými brekciami (obr. 13). Sú to veľmi priaznivé štruktúry pre infiltráciu zrážkových vôd, ale hlavne pre prúdenie krasových vôd v horninovom masíve. Toto územie má aj priaznivé hydrogeologické pomery pre vznik a vývoj jaskýň. Ju tu dostatok podzemnej vody pre krasovú koróziu a eróziu, čo dokumentujú vodné toky v jaskynných systémoch Skalístého potoka a Kunej priepasti. Dokazujú to aj krasové pramene (Vinica, Berek, Fejke) na úpätí planiny (obr. 1). Krasové vody pochádzajú z časti planiny medzi rožňavskou zlomovou zónou a okrajom krasu na juhu. Stavebne je to čiastková silicko-turnianska štruktúra monoklinálne uklonená k juhu (obr. 9). Umožňuje to zrážkovým vodám po infiltrácii prúdiť južným smerom až k okrajom Slovenského krasu. Uvedenú tendenciu prúdenia významne ovplyvňuje aj šikmo k juhu uklonená rožňavská zlomová zóna s polohami nekrasových hornín v podloží silicko-turnianskej štruktúry (obr. 3, 9). Krasové vody prúdia až k južnému okraju krasu, kde po zlomových štruktúrach sčasti vystupujú vo forme krasových prameňov na povrch a ich podstatná časť skryte prestupuje do sedimentov kotliny. Krasové pramene



Obr. 10. Morfológia južného okraja Jasovskej planiny, pohľad na východ. Foto: M. Zacharov
Fig. 10. Morphology of the southern margin of the Jasov Plateau, view to the east. Photo: M. Zacharov



Obr. 11. Plocha zlomu SZ – JV smeru ($224/74^\circ$), typu pravostranného poklesu, kameňolom SZ od obce Drienovec. Foto: M. Zacharov
Fig. 11. Plane of NW – SE fault ($224/74^\circ$), right-normal-slip fault, the quarry is located NW from Drienovec village. Photo: M. Zacharov



Obr. 12. Tektonická brekcia v zóne zlomu SZ – JV smeru ($230/65^\circ$) typu poklesu, kameňolom SZ od obce Drienovec. Foto: M. Zacharov

Fig. 12. Tectonic breccia in NW – SE fault zone ($230/65^\circ$), normal fault, quarry located NW from Drienovec village. Photo: M. Zacharov



Obr. 13. Výrazne skrasovatená zóna zbrekčovateľných vápencov v poklesovej zlomovej štruktúre, kameňolom SZ od obce Drienovec. Foto: M. Zacharov

Fig. 13. Markedly karstified zone of brecciated limestones in a normal fault structure, quarry located NW from Drienovec village. Photo: M. Zacharov

vytekajú v oblasti styku úpätia krasového masívu s povrchom Košickej kotliny a sú situované v mieste križovania V – Z zlomov s diagonálnymi. Oblasť styku na úpätí tvorí miestnu eróznú bázu, v úrovni ktorej sa vytvorilo rozsiahle skrasovatenie – podstatná časť jaskynného systému Skalistého potoka. Územie so skupinou zlomov výrazne ohraničujúcich južný okraj krasového masívu Slovenského krasu považujeme za významné pre vznik a vývoj rozsiahlych jaskynných systémov.

DISKUSIA

Na posúdenie významu vybraných regionálnych tektonických štruktúr vo východnej časti Slovenského krasu pre vznik a vývoj jaskýň bolo vykonané štúdium geologickej stavby zamerané na úložné pomery karbonátov, charakteristiku tektonických štruktúr a účelové štúdium hydrogeologických pomerov. Ďalej to bolo komplexné štúdium jaskýň vyskytujúcich sa v oblasti vybraných tektonických štruktúr.

Na základe vykonaného štúdia je možné konštatovať, že podmienkou pre vznik a vývoj významných jaskýň je územie s kombináciou vhodných tektonických štruktúr a priaznivých hydrogeologických pomerov. Uvedený fakt nepredstavuje novú zásadnú informáciu a je všeobecne pre karsológov známy. Je však potrebné v územiach, ktoré analyzujeme, primerane charakterizovať základné parametre vhodných tektonických a hydrogeologických štruktúr. Mala by to byť štandardná podmienka, ale aj dôvod na úspešný prieskum krasu s cieľom objaviť významnú jaskyňu.

V prípade študovaného územia to znamená prítomnosť ťahových, otvorených štruktúr typu poklesov (hlavne SZ – JV a V – Z smeru) a posunov (SV – JZ smeru) sprevádzaných rozsiahlymi pásmami brekcií a puklinových zón. Samotné tektonické prepracovanie horninového masívu predstavuje prípravu na zložité procesy skrasovania, pri ktorých zásadnú úlohu zohráva podzemná voda. Najmä jej dostatok a možnosť prúdenia v tektonicky porušenom prostredí karbonátov je ďalšou podmienkou pre rozsiahly proces skrasovania horninového masívu. Priaznivé hydrogeologické pomery tohto územia jednoznačne súvisia s charakterom geologickej stavby. V dôsledku generálne výraznej severovergentnej geologickej stavby sú infiltrované vody odvádzané v podstatnej miere južným a juhovýchodným smerom až k okrajom krasového územia. Dostatok podzemných vôd je v okrajovej oblasti doložený výskytom krasových prameňov prevažne s hlbinným obehom (rádovo stovky metrov hĺbky). Je nutné podotknúť, že významnou mierou ovplyvňuje prúdenie podzemných vôd rožňavská zlomová zóna. Je to významná bariéra približne v centrálnych častiach Jasovskej planiny, ktorá v dôsledku výskytov tektonických polôh nekrasových hornín najmä spodného triasu mení režim prúdenia vôd. Podstatnú časť podzemných vôd prúdiacich zo severných častí Jasovskej planiny uvedená zóna usmerňuje na juhovýchod k okrajom planiny a Medzevskej pahorkatiny.

Výsledkom štúdia je konštatovanie významu študovaných tektonických štruktúr pre vznik a vývoj jaskýň. Z uvedených štruktúr preukázateľne má zásadný význam skupina zlomov stotožňovaných so zlomovou zónou Darnó a skupina zlomov výrazne ohraničujúcich južný okraj krasového masívu Slovenského krasu.

Uvedené výsledky výskumu významu regionálnych štruktúr pre vznik a vývoj jaskýň sú charakteristické pre východnú časť Slovenského krasu. Okrem množstva terénnych prác bolo potrebné o študovanom území a o regionálnych štruktúrach získať dôležité informácie z literatúry, archívnych správ z nasledujúcich odvetví geológie – regionálnej geologickej stavby, štruktúrnej geológie a hydrogeológie a samozrejme z oblasti karsológie a speleológie.

Sformulované uzávery môžu byť platné aj pre ostatné časti Slovenského krasu, ak majú analogické prvky geologickej stavby a hydrogeologické pomery ako študované štruktúry. Domnievam sa, že uvedeným štúdiom je možné do značnej miery vybrať a odporúčať, ktoré časti územia krasu majú vhodné podmienky pre vznik a vývoj významných jaskýň.

Nechcem však popierať, že množstvo jaskýň bolo objavených intuitívne a náhodne. Objavovanie jaskýň je namáhavá terénna práca, často trvajúca roky bez objavenia jaskyne. Preto ak dnes vieme, ako tomuto procesu pomôcť, tak sa domnievam, že je potrebné použiť všetky dostupné geologické metódy a údaje na vytypovanie nádejného územia s jaskyňou.

LITERATÚRA

- BAJANÍK, Š. – HANZEL, V. – IVANIČKA, J. – MELLO, J. – PRISTAŠ, J. – REICHWALDER, P. – SNOPKO, L. – VOZÁR, J. – VOZÁROVÁ, A. 1983. Vysvetlivky ku geologickej mape Slovenského rudohoria – východná časť. GÚDŠ, Bratislava, 223 s.
- FUSÁN, O. – BYSTRICKÝ, J. – ČECHOVIČ, V. – FRANKO, O. – HANÁČEK, J. – ILAVSKÝ, J. – KULLMAN, E. – KUTHAN, M. – LUKNIŠ, M. – REGÁSEK, F. 1962. Vysvetlivky k prehľadnej geologickej mape ČSSR 1 : 200 000, M-34-XXXIII Rimavská Sobota, Geofond Bratislava, 123 s.
- GAÁL, L. 2008. Geodynamika a vývoj jaskýň Slovenského krasu. *Speleologia Slovaca* 1, ŠOP SR, SSS Liptovský Mikuláš, 166 s.
- HOMOLA, V. 1961. Geologické pomery Jasovské plošiny v Jihoslovenském krasu. *Sborník vědeckých prací VŠB v Ostravě*, roč. VII, č. 1–5, Ostrava, 373–394.
- JAKÁL, J. 1993. Geomorfológia krasu Slovenska, Mapa 1 : 500 000. *Slovenský kras – Acta Carsologica Slovaca* 31, SMOPaJ, Liptovský Mikuláš, 13–28.
- MAHEL, M. – KAMENICKÝ, J. – FUSÁN, O. – MATĚJKA, A. 1967. *Regionální geologie ČSSR, díl II – Západní Karpaty*, sv. 1. ÚÚG, Academia, Praha, 496 s.
- MAHEL, M. 1986. Geologická stavba československých Karpát, *Paleoalpínske jednotky 1*. SAV, GÚDŠ, Bratislava, 503 s.
- MELLO, J. – ELEČKO, M. – PRISTAŠ, J. – REICHWALDER, P. – SNOPKO, L. – VASS, D. – VOZÁROVÁ, A. 1996. Geologická mapa Slovenského krasu 1 : 50 000. MŽP SR, GS SR Bratislava.
- MELLO, J. – ELEČKO, M. – PRISTAŠ, J. – REICHWALDER, P. – SNOPKO, L. – VASS, D. – VOZÁROVÁ, A. – GAÁL, L. – HANZEL, V. – HOK, J. – KOVÁČ, P. – SLAVKAY, M. – STEINER, A. 1997. Vysvetlivky ku geologickej mape Slovenského krasu 1 : 50 000. Vydavateľstvo D. Štúra, Bratislava, 255 s.
- ORVAN, J. 1974. Hačavsko-jasovská hydrogeologická štruktúra. *Správa IGHP Žilina pre Vodorozvoj Bratislava*, manuskript – archív Ústavu geovied F BERG TU v Košiciach, 171 s.
- ORVAN, J. 1991. Podzemné vody Slovenského krasu a možnosti ich využitia. *Mineralia slovaca*, 23, 1, Spišská Nová Ves, 51–60.
- THURÓCZY, J. – ERDŐS, M. 1988. Kunia priepasť – 203 m, nová rekordná hĺbka v Slovenskom krase. *Slovenský kras*, 26, SSS Liptovský Mikuláš, 25–32.
- VASS, D. – ELEČKO, M. – HORSKÁ, A. – PETRÍK, F. – BARKÁČ, Z. – MELLO, J. – VOZÁROVÁ, A. – RADOZ, G. – DUBÉCI, B. 1994. Základné črty geológie turnianskej depresie. *Geologické práce*, Správy 99, GÚDŠ, Bratislava, 7–22.
- ZACHAROV, M. 2000. Geologická stavba východnej časti Slovenského krasu a jej vplyv na vznik endokrasu. *Slovenský kras – Acta Carsologica Slovaca* 38, SMOPaJ, Liptovský Mikuláš, 7–17.
- ZACHAROV, M. 2007. Vplyv tektoniky na vznik a vývoj endokrasu v SV časti Slovenského krasu v okolí Jasova. *Slovenský kras – Acta Carsologica Slovaca* 45, SMOPaJ a SSS, Liptovský Mikuláš, 43–54.
- ZACHAROV, M. 2008a. Geologické a tektonické pomery Drienovskej jaskyne v Slovenskom krase. *Slovenský kras – Acta Carsologica Slovaca* 46, č. 1, ŠOP SR, SSS, SMOPaJ Liptovský Mikuláš, 41–52.

- ZACHAROV, M. 2008b. Výskum disjunktívnej tektoniky Drienovskej jaskyne v Slovenskom krase. Slovenský kras – Acta Carsologica Slovaca 46, č. 2, SMOPaJ a ŠOP SR, SSJ, Liptovský Mikuláš, 287–300.
- ZACHAROV, M. 2009. Disjunktívne štruktúry južného okraja Jasovskej planiny a ich vplyv na vznik a vývoj endokrasu. Slovenský kras – Acta Carsologica Slovaca 47, č. 1, SMOPaJ a ŠOP SR, SSJ, Liptovský Mikuláš, 41–56.
- ZELENKA, T. – BAKSA, CS. – BALLA, Z. – FÖLDESSY, J. – FÖLDESSY-JÁRÁNYI, K. 1983. The role of the Darnó line in the basement structure of northeastern Hungary. Geol. zborn. geol. Carp. 34, 1., Bratislava, 53–69.

THE SIGNIFICANCE OF SELECTED REGIONAL TECTONIC STRUCTURES IN EASTERN PART OF SLOVAK KARST TO ORIGIN AND EVOLUTION OF CAVES

S u m m a r y

To evaluate the importance of selected regional tectonic structures in the eastern part of Slovak Karst for origin and evolution of caves we studied the geological composition of the area, especially the carbonates setting, tectonic structures characteristics and hydrogeological conditions. This was followed by complete study of caves present in area of chosen tectonic structures. From several possibilities subsequent tectonic structures were selected (Fig. 2): displacement line of the Silica Nappe (RTŠ-1), Rožňava fault zone (RTŠ-2), group of faults considered as Darnó fault zone (RTŠ-3) and group of faults markedly bounding the southern margin of the karst massif of Slovak Karst (RTŠ-4).

Based on the realised study we conclude that the precondition for significant caves creation and evolution is existence of area with convenient tectonic structures combined with favourable hydrogeological conditions. This fact does not represent new essential information and is well known for karstologists in general. But it is necessary to characterize adequately the basic parameters of proper tectonic and hydrogeologic structures in studied areas. It should be a standard requirement, but also the reason for successful karst survey on the way to significant new cave discovering.

In case of the studied area it means the presence of tensile, open structures of normal fault (mainly NW-SE and E-W direction) and shift fault (NE-SW direction) – type accompanied by extensive belts containing zones with breccia and joints. The tectonic reworking of the rock massif represents preparation to complicated karstification processes, where the principal component is the groundwater. Especially its sufficiency and possibility to flow in tectonically disrupted area of limestones are another preconditions for the karstification of the rock massif. Favourable hydrogeological conditions of this area are unambiguously related to its geological composition. Due to generally distinct northern vergency of geological composition is the infiltrated water conducted away to south and south-east direction to the karst area margin. Abundance of groundwater is in the marginal part documented by occurrence of karst springs mainly with deep circulation (several hundreds m). It is necessary to mention, that the groundwater circulation is significantly influenced by Rožňava fault zone. It is an important barrier approximately in the central parts of Jasov Plateau, which due to occurrence of tectonical location of unkarstic rocks (mainly lower Triassic age) changes the groundwater circulation regime. The substantial amount of groundwater flowing from the north parts of Jasov Plateau is directed by this zone to southeast, to the margin of the plateau and Medzev Downs.

The result of the study is emphasizing the significance of studied tectonic structures to origin and evolution of caves. From above mentioned structures the group of faults considered as Darnó fault zone and group of faults markedly bounding the south margin of karst massif of Slovak Karst have demonstrable importance.

The results of research devoted to significance of regional structures for caves origin and evolution are characteristic for the eastern part of Slovak Karst. Except high amount of field work, the study required also collecting information regarding the studied area and regional structures

from literature, archival publications from the following division of geology – regional geology, structural geology, hydrogeology as well as karstology and speleology.

The pronounced results can be valid also for other parts of Slovak Karst if they have analogous geological composition and hydrogeological conditions as the studied structures.

SLOVENSKÝ KRAS ACTA CARSOLOGICA SLOVACA	50/1	31 – 40	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2012
--	------	---------	------------------------

DIGITÁLNY VÝŠKOVÝ MODEL PODLAHOVÝCH ĽADOVÝCH POVRCHOV V DOBŠINSKEJ ĽADOVEJ JASKYNI

JURAJ GAŠINEC¹, PAVEL BELLA^{2,3},
SILVIA GAŠINCOVÁ¹, ANGELA IMRECZEOVÁ¹

¹ Ústav geodézie, kartografie a GIS, Fakulta BERG, TU v Košiciach, Park Komenského 19, 041 01 Košice; Juraj.Gasinec@tuke.sk, Silvia.Gasincova@tuke.sk, Angela.Imreczeova@tuke.sk

² Štátna ochrana prírody Slovenskej republiky, Správa slovenských jaskýň, Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš; bella@ssj.sk

³ Katedra geografie, Pedagogická fakulta KU, Hrabovská cesta 1, 034 01 Ružomberok; Pavel.Bella@ku.sk

J. Gašinec, P. Bella, S. Gašincová, A. Imreczeová: Digital elevation model of floor ice surfaces in the Dobšinská Ice Cave, Slovakia

Abstract: This article describes the process of setting up the surface and underground planimetric and elevation control points for the purpose of surveying and 3D modelling of the ground ice in the Dobšinská Ice Cave and researching the use of terrestrial laser scanning techniques for this purpose. There's also presented method for correcting the uncertainty of laser beam reflected space from the ice using tachometric designated checkpoints. Then the thin plate spline interpolation in two dimensions is used to correct heights of point set (point cloud) which is measured by terrestrial laser scanning.

Key words: Dobšinská Ice Cave, ice-filled cave, ice filling, terrestrial laser scanning, thin plate spline interpolation in two dimensions

ÚVOD

Dobšinská ľadová jaskyňa je jednou z najvýznamnejších zaľadnených jaskýň na svete. Známa je neobyčajným rozsahom ľadovej výplne, ktorá sa vytvorila v podzemných priestoroch v nadmorskej výške iba 920 až 950 m (ostatné významné ľadové jaskyne sú zväčša vo vysokohorskej polohe). Tulis a Novotný (1995) určili plochu zaľadnenia na viac ako 9770 m² a objem ľadu nad 110 000 m³. Ľadová výplň nie je statická, mení sa v závislosti od klimatických pomerov i vlastných gravitačných deformácií. Na povrchu ľadovej výplne a stenách tunelov, na prehliadkovej trase vysekaných do ľadu, sa vytvárajú rozličné väčšie i drobné morfológické tvary vytvorené kvapkajúcou a stekajúcou vodou, ako aj prúdením vzduchu a sublimáciou ľadu (Bella, 2003, 2005, 2007).

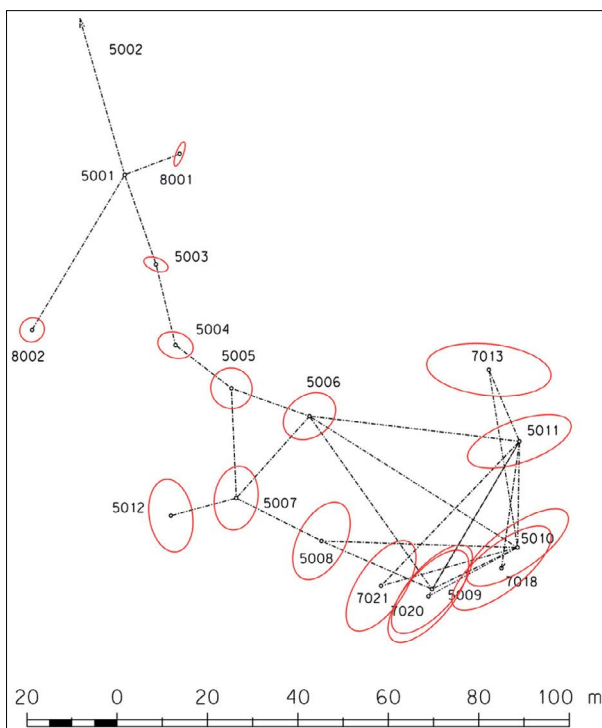
Pohybom, zmenami morfológie i rozsahu ľadovej výplne v Dobšinskej ľadovej jaskyni sa zaoberali Lalkovič (1995), Tulis (1997), ako aj Tulis a Novotný (2003). Okrem geovedného a environmentálneho hľadiska táto problematika je dôležitá aj z hľadiska bezpečnosti a udržiavania chodníkov na prehliadkovej trase pre návštevníkov.

V rokoch 2010 a 2011 sa začala problematika inovatívne riešiť v rámci projektu VEGA č. 1/0786/10 na základe spolupráce Ústavu geodézie, kartografie a geografických informačných systémov na Fakulte BERG Technickej univerzity v Košiciach so ŠOP SR, Správou slovenských jaskýň v Liptovskom Mikuláši. Jeho hlavným cieľom je exaktne zaznamenávanie a digitálne modelovanie zmien ľadovej výplne v jaskyniach bezkontaktnými meračskými metódami pre potreby ich ochrany a prevádzky.

POLOHOVÉ A VÝŠKOVÉ PRIPOJENIE DOBŠINSKEJ ĽADOVEJ JASKYNE NA JTSK03 A BPV

Základným predpokladom exaktného vyhodnocovania časových a priestorových zmien ľadovej výplne jaskyne je existencia podzemného polohového a výškového bodového poľa s požadovanou hustotou a presnosťou. V zmysle novely vyhlášky Úradu geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky č. 300/2009 v znení vyhlášky č. 75/2011 Z. z., ktorou sa od 1. 4. 2011 vyhlásila platnosť národnej realizácie S-JTSK s označením JTSK03, sa preto geodetické práce realizovali v záväznom súradnicovom systéme, pričom všetky predchádzajúce merania sa do tohto súradnicového systému prepočítali vhodnými transformačnými postupmi.

Pripojenie povrchových bodov siete Dobšinskej ľadovej jaskyne na štátnu priestorovú sieť sa zrealizovalo prostredníctvom Slovenskej priestorovej observačnej služby SKPOS, využívajúcej signály globálnych navigačných satelitných systémov (GNSS). Na statické meranie v dĺžke približne 3 hodín sa použili dva dvojfrekvenčné GNSS prijímače Leica GPS1200 a Leica GPS900, ktorými sa určili body orientačnej priamky 5001 – 5002, vzájomne vzdialené cca 1047 m. Transformácia do národnej realizácie polohového systému JTSK03 a Baltského výškového systému po vyrovnaní (Bpv) sa realizovala prostredníctvom autorizovanej transformácie súradníc bodov medzi záväznými geodetickými systémami dostupnej na www stránke Geodetického a kartografického ústavu v Bratislave (<http://awts.skgeodesy.sk/>).



Obr. 1. Prehľadný náčrt siete povrchových a podzemných meračských bodov Dobšinskej ľadovej jaskyne so štandardnými chybovými elipsami

Fig. 4. The configuration map of surface and underground geodetic points network of the Dobšinská Ice Cave with the standard error ellipses

Z orientačnej priamky 5001–5002 boli určené povrchové zaistovacie meračské body č. 8001 a 8002, body podzemného bodového poľa jaskyne č. 5004 až 5012 stabilizované v pevných, nezvetraných častiach skalného stropu jaskyne meračskými klincami (obr. 2 a 3), ako aj body č. 7013, 7018, 7020 a 7021 stabilizované odrazovými štítkami Leica (obr. 1).



Obr. 2. Stabilizácia meračského bodu v Malej sieni. Foto: J. Gašinec

Fig. 2. The stabilisation of geodetic point in the Small Hall. Photo: J. Gašinec



Obr. 3. Stabilizovaný meračský bod na skalnom strope v Malej sieni. Foto: J. Gašinec

Fig. 3. Geodetic point stabilized on rock ceiling in the Small Hall. Photo: J. Gašinec

Odhad parametrov prvého rádu lokálnej geodetickej siete jaskyne v kartografickej rovine Křovákovo dvojitého konformného zobrazenia a v Baltskom výškovom systéme po vyrovnaní sa realizoval štandardnou metódou najmenších štvorcov (tab. 1). Testovanie súboru meraných geodetických veličín z hľadiska možnej identifikácie infiltrovaných odľahlých meraní sa realizovalo okrem štandardného parametrického testovania aj ne-parametrickými testami, založenými na M-robustných metódach a simplexovej metóde (Gašincová a Gašinec, 2010; Gašincová et al., 2011a,b). Sieť ako celok v 2D kartografickej rovine možno charakterizovať strednou polohovou chybou 4,9 mm, strednou súradnicovou chybou 3,5 mm. Pri výškovom vyrovnaní nadobudla stredná chyba vyrovnaných výšok hodnotu 1,7 mm.

Parametre 2. rádu geodetickej siete boli určené metódou MINQUE a sú reprezentované odhadom smerodajnej odchýlky meraných dĺžok 1,39 mm a smerov 1,49 mgon pre motorizovanú univerzálnu meraciu stanicu Leica Viva TS 15.

MERANIE PODLAHOVÉHO ĽADU V DOBŠINSKEJ ĽADOVEJ JASKYNI

Podrobné priestorové zameranie Malej a Veľkej siene Dobšinskej ľadovej jaskyne bolo realizované terestrickým laserovým skenerom Leica ScanStation C10 a tachymetricky motorizovanou univerzálnou meracou stanicou Leica Viva TS 15 s cieľom posúdiť vhodnosť progresívnych terestrických laserových skenerov v špecifických podmienkach ľadových jaskýň.

Je známe, že objekty vytvorené z ľadu, podobne ako objekty z iných priehľadných či priesvitných materiálov, nie sú najhodnejšie na určovanie ich tvaru metódou laserového skenovania, resp. vo všeobecnosti metódami založenými na využití laserových diaľkomerov, keďže miesto odrazu lúča závisí od jeho zloženia, čírosti, uhla dopadu atď. a vo všeobecnosti sa nenachádza na povrchu tohto objektu.

Na spoľahlivé monitorovanie časových zmien podlahovej ľadovej plochy a jej modelovania ako priestorovej štruktúry je nevyhnutné určenie hodnôt koeficientov interpo-

Tab. 1. Odhady súradníc bodov geodetickej siete jaskyne a ich charakteristiky presnosti
 Tab. 1. The adjusted coordinates of cave network points and their accurate characteristics

Bod	y	x	h	s _y	s _x	s _h	a	b	σ _a
	m	m	m	mm	mm	mm	mm	mm	g
5001	331903.770	1219467.368	969.349	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00
5002	332193.576	1218472.831	871.125	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00
5003	331896.848	1219486.894	969.368	0.9	2.2	0.9	1.4	0.7	378.31
5004	331892.524	1219504.504	965.336	1.2	3.2	1.3	2.0	1.4	381.07
5005	331880.173	1219513.896	957.751	2.0	3.5	1.5	2.3	2.2	380.99
5006	331862.936	1219519.964	957.678	2.3	3.6	1.7	3.1	2.3	34.84
5007	331879.117	1219537.835	957.145	2.5	3.6	1.7	3.5	2.4	89.22
5008	331860.277	1219547.165	951.639	3.1	3.7	1.9	4.6	2.6	67.92
5009	331835.844	1219557.686	951.198	3.2	4.1	1.9	6.1	2.5	53.24
5010	331816.941	1219548.609	951.023	3.0	4.5	1.9	6.6	2.4	37.98
5011	331816.515	1219525.461	950.920	2.6	4.5	1.9	6.0	2.3	21.10
5012	331893.566	1219541.652	950.614	4.1	3.7	1.9	4.0	2.4	310.48
7013	331823.296	1219509.858	951.619	2.6	5.2	2.0	6.9	2.8	393.52
7018	331820.460	1219553.084	950.548	3.2	4.5	1.9	6.7	2.5	42.44
7020	331836.647	1219559.236	950.680	3.5	4.1	2.0	6.2	2.6	55.35
7021	331847.100	1219556.971	950.712	3.5	4.0	2.1	5.7	2.6	61.86
8001	331891.636	1219462.819	969.581	3.1	1.2	0.8	1.4	0.4	77.17
8002	331924.258	1219501.165	967.238	1.9	3.0	1.3	1.4	1.3	34.69

Legenda: Y, X Kartografické súradnice v národnej realizácii JTSK03

H Výška v Bpv

s_y, s_x, s_h Smerodajné odchýlky zodpovedajúcich súradníc

a, b, σ_a Hlavná, vedľajšia polosa a stočenie štandardnej chybovej elipsy

lačnej plochy $z = f(x,y)$ zo skalárneho 2D poľa. Zo známych aproximujúcich funkcií bola pre morfometrickú analýzu použitá splajnová funkcia tenkej platne (Mičietová a Minárová, 1988; Wahba, 1990):

$$f(x, y) = a_0 + a_1x + a_2y + \sum_{k=1}^n b_k d_k^2 h d_k^2 \quad (1)$$

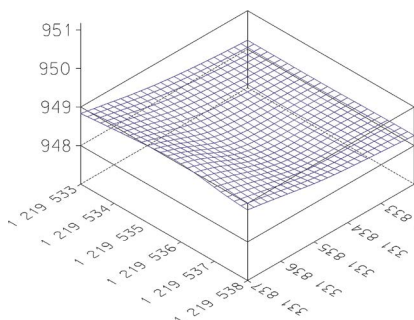
v ktorej $d_k^2 = (x - x_k)^2 + (y - y_k)^2$ a ktorá minimalizuje funkcionál

$$F(f) = \int_R \left[\left(\frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial x^2} \right)^2 + \left(\frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial y^2} \right)^2 + \left(\frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial x \partial y} \right)^2 \right] dx dy \quad (2)$$

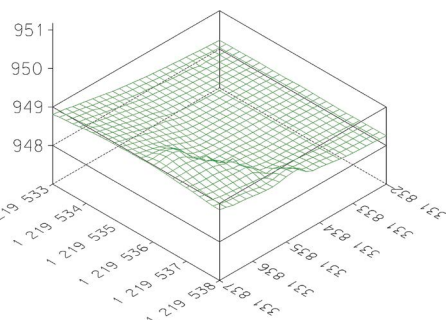
pri splnení podmienky spojitosti funkcie. Riešením $n+3$ rovníc o $n+3$ neznámých:

$$\begin{aligned} \sum_{k=1}^n b_k &= 0 \\ \sum_{k=1}^n b_k x_k &= 0 \\ \sum_{k=1}^n b_k y_k &= 0 \\ a_0 + a_1x + a_2y + \sum_{k=1}^n b_k d_k^2 h d_k^2 &= z_k \end{aligned} \quad (4)$$

sú určené neznáme parametre $a_0, a_1, a_2, b_1, \dots, b_n$ definujúce interpolačnú plochu skalárneho poľa stavových veličín na n bodoch $B_k, k=1 \dots n$ oblasti R . Riešenie (4) sa vykonalo inverzným postupom v integrovanom programovom prostredí Matlab. Vzhľadom na objemnosť spracovávaných súborov z 3D skenera, ktorá kladie vysoké nároky na operačnú pamäť počítača, bola plocha podlahového ľadu rozdelená na interpolačné oblasti

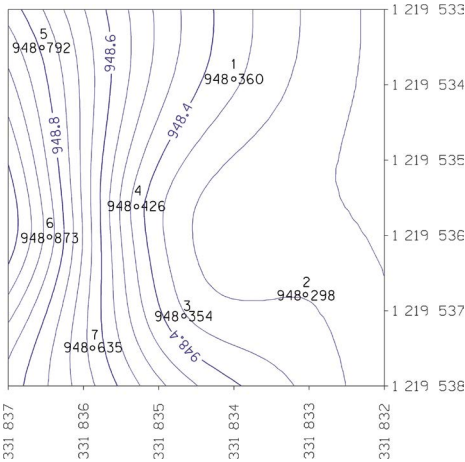


Obr. 4. Priestorový model výrezu ľadovej plochy z tachymetrických meraní
Fig. 4. The spatial model of ice surface obtained from the tachymetry

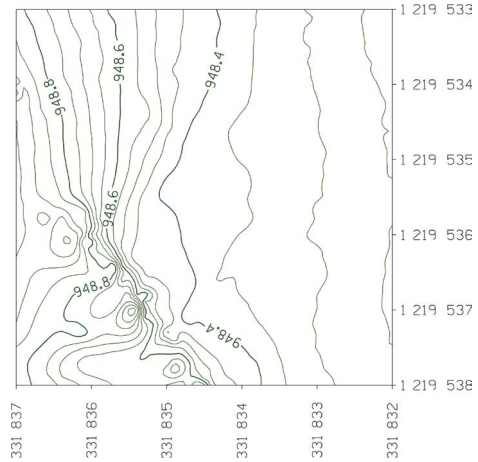


Obr. 5. Priestorový model výrezu ľadovej plochy z meraní 3D skenera
Fig. 5. The spatial model of ice surface obtained from the 3D scanner

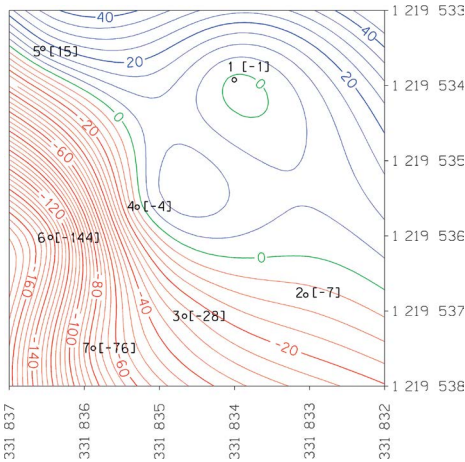
(štvrce) s rozmermi $5 \times 5 \text{ m}$. Pre tachymetricky odmerané body univerzálnou meracou stanicou boli zahrnuté všetky body merané na odrazový hranol. V oboch prípadoch boli interpolačnou funkciou (1) generované výšky pre body v interpolačnej oblasti R s hustotou $1 \times 1 \text{ cm}$ (obr. 4 a 5).



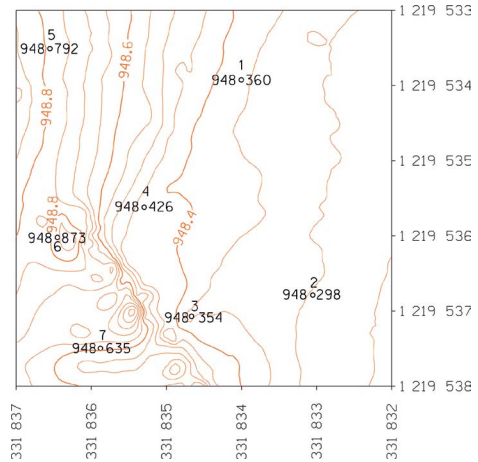
Obr. 6. Izočiary výšok ľadovej plochy z tachymetrického merania v interpolačnej oblasti Fig. 6. The ice surface level lines obtained from the tacheometry



Obr. 7. Izočiary výšok ľadovej plochy z terestrického skenovania v interpolačnej oblasti Fig. 7. The ice surface level lines obtained from the terrestrial laser scanning



Obr. 8. Izočiary korekcií pre body určené terestrickým laserovým skenerom Fig. 8. The correction isolines for the points assigned by terrestrial laser scanner



Obr. 9. Izočiary ľadovej plochy z bodov laserového skenovania s korekciou $\Delta z_{(2-1)}$ Fig. 9. The ice surface level lines obtained from the terrestrial laser scanning with correction $\Delta z_{(2-1)}$

Vyjadrenie priestorovej diferenciácie interpolačnej funkcie v oblasti R metódou izočiar znázorňujú obr. 6 a 7. V skúmanej interpolačnej oblasti sa nachádza 7 kontrolných bodov, ktorých priestorové súradnice boli zamerané tachymetricky univerzálnou meracou stanicou. Pre tieto body boli splajnovou interpolačnou metódou tenkej platne (Mičietová a Minárová, 1988; Wahba, 1990) určené aj výšky $z_{(2)}$ zo súboru meraných priestorových bodov terestrického laserového skenovania prístrojom Leica ScanStation

C10. Výškové rozdiely v danej interpolačnej R oblasti ležia v intervale od -144 do 15 mm (tab. 2, obr. 8).

Zavedením hodnôt $\Delta z_{(2-1)}$ (tab. 2) na 7 bodoch interpolačnej oblasti R môže byť svojimi koeficientmi určená interpolačná funkcia tvaru (1) na generovanie korekcií pre body podlahového řadu z laserového terestrického skenovania, ktorej grafické vyjadrenie je znázornené na obr. 8. Izočiary řadovej plochy z bodov laserového skenovania opravené o korekciu $\Delta z_{(2-1)}$ sú znázornené na obr. 9.

Tab. 2. Uzlové body interpolačnej oblasti výrezu podlahovej řadovej plochy

Tab. 2. Nodal points of the bottom ice surface interpolation section

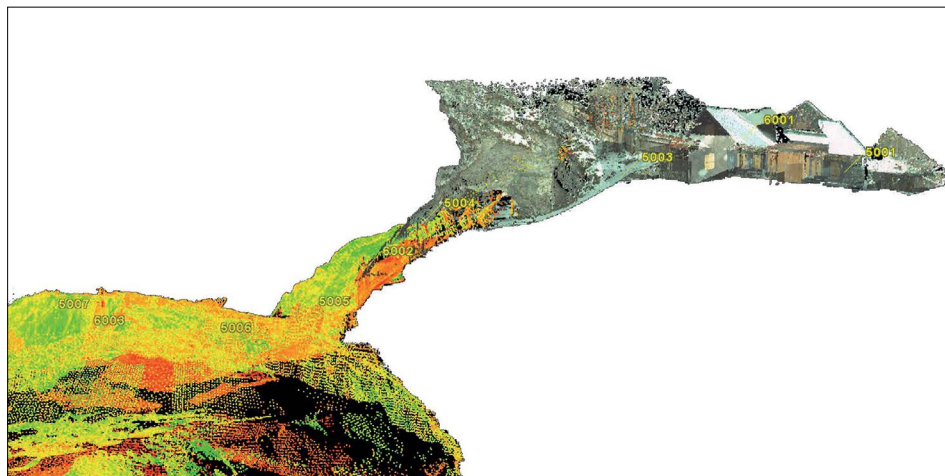
	y [m]	x [m]	$z_{(1)}$ [m]	$z_{(2)}$ [m]	$\Delta z_{(2-1)}$ [mm]
1	331834.001	1219533.925	948.360	948.361	-1
2	331833.048	1219536.788	948.298	948.305	-7
3	331834.663	1219537.070	948.354	948.382	-28
4	331835.294	1219535.619	948.426	948.430	-4
5	331836.551	1219533.508	948.792	948.777	15
6	331836.451	1219536.021	948.873	949.017	-144
7	331835.880	1219537.496	948.635	948.711	-76

Legenda:

$z_{(1)}$ Priestorové súradnice bodov zamerané pomocou odrazového hranola univerzálnou meracou stanicou

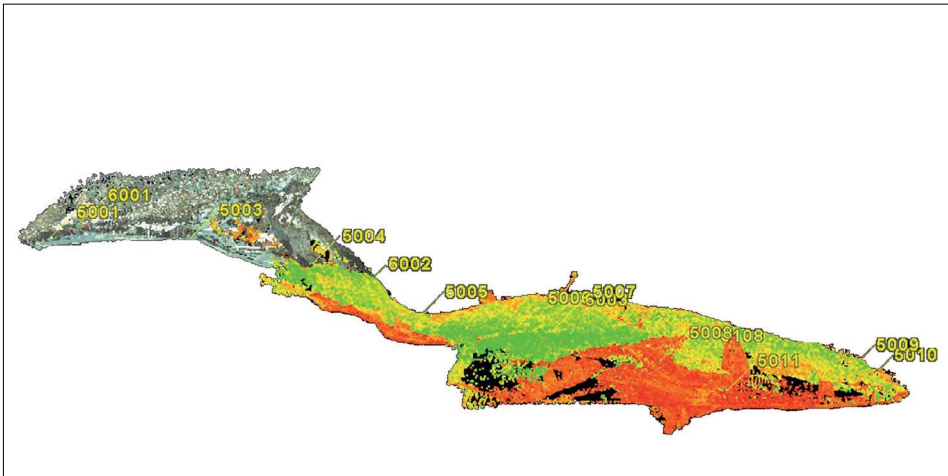
$z_{(2)}$ Výšky bodov určené splajnovou interpolačnou funkciou tenkej platne (1) zo súboru meraných priestorových bodov určených terestrickým laserovým skenerom Leica ScanStation C10

$\Delta z_{(2-1)} = z_{(2)} - z_{(1)}$



Obr. 10. Trojdimenziórná vizualizácia vstupnej časti Dobšinskej řadovej jaskyne

Fig. 10. Three-dimensional visualisation of the entrance part of Dobšinská Ice Cave



Obr. 11. Časť mračna dátových bodov z terestrického laserového skenovania, Dobšinská ľadová jaskyňa – vstupná časť, Malá a Veľká sieň

Fig. 11. The part of data points cloud from terrestrial laser scanning, Dobšinská Ice Cave – entrance part, Small and Great Hall

ZÁVER

Predložený príspevok prezentuje získané empirické skúsenosti z využitia terestrických laserových skenerov pri monitorovaní podlahového ľadu vo Veľkej a Malej sieni Dobšinskej ľadovej jaskyne. Aj keď podlahový ľad ako priestorový objekt pre svoje optické vlastnosti nie je vhodné merať metódou laserového terestrického skenovania, resp. inými meračskými metódami využívajúcimi laserové diaľkomery, nachádzajú sa v Dobšinskej ľadovej jaskyni miesta, v ktorých pohyb meračskej skupiny je z bezpečnostných dôvodov obmedzený, prípadne by predstavoval potenciálne riziko pre poškodenie ľadovej výplne a výzdoby. Ďalším dôvodom jej použitia je skutočnosť, že laserové skenovanie je výkonná meracia technika, zameriavajúca povrch objektov s neporovnateľne vyššou hustotou a efektivitou ako bežné geodetické metódy. Príspevok poukázal na prípad, pri ktorom sú v interpolačnej oblasti k dispozícii kontrolné body zamerané s dostatočnou presnosťou a hustotou tachymetrickou, prípadne inou geodetickou metódou, prostredníctvom ktorých je možné vo vyhradenej oblasti stanoviť parametre interpolačnej funkcie, priradujúcej bodom laserového terestrického skenovania príslušné korekcie.

Nadobudnuté výsledky poukazujú na využiteľnosť uvedených metód interpretácie záznamov zmien povrchu podlahového ľadu v určitých časových intervaloch vo vzťahu na pokračujúce klimatické pozorovania v Dobšinskej ľadovej jaskyni, ktoré kontinuálne nadväzujú na komplexný klimatologický výskum jaskyne realizovaný v spolupráci s poľskými i nemeckými odborníkmi (Piasecki et al., 2004, 2005 a iní), zámery ďalších meraní a výskumu – postupné zmeny morfológie ľadových stien a tunelov vplyvom sublimácie ľadu podmienenej prúdením vzduchu v jednotlivých častiach jaskyne budú predmetom ďalšieho výskumu.

Tento príspevok vznikol v rámci riešenia grantového projektu VEGA č. 1/0786/10 „Výskum dynamiky ľadovej výplne jaskynných priestorov bezkontaktnými metódami z hľadiska ich bezpečného a trvalo udržateľného využívania ako súčasti prírodného

dedičstva Slovenskej republiky“ a projektu „Centrum excelentného výskumu získavania a spracovania zemských zdrojov – 2. etapa“ v operačnom programe Výskum a vývoj financovaného z Európskeho fondu regionálneho rozvoja (kód ITMS: 26220120038).

LITERATÚRA

- BELLA, P. 2003. Glaciálne ablačné formy v Dobšinskej ľadovej jaskyni. *Aragonit*, 8, 3–7.
- BELLA, P. 2005. Rovné podlahové ľadové povrchy v zaľadnených jaskyniach (Dobšinská ľadová jaskyňa, jaskyňa Scărișoara). *Aragonit*, 10, 12–16.
- BELLA, P. 2007. Morphology of ice surface in the Dobšiná Ice Cave. In Zelinka, J. (Ed.): *Proceedings of the 2nd International Workshop on Ice Caves, Demänovská Dolina, May 8 – 12, 2006. Liptovský Mikuláš*, 15–23.
- BUCHROITHNER, M. F. – GAISECKER, TH. 2009. 3D Surveying and Visualisation of a Complex Dome in an Extreme Alpine Cave System. *Photogrammetric, Fernerkundung, Geoinformation (PFG)*, 4, 327–337.
- GAŠINCOVÁ, S. – GAŠINEC, J. 2010. Adjustment of positional geodetic networks by unconventional estimations. *Acta Montanistica Slovaca*, 15, 1, 71–85.
- GAŠINCOVÁ, S. – GAŠINEC, J. – WEISS, G. – LABANT, S. 2011a. Application of robust estimation methods for the analysis of outlier measurements. *GeoScienceEngineering*, 57, 3, 14–29.
- GAŠINCOVÁ, S. – GAŠINEC, J. – STAŇKOVÁ, H. – ČERNOTA, P. 2011b. Porovnanie MNŠ a alternatívnych odhadovacích metód pri spracovaní výsledkov geodetických meraní. In *SDMG 2011, sborník referátů 18. konferencie, Praha 5. – 7. října 2011. VŠB-TU, Ostrava*, 40–50.
- GAŠINEC, J. – GAŠINCOVÁ, S. – ČERNOTA, P. – STAŇKOVÁ, H. 2011. Možnosti použitia terestrického laserového skenovania pri dokumentovaní ľadovej výplne Dobšinskej ľadovej jaskyne a riešenie súvisiacich problémov v programovacom jazyku Python. In *SDMG 2011, sborník referátů 18. Konferencie, Praha 5. – 7. října 2011. VŠB-TU, Ostrava*, 51–59.
- LALKOVIČ, M. 1995. On the problems of the ice filling in the Dobšiná Ice Cave. *Acta Carsologica*, 24, 313–322.
- MIČIETOVÁ, E. – MINÁROVÁ, O. 1988. Komplexný digitálny model reliéfu a interpolačné metódy. *Geodetický a kartografický obzor*, 34, 7, 165–173.
- PIASECKI, J. – SAWIŃSKI, T. – ZELINKA, J. 2005. Spatial differentiation of the air temperature in the entrance collapse of Dobšinská Ice Cave as contribution to the recognition of the problem of air exchange between cave and the surface. *Slovenský kras*, 43, 81–96.
- PIASECKI, J. – ZELINKA, J. – PFLITSCH, A. – SAWIŃSKI, T. 2004. Structure of air flow in the upper parts of the Dobšinská Ice Cave. In Bella, P. (Ed.): *Výskum, využívanie a ochrana jaskýň, zborník referátov zo 4. vedeckej konferencie, Tále 5. – 8. 10. 2003. Liptovský Mikuláš*, 113–124.
- TULIS, J. 1997. Pohyb ľadu v Dobšinskej ľadovej jaskyni. *Aragonit*, 2, 6–7.
- TULIS, J. – NOVOTNÝ, L. 1995. Čiastková správa o morfometrických parametroch v zaľadnených častiach Dobšinskej ľadovej jaskyne. In Bella, P. (Ed.): *Ochrana ľadových jaskýň. Zborník referátov z odborného seminára, Dobšinská Ľadová Jaskyňa 21. – 22. 9. 1995. Liptovský Mikuláš*, 25–28.
- TULIS, J. – NOVOTNÝ, L. 2003. Zmeny zaľadnenia v Dobšinskej ľadovej jaskyni. *Aragonit*, 8, 7–9.
- WAHBA, G. 1990. *Spline Models for Observational Data*. Philadelphia, CBMS-NSF Regional Conference Series in Applied Mathematics, Society for Industrial and Applied Mathematics (SIAM).

DIGITAL MODELLING OF THE RELIEF OF FLOOR ICE SURFACES IN THE DOBŠINSKÁ ICE CAVE, SLOVAKIA

S u m m a r y

The present paper features empirical experience obtained from the use of terrestrial laser scanners to monitor ground ice in the Great and Small Hall of the Dobšinská Ice Cave. Although ground ice, as a spatial object for its optical properties isn't convenient to measure by terrestrial laser scanning method, respectively by other surveying methods using laser for measuring distances, there are places in the ice cave in which the movement of surveyors is restricted for nature protection reasons, or would pose a potential risk for damage of ice filling and decoration. Another reason for its use is that laser scanning is a powerful measurement technique, mapping the surface of objects with incomparably higher density and efficiency than conventional surveying methods. This contribution pointed to a case where the sufficient accuracy control points determined by tachometric or other surveying method are available in interpolation space by which it is possible to define morphometric parameters of interpolation functions to points observed by terrestrial laser scanning.

SLOVENSKÝ KRAS ACTA CARSOLOGICA SLOVACA	50/1	41 – 60	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2012
--	------	---------	------------------------

VYUŽITIE METÓDY ERT PRI PRIESKUME JASKÝŇ V HAVRANEJ SKALE (PLAVECKÝ KRAS)

ALEXANDER LAČNÝ¹, RENÉ PUTIŠKA²,
IVAN DOSTÁL², DÁVID KUŠNIRÁK²

¹ Katedra geológie a paleontológie, Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava; sasol@speleott.sk

² Katedra aplikovanej a environmentálnej geofyziky, Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava

A. Lačný, R. Putiška, I. Dostál, D. Kušnirák: Utilisation of ERT method in research of caves in the Crow Rock (the Plavecký Karst)

Abstract: In the study 2D and 3D electrical resistivity tomography (ERT) was carried out to prove possible continuation of the existing cavity system in the Plavecký karst area. The ERT technique is a well established and widely employed method for cavity detection. The survey has been performed using two different arrays: dipole-dipole for 2D survey and pole-pole for 3D survey. An ARES ERT multielectrode equipment has been used to perform the survey with set of 48 electrodes evenly spaced each 5.5 meters. A part of the study contains the detailed description of cave with result of geological and speleological survey.

Key words: Havranická cave, Lačniakove gaps, Plavecký karst, Karst Studied, Electrical Resistivity Tomography, Cave (void) detection

GEOLOGIA

Skúmané jaskyne sa nachádzajú v pohorí Malé Karpaty, asi 1 km severozápadne od obce Smolenice, v blízkosti kóty Havrania skala (599 m n. m.), ktorá je súčasťou vrchu Havranica (717 m). Tento vrch patrí do Havranického príkrovu, ktorý je jedným z čiastkových príkrovov hronika (obr. 1).

Jaskyne sú vytvorené v gutensteinských – annaberských vápencoch stredného triasu – stupeň anis. Ide o tmavosivé až čierne hrubolavicovité, vrstevnaté, červíkovité vápence. Stavba Havranického príkrovu na hrebene Havranice je pomerne jednoduchá, so strmým sklonom vrstiev 60 – 80° (Mahel, 1986).

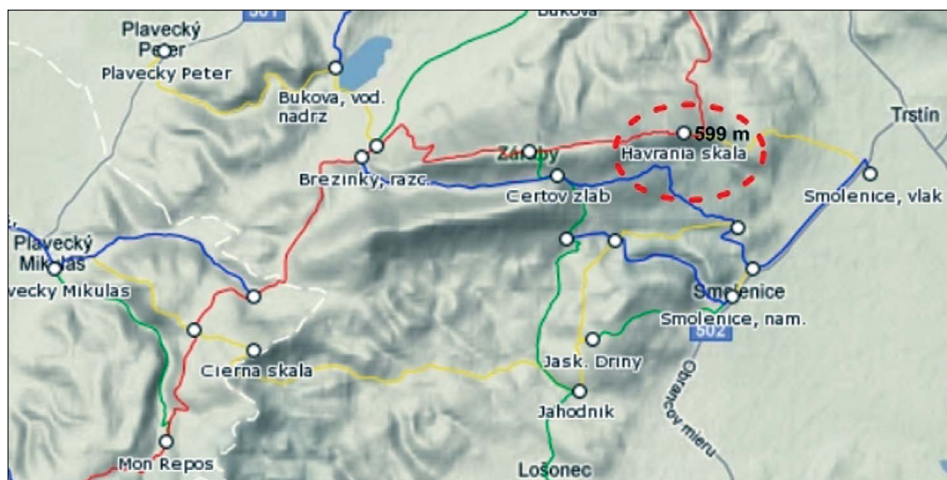
V rámci krasovej rajonizácie začleňujeme vrch do Plaveckého krasu (Stankoviánsky, 1974). V zatiaľ objavených jaskyniach je zrejma analógia tektonickej predispozície severným smerom. Netýka sa to iba jaskyne Lačniakove špáry – spodný meander, ktorá smeruje do masívu pod azimutom 268° a môže mať súvis s Lačniakovými špármi, ale zároveň môže byť izolovaným abri.

OPIS JASKÝŇ V SKÚMANOM ÚZEMÍ

Havranická jaskyňa (585 m n. m.), dl. 85 m

Vchod do jaskyne sa nachádza na hrebene len niekoľko desiatok metrov východne od kóty Havrania skala (599 m n. m.). Strmým komínom sa dá zliezť do prvej sienky s rozmermi 4 × 3 m. Odtiaľ vedie úzka plazivka, v ktorej je ešte cítiť prievan. Neskôr sa zatáča, rozširuje do väčších priestorov a prechádza až do najväčšej siene s rozmermi

5 × 10 m a výškou 5 m, nazvanej Zbojnícka sieň. Táto sieň je založená na poruche azimut 19° a upadá pod sklonom 30°. Zakončená je presintreným závalom, v ktorom jaskyniari razia sondu v smere poruchy. Čiastočne sa tu pri výkopových prácach objavujú menšie dutinky.



Obr. 1. Kóta Havrania skala. Foto: A. Lačný
Fig. 1. Havrania skala Peak. Foto: A. Lačný

História jaskyne

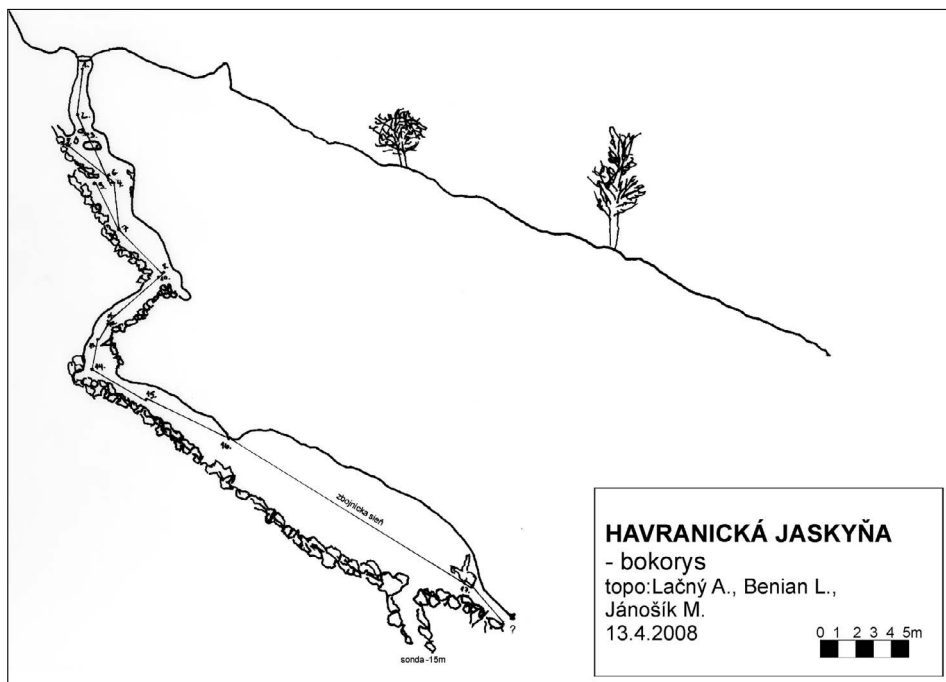
Jaskyňa bola ľuďom známa odnepamäti. Spomína sa dokonca vo viacerých poverách a legendách. Dá sa predpokladať, že do jaskyne sa dalo dostať v minulosti iným vchodom, ktorý vyúsťoval z prvej sienky priamo na povrch. Existovala dokonca i fotografia z tridsiatych rokov minulého storočia, ktorá zachytáva turistov stojacich pred pôvodným vchodom. Dôkazom o pôvodnom vchode môže byť aj fakt, že pri prácach v jaskyni sa používa elektrocentrála, ktorej výfukové plyny práve v zimných mesiacoch sú citeľné a odtápajú sneh pravdepodobne v mieste pôvodného vchodu. Ten mohol byť zasypaný koncom druhej svetovej vojny, keď tu prebiehali boje a Havrania skala bola ostreľovaná kaťušami Červenej armády. V jaskyni sú na niektorých miestach odymené steny a odbité kvaple. V Zbojníckej sieni sa nachádzali dve sondy – jedna do hĺbky 4 m, vypozaená drevom, a druhá do hĺbky 10 m v ľavej časti siene. V jej blízkosti sa našiel i železný krompáč, toho času v SMOPaJ.

Jaskyniari súčasným vchodom jaskyňu znovuobjavili v roku 2004 (Lačný, 2006) (obr. 2), ale dá sa predpokladať, že do jaskyne chodili ľudia týmto vchodom aj skôr (nápis v jaskyni okolo roku 1965). Pre speleologickú verejnosť však jaskyňa neexistovala fakticky od roku 1952, keď ju Dr. Droppa v rámci speleologického výskumu už nenašiel (Droppa, 1952). Krasová výzdoba je najhojnejšie zastúpená práve v Zbojníckej sieni, kde sa nachádza sintrové zrkadlo, stalaktity a na konci siene i sintrové jazierka.

Vysoko odborné problematiku Havranickej jaskyne a okolitých jaskýň spracoval Branislav Šmída (2010) v rámci svojej dizertačnej práce, ktorá komplexne zhŕňa všetky poznatky o skúmanom území. V tejto súvislosti nemožno nespomenúť i záslužnú prácu speleológa Miloša Hača, ktorý sa podieľal na viacerých prieskumných prácach v časti územia.

Jaskyňa v Havrannej skale (574 m n. m.), dl. 20 m

Vchod do jaskyne sa nachádza v južnej stene skalného brala asi 15 m juhozápadne od Havranickej jaskyne. Na základe pozíčnej mapy nie je vylúčený súvis s Havranickou



Obr. 2. Priečný rez Havranickou jaskyňou
 Fig. 2. Cross section of the Havranická Cave

jaskyňou. Puklina zo šírky cca 1,6 m sa neskôr zužuje až do neprielezna, v zadnej časti je citeľný prievan.

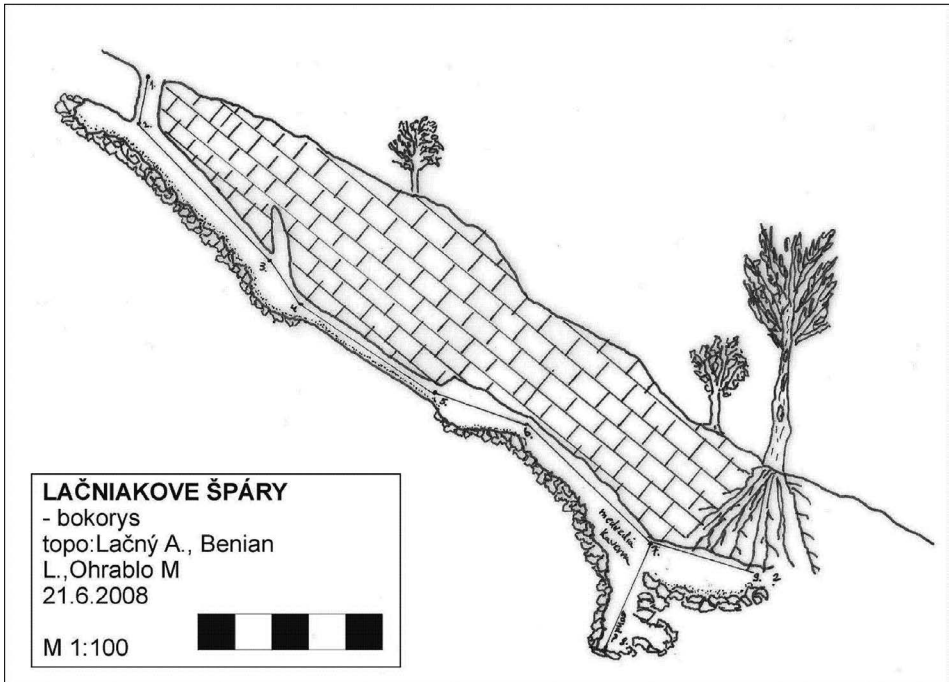
Dropa (1952) tu v rámci výskumu opísal zaujímavú krasovú výzdobu – kryštálické kvaple, ktoré vznikli vykryštalizovaním uhličitanu vápenatého v tyčinkovitých klenkoch. Ako v prípade Havranickej jaskyne, aj Jaskyňa v Havranej skale je známa už od dávnych dôb.

HS Sonda (569 m n. m.), dl. 3 m

Ide o úzku puklinu s dĺžkou 3 m a hĺbkou 2 m, asi 55 m severozápadne od Havranickej jaskyne. Začalo sa v nej pracovať po pozitívnych geofyzikálnych výskumoch v tejto oblasti koncom roka 2009. Anomália (dutina) by sa tu mala nachádzať iba 4,5 m pod povrchom.

Lačniakove špáry (545 m n. m.), dl. 28 m

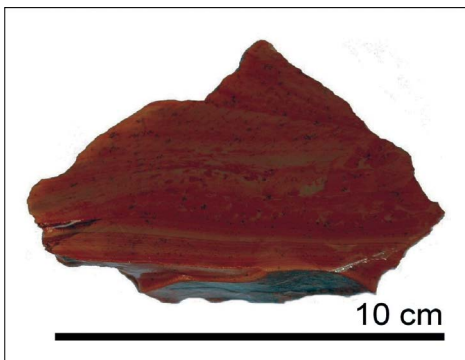
Lačniakove špáry sa nachádzajú 160 m severovýchodne od Havranickej jaskyne (obr. 3). Pôvodne išlo o úzky komínový vchod, z ktorého vychádzal citeľný prievan. Najmä v zimných mesiacoch sa prejavoval odtápaním snehu v jeho okolí a výparmi. Týmto korozívnym komínom sa dalo zostúpiť do roku 2002 sotva 2 m. Práve pre citeľný prievan sa tu začalo od roku 2002 pracovať. Jaskyňa dostala názov podľa udalosti, keď sa A. Lačný pokúšal poprvýkrát dostať do úzkych priestorov a zavalila ho tu časť kameňov – odvtedy sa nazývajú Lačniakovými špármi (Lačný, 2003). Po prekopaní ôsmich metroch sa cez úzku plazivku v máji 2003 podarilo objaviť sieň 5 × 3 m (Medvedia kaverna, obr. 3). Na jej dne bolo objavených množstvo netopierich kostí a v bočnej časti sienky i polámané kosti mladého medveďa hnedého. Samotná jaskyňa je založená na vrstvej poruche smerujúcej na sever pod sklonom 30°, druhá porucha prebieha kolmo na túto poruchu a pokračuje takisto v smere jaskyne.



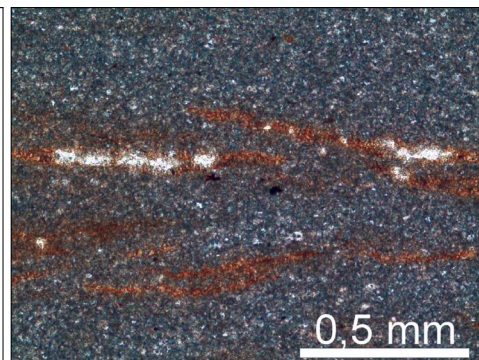
Obr. 3. Rez Lačníakovými špárami
 Fig. 3. Cross section of the Lačníakove špáry

Pri výkopových prácach sa v jaskyni našiel jemný paleokrasový sediment ílovej frakcie so striedavými laminami a mangánovým detritom. Tento sediment bol neskôr opäť korodovaný.

Z odobratej vzorky tohto sedimentu (obr. 4) sa mikroskopickou analýzou zistilo, že ide o mikritický ílovito-karbonátový sediment, kde okrové sfarbenie spôsobujú prvky trojmocného železa (obr. 5). Mikroskopická analýza odobratej vzorky nepotvrdila výskyt zaoblených kremenných zŕn, čo vylučuje, že sediment bol dotransportovaný do jaskyne, prípadne na povrch z väčších vzdialeností, ale vznikol pri rozpúšťaní karbonátu



Obr. 4. Laminovaný sediment z jaskyne Lačníakove špáry. Foto: A. Lačný
 Fig. 4. Laminated sediment of the cave Lačníakove špáry. Photo: A. Lačný



Obr. 5. Mikrofoto (II N, obj. 10) karbonátového sedimentu z Lačníakových špár. Foto: A. Lačný
 Fig. 5. Microphoto (II N, obj. 10) carbonated sediment of the Lačníakove špáry. Photo: A. Lačný

na povrchu. Do jaskyne bol prinesený vo forme roztokov jemným laminárnym prúde-
ním a neskôr litifikoval. Dá sa predpokladať, že prvky trojmocného železa vznikali pri
rozpúšťaní vápenca ako nerozpustný zvyšok.

Lačniakove špáry – spodný meander (540 m n. m.), dl. 8 m

Spodný meander sa na nachádza bezprostredne asi 10 m pod Lačniakovými špármi.
Ide o 8 m dlhú horizontálnu jaskynku smerujúcu k Lačniakovým špárám s azimutom
168°. Na strope jaskyne vidno erózne tvary. Blízkosť jaskýň nevylučuje ich súvis, no na
druhej strane môže ísť o akési abri, ktoré s Lačniakovými špármi nesúvisí. Geofyzikál-
ny prieskum skôr naznačuje druhú možnosť.

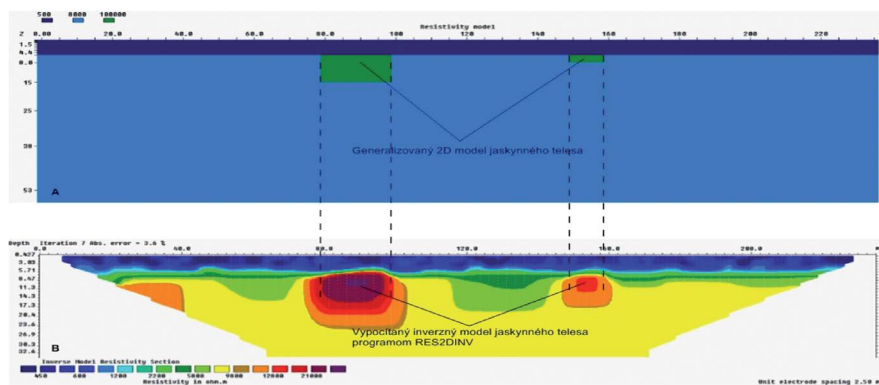
GEOFYZIKÁLNY PRIESKUM NA LOKALITE HAVRANICKÁ JASKYŇA A LAČNIAKOVE ŠPÁRY

Prieskum jaskynného systému s použitím elektrickej odporovej tomografie

Na lokalite Havrania skala v Plaveckom krasi sa vykonali geofyzikálne merania
s cieľom zistiť možné pokračovanie jaskynného systému. Pri meraní sa použila metóda
elektrickej odporovej tomografie ERT (Electrical resistivity tomography), ktorá umož-
ňuje získať dostatočnú hustotu údajov na ďalšie detailné 2D a 3D modelovanie (Gam-
betta, 2009). Samotné práce boli rozdelené na dve etapy. Prvá etapa sa týkala geofyzi-
kálnych meraní na lokalite Havranická jaskyňa. Druhá etapa prieskumu sa uskutočnila
v okolí Lačniakových špár. Na oboch lokalitách sme použili multifrekvenčný lokátor na
overenie hĺbky podzemných priestorov a projekcie dostupných častí jaskýň na povrch.
Súčasťou prác bolo polohové a výškové zameranie vytýčených profilov pomocou GPS
v súradnicovom systéme S-JTSK.

Modelovanie – príprava merania

Na základe geologických podkladov, situačnej mapy jaskyne a informácií od jasky-
niarov sme pred vlastným terénnym meraním spracovali referenčný model jaskyne a ge-
ologického okolia (obr. 6) v programe RES2DMOD (Loke, 2002). Samotný model bol
definovaný ako dvojrstvové teleso, kde odpor prvej vrstvy bol stanovený na 500 Ωm
a mocnosť prvej vrstvy na 5 m; táto vrstva predstavuje vrchné rozvetrané vápence a hli-
ny. Druhá vrstva predstavuje sám vápencový masív s merným odporom 8000 Ωm . Dve
telesá s rozmermi 3 × 10 m a 10 × 20 m predstavujú model jaskyne. Keďže ide o prázdny
priestor, bol týmto telesám priradený merný odpor 100 000 Ωm .



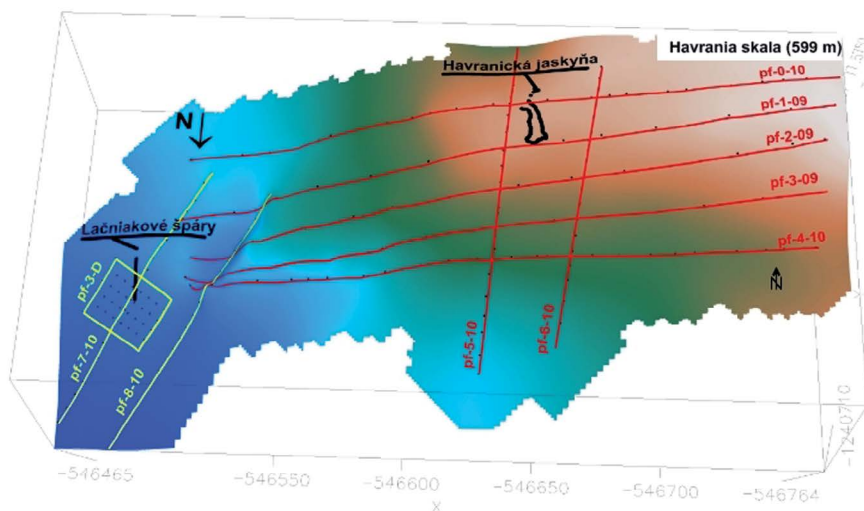
Obr. 6. Syntetický model dvoch jaskynných telies a výsledok priameho modelovania a obrátenej úlohy

Fig. 6. Synthetic ERT inversion. a) model and b) inverted model by RES2DINV

Na základe výsledkov priameho modelovania a následného výpočtu inverzie (obrátená úloha) v programe RES2DINV (LOKE, 1996) sme stanovili vhodnosť geofyzikálnej metódy, elektródového usporiadania (dipól-dipól), krok merania (5,5 m) a vzdialenosť profilov (11 m). Ďalej z výsledkov modelovania (obr. 6b) môžeme vidieť prejav dutiny (v našom prípade jaskyne) charakteristickými vysokými hodnotami merného odporu, presahujúcimi 21 000 Ωm . Táto hodnota (21 000 Ωm) sa stanovila ako referenčná hranica pre voľný priestor (dutinu).

METODIKA MERANIA A VÝSLEDKY

Vlastný geofyzikálny prieskum sa vykonal na dvoch od seba nezávislých objektoch záujmu, ako môžeme vidieť na situácii pri meraní (obr. 7).



Obr. 7. Situácia pri meraní s vyznačením meracích profilov

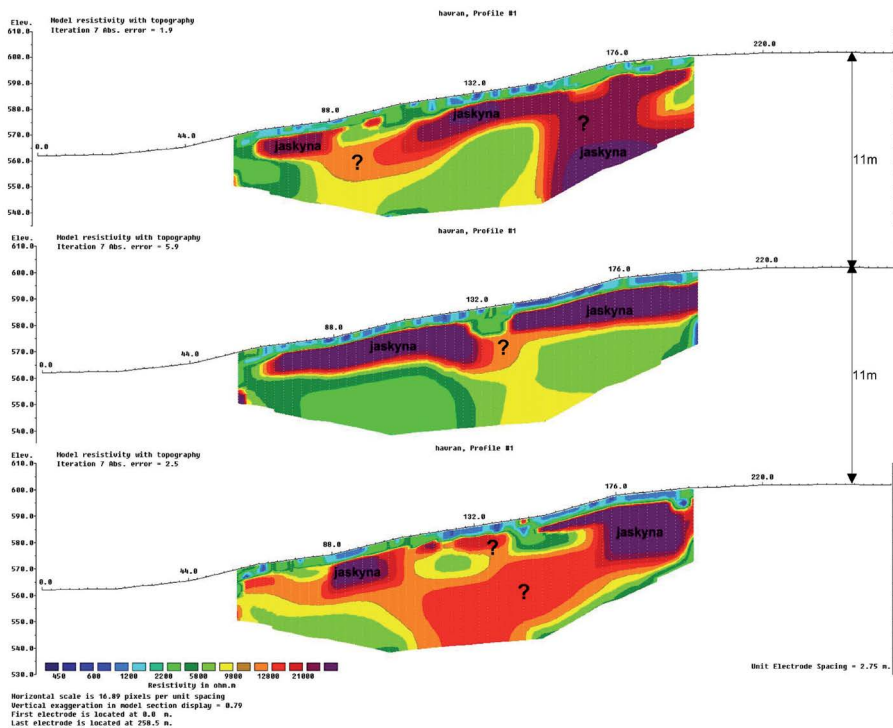
Fig. 7. Location of the survey area

Havranická jaskyňa

Prvá etapa geofyzikálneho prieskumu sa realizovala v novembri 2009. V tejto etape sa premerali tri profily: prvý profil **pf-1-09** bol situovaný tesne za najväčší známy priestor Havranickej jaskyne, ďalšie dva profily **pf-2-09** a **pf-3-09** (obr. 7) boli vytýčené rovnobežne s prvým profilom a v smere predpokladaného pokračovania jaskynného systému. Z 2D modelov (obr. 8) jasne vidieť, že na všetkých troch inverzných modeloch sa výrazne prejavujú odporové anomálie väčšie ako 21 000 Ωm , ktoré považujeme za prejav dutín (jaskýň), ale aj miesta charakterizované vysokým odporom (13 000 – 17 000 Ωm ; na modeloch označené "??"), ktoré by mohli predstavovať čiastočne alebo úplne zasypané spojovacie chodby. Na základe týchto výsledkov sme doplnili ERT merania o nové profily s cieľom ich zahustenia a rozšírenia informácií na danej lokalite. Tieto merania boli situované tak, aby nám doplnili chýbajúce informácie a umožnili vymapovať a následne namodelovať jaskynný systém. Na tejto lokalite sa zmerali ďalšie štyri profily, ktoré sú na situačnej mape meraní znázornené rokom 2010 (obr. 7). Prvý profil **pf-0-10** bol situovaný už nad známu časť Havranickej jaskyne, stred druhého profilu **pf-4-10** sa umiestnil 44 m od profilu **pf-0-10**, čím sme dostali celkovú sieť meracích bodov 44 m × 264 m s hustotou 11 m × 5,5 m. Takáto hustota meraní nám umožnila sprá-

covať podrobnú 3D vizualizáciu výsledkov. Na lokalite boli ďalej situované dva kolmé profily *pf-5-10* a *pf-6-10* na detailné overenie anomálií.

Stred profilu *pf-0-10* (obr. 9) sa situoval nad koniec už zmapovanej časti jaskynného systému, ďalší profil *pf-4-10* (obr. 10) bol vytýčený rovnobežne s profilom *pf-0-10* nad predpokladaným pokračovaním jaskynného systému.

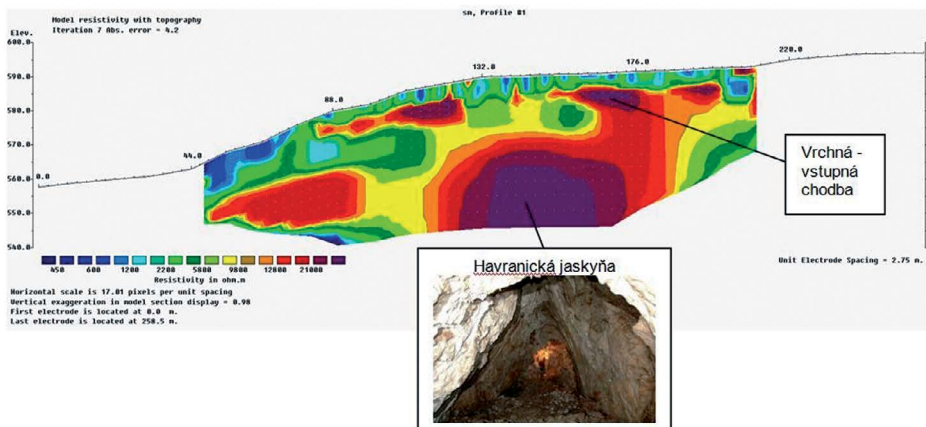


Obr. 8. Inverzný odporový model s topografiou z výsledkov ERT (rok 2009) s vyznačením jaskynných telies

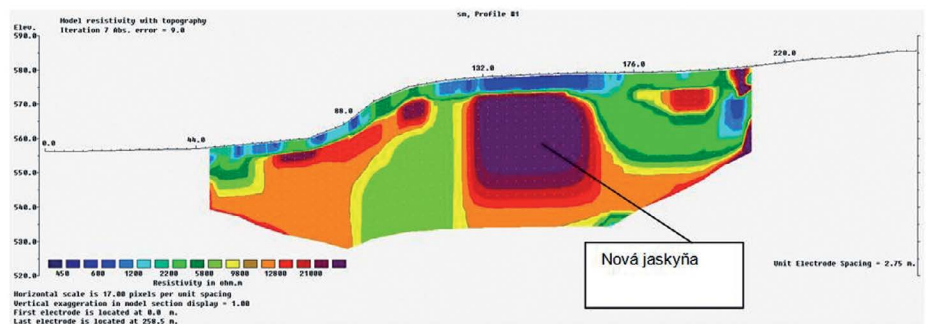
Fig. 8. pf-1-09, pf-2-09 and pf-3-09 – 2D resistivity inversion results with topography (2009)

Ďalšie dva profily sa umiestnili kolmo na priebeh profilov *pf-0-10* až *pf-4-10* (obr. 7) s cieľom zistiť geometriu anomálií v kolmom smere. Profil *pf-5* (obr. 11) prechádzal stredom meracieho systému cez metráž 132 m a profil *pf-6* (obr. 12) bol situovaný o 27 metrov smerom na západ na metráži 159 m.

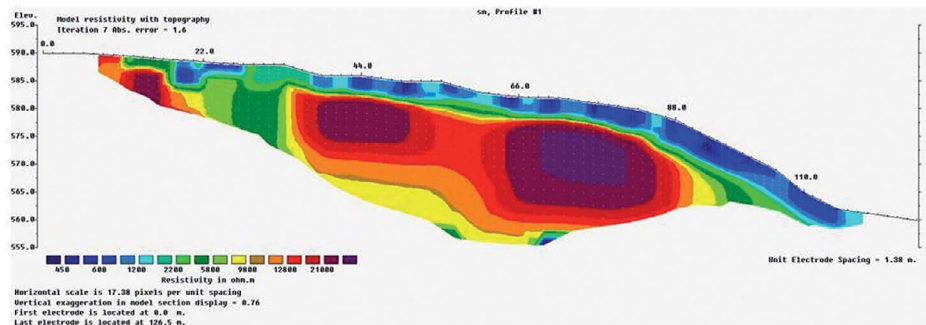
Z výsledkov inverzie 2D modelovania vidno oblasti s vysokou hodnotou merného odporu (nad 21 000 Ωm), ktoré sme na základe priameho modelovania stanovili ako hraničnú hodnotu pre voľný priestor (jaskyne) v horninovom masíve. Profil *pf-0-10* (obr. 9) prechádza priamo nad známou časťou Havranickej jaskyne s rozmermi 5×10 m a výškou 5 m, nazývanej Zbojnická sieň, a ako môžeme vidieť na inverznom modeli, odporový prejav jaskyne je veľmi podobný modelovému príkladu znázornenom na obr. 6. Na 2D modeli veľmi jasne vidieť oblasť s výrazne zvýšenými hodnotami odporu; túto oblasť sme charakterizovali ako jaskynné teleso – Havranickú jaskyňu. Na profile *pf-4-10* (obr. 10), vzdialenom 44 m od profilu *pf-0*, môžeme sledovať obdobnú anomálnu zónu. Na základe komplexnej interpretácie všetkých doterajších meraní predpokladáme, že ide o samostatné jaskynné teleso, ktoré pravdepodobne nemá priame prepojenie s Havranickou jaskyňou. Na profiloch *Pf-5-10*, *Pf-6-10* vidno priebeh merného odporu v kolmom smere.



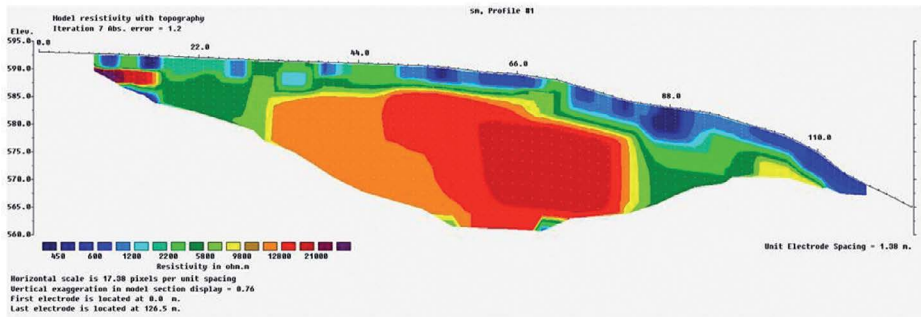
Obr. 9. Profil pf-0-10 – inverzný odporový model s topografiou z výsledkov ERT s vyznačením jaskynného telesa a vstupnej chodby
 Fig. 9. Pf-0-10 - 2D resistivity inversion results with topography



Obr. 10. Profil pf-4-10 – inverzný odporový model s topografiou z výsledkov ERT s vyznačením jaskynného telesa
 Fig. 10. Pf-4-10 – 2D resistivity inversion results with topography



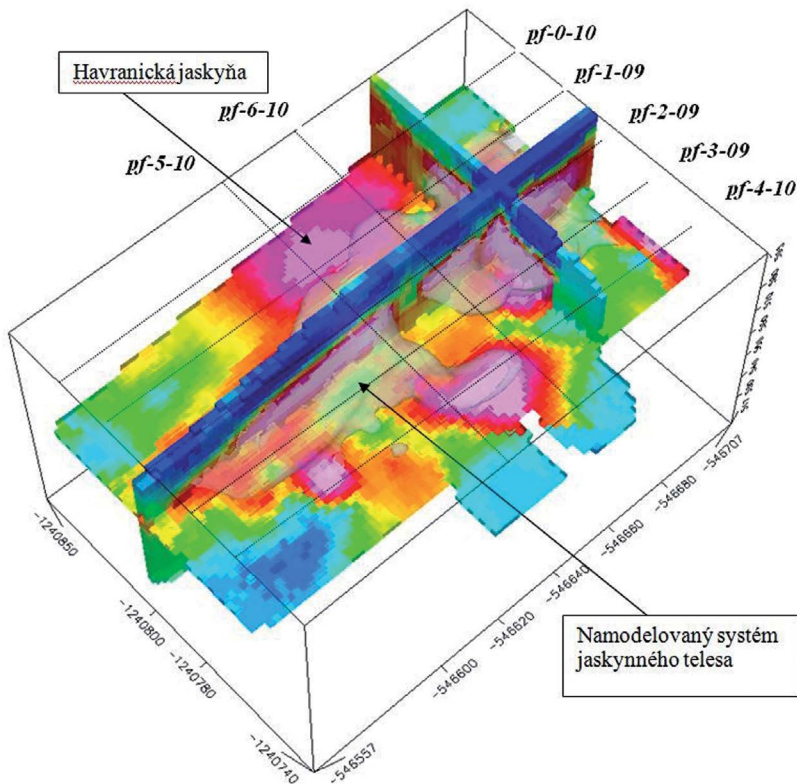
Obr. 11. Profil pf-5-10 – inverzný odporový model s topografiou z výsledkov ERT s vyznačením jaskynného telesa
 Fig. 11. Pf-5-10 – 2D resistivity inversion results with topography



Obr. 12. Profil pf-6-10 – inverzný odporový model s topografiou z výsledkov ERT s vyznačením jaskynného telesa

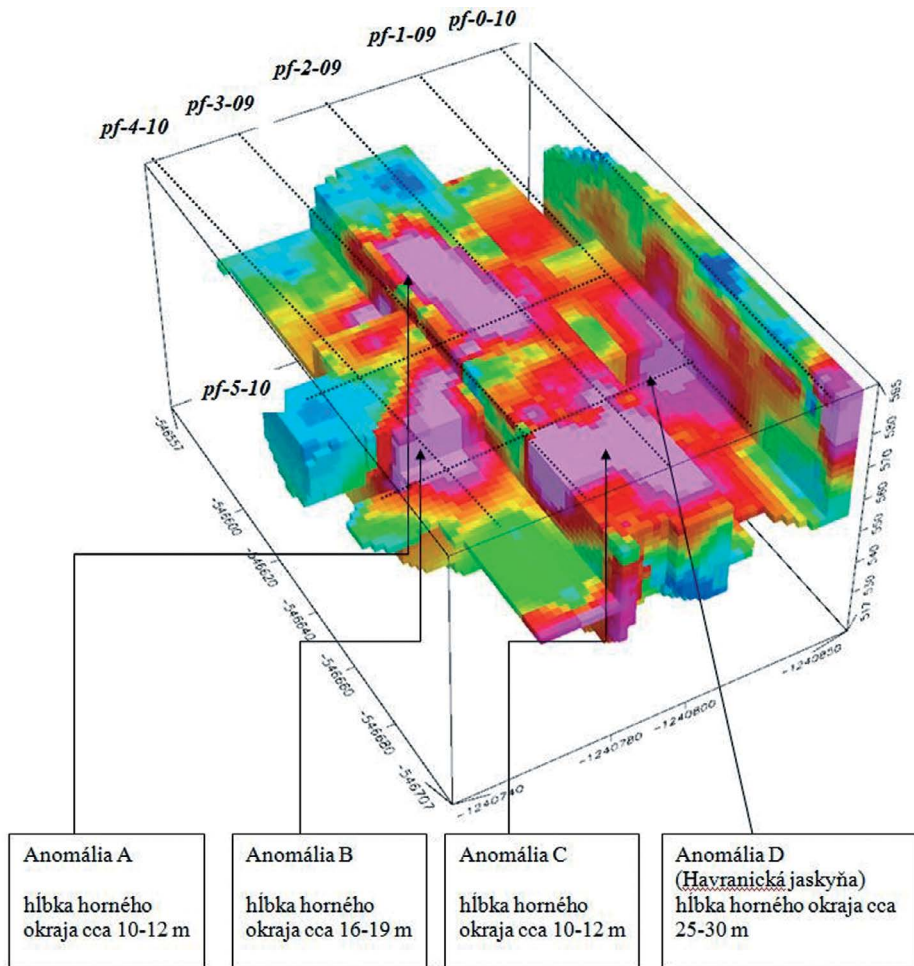
Fig. 12. Pf-6-10 – 2D resistivity inversion results with topography

Na základe všetkých získaných výsledkov sme spracovali 3D inverzný odporový model skúmaného prostredia (obr. 13 a 14). Z tohto modelu (obr. 13) môžeme jasne definovať Havranickú jaskyňu, ktorá sa nachádza cca 25 – 30 m pod povrchom na profile *pf-0-10* (obr. 9). Na modeli je tiež znázornený možný systém chodieb v hĺbke cca 10 m pod povrchom. Systém chodieb bol namodelovaný ako izoplocha s hodnotou merného elektrického odporu 21 000 Ωm .



Obr. 13. 3D model jaskynného systému

Fig. 13. 3D results of electrical resistivity tomography



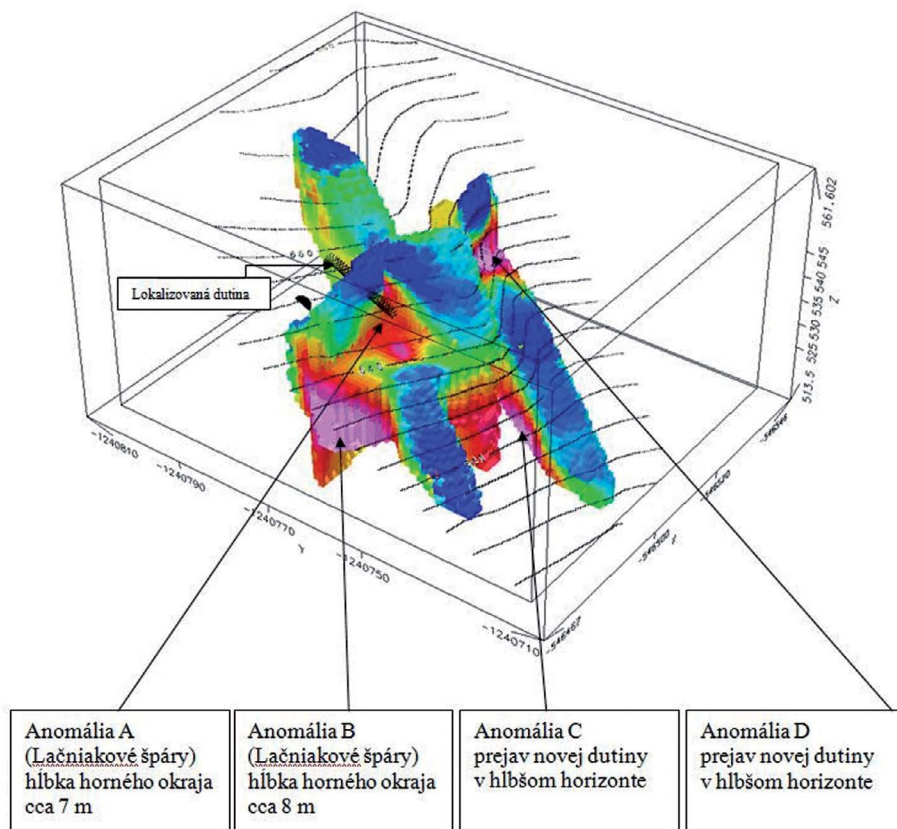
Obr. 14. 3D model jaskynného systému
 Fig. 14. 3D results of electrical resistivity tomography

Na druhom 3D modeli (obr. 14) vidieť štyri najvýraznejšie anomálie označené písmenami A, B, C, D. Na základe merných odporov a výsledkov modelovania môžeme predpokladať, že uvedené anomálie sú prejavom dutín v horninovom prostredí. Z výsledkov vyplýva, že dutiny sa nachádzajú v rozdielnych hĺbkach. Najbližšie k povrchu sú dutiny A a C, cca 10 – 12 m pod povrchom, lokalizované na profile *pf-2-09*; tieto anomálie boli potvrdené aj profilmi *pf-5-10* a *pf-6-10* (obr. 11 a 12), ktoré na metrži 66 m prechádzajú profilom *pf-2-09*. Dutina B je cca 16 – 19 m pod povrchom a nevieme s istotou, či ide o samostatnú dutinu v hlbšom horizonte, alebo je prepojená s dutinami A a C. Posledná anomália D je dostupná Havranická jaskyňa, ktorá sa nachádza cca 25 až 30 m pod povrchom. Z výsledkov merania a modelovania nevychádzajú žiadne indície, že táto najhlbšie položená jaskyňa by bola inými chodbami napojená na väčší jaskynný systém.

Z komplexného zhrnutia výsledkov sa nám skúmaná oblasť Plaveckého krasu javí ako krasový útvar s väčším počtom dutín a chodieb v rôznych hĺbkových úrovniach, ktoré, žiaľ, nie sú poprepájané do kompaktného jaskynného systému formou väčších chodieb (možné je však puklinové prepojenie jednotlivých telies).

Lačniakové špáry

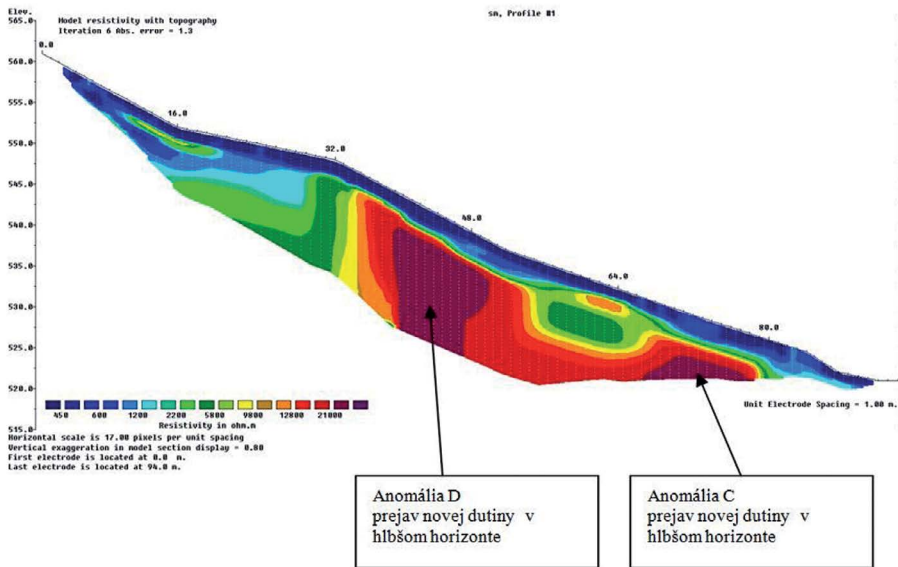
Geoelektrické merania boli metodicky rozdelené na dve etapy. Pri prvej etape merania sme použili plnú 3D odporovú tomografiu a elektródové usporiadanie pól-pól, profil *pf-3-D* (obr. 7). Na doplnenie informácií z 3D merania sme v druhej etape použili 2D odporovú tomografiu a elektródové usporiadanie dipól-dipól, profile *pf-7-10* a *pf-8-10* (obr. 7). Výsledky 2D a 3D meraní sa spracovali do komplexného 3D modelu (obr. 15), na ktorom vidieť štyri najvýraznejšie anomálie označené písmenami A, B, C, D.



Obr. 15. 3D model jaskynného systému

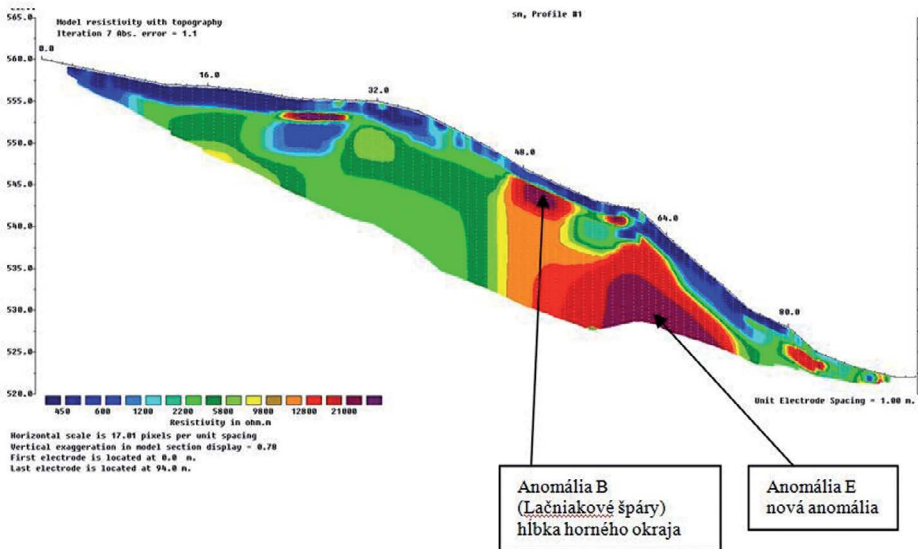
Fig. 15. 3D results of electrical resistivity tomography

Na základe merných odporov a výsledkov modelovania predpokladáme, že uvedené anomálie sú prejavom dutín v horninovom prostredí. Z výsledkov je zjavné, že dutiny sa nachádzajú v rozdielnych hĺbkach. Najbližšie k povrchu sú dutiny A a B, cca 7 m pod povrchom, pričom ide o známe dutiny, v ktorých prebiehali jaskyniarske práce. Ďalšie dve lokalizované anomálie sú situované v hlbších úrovniach pod terénom. Tieto anomálie boli lokalizované aj na profile *pf-8-10* (obr. 16). Na profile *pf-7-10* vidieť dve anomálie B a E (obr. 17), z ktorých anomáliu E môžeme považovať za prejav novej dutiny (jaskyne) v horninovom prostredí.



Obr. 16. Profil pf-8-10 – inverzný odporový model s topografiou z výsledkov ERT s vyznačením jaskynného telesa

Fig. 16. Pf-8-10 – 2D resistivity inversion results with topography



Obr. 17. Profil pf-7-10 – inverzný odporový model s topografiou z výsledkov ERT s vyznačením jaskynného telesa

Fig. 17. Pf-7-10 – 2D resistivity inversion results with topography

ZÁVER GEOFYZIKÁLNEHO PRIESKUMU

Na lokalite Havranica a Havrania skala v Smolenickom krase sa vykonali geofyzikálne merania s cieľom zistiť možné pokračovanie jaskynných systémov. Išlo o jaskynný systém Havranická jaskyňa a Lačniakove špáry. Na uvedených lokalitách bola premeraná 2D a 3D odporová tomografia a po spracovaní sa zostavil 3D model skúmaného územia. Z výsledkov vyplýva, že v skúmanej krasovej oblasti sa vyskytuje väčší počet anomálnych telies (jaskýň, dutín a chodieb), ktoré však nie sú poprepájané do kompaktného jaskynného systému formou väčších chodieb (možné je však puklinové prepojenie jednotlivých telies).

Podakovanie. Príspevok bol vypracovaný s podporou projektu VEGA č. 1/0747/11 „Goevidencia krasových foriem a objasnenie genézy závrťov na vybraných plošinách Malých Karpát“.

LITERATÚRA

- DROPPA, A. 1952. Kras na juhovýchodnej strane Malých Karpát. In A. Virsík a kol. (Eds.): Kras a jaskyne Malých Karpát. Sprievodca Slovakotouru. Tatran, Bratislava, 63–138.
- GAMBETTA, M. – ARMADILLO, E. – CARMISCIANO, C. – STEFANELLI, P. – COCCHI, L. – TONTINI, F. C. 2009. Determining geophysical properties of a nearsurface cave through integrated microgravity vertical gradient and electrical resistivity tomography measurements. *Journal of Cave and Karst Studies*, v. 73, no. 1, p. 11–15.
- LAČNÝ, A. 2006. Havranické tajomstvo. *Spravodaj Slovenskej speleologickej spoločnosti*, 37, 4, 20–22.
- LAČNÝ, A. – ŠMÍDA, B. 2003. Lačniakove špáry. *Spravodaj Slovenskej speleologickej spoločnosti*, 34, 3, 22–23.
- LOKE, M. H. 2002. Tutorial. Res2dmod ver. 3.01, Rapid 2D resistivity forward modelling using the finite-difference and finite-element methods, Geotomo Software, Malaysia.
- LOKE, M. H. – BARKER, R. D. 1996. Rapid least-squares inversion of apparent resistivity pseudosections by a quasi-Newton method. *Geophysical Prospecting*, 44, 1, 131–152.
- MAHEE, M. 1986. Geologická stavba československých Karpát – Paleopalínske jednotky 1. *Vydavateľstvo Veda*, 503 s.
- STANKOVIANSKY, M. 1974. Príspevok k poznaniu krasu Bielych hôr v Malých Karpatoch. *Geografický časopis*, Bratislava, 26, 3, 241–257.

UTILISATION OF ERT METHOD IN RESEARCH OF CAVES IN THE CROW ROCK (THE PLAVECKÝ KARST)

S u m m a r y

Cavity system, which was subject of this survey is located in the Malé Karpaty Mts., near Havrania skala Peak (599 m) and are formed in the Gutenstein – Annaberg limestones formation. The electrical resistivity tomography (ERT) survey was carried out to detect possible continuation of the cavities in the Plavecký karst area. Two sites were targeted by the survey (fig. 7). The first site was Havranická Cave (fig. 2), where size of the Zbojnícka sieň (Outlaw Hall) is approximately 5 × 10 m and 5 m high. Seven 2D electrical resistivity tomography lines (fig. 7) were collected using ARES instrument (GF Instruments, CZ) and for the sake of localization and elevation of the profiles GPS system Trimble, Pathfinder ProXH has been used. The spacing between the nodes was 5.5 meters resulting in the total length of the layout was 258.5 meters. The distance between the profiles was 11 meters. The figures 21 and 22 shows 3D result, obtained by joint of the 2D profiles measured over the study area. The estimated depth of exploration is about 40 m and the apparent resistivity values range from high of 21 000 Ωm (cave) to low 450 Ωm (the surface layer formed by weathered limestones filled by clays). The second site was Lačniakove špáry where full 3D resistivity system has been used to map out cavity system continuation. The survey was performed using pole-pole electrode array for 3D survey and the size of grid element was 5.5 m × 5.5 m. The figure 24 shows 3D result over the study area. The estimated depth of

exploration is about 40 m and the apparent resistivity values range again from the high of 21 000 Ωm (cave) to the low 450 Ωm (the surface layer formed by weathered limestones filled by clays). The survey in this area was completed by two additional 2D ERT lines (fig. 16 and 17). Generally, the survey has been designed to provide more information about the cavity system (depth, size, continuation) in the Plavecký karst area and supplemented by detail description of the cave with result of geological and speleological survey.

SLOVENSKÝ KRAS ACTA CARSOLOGICA SLOVACA	50/1	55 – 64	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2012
--	------	---------	------------------------

SEQUENTIAL EXTRACTION PROCEDURE FOR THE SPECIATION OF HEAVY METALS IN THE SEDIMENTS OF SHALLOW KARSTIC LAKES ON THE AGGTELEK AND SLOVAK KARST (HUNGARY AND SLOVAKIA)

ANDREA SAMU¹ – ISTVÁN FEKETE² – ILONA BÁRÁNY-KEVEI¹

¹ Department of Climatology and Landscape Ecology, University of Szeged, HU-6701 Szeged, P.O.B. 653, Hungary, E-mail: samu.andrea@geo.u-szeged.hu;

² Department of Physical Geography and Geoinformatics, University of Szeged, HU-6722 Szeged, Egyetem u. 2, Hungary

A. Samu, I. Fekete, I. Bárány-Kevei: Sequential extraction procedure for the speciation of heavy metals in the sediments of shallow karstic lakes on the Aggtelek and Slovak Karst (Hungary and Slovakia)

Abstract: Water quality of shallow karstic lakes in the Aggtelek and Slovak Karst was monitored between 2008 – 2010. Besides of information gained from analyzing physical and chemical water quality parameters, data about long-term processes preserved in the sediments of the lakes were also required. This way the internal load with nutrients and heavy metals could be analyzed – these can play an important role in the filling up processes and give information about past precipitation procedures as well. Our goal was to determine the heavy metals in the sediments – with sequential extraction their mobility and order of their mobility were defined and there is information about which fraction they are mostly bound to. The change in the composition of the sediments in the Lake Aggteleki was detected too – it was dredged in year 2002 – this way short term effect of the dredge can be analyzed.

Key words: karst, lake, sediment, heavy metals, sequential extraction

INTRODUCTION

„History enclosed in sediments” – it is a quite good summary of one of the most important reasons why lake sediments are widely analyzed all over the world. Other significant fact is that sediments play determinative role in the circulation of elements in shallow lakes. All these shortly described processes are essential in the case of a karst area. From analysing the past we can get information from ancient times – depending on how long the basin of the lake could function undisturbed like a sediment reservoir. Besides we can learn more about the recent times – sediment layers show what kind of activities were achieved during the past decades. In many areas – karsts were neither exceptions – the nutrient balance of shallow lakes was disrupted. The main reasons were the increased nutrient supply as a result of various human activities and the increased frequency of weather extremities, which is also not a benefit for a good water quality and the long time survival of these lakes. This means a disadvantage on dry karst plateaus from more aspects: in these areas where all waters infiltrate to the subsurface, these lakes are quite important as a water source for animal farming, fishery, tourism and the biodiversity. Deteriorating water quality plays a main role in vanishing protected species

– and not only on the surface area. These lakes are often parts of bigger hydrogeological systems which means that the described processes endangered also caves and springs connected to those. That is why protected zones are assigned on the catchment areas – nevertheless it means extensive negotiation with the authorities. Therefore it is important in the protection of these habitats and morphological values that the arrangements are well supported by data.

Analysing water quality provides only instantaneous information, while examining sediments we get to know former states. Sediments are good indicators of the pollution of the surface waters because they accumulate the contaminations as well and this way they preserve the effects that influence the water system.

Our investigations were aimed to analyse the heavy metal content of the sediments of some shallow lakes on the Aggtelek and Slovak karst area. In detailed examination a sequential extraction was carried out to get to know how soluble the various heavy metal fractions are and which fractions the certain heavy metal elements are bound to. In the case of the Lake Aggteleki the amount of the heavy metals was also examined before and after the dredge.

STUDY AREA

The study area can be listed as ‘low mountain hills’; it is a part of the NW ridge of the inner part of the Carpathians. It is located in NE Hungary and SE Slovakia. Nowadays the official name of the Hungarian part is called Aggtelek Karst, while the Slovak part is named Slovak Karst (Fig. 1). It represents a geologically and geographically uniform karst plateau. It can be listed as one of the best-developed karst plateaus of Central Europe. Most of the surface is typical middle-mountain karst covered by thin soil, characterized

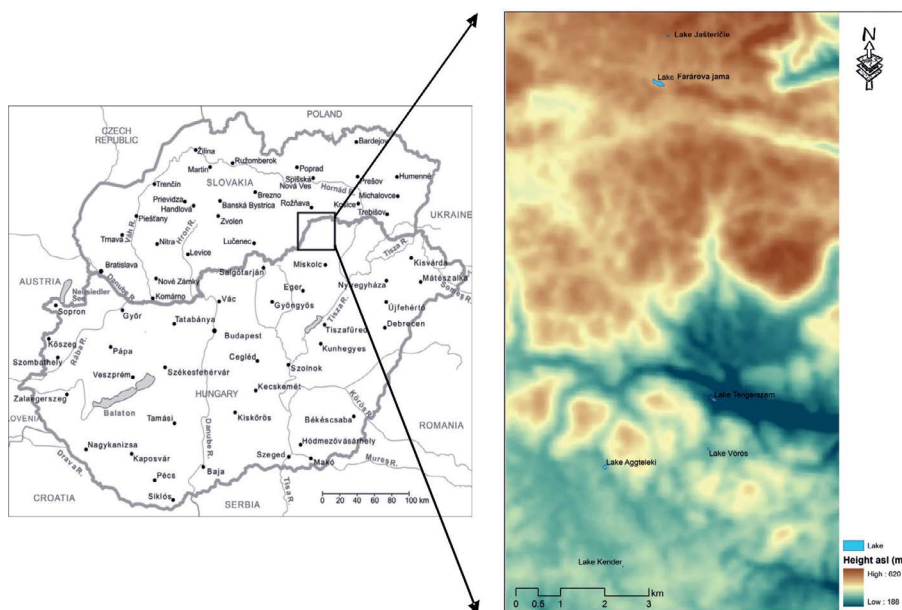


Fig. 1. Location of the study area and the lakes

by a lot of limestone outcrops. The climate is humid continental, with annual precipitation sums of 600 – 800 mm, with long summers and cold winters (Čermák, 1994; Ujvárosy, 1998). The area is built of blocks of chalk which were slipped in the middle Cretaceous. These different Triassic limestones are of a thickness exceeding 100 m, while Werfen sandstone and clay is located below them. The Triassic limestones of the area have good water-conducting properties; the dissolving residue is below 1%. There are numerous streams fed by karst springs, of which several are used as drinking water sources for the local villages. In the area several small water bodies also occur, which were formed in old clogged sinkholes (Mello, 1994; Less, 1998; Gaál, 2010).

Occurrence of the lakes in this karst area is the result of the geomorphology: various karst depressions became obstructed with impermeable material (Kunský, 1939; Barančok, 2001); some of them are naturally risen but several of them have human origin or been clogged up with human help.

The Lake Aggteleki is situated in the north-eastern part of Aggtelek Village (Hungary) and it is quite affected by human activity. Its present area is one-fourth of the original size and it was reduced only in the last 20-25 years (Kunský, 1939); its original area is 1.13 ha, while today its area is around 0.3 ha. According to Barančok (2001) the lake could preserve the extension of its water during a relatively long period. A road runs near the southern shore of the lake, while on the western and northern sides there are houses with gardens. The east side is closed by the Tó Mountain karrenfield. Its water supply comes from precipitation directly or indirectly as it inflows from the road, from the Tó-mountain and from the village. The lake started to completely lose its free water surface so in 2002 it was dredged and the sludge was deposited next to the lake's direct vicinity.

The Lake Kender is situated south-east from Aggtelek Village (Hungary). Its surroundings are probably the most natural, there is a little forest, a bit further away a pasture and it is surrounded by fields situated at lower elevations. The place of the Kender Lake was used for about 1000 years by iron furnaces (Bódisné et al. 2001). This activity required water and probably that was the reason why a fortress was built in this place that could collect water from precipitation. In the 1960s water of the Kender Lake was used for hemp soaking and nowadays for watering cattling. Its water supply comes only from precipitation.

The Lake Vörös (with an area of about 0.77 hectare; Kunský, 1939) is south-west from village Jósvalő (Hungary) in a doline of which the surface was covered with red clay. In 2001 it was dredged out. Its only water supply comes from precipitation being the main risk for the lake. The road in its vicinity blocked precipitation inflowing into the lake resulting in a serious decrease in the water level. According to Huber (2006) several protected species (e. g. *Coenagrion scitulum* and *Coenagrion vernale*) extincted during that time. The state of this lake has been stabilized, since the National Park built a water supply system from the road (including an oil filter).

The biggest of the studied lakes is the Lake Farárová jama (or Lake Papverme), located in Slovakia south-east from Silica village at a lower elevation. Its area is around 1 hectare. There is a highway on the northern side of the lake. Recently north-west of the lake an agricultural settlement was built. On its western side there are agricultural fields and the village itself, while on the eastern side of the lake farms and in the south a forest can be found. Line-fishing is intense; nevertheless, the amount of waste on the coast is notable. According to Hudec et al. (1993, 1995) in the year 1992 the lake was strongly eutrophicated.

The Lake Jašteričie (or Lake Gyökérréti) was the biggest lake of the whole area till the beginning of 1990's. The location of this lake was north of village Silica on the west side of the Fabiánka hill. Its size was around 1.22 ha. From the 1990's the open water surface almost extincted, nowadays in the rainy periods there is a little (3×4 m) water in the old basin of the lake. The whole area is quite soggy in wet periods. Next to the old lake basin there are two functioning wells.

The Lake Tengerszem was artificially created above the village of Jósmafő (Hungary) in 1942 by damming the Jósva spring coming from the Baradla Cave. Its aim was to insure a power source for the cave (Juhász & Salamon, 2006). The lake gets its water supply from the Jósva spring and it has an outflow further through the village Jósmafő.

MATERIALS AND METHODS

Sediment sampling was carried out once in a year. The sampling points were near to the water sampling points. The sample type was mixed surface sample. Soil sampling was carried out in 2008, by the same principles as sediment sampling. The field and laboratory measurements were carried out according to the Hungarian standards. The following heavy metals were included in the investigations: Cu, Ni, Co, Cr, Cd, Pb, Zn. From the samples taken in 2009 sequential extraction was carried out according to the method published by Ure (1993) and developed by Bódog et al. (1996). The procedure of sequential extraction and used chemicals are shown in the Fig. 2.

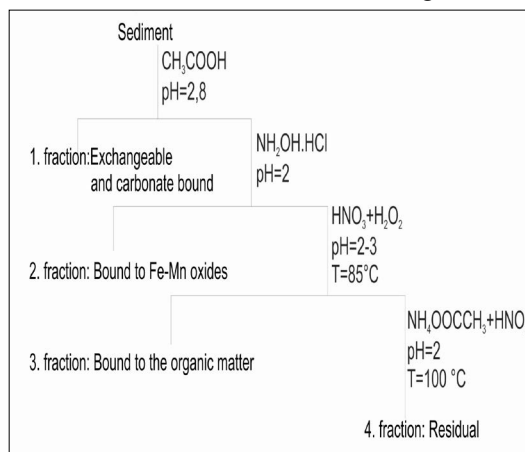


Fig. 2. Extraction procedures for different fractions of heavy metals

Description of the fractions according to Fytianos & Lourantou (2004) is the following:

1. fraction: Exchangeable and carbonate bound. Metals in the fraction are bound to the sediments by weak adsorption onto sediments particles. Changes in ionic strength of the water are likely to affect the adsorption-desorption or ion exchange process resulting in the uptake or release of metals at the sediment/water interface. Metals bound to carbonates are sensible of pH changes, when the pH decreases, metal cations are released.

2. fraction: Bound to Fe/Mn oxides. Metals bound to iron/manganese oxide

fraction are unstable under reductive (anoxic) conditions. These conditions result in the release of metal ions to the dissolved fraction.

3. fraction: Bound to the organic matter. Degradation of organic matter under oxidative conditions can lead to the release of soluble metals bound to those materials.

4. fraction: Residual. This fraction should contain naturally occurring minerals which may hold trace metals within their crystalline matrix.

The samples were examined after the pulverizing in Retsch S100 mill.

Total concentration of heavy metals was estimated according to Hungarian standard MSZ 21470-50:2006. The exploration was done with aqua regia and the measuring with Perkin Elmer 7000DV atomic absorption spectrophotometer. Concentrations coming from the sequential extraction were measured with ICP-OES.

RESULTS AND DISCUSSION

Nowadays it is acknowledged that the role of the surface water sediments – which is source and sink of the pollutants - cannot be assessed solely according to the summarized heavy metal concentrations. Instead of these informational data should be obtained about the potential availability of heavy metals under different circumstances. As the mobility, availability and the ecotoxicity of the heavy metals for the plants depend on the heavy metals' chemical form they are present in sediments, the speciation of trace elements in sediments may be of significant interest (Davidson et al., 1994). The sequential extraction methods were developed for examination of speciation of the elements, therefore for the estimation of the distribution between their possible chemical forms (Bódog et al., 1996). Different methods for sequential extraction were published; most of them are a variation of the Tessier procedure (Tessier et al., 1979). From the numerous methods we used for the extraction the one published by Ure (1993) and developed by Bódog et al. (1996). The samples used in this examination originate from August 2009. Results are shown at Fig. 3 and Fig. 4.

Chromium is present primarily in the oxidizable and residual fractions. By the Lakes Farárova jama, Vörös, Aggtelek and Tengerszem it is present mostly in stable residual

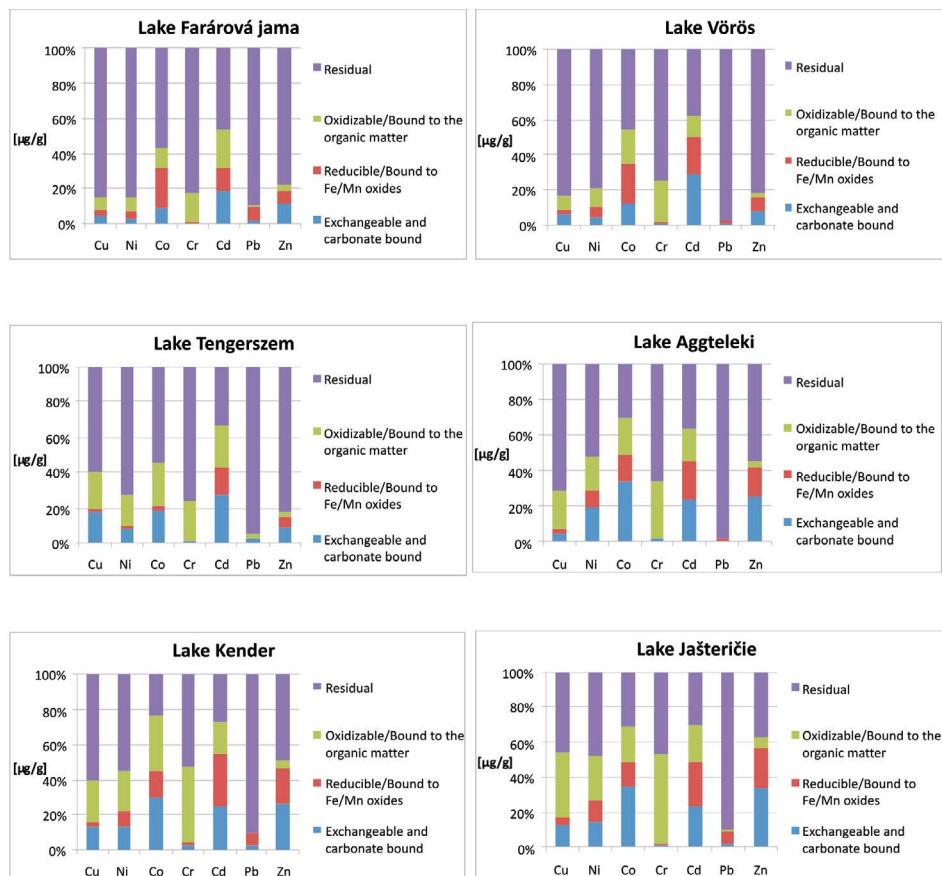


Fig. 3. Results of the sequential extraction: fractionation of the examined heavy metals. (Explanation of the figure legends: characters means 1. character of the names of the lakes)

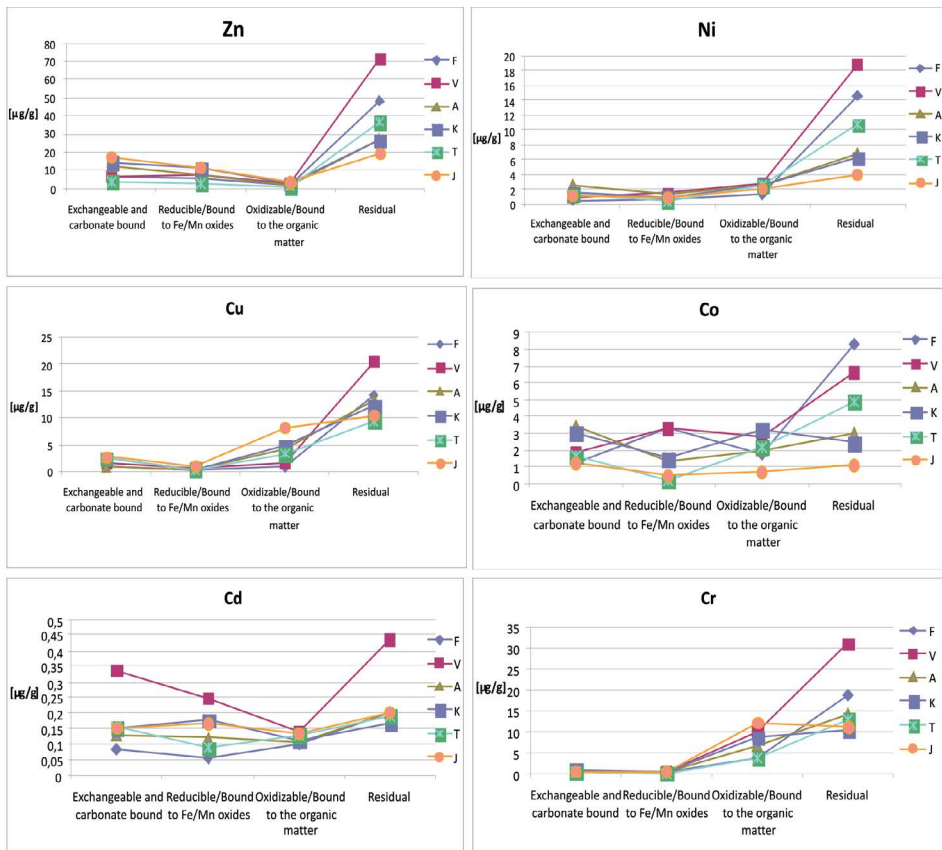


Fig. 4. Distribution of heavy metals among the fractions. (Explanation of the figure legends: characters means 1. character of the names of the lakes)

fraction. In the sediment of the Lakes Jašteričie and Kender it is distributed roughly fifty to fifty in the oxidizable and residual fractions.

Usually copper is bound in a higher proportion to the oxidizable fraction but for example in the case of Lakes Jašteričie, Kender and Tengersizem it is present mainly in exchangeable and carbonate-linked form, the more mobile fractions cover approximately 50%.

Nickel occurs generally in similar proportion in the exchangeable and oxidizable forms but in the Tengersizem, Vörös and Farárova jama Lakes it is in greater proportion in the residual (stable) fraction.

The distribution of cobalt between the fractions is the least uniform, but this element is bound in higher ratio to the mobile fractions in general. By the Farárova jama and Vörös Lakes cobalt is mainly found in the reducible fraction, in the case of the Jašteričie and Aggteleki Lakes it is principally in the exchangeable form and by the Kender and Tengersizem Lakes it is located in the exchangeable and oxidizable forms.

The cadmium is more mobile than the cobalt and it is usually divided among the three mobile fractions, in the case of the Vörös and Kender Lakes the proportion of the carbonate-bound forms is greater.

Lead is the least mobile element, and in cases where it is a little bit mobilizable, lead is mainly bound to the reducible fraction and to a lesser extent to carbonate-bound form.

The zinc is bound primarily to carbonates and secondly to reducible fractions.

From mobilizable fractions heavy metals are bound in general mostly to the organic material (to the oxidizable fraction) and it is probably because of the big proportion of organic matter in the sediments. The reducible part is present everywhere in slightly smaller amount except in the case of the Lake Tengersizem and especially cadmium and cobalt is specific for this fraction. In these sediments often reductive conditions may dominate, especially in the deeper layers.

The common mobility order of the heavy metals in the sediments of the examined lakes is the following: Cd>Co>Zn>Cr>Ni>Cu>Pb.

In summary it can be concluded that the examined metals are mostly non-mobile, with some exceptions (e. g. Co, Cd, or Lakes Jašteričie and Kender). A similar mobility of heavy metals in sediments may indicate a similar developmental phase or circumstances. In this regard the similarity of the sediments of the Lakes Jašteričie and Kender is conspicuous – big proportion of the heavy metals bound to the oxidizable fraction: both lakes are shallow (0 – 0.5 m deep), Lake Jašteričie is sometimes completely dry, so the upper part of the sediment definitely comes into contact with air or is in contact with oxygen-rich water, which may result in getting metals into solution as a result of prolonged contact with oxidizing medium.

Fig. 5 shows the total heavy metal content. Except of the Lake Kender the nickel content is above the limit in every sample. Bárányi-Kevei et al. (2001) found similar results by the soil examinations in this area. Based on the own soil samplings which were taken from the direct environment of the lakes, only the concentrations next to the Lake's Farárova jama soil sample approached the limit, but did not reach it. In all the investigated soil samples the heavy metal concentrations were below the limit specified in the KöM-EüM-FVM-KHVM decree of Hungary (2000).

In the V3 sediment sample of the Lake Vörös in 2008 the cadmium content was above the limit. The sediment sample taken in 2009 just approached this value but did not reach it.

The changes in the sediment of the Lake Aggteleki heavy metal content compared to values measured nowadays after the dredging (2002) are the followings: In 2002 the lake was dredged and the surrounding area was filled in with the sludge. The nickel content of the silt has doubled since 2000, and the lead and chromium content as well (the two latest do not exceed the limit), cadmium and zinc content decreased, while the cobalt has largely similar values (Fig. 6). This may be due to the previously accumulated larger quantities of nickel, chromium and lead (transport, atmospheric deposition – nearby factories within 60 km, e. g. cement factory by Gombasek, or U.S. Steel by Kosice: it was later admitted that this factory was the biggest pollutant in the area between 1965 – 1989 (this time it was called East Slovakian Iron Works). This contamination could decrease in the 1990's and the layer, from which samples were taken in 2000 before the dredging, could be less loaded with these metals. However the dredging could resurface the former polluted layer, from which samples were taken in 2008 and 2009. Another reason may be that after the dredging larger quantities of heavy metals have been accumulated but it seems less probable. In former layers carbonate-content also could be higher (e. g. from eroding the slope Ördögszántás next to the lake) and to the carbonates often a higher heavy metal content is bound – unfortunately this was not measured in 2000. Difference can be the result of the different measurement methods in 2000 and now.

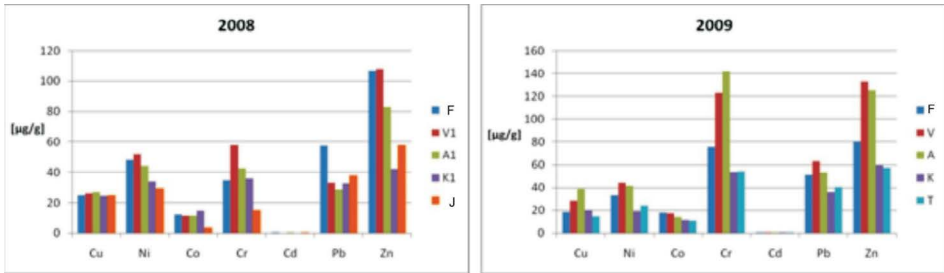


Fig. 5. Total sums of heavy metals in lakes' sediments. (Explanation of the figure legends: characters means 1. character of the names of the lakes)

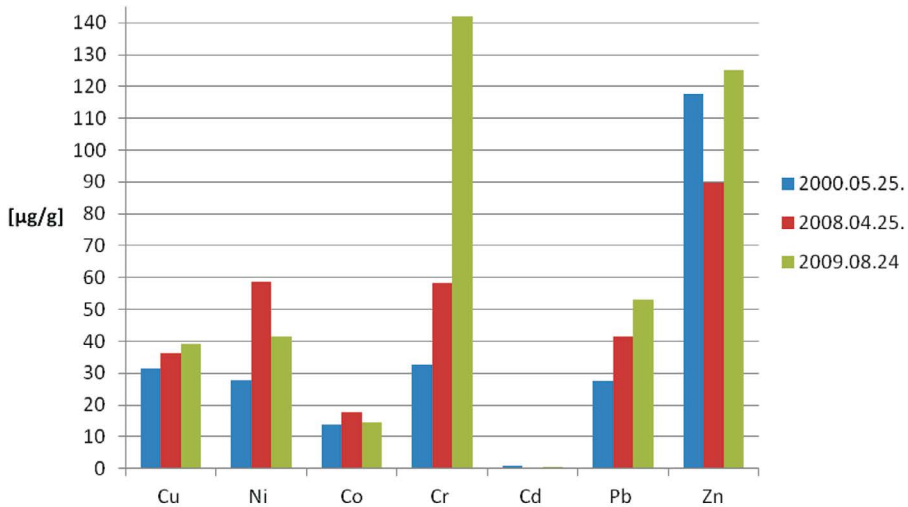


Fig. 6. Heavy metal content of the sediments in the Lake Aggteleki

By the other lakes there is a slight excess of the limit of the nickel by the Lakes' Farárova jama, Vörös and Aggteleki and sediment and in 2009 only in the latter two cases (Fig. 5). Additionally, in the same two lakes in 2009 the Cr limit was exceeded, however, if we take into consideration the results of the sequential extraction, it is clear that these elements are mostly not mobile under natural conditions so they have just an indicative role. In this case, mainly the sediments of Lakes Aggteleki and Vörös store interesting information. Unfortunately there is no data of Vörös Lake sediments from the past, therefore it cannot be compared to present data, however it is supposed that they have similar concentrations (with the sediments of Aggteleki Lake).

Similarly, the measured quantities of Lakes Kender and Tengerszem in 2009 are similar.

SEQUENTIAL EXTRACTION PROCEDURE FOR THE SPECIATION OF HEAVY METALS IN THE SEDIMENTS OF SHALLOW KARSTIC LAKES ON THE AGGTELEK AND SLOVAK KARST (HUNGARY AND SLOVAKIA)

Summary

Based on the analysis of the lake sediments, the following results can be concluded: except for Lake Kender, the nickel content exceeded the threshold limit (specified in decree of KÖM-EÜM-FVM-KHVM 2000) in every lake's sediment. At Lake Vörös the cadmium content was above the limit. There are changes in the heavy metal content in sediments of Lake Aggteleki in comparison with the year 2000: the nickel content of the silt has doubled, the lead and chromium content as well – but these two do not exceed the limit. The cadmium and zinc content decreased, the cobalt had roughly similar values. This may be due to the previously larger nickel, chromium and lead accumulation which dropped in the 1990's, and the layers from which the samples were taken were less loaded with these elements. The dredging, however, could resurface the previously polluted layer. In addition, since the dredging there might have been a greater amount of accumulation as well. Higher heavy metal content can be bound to the carbonates too and in deeper layers there could be higher amount of carbonates but sedimentological tests were not carried out in 2000. The difference can also come from the result of the different measurement methods in 2000 and now.

The tested soils had no heavy metal concentration values above the threshold limit. In contrast, in the case of sediments the concentrations are above the limits; in the case of the Lakes Farárova jama, Vörös, Aggteleki, Jašteričie the Ni concentrations, in the sediment of the Lakes Vörös and Aggteleki the Cr-, and at Lake Vörös, the Cd concentrations exceed the limit.

The mobility of these heavy metals was also measured with sequential extraction. It showed that in most cases the heavy metals are not mobile under natural conditions. The highest rates of mobility were observed at the Lakes Jašteričie, Kender and Aggteleki, and the most mobile metals are Cd, Co and the Cr. From the mobile fractions of the mentioned three lakes and in the case of Lake Tengersizem the fraction binding to the oxidizable fraction, (thus the organic material) is greater and it is also greater in the case of the exchangeable and carbonate bound fractions. In the case of the other two lakes the mobility of the heavy metals is around 50% and this amount is divided between the three mobile fractions. The Cr can be problematic, since it is relatively mobile and sometimes exceeds the background concentration.

Acknowledgements. The research was funded by the TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KONV-2010-0005.

REFERENCES

- BARANČOK, P. 2001. Karst lakes of the protected landscape area – Biosphere Reserve Slovenský kras karst and Aggtelek National Park, *Ekológia*, 20, 4, 157–190.
- BÁRÁNY-KEVEL, I. – GOLDIE, H. – HOYK, E. – ZSENI, A. 2001. Heavy metal content of some Hungarian and English karst soils. *Acta Climatologica Et Chorologica Universitatis Szegediensis*, Szeged, 34–35, 81–92.
- BÓDISNÉ, J. I. – DÉNES, GY. – JAKUCS, L. 2001. Aggtelek természeti képe. Aggtelek a magyar állam alapításának ezredik évében. Aggtelek Község Önkormányzata, 7–38.
- BÓDOG, I. – POLYAK, K. – HLAVAY, J. 1996. Determination of heavy metals in lake and river sediments by selective leaching. *Int. J. Environ. Anal. Chem.*, 66, 79–94.
- ČERMÁK, Č. 1994. Klimatické pomery. In Rozložník, M. & Karasová, E. (Eds.): *Chránená krajinná oblasť – biosférická rezervácia Slovenský kras*. Osveta, 87–92.
- DAVIDSON, CH. M. – THOMAS, R. P. – MCVEY, S. E. – PERALA, R. – LITTLEJOHN, D. U. – ALTAN, M. 1994. Evaluation of a sequential extraction procedure for the speciation of heavy metals in sediments. *Analytica Chimica Acta*, 291, 277–286.
- FYTIANOS, K. – LOURANTOU, A. 2004. Speciation of elements in sediment samples collected at lakes Volvi and Koronia, N. Greece, *Environment International*, 30, 11–17.
- GAÁL, L. 2010. Gömörország természeti öröksége, Gömör-Kishonti Múzeum Egyesület Rimaszombat.

- HUBER, A. 2006. Az aggteleki Vörös-tó élőhely-rehabilitációja, Kézirat. Aggteleki Nemzeti Park Archívuma.
- HUDEC, I. – BELÁNOVÁ, A. – UHRIN, M. 1993. Poznámky k eutrofizácii a zooplanktón Jašteričieho jazera a Farárovej jamy (Slovenský kras) v roku 1992. Zborník Východoslovenského múzea v Košiciach. Prírodné vedy, 34: 67–72.
- HUDEC, I. – KOŠEL, V. – ROZLOŽNÍK, M. 1995: Human impacts on eutrophication and extinction of Jašteričie lake (Biosphere reserve-Slovak karst). *Ekológia*, 14, 4, 449–466.
- JUHÁSZ, L. – SALAMON, G. 2006. Fish community of the Tengerszem Lake by village Jósmafő. XXX. Halászati Tudományos Tanácskozás, Szarvas, Abstract, 41. (in Hungarian)
- KUNSKÝ, J. 1939. Jezera Slovenského krasu. *Rozpravy České Akademie II. třídy*, 49, 25, 1–21.
- LESS, GY. 1998. Földtani felépítés. In Baross, G. (Ed.): *Az Aggteleki Nemzeti Park. Mezőgazda Kiadó, Budapest*, 26–67.
- MELLO, J. 1994. Geologická stavba. In Rozložník, M. – Karasová, E. (Eds.): *Chránená krajinná oblasť – biosférická rezervácia Slovenský kras. Osveta*, 87–92.
- MSZ 21470-50:2006: Hungarian decree about estimating heavy metals in soil.
- TESSIER, A. – CAMPBELL P. G. C. – BISSON, M. 1979. Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals. *Analytical chemistry*, 51, 844–850.
- UJVÁROSY, A. 1998. Az Aggteleki Nemzeti Park. In G. Baross (Ed.): *Mezőgazda Kiadó*, 22–26.
- URE, A. M. 1993. Speciation of heavy metals in soils and sediments. An account of the improvement and harmonization of extraction techniques undertaken under the auspices of the BCR of the Commission of the European Communities. *Int. J. Environ. Anal. Chem.*, 51, 135–151.
- 10/2000. (VI.2.) KöM-EüM-FVM-KHVM együttes rendelete. *Magyar Közlöny*, 53, 3156–3167

SLOVENSKÝ KRAS ACTA CARSOLOGICA SLOVACA	50/1	65 – 78	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2012
--	------	---------	------------------------

VÝSKYT A PREVALENCE BAKTERIÍ REZISTENTNÍCH K TETRACYKLINOVÝM ANTIBIOTIKŮM VE VYBRANÝCH JESKYNÍCH NÁRODNÍCH PARKŮ SLOVENSKA

DANA ELHOTTOVÁ – JIŘÍ JIROUT – JIŘÍ PETRÁSEK

Biologické centrum Akademie věd České republiky, v.v.i. – Ústav půdní biologie, Na Sádkách 7, CZ-37005 České Budějovice, danael@upb.cas.cz

D. Elhottová, J. Jirout, J. Petrásek: Prevalence of tetracycline-resistant bacteria in the selected caves of national parks in Slovakia

Abstract: The dissemination of bacterial resistance to antibiotics represents a serious threat to human and animal health. With respect to considerable heterogeneity of resistance genes distribution in different ecosystem and lack of information about factors affecting its evolution, dissemination and persistence, the antibiotic resistance must be studied as an ecological problem. Data from different ecosystems are highly desirable.

The aims of this study was to determine the presence, abundance and prevalence of tetracycline-resistant (TET-r) bacteria in microbial community of selected caves in protected areas of three national parks in Slovakia during years 2010 – 2011: (1) NP Slovak Karst (Ardovská jaskyňa, Drienovská jaskyňa, Stará brzotínska jaskyňa) and mountain caves of (2) NP Low Tatras (Jaskyňa mŕtvych netopierov, Demänovská jaskyňa mieru, Suchá jaskyňa) and (3) NP Muráň Plateau (Bobačka).

There were sampled and analyzed 242 samples of speleoaerosol and caves sediments, including air and soil outside the caves. Cultivation on complex (Tryptic soya agar, BD) and tetracycline-selective (Tryptic soya agar + 0.003 % chlortetracycline) media was used for abundance estimation of the total and TET-r bacteria and calculation of the TET-r bacteria prevalence in the environmental samples.

The total and TET-r bacterial abundance of cave sediments ($n = 31$) lay within the range $10^4 - 10^{10}$ CFU g^{-1} dw and $10^4 - 10^8$ CFU g^{-1} dw, respectively with peak values reached guano samples ($n = 12$). The TET-r prevalence was found 0.01 – 0.23 % in mineral sediments and 0.01 – 3.6 % in bat guano. Soil samples ($n = 7$) were characteristic by total and TET-r bacterial abundance in range $10^4 - 10^8$ CFU g^{-1} dw and $10^3 - 10^6$ CFU g^{-1} dw, respectively. The prevalence of TET-resistance in soil was 0.01 – 2.46 %. The analyses of speleoaerosol and air showed a total bacteria abundance $0 - 10^2$ CFU $PD^{-1} \cdot h^{-1}$; the occurrence of TET-resistant bacteria inside the caves was only sporadic; however the TET-r prevalence in air outside the cave was 4 – 35 %. The Suchá jaskyňa Cave in Low Tatras Mountains was characteristic by high values of all measured parameters.

The study indicated that the wild caves and soils in the protected area of Slovak national parks were typical by relatively low abundance and prevalence of tetracycline resistant bacteria. The only exception was the bat guano, which should be considered as an important reservoir of antibiotic-resistant bacteria. More detailed analyses of the isolated strains, including species determination would substantially complete the information for possible epidemiological risk especially in the caves, which are important sources of drinking water.

Key words: cultivable bacteria, antibiotic resistance, tetracycline resistance, speleoaerosol, caves sediment, bat guano, mountain caves, Low Tatras Mountains, Slovak Karst, Muráň Plateau

ÚVOD

Bakteriální patogeny odolné (rezistentní) k účinku antibiotik mají významný dopad na lidské zdraví; každým rokem se zvyšuje počet úmrtí v důsledku infekcí způsobených patogeny multirezistentními k antibiotikům (Cosgrove, 2006). Pro pochopení ekologie těchto mikroorganismů a jejich šíření se současný výzkum zaměřuje také na výskyt bakteriálních rezistencí v prostředí (Aminov, 2010; Nwosu, 2001). Rezistence bakterií k antibiotikům (ATB-r) je přirozenou vlastností některých bakterií např. přirozených producentů antibiotik (Weisblum, 1995), vyskytujících se zejména v půdě (Falkinham et al., 2009). Fylogenetické rekonstrukce a analýzy odhadují, že ATB-r geny se vyvinuly již před více než 2 miliardami let (Hall a Barlow, 2004). Historie masivní výroby a používání antibiotik pro terapeutické, profylaktické, ale i růstové účely (Lipsitch et al., 2002), a s tím spojené šíření tzv. získané (sekundární) ATB-r, je naopak velmi krátká (Aminov, 2010). Její počátky sahají zhruba do 50. a 60. let minulého století. Nárůst získané ATB-r je spojen se schopností tzv. horizontálního genového transferu ATB-r genových determinant, která umožňuje výměnu těchto genů mezi různými druhy i rody (Aminov, 2011). Díky metabolickým možnostem nových hostitelů se následně ATB-r může relativně snadno adaptovat a šířit do nových ekologických nik (D'Costa et al., 2007).

Informací o rezervoárech ATB-r determinant v prostředí je stále velký nedostatek. Nejvíce dostupných informací se týká zemědělských půd (Wu et al., 2010; Kobashi et al., 2007; Schmitt et al., 2006) a vodních toků v blízkosti zemědělských velkovýkrmů či čistíren odpadních vod (Baquero et al., 2008; Chee-Sanford et al., 2009; Jindal et al., 2006). Daleko méně prostudované je prostředí s minimálním vlivem lidské činnosti (Nwosu, 2001; Mindlin et al. 2008; Allen et al., 2010).

Cílem této studie bylo přinést informace o abundanci a prevalenci ATB-r bakterií v jeskyních na chráněném území tří národních parků Slovenska. Pozornost byla soustředěna na bakterie rezistentní k tetracyklinovým antibiotikům, které patří k masivně používaným antibiotikům s dlouhou aplikační praxí (D'Costa et al., 2007).

MATERIÁL A METODIKA

V rámci mikrobiologického monitoringu byly studovány v roce 2010 nepřístupné jeskyně NP Slovenský kras: Ardovská jaskyňa, Drienovská jaskyňa, Stará brzotínska jaskyňa a v roce 2011 vysokohorské jeskyně v NP Nízké Tatry: Jaskyňa mŕtvych netopierov, Demänovská jaskyňa mieru, Suchá jaskyňa a jeskyně Bobačka v NP Muránska planina, viz obr. 1.

Popis odběrových lokalit a odběr vzorků. V závislosti na délce jeskyně a specifitě jeskynních biotopů byla vybrána monitorovací stanoviště, která jsou schématicky znázorněna pro jeskyně v NP Slovenský kras na obr. 2 a pro vysokohorské jeskyně na obr. 3. Základní vybrané charakteristiky monitorovaných jeskyní shrnuje tab. 1.

Na monitorovacích stanovištích byl proveden odběr vzorků speleo-aerosolu a jeskynních sedimentů. Zároveň byl vždy vzorkován také vzduch a půda nad každou jeskyní.

Vzorkování speleo-aerosolu a vzduchu bylo prováděno vždy dvakrát do roka (duben 2010, květen 2011 a září 2010, 2011) pomocí sedimentační metody (Buttner a Stetzenbach, 1991); doba expozice Petriho misek (PM, d = 90 mm) s kulturačními médii pro počty a izolaci celkových a tetracyklin-rezistentních bakterií (detaily níže) byla 30 minut.



Obr. 1. Mapa zkoumaných jeskyní NP Slovenský kras (○), NP Nízke Tatry (▲) a NP Muránska planina (▼). AJ – Ardovská jaskyňa; DJ – Drienovská jaskyňa; SBJ – Stará brzotínska jaskyňa; DG – Jeskyně Domica; B – Jeskyně Bobačka; S – Suchá jaskyňa; N – Jaskyňa mŕtvych netopierov; DM – Demänovská jaskyňa mieru

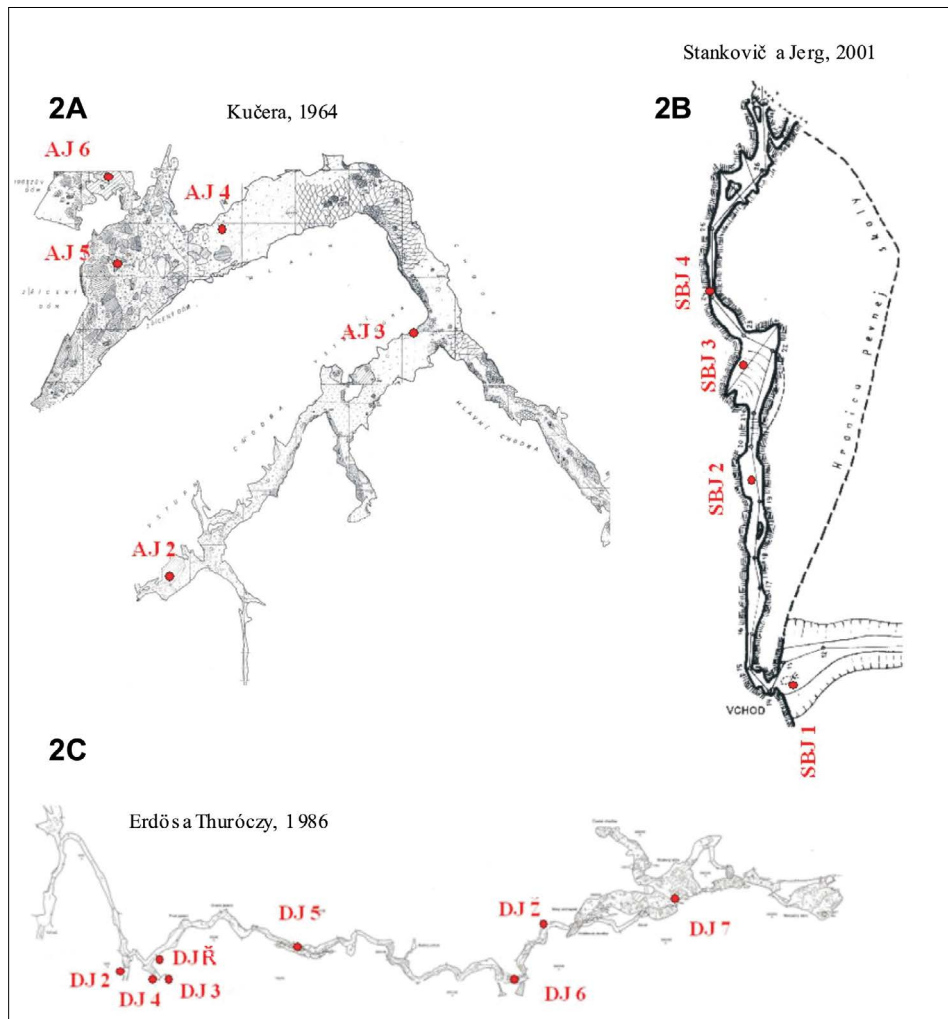
Fig. 1. Map of investigated caves of Slovak Karst National Park (○), Low Tatras National Park (▲), and Muráň Plateau National Park (▼). AJ – Ardovská Cave; DJ – Drienovská Cave; SBJ – Stará brzotínska Cave (Old Brzotín Cave); DG – Domica Cave; B – Bobačka Cave; S – Suchá Cave (Dry Cave); N – Mŕtvych netopierov Cave (The Dead Bats' Cave); DM – Demänovská Cave of Peace

Vzorky půd a jeskynních sedimentů byly odebírány na každém monitorovacím stanovišti formou směsných vzorků z 5 nezávislých míst podél transektu dlouhého cca 100 m (vzorky nad jeskyní) nebo cca 10 m (vzorky uvnitř jeskyně). Vzorky půd a sedimentů byly do tří dnů po odběru homogenizovány za semisterilních podmínek přes síto (0,5 cm) a následně byl v laboratorních podmínkách proveden bakteriologický rozbor. Vzorkování bylo prováděno jedenkrát do roka, s výjimkou odběru netopýřího guána v jeskyni Bobačka a nickamínku v Demänovské jaskyni mieru, které proběhlo během roku 2011 dvakrát (květen a září). V roce 2011 byly navíc odebrány a vyšetřeny vzorky guána z přístupné jeskyně Domica, a to z tisícileté kupy guána, podrobně popsáné ve studii Křišťůfek et al. (2008). Jednalo se o povrchové vzorky (0 – 3 cm): z vrcholu kupy (DoG1), z bočních stěn (DoG2) a z paty kupy (DoG4) a dále z báze kupy (cca 100 – 105 cm pod vrcholem kupy) (DoG5). Vzorky byly odebrány tak, jak je popsáno ve studii Křišťůfek et al. (2008).

Kultivační a izolační média

Celkové směsné bakteriální společenstvo všech typů odebraných vzorků bylo izolováno a kultivováno s použitím komplexního agarového média (BBL™ Trypticase Soy Agar; TSA), se zdrojem organického N různých forem, které je osmoticky stabilní, je vhodné pro monitoring vzduchu a povrchů, a bylo obohaceno přísadkou fungistatika (cykloheximid 0,0025 %, Sigma-Aldrich) k eliminaci růstu mikroskopických hub.

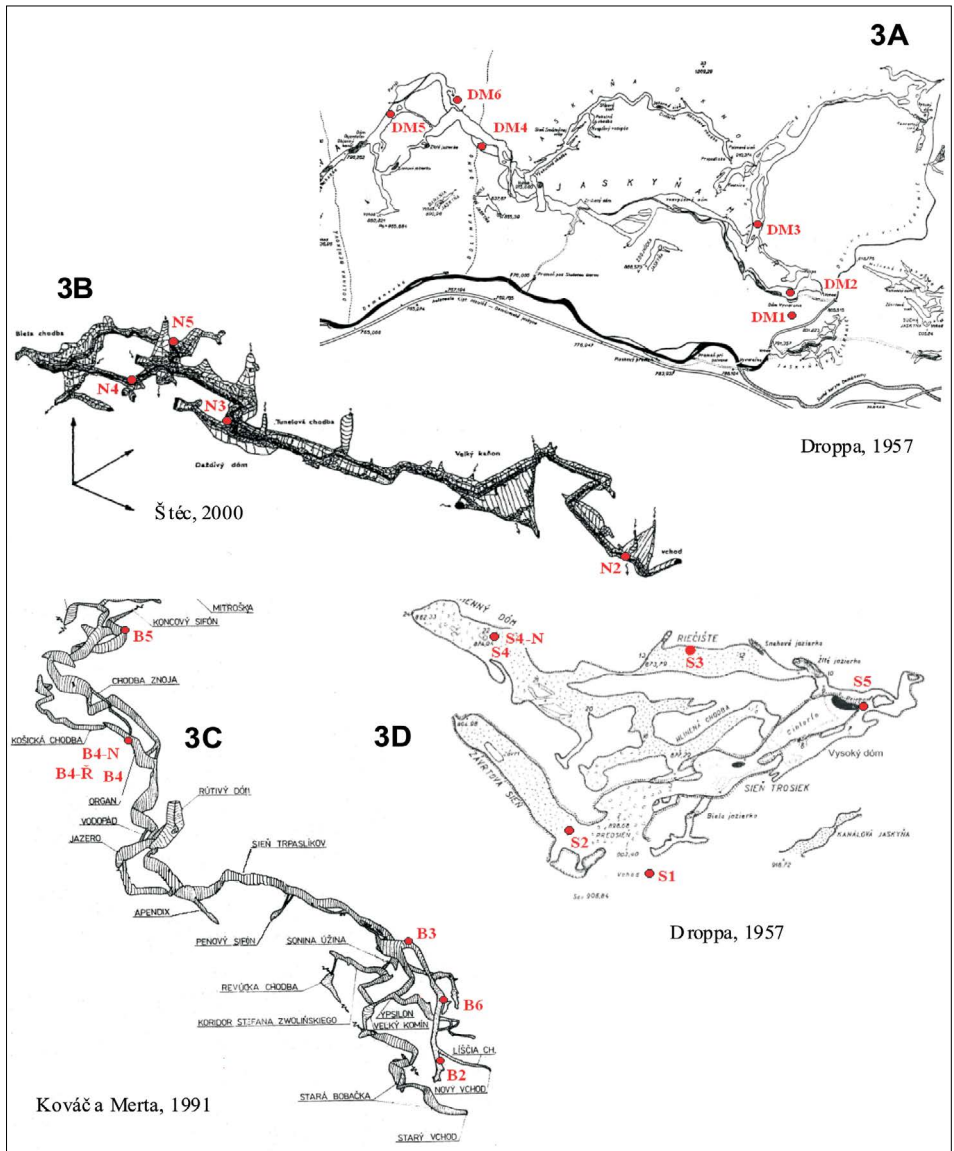
Tetracyklin rezistentní (TET-r) bakteriální společenstvo bylo izolováno a kultivováno na též komplexním agarovém médiu (BBL™ Trypticase Soy Agar; 0,0025% cykloheximid), ovšem s přísadkou chlortetracyklinu (0,003 %, Sigma-Aldrich).



Obr. 2. Schémata jeskyní NP Slovenský kras s vyznačenými odběrovými místy: AJ2-6 – Ardovská jaskyňa (2A), SBJ1-4 – Stará brzoťínska jaskyňa (2B), DJ2-7 – Drienovská jaskyňa (2C)

Fig. 2. Scheme of caves of Slovak Karst National Park with highlighted sampling sites: AJ2-6 – Ardovská Cave (2A), SBJ1-4 – Stará brzoťínska Cave (Old Brzoťín Cave) (2B), DJ2-7 – Drienovská Cave (2C)

Izolace a stanovení počtů bakteriálních společenství ze vzorků jeskynních sedimentů a půd byly provedeny zředovací metodou: 5 g vzorku bylo převedeno do Erlenmeyerovy lahve obsahující 45 ml sterilního 0,1% roztoku hexametaphosforečnanu sodného (Sigma-Aldrich). Suspenze byla homogenizována v sonikační lázni (50 kHz, 4 min, laboratorní teplota) a použita k vytvoření řady až do ředění 10^{-8} . Následně byla příslušná kultivační média (viz dále) inokulována roztěrem 100 μ L suspenze odpovídající typu izolovaného společenstva a typu vzorku, vždy ze dvou po sobě jdoucích ředěních, vše ve třech opakováních. Pro izolaci celkového společenstva půd a jeskynních sedimentů se rozsah ředící řady pohyboval v rozpětí 10^{-4} – 10^{-8} ; pro izolaci TET-r společenstva v rozpětí mezi 10^{-2} – 10^{-5} . Následně byly vzorky inkubovány ve tmě při 28 °C a po 7 dnech



Obr. 3. Schémata jeskyní NP Nízke Tatry s vyznačenými odběrovými místy: DM1-6 – Demänovská jaskyňa mieru (3A); N2-5 – Jaskyňa mŕtvych netopierov (3B); S1-5 – Suchá jaskyňa (3D); B2-6 – Jaskyňa Bobačka, Muránska planina (3C)

Fig. 3. Scheme of caves of Low Tatras National Park with highlighted sampling sites. DM1-6 – Demänovská Cave of Peace (3A); N2-5 – Mŕtvych netopierov Cave (The Dead Bats' Cave) (3B); S1-5 – Suchá Cave (Dry Cave) (3D); B2-6 – Bobačka Cave, Muránska Plateau (3C)

byly provedeny odečty bakteriálních jednotek tvořících kolonie (CFU) a přepočteny na gram suché navážky vzorku.

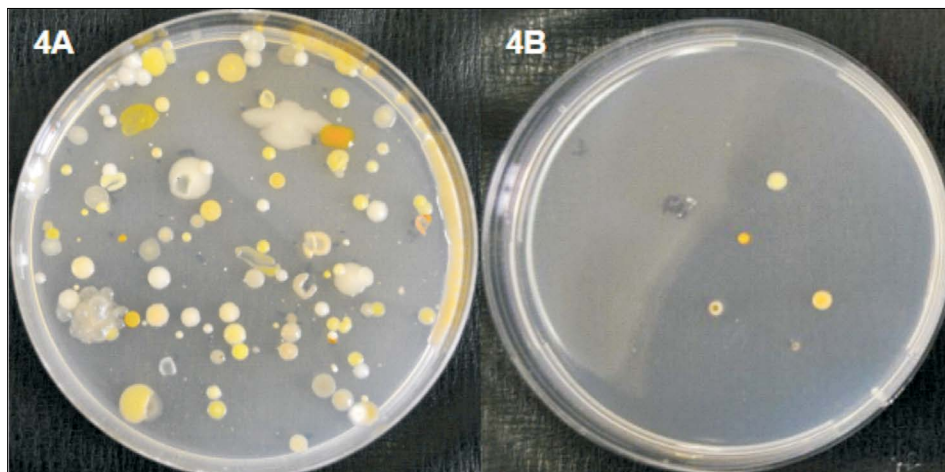
CFU počty TET-r společenstva byly vztaženy k celkovým CFU počtům příslušného vzorku a bylo vypočteno % prevalence TET-r bakterií v celkovém kultivovatelném bakteriálním společenstvu půd, jeskynních sedimentů a netopýřího guánu.

Tab. 1. Charakteristiky monitorovaných jaskýni (http://www.ssj-sk/jaskyne/najvyznamnejšie/npp/; Višňovská, 2007; Stankovič a Jerg, 2001; Správa slovenských jaskýň, Liptovský Mikuláš, Slovakia)

Tab. 1. Characteristics of the monitored caves (http://www.ssj-sk/jaskyne/najvyznamnejšie/npp/; Višňovská, 2007; Stankovič a Jerg, 2001; Slovak Caves Administration, Liptovský Mikuláš, Slovakia)

Název jaskyně	Souřadnice	Nadm. výška	Teplota (°C)	Délka chodeb	Výskyt netopýrů	Geologický původ
Ardovská jaskyňa	48°31,40'N 20°25,25'E	320 m	8,0 – 11,5	1492 m	až 9 druhů; vrápenec jižní (<i>Rhinolophus euryale</i>); vrápenec malý (<i>Rhinolophus hipposideros</i>)	puklinově-říční typ; světlé wettersteinské vápence
Drienovská jaskyňa	48°37,49'N 20°57,13'E	200 m	8,9 – 11,3	1348 m	až 13 druhů; vrápenec velký (<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>); vrápenec jižní (<i>Rhinolophus euryale</i>); netopýr hvizdavý (<i>Pipistrellus pipistrellus</i>); netopýr velký (<i>Myotis myotis</i>); létavce stěhovavý (<i>Miniopterus schreibersii</i>)	vývěrová říční jaskyně; světlé wettersteinské vápence
Stará brzoťínska jaskyňa	48°36,60'N 20°28,22'E	290 m	9,5 – 10,2	120 m	chybí údaje	puklinově-říční jaskyně
Jaskyňa Domica	48°28,71'N 20°28,25'E	339 m	10,2 – 11,4	5140 m	až 16 druhů; zejména vrápenec jižní (<i>Rhinolophus euryale</i>)	říční jaskyně; světlé wettersteinské vápence
Jaskyňa Bobačka	48°46,91'N 20°06,27'E	680 m	7,0 – 8,5	3036 m	až 13 druhů; vrápenec malý (<i>Rhinolophus hipposideros</i>); vrápenec velký (<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>); netopýr velký (<i>Myotis myotis</i>); netopýr černý (<i>Barbastella barbastellus</i>)	říční jaskyně; světlé triasové vápence
Jaskyňa mŕtvych netopierov	48°55,53'N 19°38,42'E	1510 m	1,3 – 3,6	19885 m	ojedinelé	vysokohorská jaskyně; 6000 let staré organogenní sedimenty (kostry netopýrů)
Demänovská jaskyňa miteru	49°00,36'N 19°35,09'E	800 m	6,4 – 6,8	16174 m	ojedinelé, neúplné údaje	říční jaskyně; tmavošedé guttensteinské vápence
Suchá jaskyňa	49°00,13'N 19°35,06'E	903 m	2,9 – 5,9	705 m	až 6 druhů; netopýr vousatý (<i>Myotis mystacinus</i>); netopýr severní (<i>Eptesicus nilssonii</i>); netopýr černý (<i>B. barbastellus</i>)	genetická souvislost s Demänovským jaskyním

Izolace a stanovení počtů bakteriálních společenstev ve vzorcích speleo-aerosolu a vzduchu byly prováděny po 48 hodinách růstu (tma, 25 ± 2 °C) a vyjádřeny jako CFU \cdot PM⁻¹ \cdot h⁻¹. Záchyt tetracyklin-rezistentních bakterií na selektivních médiích byl odečítán po 48 až 168 hodinách.



Obr. 4. Celkové směsné (4A) a tetracyklin-rezistentní (4B) bakteriální společenstvo speleo-aerosolu zachycené v Demänovské jaskyni mieru během 30 min expozice
Fig. 4. Total mixed (4A) and tetracycline-resistant bacterial community (4B) isolated from speleo-aerosol of Demänovská Cave of Peace after 30 min exposition

Obrázek 4 ilustruje záchyt celkového a TET-r bakteriálního společenstva speleo-aerosolu v těže monitorované jeskyni (Demänovská jaskyňa mieru). Celkové a TET-r počty příslušející k témuž vzorku byly použity pro výpočet prevalence bakterií rezistentních k tetracyklinovým antibiotikům v ovzduší. Při mikrobiologickém hodnocení kvality ovzduší v jeskyních bylo přihlíženo k standardním postupům pro vyšetřování mikroorganismů ve vnitřním prostředí (Klánová, 2002), které udávají jako kritérium znečištění vzduchu pro směsné populace bakterií pro pobytové prostory 50 a více CFU \cdot PM⁻¹ \cdot h⁻¹, což přibližně odpovídá limitu 500 zárodků v m³ vzduchu dle EUR 14988 (Verhoeff, 1993).

VÝSLEDKY A DISKUSE

Celkem bylo vyšetřeno 204 vzorků vzdušného spadu. Celkové bakteriální počty se pohybovaly v rozsahu 0 – 10² CFU \cdot PM⁻¹ h⁻¹ (tab. 2 – 3), přičemž hodnoty nad hygienickým limitem pro vnitřní prostory byly zjištěny na 14 z celkově 32 monitorovaných stanišť uvnitř jeskyní. Více jak polovina z nich (9) se nacházela v jeskyních Slovenského krasu. Tyto jeskyně na rozdíl od vysokohorských jsou typické vyšší teplotou; rozdíl může činit 2 až 10 °C (tab. 1), což má dopad na celkové biotické osídlení těchto jeskyní. Jeskyně Slovenského krasu patří mezi nejvýznamnější zimoviště netopýrů ve střední Evropě (Uhrin et al., 2002), aktivita netopýrů dále významně ovlivňuje další jeskynní organismy (Elhottová et al., 2003; Šustr et al., 2005). Netopýři zásobují jeskyně bohatým zdrojem organického uhlíku, formou exkrementů roztroušených v zónách letové aktivity nebo ukládaného ve formě guánových depozit pod místy kolonizujících populací. Tato depozita jsou pak významnými zdroji nejrůznějších mikroorganismů (Chroňáková et al., 2009; Petrásek a Elhottová, 2009; Nováková a Kolařík, 2010), což se nepochybně

Tab. 2. Celkové počty, počty tetracyklin rezistentních (TET-r) bakterií a relativní zastoupení TET-r bakterií v celkovém společenstvu ve vzorcích půdy, minerálních sedimentů, vzduchu a speleoerosolu v jeskyních NP Slovenský kras v roce 2010

Tab. 2. Total numbers, numbers of tetracycline-resistant (TET-r) bacteria and relative proportion of TET-r bacteria in complex bacterial community in samples of soil, mineral sediments, air, and speleoerosol in caves of Slovak Karst National Park in year 2010

Jeskyňě Monitorovací místo	Orientační popis	Typ substrátu	PŮDY A SEDIMENTY			VZDUCH A SPELEOEROSOL		
			Celkové počty bakterií CFU · 10 ⁶ ·g ⁻¹ sh	Počty TET-r bakterií CFU · 10 ³ ·g ⁻¹ sh	TET-r bakterie %	Pasivní spad celkové počty CFU · PM ⁻¹ ·hod ⁻¹	Pasivní spad TET-r CFU · PM ⁻¹ ·hod ⁻¹	TET-r bakterie %
Drienovská jaskyňa	DJ1	Nad jeskyní	127,41 ± 18,50	151,41 ± 26,82	1,19	31,25 ± 12,76	0,00 ± 0,00	< 0,01
	DJ2	Vstupní síň	300,74 ± 33,43	3,78 ± 0,22	0,01	147,11 ± 47,42	0,00 ± 0,00	< 0,01
	DJ3	Síň netopýřů	34,81 ± 7,14	0,96 ± 0,71	0,03	53,85 ± 18,24	0,46 ± 0,80	0,86
	DJ4	Boční síň	275,56 ± 201,19	0,15 ± 0,26	< 0,01	51,83 ± 6,79	0,17 ± 0,29	0,33
	DJŘ	říční sediment	13,33 ± 3,85	0,67 ± 0,22	0,05	-	-	-
	DJ5	Děravé koryto	28,78 ± 3,84	< 10 ³	< 0,01	23,12 ± 18,18	0,14 ± 0,25	0,61
	DJ6	Vysoké koryto	12,59 ± 6,42	0,37 ± 0,26	0,03	29,85 ± 8,91	0,00 ± 0,00	< 0,01
	DJ7	Ztracený dóm	35,56 ± 32,74	0,30 ± 0,34	0,01	84,33 ± 5,51	0,33 ± 0,58	0,39
DJŽ	Žebřík	8,89 ± 4,44	< 10 ³	< 0,01	-	-	-	
Ardovská jaskyňa	AJ1	Nad jeskyní	95,56 ± 20,37	91,43 ± 10,45	0,96	109,14 ± 143,23	0,00 ± 0,00	< 0,01
	AJ2	Vstupní chodba	11,11 ± 3,17	1,38 ± 0,24	0,12	88,82 ± 63,83	0,00 ± 0,00	< 0,01
	AJ3	Vstupní chodba	19,58 ± 25,66	0,11 ± 0,09	0,01	35,62 ± 23,42	0,00 ± 0,00	< 0,01
	AJ4	Hlavní chodba	32,01 ± 25,77	0,07 ± 0,13	< 0,01	47,40 ± 30,14	0,27 ± 0,47	< 0,01
	AJ5	Zřícený dóm	-	-	-	72,89 ± 39,87	0,44 ± 0,77	0,61
	AJ6	Erdősáv dóm	-	-	-	187,61 ± 47,72	0,00 ± 0,00	< 0,01
Stará Bzoltínsa jaskyňa	SBJ1	Nad jeskyní	52,15 ± 5,18	< 10 ³	< 0,01	30,97 ± 15,36	1,29 ± 2,23	4,12
	SBJ2	Vstupní chodba	26,88 ± 2,46	0,11 ± 0,09	0,00	23,48 ± 31,64	0,29 ± 0,50	1,24
	SBJ3	Hlavní chodba	75,80 ± 10,12	0,05 ± 0,09	0,01	59,60 ± 36,42	0,00 ± 0,00	< 0,01
	SBJ4	Zadní dóm, chodba	68,25 ± 14,54	0,05 ± 0,09	0,01	121,33 ± 46,70	10,67 ± 12,22	8,79

- = neměřeno

Tab. 3. Celkové počty, počty tetracyklin rezistentních (TET-r) bakterií a relativní zastoupení TET-r bakterií v celkovém společenstvu ve vzorcích půdy, minerálních sedimentů, vzduchu a speleoaerosolu v jeskyních NP Nizké Tatry a NP Muránska planina v roce 2011

Tab. 3. Total numbers, numbers of tetracycline-resistant (TET-r) bacteria and relative proportion of TET-r bacteria in complex bacterial community in samples of soil, mineral sediments, air, and speleoaerosol in caves of Low Tatras National Park and Muráň Plateau National Park in year 2011

		PŮDA A SEDIMENTY						VZDUCH A SPELEOAEROSOL					
Monitorovací místo	Orientační popis	Typ substrátu	Celkové počty bakterií CFU · 10 ⁶ g ⁻¹ sh	Počty TET-r bakterií CFU · 10 ⁶ g ⁻¹ sh	TET-r bakterie %	Pasivní spad celkové počty CFU · PM ¹ hod ⁻¹	Pasivní spad TET-r CFU · PM ¹ hod ⁻¹	TET-r bakterie %	Pasivní spad celkové počty CFU · PM ¹ hod ⁻¹	Pasivní spad TET-r CFU · PM ¹ hod ⁻¹	TET-r bakterie %		
Jeskyňě	B1	Nad jeskyní	34,25 ± 13,40	39,66 ± 24,46	1,16	25,00 ± 31,58	8,67 ± 12,26	34,68					
	B2	Boční chodba	23,61 ± 18,10	5,48 ± 1,31	0,23	11,00 ± 12,73	0,67 ± 0,94	6,09					
	B3	Chodba Větrňa	5,07 ± 1,50	0,37 ± 0,06	0,07	12,00 ± 13,20	0,00 ± 0,00	< 0,01					
	B4	„Organ“ (Várhany)	4,00 ± 1,53	< 10 ³	< 0,01	67,33 ± 77,11	0,90 ± 1,56	1,33					
	B4-Ř	Řeň sediment	5,87 ± 1,20	0,39 ± 0,11	0,07	-	-	-					
	B4-N	nickámínek	48,00 ± 14,30	< 10 ³	< 0,01	-	-	-					
B5	Konecový sířon	5,61 ± 2,40	0,14 ± 0,06	0,02	4,33 ± 6,13	0,00 ± 0,00	0,00						
B6	Sířka s guatem	-	-	-	60,67 ± 85,80	0,50 ± 0,24	8,24						
Demňanovská jeskyňa matru	DM1	Nad jeskyní	265,22 ± 153,23	35,26 ± 8,59	0,13	2,33 ± 2,36	0,33 ± 0,47	14,16					
	DM2	Vstupní chodba	22,03 ± 13,33	< 10 ³	< 0,01	0,00 ± 0,00	0,33 ± 0,47	+					
	DM3	Růžová galerie	29,52 ± 8,00	< 10 ³	< 0,01	0,67 ± 0,94	0,00 ± 0,00	0,00					
	DM4	Za Krápníkovým lesem	4,83 ± 3,33	< 10 ³	< 0,01	6,00 ± 7,54	0,33 ± 0,47	5,50					
	DM5	Chodba u sířonu	12,54 ± 2,13	< 10 ³	< 0,01	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00					
	DM6	„Guličková“ chodba	0,75 ± 0,50	< 10 ³	< 0,01	0,33 ± 0,47	0,00 ± 0,00	0,00					
Jeskyňa mŕtych netopŕov	N1	Nad jeskyní	38,09 ± 25,13	0,40 ± 0,19	0,01	2,00 ± 2,00	0,67 ± 1,15	33,50					
	N2	Vchod trasy „C“	5,63 ± 0,75	< 10 ³	< 0,01	2,00 ± 2,00	2,67 ± 4,62	+					
	N3	Deštivý dóm	1,90 ± 1,13	< 10 ³	< 0,01	0,00 ± 0,00	0,67 ± 1,15	+					
	N4	Bílá chodba	1,72 ± 0,90	< 10 ³	< 0,01	2,00 ± 3,46	2,00 ± 3,46	+					
	N5	Melafyrové řířny	0,42 ± 0,13	< 10 ³	< 0,01	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00					
	N6	Spodní patro-trasa „B“	1,03 ± 0,50	< 10 ³	< 0,01	-	-	-					
Suchá jeskyňa	S1	Nad jeskyní	2124,11 ± 556,22	5173,72 ± 775,57	2,43	38,00 ± 19,80	2,50 ± 3,00	6,58					
	S2	Přebřít	-	-	-	218,67 ± 47,51	0,00 ± 0,00	< 0,01					
	S3	Řečičě	156,93 ± 38,70	1,78 ± 3,09	0,01	54,00 ± 16,97	0,00 ± 0,00	< 0,01					
	S4	Kamený dóm	557,41 ± 313,08	< 10 ³	< 0,01	213,33 ± 22,48	0,00 ± 0,00	< 0,01					
	S4-N	nickámínek	307,70 ± 100,73	< 10 ³	< 0,01	-	-	-					
S5	Vysoký dóm	-	-	-	102,67 ± 43,56	0,00 ± 0,00	< 0,01						

- = neměřěno; + = procento TET-r ≥ 100%

Tab. 4. Celkové počty, počty tetracyklin rezistentních (TET-r) bakterií a relativní zastoupení TET-r bakterií v celkovém společenstvu ve vzorcích netopýřího guana v jeskyních NP Slovenský kras, NP Nízke Tatry a NP Muránská planina v letech 2010 a 2011

Tab. 4. Total numbers, numbers of tetracycline-resistant (TET-r) bacteria and relative proportion of TET-r bacteria in complex bacterial community in samples of bat guano in caves of Slovak Karst National Park, Low Tatras National Park and Muráň Plateau National Park in years 2010 and 2011

Jeskyňe	Monitorovací místo - Orientační popis	Datum odběru	Celkové počty bakterií		Počty TET-r bakterií		TET-r bakterie	
			CFU . 10 ⁸ g ⁻¹ sh		CFU . 10 ⁵ g ⁻¹ sh		%	
Drienovská jaskyňa	DJ2 – Vstupní síň	Duben 2010	1,21 ± 0,23		1,20 ± 0,49		0,10	
	DJ5 – Děravé koryto	Duben 2010	0,26 ± 0,03		0,02 ± 0,01		0,01	
Ardovská jaskyňa	AJ4 – Hlavní chodba	Duben 2010	0,54 ± 0,14		0,13 ± 0,02		0,02	
Bobačka	B6 – Síňka s guanem	Květen 2011	29,80 ± 40,11		0,93 ± 0,21		0,07	
		Září 2011	48,78 ± 32,27		58,13 ± 11,33		0,08	
Demänovská jaskyňa mieru	DM5 – Chodba u sifonu	Září 2011	4,55 ± 0,50		160,65 ± 22,04		3,58	
Suchá jaskyňa	S4 – Kamenný dóm	Září 2011	21,14 ± 7,35		< 10 ⁵		< 0,01	
	S5 – Vysoký dóm	Září 2011	126,02 ± 26,08		< 10 ⁵		< 0,01	
Domica	DoG1 – Palmový háj	Srpen 2011	10,68 ± 1,32		0,04 ± 0,07		< 0,01	
	DoG2 – Palmový háj	Srpen 2011	0,48 ± 0,41		< 10 ⁵		< 0,01	
	DoG4 – Palmový háj	Srpen 2011	0,15 ± 0,05		< 10 ⁵		< 0,01	
	DoG5 – Palmový háj	Srpen 2011	0,16 ± 0,09		< 10 ⁵		< 0,01	

promítne i ve zvýšeném záchytu mikroorganismů v speleo-aerosolu. Nadlimitní koncentrace bakteriálních zárodků byla zjištěna také ve speleo-aerosolu dvou horských jeskyní: Bobačka a Suchá jaskyňa (tab. 3). Jednalo se o mikrostanoviště, kde byl zaznamenán výskyt netopýřů.

Výskyt tetracyklin-rezistentních bakterií (TET-r) byl v speleo-aerosolu i ve vnějším ovzduší jeskyní ojedinělý (tab. 2 – 3). Relativní zastoupení (prevalence) TET-r v celkovém kultivovatelném společenstvu speleo-aerosolu představovalo méně než jedno procento ve 24 případech ze 42. Vyšší relativní zastoupení TET-r bakterií (4 – 35 %) bylo zaznamenáno ve vnějším ovzduší jeskyní (v 5 případech ze 7). V několika případech vysokohorských jeskyní s obzvláště čistým ovzduším (s velmi nízkým nebo žádným záchtem celkových bakterií) byl naopak zaznamenán sporadický nárůst TET-r bakterií. Nárůst byl zaznamenán až po uplynutí 1 týdne aniž by došlo k rozvoji mikroskopických hub, které nejsou k tetracyklinu citlivé. Tato skutečnost dovoluje vysvětlit zaznamenaný paradox. Záchyt pomalu rostoucích tetracyklin-rezistentních bakterií byl umožněn právě díky celkově nízké koncentraci mikroorganismů, včetně mikroskopických hub a jejich spór, které jinak často způsobují kontaminace na selektivních médiích s antibakteriálními látkami. K takovýmto pomalu rostoucím bakteriím nesoucím odolnost k ATB patří zástupci r. *Streptomyces*. Jedná se zároveň o nejvýznamnější přirozené producenty antibiotik, typicky se vyskytující v půdě (Falkinham et al., 2009). Studie Herolda et al. (2005) ukázala, že také jeskynní prostředí může být zdrojem těchto mikroorganismů. Výše zmínění autoři izolovali z nástěnné neolitické kresby vytvořené netopýřím guánem a staré více než 3000 let v italské jeskyni Grotta dei Cervia kmen *Streptomyces tendae*. Tento kmen je producentem nového typu polyketidového antibiotika, nazvaného podle místa nálezu cervimycin. Cervimycin byl shledán jako vysoce účinné antibiotikum i proti multirezistentním patogenním bakteriím *Staphylococcus aureus* a vankomycin-resistentní *Enterococcus faecalis*.

Celkové počty kultivovatelných bakterií v jeskynních sedimentech se pohybovaly ve velmi širokém rozmezí $10^4 - 10^{10}$ CFU \cdot g⁻¹ sh (tab. 2 – 4); v půdách bylo rozmezí o dva řády nižší $10^4 - 10^8$ CFU \cdot g⁻¹ sh (tab. 2 – 3). Nejnižší počty vykazovaly sedimenty ve vysokohorských jeskyních, zejména v Jaskyni mrtvých netopierov. Výjimku mezi jeskyněmi vysokohorského krasu představovala Suchá jaskyňa, která byla neobyčejně bohatě osídlena bakteriemi. Hodnoty v této jeskyni byly vyšší i v porovnání s jeskyněmi Slovenského krasu, které v průměru vykazovaly o řád vyšší počty než horské jeskyně. Bohatě bakteriální osídlení sedimentů Suché jeskyně pravděpodobně souvisí s bohatým bakteriálním společenstvem zachyceným v půdě nad touto jeskyní, kde byly zjištěny nejvyšší počty v rámci všech analyzovaných půd (tab. 2 – 3). Vyšší celkové osídlení kultivovatelnými bakteriemi souvisí s dostupností organického uhlíku a vody v sedimentech a s teplotou jeskyně.

Významným zdrojem organického uhlíku v jeskyních je netopýří guáno (Fenolio et al., 2006), které vykazovalo také nejvyšší abundance celkových ($10^7 - 10^{10}$ CFU \cdot g⁻¹), ale i TET-r bakterií ($10^3 - 10^7$ CFU \cdot g⁻¹). Konieczna et al. (2007) při charakterizaci bakterií ve faeces *Myotis myotis*, *Pipistrellus nathusii*, *Eptesicus serotinus*, *Vespertilio murinus* a *Vespertilio murinus* zjistili abundance v rozsahu $5 \cdot 10^3 - 5 \cdot 10^6$ CFU \cdot g⁻¹ faeces. Analýza antibiotické rezistence stafylokoků izolovaných z netopýřích faeces ukázala, že 23 % z izolátů představovaly methicillin-resistentní kmeny *S. aureus* a *S. sciuri*. Adesiyun et al. (2009) zjistili dokonce 82 % prevalenci ATB-r *Salmonella* a *Escherichia* izolovaných z gastro-intestinálního traktu netopýřů na Trinidadu. Prevalence rezistence k tetracyklinu se vyskytovala v kombinaci s rezistencí k streptomycinu (8 %) a erytromycinu (4 %).

U jedinců *Noctilio leporinus* obývajících jeskyně a živících se rybami byla zjištěna 18 % prevalence patogenů *Salmonella enterica* (serovar Rubislaw a Molade), indikující významnost pro epidemiologii salmonelových infekcí pro člověka i hospodářská zvířata. V naší studii byla prevalence vztahována k celkovým počtům bakterií narostlých na komplexním neselektivním médiu, nikoliv k počtům izolovaných kmenů. Takto zjištěná prevalence byla ve většině případů nižší než 0,1 %, pouze v případě netopýřího guána odebraného v Demánovské jaskyni míru poblíž koncového sifonu byla zjištěna prevalence TET-r bakterií 3,6 % (tab. 4). Shodně s naším přístupem zjišťovali zastoupení ATB-rezistentních bakterií v celkovém společenstvu půdních bakterií Demanche et al. (2008), kteří zjistili prevalenci ATB-r kultivovatelných bakterií v různých půdách v rozmezí 0,4 – 69 %. V naší studii TET-r prevalence v půdách vykazovala nízké hodnoty (< 0,01 – 2,46 %), a v jeskynních sedimentech pouze < 0,01 – 0,23 %.

ZÁVĚR

Z výsledků vyplývá, že netopýří guáno reprezentovalo nejvýznamnější zdroj ATB-rezistence, ale i fekální mikroflóra mezi sledovanými habitaty a zasluhuje zvýšenou pozornost jako možný zdroj znečištění. Studie Graeninga a Browna (2007), kteří pomocí izotopové analýzy hledali zdroje organického znečištění podzemních jeskynních pramenů, však netopýří guáno jako zdroj znečištění vyloučili. Jako významné zdroje znečištění byly identifikovány septiky, čistírenské kaly a kravský hnůj.

Výsledky této studie nicméně naznačují potřebu detailnějších analýz přímo u izolovaných kmenů, zahrnujících zejména stanovení podrobného antibiogramu a druhovou determinaci, což by významně doplnilo informace pro ohodnocení případného epidemiologického rizika zejména v jeskyních, které jsou důležitými zdroji pitné vody. K takovým patří jeskyně Bobačka, systém Demánovských jeskyní a jeskyně Domica, v jejichž případě péče o spodní vodstvo spadá dle Ramsarské úmluvy k péči o zvláště cenné ekosystémy a je třeba věnovat jejich ochraně maximální úsilí.

Poděkování: Studie vznikla díky podpoře projektů GAČR (P504/10/2077), SSJ (ITMS 24150120041 – OPZP-P05-09-01) a MŠMT ČR (LC06066).

LITERATURA

- ADESIYUN, A. A. – STEWART-JOHNSON, A. – THOMPSON, N. N. 2009. Isolation of enteric pathogens from bats in Trinidad. *Journal of Wildlife Diseases*, 45, 952–961.
- ALLEN, H. K. – DONATO, J. – WANG, H. H. – CLOUD-HANSEN, K. A. – DAVIES, J. – HANDELSMAN J. 2010. Call of the wild: antibiotic resistance genes in natural environments. *Nature Reviews Microbiology*, 8, 251–259.
- AMINOV, R. 2010. A brief history of the antibiotic era: lessons learned and challenges for the future. *Frontiers in Microbiology*, 1, 134. DOI: 10.3389/fmicb.2010.00134.
- AMINOV, R. 2011. Horizontal genes in environmental microbiota. *Frontiers in Microbiology*, 2, 158. DOI: 10.3389/fmicb.2011.00158.
- BAQUERO, F. – MARTÍNEZ, J. L. – CANTÓN, R. 2008. Antibiotics and antibiotic resistance in water environments. *Current Opinion in Biotechnology*, 19, 260–265.
- BUTTNER, P. – STETZENBACH, L. D. 1991. Evaluation of four aerobiological sampling methods for the retrieval of aerosolized *Pseudomonas syringae*. *Applied and Environmental Microbiology*, 57, 1268–1270.
- CHEE-SANFORD, J. C. – MACKIE, R. I. – KOIKE, S. – KRAPAC, I. G. – LIN, Y.F. – YANNARELL, A.C. – MAXWELL, S. – AMINOV, R.I. 2009. Fate and transport of antibiotic resistance genes following land application of manure waste. *Journal of Environmental Quality*, 38, 1086–1108.

- CHROŇÁKOVÁ, A. – HORÁK, A. – ELHOTTOVÁ, D. – KRIŠTŮFEK, V. 2009. Diverse archaeal community of a bat guano pile in Domica Cave (Slovak Karst, Slovakia). *Folia Microbiologica*, 54, 436–446.
- COSGROVE, S. E. 2006. The relationship between antimicrobial resistance and patient outcomes: Mortality, length of hospital stay, and health care costs. *Clinical Infectious Diseases*, 42, Suppl 2, S82–S89.
- D’COSTA, V. M. – GRIFFITHS, E. – WRIGHT, G. D. 2007. Expanding the soil antibiotic resistome: exploring environmental diversity. *Current Opinion in Microbiology*, 10, 481–489.
- DEMANÈCHE, S. – SANGUIN, H. – POTÉ, J. – NAVARRO, E. – BERNILLON, D. – MAVINGUI, P. – WILDI, W. – VOGEL, T. M. – SIMONET, P. 2008. Antibiotic-resistant soil bacteria in transgenic plant fields. *PNAS*, 105, 3957–3962.
- DROPPA, A. 1957. Demänovské jaskyne. Krasové javy Demänovskej doliny. Bratislava, 1–289.
- ELHOTTOVÁ D. – KRIŠTŮFEK V. – NOVÁKOVÁ, A. – KOVÁČ, L. – MOCK, A. – LUPTÁČIK, P., 2003: Domica a Ardovská jaskyňa – štúdium interakcií medzi faunou a mikroflórou. *Aragonit* 8, 38–40.
- ERDŐS, M. – THURÓCZY, J. 1986. Drienovská jaskyňa. *Krásky Slovenska*, 63, 26–29.
- FALKINHAM, J. O. 3RD. – WALL, T. E. – TANNER, J. R. – TAWAHA, K. – ALALI, F. Q. – LI, C. – OBERLIES, N. H. 2009. Proliferation of antibiotic-producing bacteria and concomitant antibiotic production as the basis for the antibiotic activity of Jordan’s red soils. *Applied and Environmental Microbiology*, 75, 2735–2741.
- FENOLIO, D. B. – GRAENING, G. O. – COLLIER, B. A. – STOUT, J. F. 2006. Coprophagy in a cave-adapted salamander; the importance of bat guano examined through nutritional and stable isotope analyses. *Proceedings of the Royal Society-B*, 273, 439–443.
- GRAENING, G. O. – BROWN, A. V. 2007. Ecosystem dynamics and pollution effects in an Ozark cave stream. *Journal of the American Water Resources Association* 39, 1497–1507.
- HALL, B. G. – BARLOW, M. 2004. Evolution of the serine beta-lactamases: past, present and future. *Drug Resistance Updates*, 7, 111–123.
- HEROLD, K. – GOLLMICK, F. A. – GROTH, I. – ROTH, M. – MENZEL, K. D. – MOLLMANN, U. – GRAFE, U. – HERTWECK, C. 2005. Cervimycin A-D: A polyketide glycoside complex from a cave bacterium can defeat vancomycin resistance. *Chemistry – A European Journal*, 11, 5523–5530.
- JINDAL, A. – KOCHERGINSKAYA, S. – MEHBOOB, A. – ROBERT, M. – MACKIE, R. I. – RASKIN, L. – ZILLES, J. L. 2006. Antimicrobial use and resistance in swine waste treatment systems. *Applied and Environmental Microbiology*, 72, 7813–7820.
- KOBASHI, Y. – HASEBE, A. – NISHIO, M. – UCHIYAMA, H. 2007. Diversity of tetracycline resistance genes in bacteria isolated from various agricultural environments. *Microbes and Environments*, 22, 44–51.
- KONIECZNA, I. – DURLIK, M. – KWINKOWSKI, M. – DOMANSKI, J. – MARKOWSKI, J. – KACA, W. 2007. Properties of bacterial microflora isolated from bat guano. *Medycyna Weterynaryjna*, 63, 1626–1629.
- KOVÁČ, L. – MERTA, K. 1991. Najnovšie objavy v jaskyni Bobačka. *Slovenský kras*, 29, 179–183.
- KRIŠTŮFEK, V. – ELHOTTOVÁ, D. – KOVÁČ, L. – CHROŇÁKOVÁ, A. – ŽÁK, K. – SVĚTLÍK, I. 2008. Stáří kupy netopýřího guana v jaskyni Domica (NP Slovenský kras) a elektronová mikroskopie exkrementů netopýřů. *Slovenský kras* 46, 163–170.
- KUČERA, B. 1964. Krasová morfologie a vývoj Ardovské jaskyně v Jihoslovenském krasu. *Československý kras, NČSAV Praha*, 16, 41–56
- KLÁNOVÁ, K. 2002. Standardní operační postupy pro vyšetřování mikroorganismů v ovzduší a pro hodnocení mikrobiologického znečištění ovzduší. *Acta hygienica, epidemiologica et microbiologica*, 1, 1–21.
- LIPSITCH, M. – SINGER, R. S. – LEVIN, B. R. 2002. Antibiotics in agriculture: When is it time to close the barn door? *PNAS*, 99, 5752–5754.
- MINDLIN, S. Z. – SOINA, V. S. – PETROVA, M. A. – GORLENKO, ZH. M. 2008. Isolation of antibiotic resistance bacterial strains from Eastern Siberia permafrost sediments. *Russian Journal of Genetics*, 44, 27–34.
- NOVÁKOVÁ, A. – KOLAŘÍK, M. 2010. *Chrysosporium speluncarum*, a new species resembling *Ajelomyces capsulatus*, obtained from bat guano in caves of temperate Europe. *Mycological Progress*, 9, 253–260.
- NWOSU, V. C. 2001. Antibiotic resistance with particular reference to soil microorganisms. *Research in Microbiology*, 152, 421–430.

- PETRÁSEK, J. – ELHOTTOVÁ, D. 2009. Bakteriální mikroflóra netopýřího guána. *Aragonit*, 14, 173.
- STANKOVIČ, J. – JERG, Z. 2001. Plešivecká planina: atlas krasových javov. Slovenská speleologická spoločnosť a Speleoklub Minotaurus, Rožňava, 1–301.
- SCHMITT, H. – STOOB, K. – HAMSCHER, G. – SMIT, E. – SEINEN, W. 2006. Tetracyclines and tetracycline resistance in agricultural soils: microcosm and field studies. *Microbial Ecology*, 51, 267–276.
- ŠUSTR, V. – ELHOTTOVÁ, D. – KRIŠTŮFEK, V. – LUKEŠOVÁ, A. – NOVÁKOVÁ, A. – TAJOVSKÝ, K. – TRÍSKA, J. 2005. Ecophysiology of cave isopod *Mesoniscus graniger* (Frivaldszky, 1865) (Crustacea: Isopoda). *European Journal of Soil Biology*, 41, 69–75.
- ŠTĚC, M. 2000. Sprievodca Ďumbierskym vysokohorským krasom, Jaskyňa mŕtvych netopierov, 1–72.
- UHRIN, M. – BOBÁKOVÁ, L. – HAPL, E. – ANDREAS, M. – BENDA, P. – OBUCH, J. – REITER, A. 2002. Zimovanie netopierov v slovenskej časti jaskynného systému Domica-Baradla. *Vespertilio*, 6, 237–243.
- VERHOEFF, A. (ED.). 1993. EUR 14988 – European collaborative action „Indoor air quality and its impact on man“, ECA Report No.12, Biological particles in indoor environments, Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities, Brussels, Luxembourg, 88.
- VIŠŇOVSKÁ, Z. 2007. Jaskyne Demänovskej doliny – významné zimoviská netopierov. *Aragonit*, 12, 54–61
- WEISBLUM, B. 1995. Erythromycin resistance by receptor modification, *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 39, 577–585.
- WU, N. – QIAO, M. – ZHANG, B. – CHENG, W. D. – ZHU, Y.G. 2010. Abundance and diversity of tetracycline resistance genes in soil adjacent to representative swine feedlots in China. *Environmental Science & Technology*, 44, 6933–6939.

SLOVENSKÝ KRAS ACTA CARSOLOGICA SLOVACA	50/1	79 – 88	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2012
--	------	---------	------------------------

MONITORING MIKROSKOPICKÝCH HUB VE VYBRANÝCH NEPŘÍSTUPNÝCH JESKYNÍCH NP SLOVENSKÝ KRAS

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: Monitoring of microscopic fungi in selected inaccessible caves of the NP Slovak Karst

Abstract: Soil microscopic fungi were studied in three inaccessible caves of the NP Slovak Karst – the Ardovská Cave, the Stará brzotínská Cave, and Drienovská Cave. Gravity setting and dilution plate methods and direct plating were used for microfungus isolation from cave air, sediments, and other substrates such as bat guano and droppings, invertebrate excrements, mammals dung and cadavers, moonmilk, etc. Micromycetes were identified according to micro- and macromorphological features and using special determination literature. Bait technique was used for isolation of keratinophilic and cellulolytic microfungi using the cultivation in damp microcosmoses with cave sediment. Totally, 131 taxa of microscopic fungi were isolated. Differences in CFU counts and species diversity were found among outside and inside air and various studied monitoring sites. From cave air of the Drienovská Cave was isolated *Chrysosporium speluncarum* as the first record of this guanophilic microfungus species from the air sample.

Key words: microscopic fungi, cave air, cave sediments, bat guano

ÚVOD

Mikroskopické houby představují velice významnou složku jeskynní mikrobioty a v jeskynních je nacházíme na různých substrátech autochtonního i alochtonního původu – vyskytují se v jeskynních sedimentech, vermikulacích, nickamínku, na povrchu stěn jeskyní, ale vytvářejí i viditelné nárosty na různém organickém substrátu, např. na guánových depozitech, exkrementech různých živočichů, rostlinných zbytcích, ale i na dalších organických materiálech, které se do jeskyní dostávají činností člověka. Speci-
fické společenstvo mikromycet se nachází také v jeskynním ovzduší.

Mikroskopické houby byly studovány v rámci projektu výzkumu bioty nepřístupných jeskyní Slovenska. Cílem této práce je představit některé získané výsledky, především výsledky studia mikromycet v jeskynním ovzduší a sedimentu.

CHARAKTERISTIKA STUDOVANÝCH JESKYNÍ

Byly studovány tři nepřístupné jeskyně v NP Slovenský kras – Drienovská, Ardovská a Stará brzotínská.

Drienovská jeskyně (DRJ) se nachází na Jasovské planině ve východní části NP Slovenský kras asi 1,5 km severně od obce Drienovec. Tato vývěrová fluviokrasová jeskyně s aktivním vodním tokem dosahuje délky 1348 m a její prostory se nacházejí ve třech hlavních výškových úrovních (Zacharov, 2008; Matis, 2000). Jeskyně má převážně horizontální charakter, po celé délce spodního podlaží protéká aktivní vodní tok, horní

poschodí tvoří mohutné dómovité prostory. Z chiropterogického hlediska patří mezi nejvýznamnější lokality Slovenska, v letním období využívají jeskyni čtyři druhy netopýrů (*Rhinolophus ferrumequinum*, *R. hipposideros*, *Myotis myotis* a *Miniopterus schreiberi*), v zimním období bylo zaznamenáno v jeskyni až 12 druhů přezimujících netopýrů (Matis, 2000).

Vstup do Ardovské jeskyně (AJ) je ve strmé stěně Ardovské doliny v nadmořské výšce asi 320 m, jeskyně je dvouúrovňová, se známými archeologickými a antropologickými nálezy, dosahuje celkovou délkou 1600 m (Bella, 2000; Kunský, 1939).

Stará brzotínská jeskyně (SBJ) se nachází na úpatí Plešivecké planiny v nadmořské výšce 258 m. Jeskyně je dlouhá 120 m a je tvořena dlouhou erozní chodbou, která se na dvou místech rozšiřuje do menších říťivých dómů, vstup do jeskyně je puklinovým vchodem, dno jeskyně je pokryto nánosy hlíny a zřícených balvanů (Stankovič a Jerg, 2001).

MATERIÁL A METODIKA

Studium vláknitých mikroskopických hub bylo zaměřeno na studium mikromycet v ovzduší, v jeskynním sedimentu, netopýřím guánu a v dalších substrátech nalezených ve studovaných jeskyních.

Mikromycety v ovzduší (air-borne fungi) byly izolovány vždy z několika míst v každé jeskyni a z venkovního ovzduší (viz tab. č. 1) pomocí sedimentační metody (Buttner and Stetzenbach, 1991). Doba expozice byla minimálně 15 minut, ve většině případů byla delší a odpovídala době pobytu v jeskyni – misky byly pokládány na vytypovaných místech během cesty do jeskyně a odebírány při cestě zpět – počty CFU byly přepočteny na m³ vzduchu (Řepová, 1984). Pro izolaci byly používány 9cm plastové Petriho misky s DRBC (Dichloran rose Bengal chloramphenicol agar) (Atlas, 2010), vždy 3 Petriho misky pro každé odběrové místo. Kultivace probíhala za standardních podmínek (25 °C ve tmě) po dobu 10 dní. Poté byly všechny narostlé kolonie odečteny a všechny odlišné kolonie byly odočkovány. Izolované kmeny byly uchovávány na sladinném agaru ve zkumavkách při 4 °C.

Ze všech jeskyní byly odebírány vzorky jeskynního sedimentu – pokud to bylo možné ze všech vytypovaných stanovišť (pokud se sediment vyskytoval) a případně z dalších míst v jeskyních – a dále byl odebírán vzorek půdy v blízkosti jeskynního vchodu. Sediment i půda byly odebírány vždy z několika (3 – 5) míst každého stanoviště a promícháním byl vytvořen směsný vzorek, ze kterého byl odebírán vzorek pro izolaci. Izolace probíhala pomocí zředovací plotnové metody, ředění 10⁴ (Garrett, 1981), jako izolační média byly používány DRBC, zředěný sladinný agar s bengálskou červení a Sabouraudův agar s bengálskou červení (Atlas, 2010) – pro všechny agary byla použita 3 opakování. Kultivace probíhala 10 dní ve tmě při teplotě 25 °C. Narostlé kolonie byly odečteny, byly vypočteny počty CFU (colony forming units) v 1 g suchého substrátu a všechny odlišné kolonie odočkovány a uchovány v chladu pro determinaci. Dvě Petriho misky z každé varianty jeskynních sedimentů (1 × DRBC, 1 × sladina) byly kultivovány po dobu 3 měsíců při teplotě 5 °C pro případnou izolaci *Geomyces destructans* (původce WNS).

Ve všech jeskyních, pokud se na zvolených stanovištích či na dalších místech v jeskyni vyskytovaly netopýří exkrementy (dropinky) nebo netopýří guáno, byly odebírány i tyto vzorky, stejně tak i viditelné nárosty mikromycetů na sedimentu nebo na organickém materiálu – hlavně na exkrementech různých návštěvníků jeskyní (kuna, plch). Tyto vzorky byly zpracovávány také pomocí plotnové zředovací metody nebo pomocí přímé izolace odpíchnutím malého množství porostlého substrátu nebo přímo části kolonie na agarové médium do Petriho misky.

Tab. 1. Počty CFU v m³ vzduchu získané sedimentační izolační metodou (tučně jsou uvedena monitorovací místa, ostatní jsou doplňková místa)

Tab. 1. Counts of CFU in m³ of air gained by sedimentary isolation method (monitoring sites in bold, other sites are complementary)

Jeskyňě (datum odběru)	Stanoviště	Doba expozice (min.)	CFU/ m ³
Stará brzotínská jeskyňě 12. 4. 2010	1 – outdoor	151	1012,8
	2 – Vstupná chodba	69	59,6
	3 – Hlavný dóm	47	93,7
	4 – CH k Zadnému dómu	30	156,5
Drienovská jeskyňě 13. 4. 2010	1 – outdoor	33	2935,3
	2 – Vstupná sieň	266	834,2
	3 – Sieň netopierov	15	1741,8
	4 – boční CH	15	430,3
	5 – Deravé koryto	204	116,6
	Veľká galéria	176	50,0
	6 – Vysoké koryto	135	65,2
	Zrútená chodba	120	41,6
	Sádrovcová chodba	70	100,6
	7 – Stratený dóm	57	293,5
Ar dovská jeskyňě 14. 4. 2010	1 – outdoor 15.4.	34	3090,6
	2 – Vstupná chodba	–	–
	3 – VCH – stacionár	32	486,3
	HCH – Křížovatka	53	598,1
	4 – Hlavná chodba	78	135,5
	5 – Zrútený dóm – vrch	132	189,0
	Zrútený dóm vzadu	20	792,5
	6 – Erdősűv dóm	71	186,0
Spojovací chodba	80	216,5	

Pro izolaci mikroskopických hub z jeskynního sedimentu byla dále použita „bait technique“ s návnadou keratinu (sterilní peří) a celulózy (sterilní buničina) v mikrokosmech, které byly kultivovány při 25 °C ve tmě.

Determinace všech izolovaných kmenů vláknitých mikroskopických hub byla prováděna na základě makro- a mikromorfologických znaků a za pomoci dostupné taxonomické literatury a speciálních živných médií (CYA, MEA, CREA, YES, PDA, CA, V8 agar, CzA – Atlas, 2010).

VÝSLEDKY A DISKUSE

Celkem bylo z tohoto odběru (závazná monitorovací místa + další zajímavá místa v jeskyních) izolováno přes tisíc kmenů mikroskopických hub a z těchto tři jeskyní (AJ, DRJ a SBJ) bylo celkem determinováno 131 taxonů mikroskopických hub.

Získané počty CFU v m³ vzduchu jsou uvedeny v tab. č. 1. Podle předpokladu byly hodnoty CFU několikanásobně vyšší ve venkovním ovzduší než v ovzduší jeskyní – největší rozdíl byl zaznamenán u Drienovské (2935,3 CFU/m³ ve venkovním ovzduší a 41,6 – 1741,8 CFU/m³ uvnitř jeskyňě) a Ar dovské jeskyňě (3090 CFU/m³ vzduchu ve venkovním ovzduší, v jeskyni v rozmezí 135,5 – 98,1 CFU/m³). Poměrně vysoké hodnoty CFU byly zaznamenány v prostorách, které se nacházejí poměrně daleko od vstupu do jeskyňě – ve Staré brzotínské na místě 4, Stratený dóm v Drienovské jeskyni a Zrútený dóm vza-

du za závalem v Ardovské jeskyni. Obdobné výsledky byly v minulosti zaznamenány v Ardovské jeskyni, ale i v jiných slovenských jeskyních, např. v Krásnohorské jeskyni, Šingliarové propasti, i v některých jeskyních České republiky, např. v Jeskyni na Turoldu nebo v Králově jeskyni (Nováková, 2008). Zajímavé jsou i hodnoty CFU v ovzduší ve druhém, oligotrofním patře Drienovské jeskyně (Sádrovcová chodba a Stratený dóm), a to zvláště při srovnání s hodnotami CFU v hlavní puklinové chodbě jeskyně (Veľká galéria, Vysoké koryto a Zrútená chodba). Vysoká hodnota CFU na stanovišti 2 v Drienovské jeskyni plně odpovídá pohybové aktivitě v tomto prostoru (vstup/výstup všech pracovníků do/z jeskyně) a dále výskytu obrovské netopýří kolonie a netopýřího guána v tomto prostoru. Pro porovnání jsou v tab. č. 2 uvedeny počty CFU z dlouhodobého sledování v Ardovské jeskyni. Z této tabulky je zřejmé, že hodnoty CFU se mohou na stejných místech v různých letech i výrazně lišit. Literární údaje o kvantitativním zastoupení mikroskopických hub v jeskynním ovzduší jsou ojedinělé. Cílem většiny studií je zaznamenat druhové spektrum, ale přesto některé studie uvádějí údaje o počtech CFU, jako např. práce Borda a Borda (2004 – 2005) a Borda et al. (2004, 2009, 2010) nebo údaje z dlouhodobého monitoringu ve španělské jeskyni Nerja (Docampo a Trigo, 2010; Docampo et al., 2010, 2011).

Z ovzduší (závazná monitorovací místa) bylo pomocí sedimentační metody izolace zachyceno 92 taxonů, z toho 18 taxonů z venkovního ovzduší a 86 z ovzduší v jeskyních (tabulka č. 3). Nejvíce taxonů ve venkovním ovzduší bylo zaznamenáno před Starou brzotínskou jeskyní (14 taxonů), zhruba poloviční počet taxonů byl zjištěn v případě Ardovské (8) a Drienovské (7) jeskyně. Srovnání počtů izolovaných taxonů mikroskopických hub ve venkovním a jeskynním ovzduší ukazuje poměrně vyrovnané hodnoty u Staré brzotínské jeskyně (8 – 12 taxonů v jeskynním ovzduší) a zároveň u této jeskyně jako jediné byl počet mikromycetů ve venkovním ovzduší vyšší než v jeskynním ovzduší. V Ardovské jeskyni byly zaznamenány vyšší hodnoty uvnitř jeskyně a nejvyšší hodnoty byly dokonce zjištěny v zadních prostorách jeskyně (stanoviště 5 a 6). Také v Drienovské jeskyni byl nejvyšší počet izolovaných mikromycetů zaznamenán nejdále od vchodu do jeskyně – ve Strateném dómu (7), který se navíc nachází v horním patře jeskyně a patří k oligotrofní části jeskyně (bez přítomnosti netopýřů a netopýřího guána). Obdobné výsledky byly v minulosti získány i z Krásnohorské jeskyně – v Zrkadlové síni byly vždy zjištěny mnohem vyšší počty izolovaných mikromycetů ve srovnání s ostatními prostorami jeskyně.

Z ovzduší Staré brzotínské jeskyně bylo celkem izolováno 30 taxonů, z toho 14 z venkovního ovzduší a 19 z ovzduší jeskyně. Pouze z venkovního ovzduší byly izolovány *Beauveria bassiana*, *Epicoccum nigrum*, *Fusarium* sp., *Trichoderma koningii*, *Verticillium* sp. a *Penicillium brevicompactum*, *P. citrinum* a *P. raistrickii*, naopak pouze z vnitřního ovzduší této jeskyně byly izolovány *Aphanocladium* sp., *Chrysosporium queenslandicum* (všechna monitorovací místa), *Cladosporium cladosporioides*, *C. herbarum*, *C. sphaerospermum* (všechna monitorovací místa), *Geomyces pannorum* var. *pannorum*, *P. commune*, *P. janthinellum*, *P. cf. radicolica*, *P. variabile* a *Tolypocladium cylindrosporum* (všechna monitorovací místa). *Penicillium chrysogenum* bylo izolováno z venkovního i vnitřního ovzduší.

Z ovzduší Drienovské jeskyně bylo izolováno 56 taxonů, z toho pouze z venkovního 7 taxonů, z vnitřního 52. Z venkovního ovzduší byl izolován jen jeden druh rodu *Penicillium* – *P. janthinellum* a pouze z venkovního ovzduší byly izolovány *Botrytis cinerea* a *Cylindrocarpon didymum*. Celkem bylo zjištěno 18 druhů rodu *Penicillium*,

Tab. 2. Hodnoty CFU v ovzduší Ardovské jeskyně, které byly získány v rámci předchozího studia (2003 – 2009) + jaro 2010 v rámci monitoringu
 Tab. 2. CFU values in air of Ardovská Cave obtained from previous study (2003 – 2009) + spring 2010 within the monitoring

	2003		2004		2005		2006		2007		2008		2009		2010	
	jaro	podzim	jaro	podzim	jaro	podzim	jaro	podzim	jaro	podzim	jaro	podzim	jaro	podzim	jaro	
Ardovská jeskyně																
Venkovní ovzduší	–	–	–	1550,2	846,6	113,1	484,8	608,1	846,6	401,8	3 090,6	97,6	198,5	654,6	329,8	
Vstupná chodba	328,3	63,2	342,8	560,8	202,5	54,7	178,0	138,3	202,5	193,5	486,3	36,9	60,3	117,8	46,9	
Hlavná chodba	526,1	105,3	139,0	611,5	172,4	96,0	103,9	477,8	172,4	577,6	135,5	31,1	104,2	157,8	52,0	
Zrútený dóm	1 310,4	–	1 474,4	358,6	1 115,6	166,1	140,0	83,2	1 115,6	499,5	792,5	72,81	546,3	196,6	670,8	
Erdősűv dóm	–	–	–	–	126,3	–	568,0	–	126,3	1 924,1	186,0	–	–	1 924,1	186,0	
Spojovací chodba	–	–	–	–	2 477,4	–	1 255,2	–	2 477,4	–	216,5	–	–	–	216,5	

Tab. 3. Prehľad mikromycetů izolovaných z ovzduší
 Tab. 3. Overview of micromycetes isolated from air

AIR	SBJ				AJ				DRJ			
	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	7	
<i>Absidia glauca</i>												
<i>Acremonium murorum</i>												
<i>Alternaria alternata</i>								+				
<i>Alternaria tenuissima</i>												
<i>Aspergillus sp./ Eurotium sp.</i>											+	
<i>Aspergillus cf. caespitosus</i>												
<i>Aspergillus candidus</i> group												
<i>Aspergillus spelunceus</i>		+		+						+		
<i>Aspergillus versicolor</i>												
<i>Aphanocladium amarae</i> group												
<i>Aphanocladium sp.</i>												
<i>Arthrinium arundinis</i>												
<i>Beauveria bassiana</i>					+							
<i>Botrytis cinerea</i>										+		
<i>Chaetomium globosum</i>												
<i>Chrysosporium sp.</i>												
<i>Chrysosporium speluncarum</i>												
<i>Chrysosporium queenslandicum</i>												
<i>Cladosporium cladosporioides</i>												
<i>Cladosporium herbarum</i>												
<i>Cladosporium sphaerospermum</i>												
<i>Clonostachys rosea</i> f. <i>rosea</i>												
<i>Cylindrocarpon didymum</i>												
<i>Doratomyces nanus</i>												
<i>Engyodontium album</i>												
<i>Epicoceum nigrum</i>												
<i>Fusarium sp.</i>												
<i>Fusarium graminearum</i>												
<i>Geomyces pannorum</i> var. <i>pannorum</i>												
<i>Hansfordia pulvinata</i>												
<i>Isaria farinosa</i>												
<i>Lecanitiellium psalliotae</i>												
<i>Mortierella sp.</i>												
AIR – pokr. 1												
<i>Mucor circinelloides</i> f. <i>circinelloides</i>												
<i>Mucor hiemalis</i> f. <i>hiemalis</i>												
<i>Mucor hiemalis</i> f. <i>cuticola</i>												
<i>Mucor hiemalis</i> f. <i>silvaticus</i>												
<i>Mucor plumbeus</i>												

Při kultivaci při nízké teplotě nebyl u žádných vzorků ani po třech měsících zaznamenán růst *Geomyces destructans*.

Z odebraných vzorků guána bylo celkem izolováno 19 taxonů mikroskopických hub, pouze 2 z Ardovské jeskyně, 6 ze Staré brzotínské jeskyně a 13 taxonů z Drienovské jeskyně. Počty izolovaných druhů jsou poměrně nízké a zvláště v případě Ardovské jeskyně bylo v rámci dlouhodobého studia mikromycetů v předchozích letech izolováno za pomoci přímé izolace v jeskyni a pomoci zředovací metody mnohem větší množství mikromycetů – např. *Arthrimum phaeospermum*, *Absidia glauca*, *Aspergillus fumigatus*, *Chrysosporium merdarium*, *C. speluncarum*, *Doratomyces nanus*, *Doratomyces stemoniitis* + synanamorfa *Echinobotryum atrum*, *Mucor hiemalis* f. *hiemalis*, *Mucor hiemalis* f. *sylvaticus*, *Mucor dimorphosporus* f. *sphaerosporus*, *Mucor mucedo*, *Oidiodendron citrinum*, *O. griseum*, *Paranomuraea carnea*, *Penicillium glandicola*, *P. expansum*, *P. hirsutum*, *Pochonia chlamydosporia* var. *catenulata*, *Lecanicillium lamellicola*. Velice významná je opakovaná izolace *Chrysosporium speluncarum* z odebraného vzorku guána, protože izolace tohoto druhu je značně obtížná a většinou se nedaří ani z dobře narostlých a viditelných kolonií.

Celkem 8 taxonů bylo izolováno z keratinových návnad a 7 z celulózy. Některé návnady zůstaly bez nárostů i po 2 měsících kultivace. Byly izolovány pouze běžné saprotrofní druhy mikromycetů, nepodařilo se prokázat výskyt žádných dermatofytů. Z návnad celulózy byly izolovány pouze dva 2 celulolytické druhy – *Humicola grisea* a *Chrysosporium carmichaelii*. Tato metoda izolace nebývá často v jeskyních používána, ale například Zellerová ve svých pracích z jeskyně Baradla (Zeller, 1968, 1970) uvádí pomocí této metody celou řadu velice zajímavých druhů mikromycet (např. *Arthroderma uncinatum*, *A. tuberculatum*, *A. curreyi*, *Chrysosporium keratinophilum* a *C. evolceanui*). Je však nutné vzít do úvahy, že návnady umístila na jeskynní sediment nebo netopýří guáno přímo v jeskyni a doba expozice byla mnohem delší než v našich laboratorních podmínkách, a tudíž i záchytnost keratinofilních mikromycet byla odpovídající.

ZÁVĚRY

1. Získané výsledky plně odpovídají zvolenému jednorázovému typu studia, kdy vzhledem k dlouhodobému zpracování vzorků (doba izolace, determinace hub) a termínům odevzdání zprávy za příslušný rok nebylo možné uskutečnit více odběrů.
2. Výsledky ukázaly odlišná spektra mikromycet v jeskyních a v nadzemním ekosystému – a to jak v případě ovzduší, tak i v případě půdy/jeskynního sedimentu. Potvrzuje se, že jeskyně představují specifické prostředí osídlené specifickými mikroskopickými houbami.
3. Většina izolovaných mikroskopických hub patří mezi saprotrofní druhy, z nichž některé druhy jsou schopny současně i parazitace např. na hmyzu (entomopatogenní houby – *Beauveria*, *Aphanocladium*...), některé jsou řazeny mezi typické celulolytické houby, u některých je známá vazba na netopýří guáno (*C. speluncarum*, *P. glandicola*, druhy rodu *Doratomyces*).
4. Obdobně tak, jak už bylo zaznamenáno při studiu mikromycet v jeskyních v minulosti, byl rovněž zaznamenán poměrně vyšší výskyt hub (počty CFU) v ovzduší v těch částech jeskyní, které jsou více vzdálené od vchodu a většinou také mnohem méně navštěvované (horní nebo spodní patro jeskyně).
5. Významná je opětovná izolace *C. speluncarum* v netopýřím guánu v Ardovské jeskyni a první izolace tohoto druhu v ovzduší Drienovské jeskyně.

Poděkování. Studie byla vypracována v rámci projektu č. 24150120041 *Monitoring a manažment vybraných jaskýň – Mikrobiologický monitoring pre biotop NATURA 2000 „Nesprístupnené jaskynné útvary“*.

LITERATURA

- ATLAS, R. M. 2010. Handbook of Microbiological Media. 4th ed. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton.
- BELLA, P. 2000. Slovensko. Sprístupnené jaskyne. Liptovský Mikuláš, 64 p.
- BORDA, C. – BORDA, D. 2004 – 2005. Airborne microorganisms in show caves from Romania. Trav. Inst. Speol. „Émil Racovitza“ XLIII–XLIV, 65–73.
- BORDA, D. – BORDA, C. – TAMAS, T. 2004. Bats, climate, and air microorganisms in a Romanian cave. Mammalia 68(4), 337–343.
- BORDA, D. – NASTASE-BUCUR, R. – BORDA, C. – GORBAN, I. 2009. Bull. UASVM, Veterinary Medicine 66(1), 236–242.
- BORDA, D. – RACOVITA, G. – NASTASE-BUCUR, R. – CIUBOTARESCU, C. 2009. Ecological reconstruction of bat cave Roost in western Carpathians. In Bonacci, B. (Ed.): Proceedings from the International Interdisciplinary Scientific Conference „Sustainability of the Karst Environment, Dinaric Karst and other Karst Regions“, Plitvice Lakes, Croatia, pp. 17–24.
- BUTTNER, M. P. – STETZENBACH, L. D. 1991. Evaluation of Four Aerobiological Sampling Methods for the Retrieval of Aerosolized *Pseudomonas syringae*. Appl. Environ. Microbiol. 57, 1268–1270.
- DOCAMPO, S. – TRIGO, M. M. 2010. Anthropogenic activity and its influence on a natural cavity: Effects on fungal spore level in the air of the cave of Nerja. Coalition 20, 2–7.
- DOCAMPO, S. – TRIGO, M. M. – RECIO, M. – MELGAR, M. – GARCÍA-SANCHÉZ, J. – CALDERÓN-EZQUERRO, M. C. – CABEZODO, B. 2010. High incidence of *Aspergillus* and *Penicillium* spores in the atmosphere of the cave of Nerja (Malaga, southern Spain). Aerobiologia 26, 89–98.
- DOCAMPO, S. – TRIGO, M. M. – RECIO, M. – MELGAR, M. – CABEZODO, B. 2011. Fungal spore content of the atmosphere of the Cave of Nerja (southern Spain): Diversity and origin. Sci. Total Environ. 409, 835–843.
- GARRETT, S. D. 1991. Soil fungi and soil fertility. 2nd Ed., Pergamon Press, Oxford etc., 150 p.
- KUNSKÝ, J. 1939. Ardovská jeskyně ve Slovenském krasu. Rozpravy II. tř. ČA, 49, 21, Praha, 12 p.
- MATIS, Š. 2000. Súčasný stav poznatkov o netopieroch Drienovskej jaskyne (Slovenský kras). Vespertillio 4, 117–126.
- NOVÁKOVÁ, A. 2008. Mikroskopické houby v jeskyních České republiky a Slovenska. Acta Carsologica Slovaca 46, 409–418.
- ŘEPOVÁ, A. 1986. Výskyt mikroskopických hub v ovzduší budovy ČSAV v Českých Budějovicích. Čes. Mykol. 40 (1), 19–29.
- STANKOVIČ, J. – JERG, Z. a kol. 2001. Plešivecká planina – atlas krasových javov. SSS a Speleoklub Minotaurus, Rožňava.
- ZELLER, L. 1968. *Chrysosporium* species from the „Baradla“ cave in Aggtelek. (Biospeleologica Hungarica, XXIV). Mycopathologia et Mycologia Applicata 34, 296–301.
- ZELLER, L. 1970. *Arthroderma* species from the „Baradla“ cave in Aggtelek. (Biospeleologica Hungarica, XXII). Annales of the University of Sciences Budapest, Section Biology 12, 235–240 + 3 tables.

SLOVENSKÝ KRAS ACTA CARSOLOGICA SLOVACA	50/1	89 – 101	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2012
--	------	----------	------------------------

NIEKTORÉ POZNATKY K STARŠEJ HISTÓRII DEMÄNOVSKÝCH JASKÝŇ

MARCEL LALKOVIČ

M. R. Štefánika 4, 034 01 Ružomberok; m.lalkovic@gmail.com

M. Lalkovič: Some knowledge on older history of the Demänovské Caves

Abstract: Already from the second part of the 17th century interest in the Demänovské Caves started to acquire different dimensions, but their real importance was sometimes overlooked. By this manner some irrelevant information appeared in literature as well. J. P. Hain's observation 194 from 1672 was always understood in intensions of bones finding, however, the fact that it is the oldest known written mention about the Demänovská Ice Cave was not stated. A plan of the Demänovská Ice Cave from 1723 also presents spaces that were later interpreted as new discoveries. F. E. Brückmann's visit of the Beníková Cave from 1724 is debatable, too. Descriptions of the Dragon Cave and the Black Cave published by A. Engelhart in 1828 are only descriptions of the same locality – the Demänovská Ice Cave.

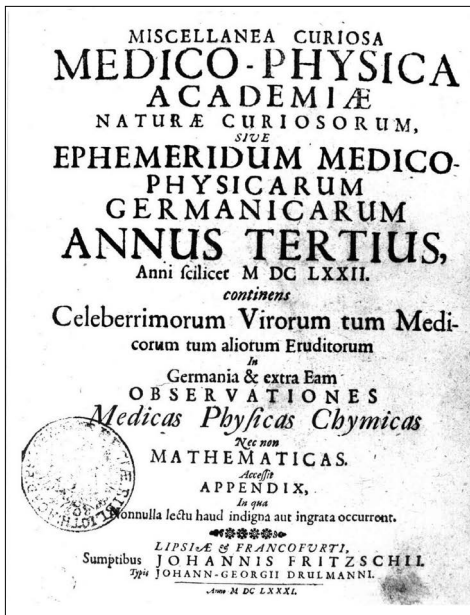
Key words: Demänovská Ice Cave, the oldest written mention, cave plan from 1723, F. E. Brückmann's visit, history of speleology

Demänovské jaskyne sú fenoménom, ktorý dlhodobo púta záujem človeka. V ich prípade sme už od druhej polovice 17. storočia svedkami, že záujem človeka o ne v kontexte doby nadobúda rôzne dimenzie a obohacuje sa o mnohé skutočnosti. Svedčí o tom konkrétna činnosť, ktorá sa pod vplyvom okolností prejavovala rôzne. Popri návšteve vtedy známych jaskýň spájala sa s ňou aj snaha o ich bližšie poznávanie či prieskum, vrátane objavov nových častí a pod. Poukazuje na to množstvo publikovaných prác, ktoré ako výsledok činnosti predchádzajúcich generácií sú k dispozícii všetkým, čo sa usilujú o poznanie toho, čo bolo predtým, než tu vyrástla súčasná jaskyniarska generácia.

Ak tieto práce chápeme ako primárne zdroje poznania, je dôležité, aby sa správne dešifrovali a interpretovali v nich opisované skutočnosti. Aby sa na ich základe vytváral pravdivý obraz o charaktere činnosti jednotlivých aktérov či iných aspektoch vtedajšieho záujmu o jaskyne. Súčasná prax však ukazuje, že tomu nebolo vždy tak. Z neznalosti či vplyvom iných okolností sa neraz prehliadal skutočný význam niektorých opisovaných náležitostí alebo sa v rozpore so skutočnosťou interpretovali podstatne inak. Tým sa do súčasnej literatúry dostali interpretácie nezodpovedajúce objektívnej pravde, ktoré, žiaľ, bez ich kritického zhodnotenia preberali ďalší autori.

NAJSTARŠIA PÍSOMNÁ ZMIENKA O DEMÄNOVSKEJ ĽADOVEJ JASKYNI

V apríli 1672 Johan Paterson Hain (1615 – 1675), lekár a polyhistor na základe svojich poznatkov napísal stať o dierach karpatských drakov a vo forme listu ju poslal do Vratislavy P. J. Sachsovi. Ten stať uverejnil ako pozorovanie 194 v treťom čísle *Miscellanea curiosa*, zbierke zvláštností, ktoré vydávala nemecká spoločnosť prírodovedcov *Acade-*



Obr. 1. Titulná strana tretieho čísla zbičky zvláštností – *Miscellanea curiosa*, ktoré vydávala nemecká spoločnosť prírodovedcov Fig. 1. A front page of the 3rd No. of *Miscellanea curiosa* that was published by the German association of naturalists

jaskyniách napísal v roku 1672 levočský kronikár Gašpar Hain. Prekvapuje, že I. Houdek na tomto názore zotrval aj neskôr, keď roku 1954 dovedadajšie tvrdenie zopakoval i vo svojej ďalšej práci. Z uvedeného rámca však roku 1957 nevybočil ani A. Droppa, ktorý zase považoval J. P. Haina za levočského kronikára, ale ani on si inak nevšimol obsahovú stránku jeho pozorovania. O niečo lepšia situácia je v prípade N. Duku Zolyómiho, keď pri charakterizovaní činnosti Academie Leopoldiny roku 1974 v súvislosti s J. P. Hainom uviedol, že v jej zborníku podal správu o nálezoch kostí jaskynného medveďa na Slovensku, ktoré považoval za dračie kosti. Obsahová stránka Hainovho pozorovania sa ani neskôr nechápala inak. Svedčí o tom práca F. Skřivánka z roku 1980, kde na adresu J. P. Haina uviedol iba to, že sa systematicky zaoberal výskytom drakov. O niečo lepšie Hainove poznatky interpretoval roku 1985 L. V. Prikryl, keď uviedol, že opísal jaskyne, ktoré podľa neho slúžili drakom za príbytky, pričom druhá ním opisovaná jaskyňa sa mala nachádzať na juh od Liptovského Mikuláša.

Z uvedeného vyplýva, že ani jeden z tu spomínaných autorov sa bližšie nezamýšľal nad obsahovou stránkou opisu Hainových lokalít. Nešlo ani tak o jaskyňu Aksamitka, ktorej opis je v Hainovom pozorovaní dosť obširny. V súvislosti s druhou jaskyňou jedine L. V. Prikryl uviedol, že by mohlo ísť o *niektorú z jaskýň v Demänovskej doline*.¹ Ako však sám konštatoval, jej *opis už nebol taký podrobný*², čo je asi primárny dôvod, prečo mu ani on z obsahového hľadiska nevenoval náležitú pozornosť.

Opis druhej jaskyne v porovnaní s tým, čo J. P. Hain uviedol o jaskyni neďaleko kláštora kartuziánov pri Dunajci, je skutočne skromný. Okrem veľmi stručného opisu

mia Leopoldina naturae curiosorum. Jeho autor tu v súvislosti s existenciou drakov opísal dve lokality, v ktorých sa našli tzv. dračie kosti, pričom navyše uviedol o nich aj niekoľko dôležitých miestopisných údajov (obr. 1).

Nikto, kto sa doteraz zmieňoval o J. P. Hainovi, sa bližšie nezaujímal o ním opisované jaskyne. Každý si všimol iba tu opisované kosti, čo mali údajne patriť drakom. Aj keď je Hainova informácia v ich prípade cenná, nemenej dôležitou je i charakteristika diery – miesta, kde sa kosti našli. Z opisu týchto lokalít vyplýva, že prvá z nich sa nachádzala v Spišskej stolici, v blízkosti kláštora kartuziánov v okolí Dunajca, a týka sa dnešnej jaskyne Aksamitka. Druhá takáto diera bola v Liptovskej stolici, neďaleko mestečka alebo trhoviska Svätý Mikuláš.

V takomto kontexte sa potom informácie o práci J. P. Haina dostali v 20. storočí do odbornej literatúry. V súvislosti s ňou však už roku 1936 I. Houdek mylne uviedol, že stať o karpatských drakoch a ich

1 Prikryl, L., V. (1985) : Dejiny speleológie na Slovensku, 19.

2 Tamže, 19.

cesty ku vchodu jaskyňa sa tu spomína ako veľký klenutý priestor, ktorý sa ťahá skoro jednu míľu na východ a po jeho bokoch boli iné široko rozťahnuté dutiny. Podrobnejší je len opis miesta, kde sa mali vyskytovať kosti drakov. Napriek tomu sa z hľadiska identifikácie lokality dá dospieť k určitému poznatku. O tom však neskôr.

Roku 1827 uskutočnil výskumnú cestu po Karpatoch pruský geograf a poručík Albrecht Wilhelm von Sydow (1799 – 1861). Poznatky z nej opísal roku 1830, keď sa zmienil aj o návšteve Demänovskej ľadovej jaskyne, známej výskytom dračích kostí. Pri opise jej priestorov spomenul aj miesto, kam sa so sprievodcom dostal po poldruhahodinovej ceste pod zemou. Vyskytovalo sa tu biele bahno, kde sa dalo zapadnúť až po pás. Pri návšteve jaskyne tu v roku 1819 vojvodkyňa Julie Fürstin zu Anhalt Cöthen vlastnoručne napísala svoje meno.³ Ide o zadnú časť jaskyne (Jazerná chodba), neďaleko objavného kanála, kadiaľ začiatkom roku 1952 viedla cesta k objavu Demänovskej jaskyne mieru.

A. W. Sydow však nebol jediný, kto sa zmienil o bahne v koncovej časti jaskyne. V podobnom duchu roku 1839 písal o ňom aj John Paget (1808 – 1892), anglický prírodovedec a cestovateľ. Jaskyňu navštívil roku 1835 a vo svojom cestopise spomenul, že jej prehliadka sa končila v miestach, kde sa nachádzala hlboká riedka kaša, ktorú tu nazývali horským mliekom. O existencii tunajšieho vápniteho bahna sa zmieňoval aj F. Birling, banský dozorca z Nemeckej Ľupče. Aj on roku 1873 konštatoval, že sa asi po hodine dostal v jaskyni k miestu s vápnitým bahnom, ktoré nedovoľovalo pokračovať ďalej. Zmieňoval sa o ňom aj šéfredaktor denníka Czas v Krakove Henryk Müldner, keď v roku 1877 publikoval dojmy z návštevy Demänovskej ľadovej jaskyne. Navštívil ju v auguste 1875 a so sprievodcom prišiel na koniec jaskyne, kde sa vyskytovalo hlboké a mäkké bahno, ktoré tu bolo naozaj veľkou prekážkou. Pod dojmom návštevy Demänovskej ľadovej jaskyne v roku 1886 ho spomínal aj Rehor Uram Podtatranský (1846 – 1924), správca školy v Liptovskom Sv. Mikuláši. Aj on na jej konci identifikoval miesto, kde bolo bahno, a konštatoval, že *za tým bahnom hučí to, duní to, valí sa ohromný podzemný potok, akoby vrhal svoje vody do bezodnej priepasti.*

Z uvedeného teda vyplýva, že miesto, kde sa v jaskyni nachádzala riedka kaša, ktorú tu nazývali horským mliekom, sa považovalo za niečo zvláštne, ak nie výnimočné. V opačnom prípade by si asi tí, ktorí počas prehliadky jaskyne prišli až sem, nepovažovali za potrebné upozorniť na to pri publikovaní poznatkov z jej návštevy. Do určitej miery s tým korešponduje aj poznatok G. Buchholtza ml., ktorý na existenciu tohto miesta upozornil už roku 1719, v čase, keď podrobne skúmal priestory jaskyne. Vyplýva to z nákresu jaskyne v Prodrome M. Bela z roku 1723, kde vo vysvetlivkách, ktorými doplnil svoje zobrazenie v prípade Väčšej Čiernej jaskyne, uviedol pod značkou ω – *rozrytá podlaha, čo zapričiňuje to isté mlieko zo skaly, prechod ťažký, veľmi nebezpečný.*

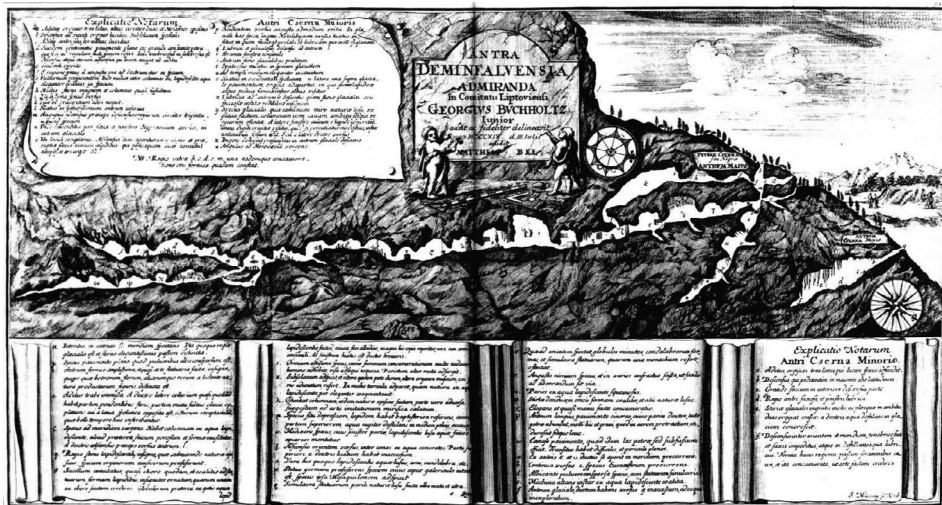
Ak z tohto zorného uhla hodnotíme Hainov obsahovo stručný opis diery v Liptovskej stolici neďaleko mestečka Liptovský Sv. Mikuláš, prichádzame k jednoznačnému záveru. Hainovo konštatovanie, že *...po dlhšej ceste, bezmála štvrť míle, sa ukáže voda, ktorá prekáža pokračovať ďalej, a silný a náramný prúd vetra tu tak duje, že zaraz zhasí sviečky, a tak ti prekazí ďalšiu cestu. V strede priestoru tu a tam kvapká zhora biela hmota, ktorá pokrýva dlážku (vari je to mlieko Mesiaca), kde ležia kosti drakov...*, jednoznačne súvisí s opisom miesta, na ktoré aj neskôr upozorňovali ďalší autori, ktorí navštívili túto časť jaskyne. Opis diery v Liptovskej stolici, ktorý tvorí súčasť Hainovho pozorovania 194, sa teda bez pochyb vztáhuje na Demänovskú ľadovú jaskyňu. Záro-

3 Jej meno sa nachádza na ľavej strane na stene asi 1 m nad úrovňou terénu pred rozbahnenou podlahou chodby.

veň je i jej najstarším známym opisom, keďže zmienka v listine z roku 1299 nesúvisí so žiadnou konkrétnou jaskyňou Demänovskej doliny. Inú písomnú zmienku, ktorá by upozorňovala na existenciu tejto ľadovej jaskyne, zatiaľ nepoznáme.

ČO ZOBRAZUJE NÁKRES G. BUCHHOLTZA Z ROKU 1719

Plán, ktorý podľa Buchholtzovho nákresu z roku 1719 uvrejnili M. Bel v Prodrôme roku 1723, ako celok zobrazuje priestory Čiernej jaskyne v Demänovskej doline. Skladá sa z dvoch častí – znázornenia priestorov *Petrae Cserna seu Nigrae Antrum Maius* (Čierna skala alebo Veľká Čierna jaskyňa) a *Antri Cserna Minus* (Malá Čierna jaskyňa). Z tohto aspektu, keďže ide o grafické znázornenie jaskynného podzemia, sa Buchholtzov nákres chápe ako zobrazenie Demänovskej ľadovej jaskyne a do polovice 20. storočia nevznikala potreba zamýšľať sa nad jeho skutočným obsahom (obr. 2). Turistický záujem o jaskyňu však už v roku 1909 spôsobil, že Andrej Žuffa (1882 – 1963) z Lipovského Sv. Mikuláša spolu s bratom Pavlom prenikol do jej spodnej časti – priestorov dnešného Dómu trosiek. Počas prieskumu v okolí Dómu pagod V. Benický (1907 – 1971) v marci 1926 zase našiel malý otvor, ktorým sa vyšplhal do najvyššej časti jaskyne. Tvorili ju štyri dómy s jazierkami a peknou kvapľovou výzdobou (Kollárov, Hurbanov a Šafárikov dóm).



Obr. 2. Plán Demänovskej ľadovej (Antra Deminfalvensia...) od Georga Buchholtza z roku 1723
Fig. 2. Georg Buchholtz's plan of the Demänovská Ice Cave (Antra Deminfalvensi ...) from 1723

Činnosť A. Žuffu a V. Benického sa neskôr interpretovala ako objav nových častí bez toho, aby sa jej výsledok verifikoval s nákresom G. Buchholtza z roku 1723. V prípade Dómu trosiek M. Janoška už v roku 1921 výsledok Žuffovej činnosti chápal ako objav novej *čiasťky* jaskyne a takto to vnímal aj I. Houdek v roku 1954. Až roku 1957 A. Droppa vyslovil názor, že Žuffov objav Dómu trosiek je iba novým odhalením podzemných priestorov, ktoré boli známe oveľa skôr. Zároveň sa domnieval, že v Buchholtzovom nákrese sú tieto priestory zakreslené ako Menšia Čierna jaskyňa.

S prvou časťou názoru A. Droppu možno súhlasiť. Žuffov objav naozaj nie je objavom, pretože tieto priestory sú skutočne znázornené v nákrese G. Buchholtza ml. Z toho vyplýva, že ak ich v roku 1719 znázornil, musel ich aj osobne poznať, o čom o. i. svedčia

i jeho poznámky, ktoré k nim uviedol vo vysvetlivkách, akými doplnil svoj náčrt.

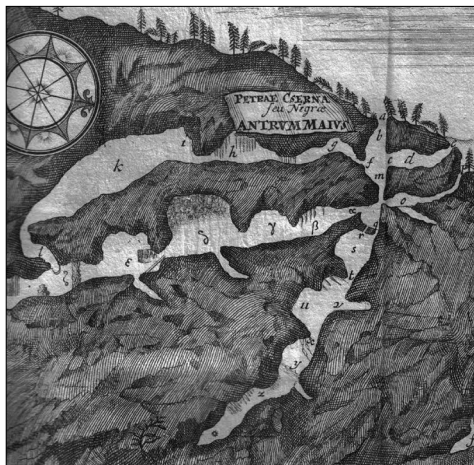
Z Buchholtzovho náčrtu vyplýva, že v jeho časoch existovali v jaskyni dve zaľadnené časti. Prvá časť sa v nákrese začínala písmenom m (obr. 3). Tu sa zostupovalo do siene a odtiaľ po skalách do ľadovej jaskyne. Nasledujúce písmená o, p, q, r, s, t, u, v, x, y, z súvisia potom s ľadovou časťou jaskyne, ktorá predstavuje dnešný Dóm trosiek. Vyplýva to z porovnania textu, ktorý na podklade písomnej informácie A. Žuffu publikoval roku 1909 V. Vraný s poznámkami G. Bucholtza vo vysvetlivkách. V oboch prípadoch sa tu spomína existencia ľadu, pričom obaja sa zmienili aj o výraznom ľadovom stĺpe. Podľa G. Bucholtza mal viac ako 16 stôp (cca 5 m) v obvode a podľa V. Vraného išlo o hrubý ľadový stĺp, ktorý A. Žuffa nazval Kmeťovým stĺpom. Druhá ľadová

časť je v nákrese označená gréckou abecedou. Smerovala na juh a začínala sa písmenom α – vstupom do nej. O jej ľadovom charaktere svedčí ďalšia Buchholtzova poznámka δ, kde sa zmieňuje o visiacich kvapľoch ponorených do ľadu. Nezabudol tu poznamenať, že v sieni, čo sa otáča na juh, sa na pravej strane nachádza priepasť smerujúca k jaskyni α (k Veľkému dómu), čo je vstup do Dómu trosiek na pravej strane pri vstupe do Kmeťovho dómu.

Do istej miery za problematický treba považovať aj Benického objav horných priestorov z roku 1926. Podľa I. Houdka (1954) išlo o objav celkom neznámej veľkolepej partie. Roku 1954 však A. Droppa vyslovil názor, že zadná časť Buchholtzovho plánu pravdepodobne znázorňuje horné kvapľové priestory Kollárovho dómu. Potom však ani objav V. Benického nie je úplne novým objavom, ak predsa áno, tak len sčasti.

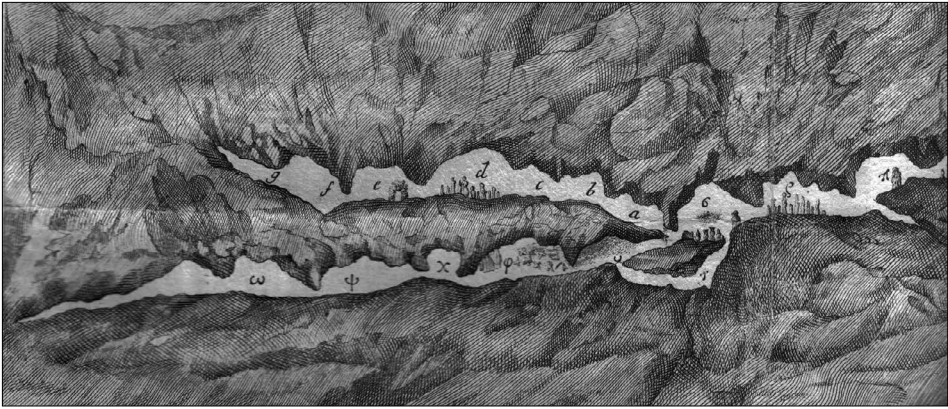
Časť horných priestorov je skutočne znázornená v Buchholtzovom nákrese. V intenciách Buchholtzovho systému práce s ňou okrem náčrtu súvisia aj poznámky vo vysvetlivkách, ktoré sa vzťahujú na Veľkú Čiernu jaskyňu a sú označené písmenami malej abecedy a, b, c, d, e, f, g. V prípade horných priestorov po Kollárov dóme možno z nich vydedukovať smer tu zakreslených chodieb, ktorý je viac-menej totožný s plánom A. Droppu z roku 1952. Zmienka o sieni posypanej bielym práškom s podobami sôch – c naznačuje, že takto označená časť v nákrese by mohla súvisieť s Kollárovým dómom. Vysvetlivka e – oltár, výtvor tečúcej vody, sa potom vzťahuje na prednú časť dómu, kde sa nachádzajú veľké nástenné kvapľopády podobné organu a množstvo stalaktitov a stalagmitov. Vysvetlivku f o neprístupnej chodbe, a preto nepreskúmanej, možno pochopiť asi tak, že Buchholtz tu mal na mysli viac ako 3 m vysoký stupeň pred vstupom do Hurbanovho a Šafárikovho dómu (obr. 4).

Z toho teda vyplýva, že objav V. Benického skutočne nemôže súvisieť s Kollárovým dómom, keďže ten bol známy už v čase G. Bucholtza. Do týchto horných častí sa V. Benický síce dostal komínovitou strminou potom, ako tu našiel malý otvor, ktorým sa s ťažkosťami pretiahol a napokon i vyšplhal do najvyššej časti jaskyne. Napriek tomu,



Obr. 3. Časť plánu Georga Bucholtza, ktorá znázorňuje spodné priestory Demänovskej ľadovej jaskyne (Dóm trosiek)

Fig. 3. A part of Georg Buchholtz's plan that illustrates lower spaces of the Demänovská Ice Cave (the Debris Dome)



Obr. 4. Časť plánu Georga Buchholtza, ktorá znázorňuje horné priestory Demänovskej ľadovej jaskyne (Kollárov dóm)

Fig. 4. A part of Georg Buchholtz's plan that illustrates upper spaces of the Demänovská Ice Cave (the Kollár's Dome)

že sa tu nachádza i Kollárov dóm, jeho objav sa takto môže vzťahovať iba na Hurbanov a Šafárikov dóm. V časoch G. Buchholtza, s ohľadom na odľahlosť tohto miesta od vchodu jaskyne či iné okolnosti, asi nebolo dosť možné uvažovať nad prekonaním vyše 3 m vysokého stupňa pred vstupom do týchto dómov. To zároveň vysvetľuje, prečo túto časť vo svojom nákrese napokon označil ako neprístupnú, a preto nepreskúmanú chodbu.

V kontexte nákresu G. Buchholtza treba ešte zodpovedať otázku, aká je vzájomná súvislosť medzi Veľkou Čiernou a Malou Čiernou jaskyňou. Priestory oboch jaskýň sú v nákrese zobrazené osobitne. Ako teda G. Buchholtz chápal Malú Čiernu jaskyňu, ktorá práve z hľadiska názvu navodzovala istú súvislosť s Veľkou Čiernou jaskyňou? Možnože pochopenie tohto rébusu sa skrýva v druhom názve Veľkej Čiernej jaskyne, ktorý uviedol v nákrese – *Čierna skala (Petrae Cserna)*. Z neho by totiž mohlo vyplynúť, že skalná skupina či bralo, kde sa nachádza Demänovská ľadová jaskyňa, sa v časoch G. Buchholtza nazývalo Čiernou skalou. Poukazuje na to zmienka A. Vályiho z roku 1799, ktorý pri opise Liptovskej župy v druhom diele svojej publikácie uviedol, že Liptovská župa má aj významné skalné vrchy, čo vid' pod menom Beníková, po ktorou treba spomenúť aj bralo Černa.⁴ Práve v takýchto intenciách sa o jaskyni zmieňoval A. W. Sydow, ktorý ju roku 1827 navštívil a potom roku 1830 písal o nej ako o Čiernej holi. Napokon tento názov spomínal roku 1877 aj H. Müldner, ktorý uviedol, že išlo o miestny názov jaskyne. Z pohľadu miestneho obyvateľstva možno teda predpokladať, že si názov tunajších jaskýň odvodilo z názvu celku, kde sa nachádzali, a ktorý bol v Demänovskej doline dlhodobo známy. V takomto prípade potom v skalnom brale, ktoré tu nazývali Čiernou skalou či hoľou, existovali jaskyne, ktoré G. Buchholtz s ohľadom na ich charakter rozlíšil názvom Väčšia a Menšia.

Podľa nášho názoru to má istú logiku, ale interpretácia toho, čo je obsiahnuté v Buchholtzovom nákrese, sa napokon udiala trochu inak. Roku 1956 A. Droppa totiž konštatoval, že pri konfrontácii Buchholtzovho jaskynného plánu Veľkej Čiernej a Malej jaskyne s dnešnou rozlohou Demänovskej ľadovej jaskyne musíme priznať, že Buchholtzova jaskyňa „Čierna minus“ znázorňuje dnešný Dóm trosiek.⁵ Na tomto svojom názore

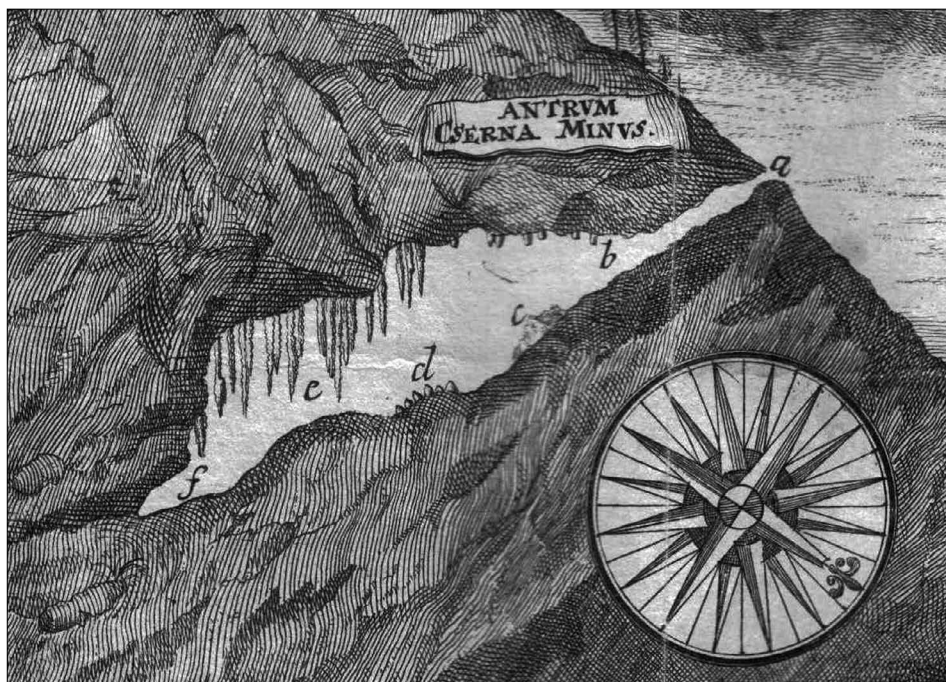
4 Beniač, J. (1923) : Liptov v XVIII století, Republikán, roč. V., č. 50, V Liptovskom Sv. Mikuláši 23. decembra 1923, 5.

5 Droppa, A. (1955 – 1956) : Demänovská ľadová jaskyňa, Československý kras, roč. VIII a IX, 99.

A. Droppa zotrval aj neskôr.⁶ Z uvedeného rámca nevybočil ani L. V. Prikryl, ktorý sa v roku 1977 podobne ako A. Droppa domnieval, že *jaskyňa Čierna Minus bola dlho neznáma a znova ju objavil až r. 1909 Andrej Žuffá z Palúdzky. Podľa neho sa dnes nazýva Žuffov dóm.*⁷ Ten istý názor zastával i v roku 1985, keď sa v kontexte s dielom M. Bela *Hungariae antiquae et novae prodromus* zmienil aj o zobrazení dnešnej Demänovskej ľadovej jaskyne vyhotovenom podľa Buchholtzovej kresby.⁸

Ak by mal mať ich názor opodstatnenie, potom sa musíme zamýšľať nad tým, prečo G. Buchholtz znázornil priestory jaskýň samostatne, čiže ako dve jaskyne. Z textu jeho poznámok uvedených vo vysvetlivkách nevyplýva, že by Menšiu Čiernu jaskyňu chápal ako súčasť Väčšej Čiernej jaskyne alebo naopak. Pokiaľ by tomu tak bolo, potom je v jeho nákrese zbytočná ružica znázornená pod Malou Čiernou jaskyňou. Z meračského hľadiska označenie severu na jednej lokalite dvomi smerovo rozdielnymi ružicami nemá žiadne opodstatnenie. Tým, že G. Buchholtz znázornil ružicu aj vedľa Malej Čiernej jaskyne, celkom určite jej prisúdil funkciu, akú mala v kontexte tejto jaskyne, pretože ju chápal ako úplne inú lokalitu. Tá sa síce nachádzala v tesnej blízkosti Väčšej Čiernej jaskyne, ale v súlade s jeho vtedajším poznaním nemala s ňou nič spoločné.

V takomto prípade sa tu s ohľadom na okolie jaskyne ponúka iba jediné riešenie. Malá Čierna jaskyňa nie je Dómom trosiek alebo Žuffovým dómom, ale dnešným Štrkovým dómom. V jeho prospech nehovorí len blízkosť vstupného otvoru voči dnešnému vchodu do Demänovskej ľadovej jaskyne. Naznačuje to aj charakter generálneho



Obr. 5. Časť plánu Georga Buchholtza, ktorá znázorňuje Malú Čiernu jaskyňu (Štrkový dóm)

Fig. 5. A part of Georg Buchholtz's plan that illustrates the Small Black Cave (the Gravel Dome)

6 Droppa, A. (1957) : Demänovské jaskyne, krasové zjavy Demänovskej doliny, 106.

7 Prikryl, L. V. (1977) : Príspevok k vývoju speleológie na Slovensku (Slovenské jaskyne na mapách), Z dejín vied a techniky na Slovensku, 8, 95.

8 Prikryl, L. V. (1985) : Dejiny speleológie na Slovensku, 25.

smeru tohto priestoru podľa ružice, ktorá je znázornená pod Malou Čiernou jaskyňou. Vyplyva to aj z poznámok, ktoré zodpovedajú písmenám malej abecedy (*a, b, c, d, e, f*) v Buchholtzovom nákrese. Podľa poznámky *a* vchod do Malej Čiernej jaskyne mal šírku troch siah (cca 5,7 m), pričom A. Droppa uvádzal šírku 6 m. Poznámka *c* sa zmieňovala o veľkej skale na vnútornej strane zostupu, čo nie je nič iné než balvan veľkých rozmerov po ľavej strane dnešného prehliadkového chodníka pri výstupe z jaskyne von. Za povšimnutie stojí aj posledná poznámka *f*, kde sa uvádza, že tu sa nachádza tmavý, skalami zatarasený, klzký zostup. Takýto stav plne korešponduje s jeho charakterom pred rekonštrukciou jaskyne v roku 1974, keď sa aj Štrkový dóm zahrnul do prehliadkového okruhu jaskyne. Práve charakter toho miesta spôsoboval, že v časoch G. Bucholtza nebola známa súvislosť medzi Veľkým dómom a skalami zatarasenu úzkou chodbou v jeho stropnej časti, ktorá vyúsťovala do spodnej časti Štrkového dómu (obr. 5).

NÁVŠTEVA F. E. BRÜCKMANNA V DEMÄNOVSKÝCH JASKYNIACH ROKU 1724

Počas návštevy Uhorska v roku 1724 sa Franz E. Brückmann (1697 – 1753), nemecký lekár a cestovateľ z Wolfenbüttelu zdržiaval aj na Slovensku, kde sa o. i. zaujímal o demänovské jaskyne. Poznatky zo svojej cesty publikoval samostatne vo forme listov, ktoré adresoval viacerým, zväčša nemeckým vedcom a priateľom. V 77. liste z roku 1739 sa zmienil aj o návšteve demänovských jaskýň. V máji 1724, po príchode do Paludze, kde sa zastavil u tamjšieho rektora latinskej školy, vybral sa so svojím sprievodom do Demänovskej doliny, aby si tu najprv prezrel Veľkú Čiernu jaskyňu. Ako druhú si prezrel jaskyňu, ktorá sa nachádzala v okolí, ale z jej opisu nemožno presne určiť, ktorú mal na mysli. Táto nepresnosť spôsobila, že sa neskôr Brückmannova návšteva interpretovala tak, že v máji 1724 popri Demänovskej ľadovej jaskyni absolvoval aj prehliadku jaskyne Beniková.

Roku 1957 to takto vnímal A. Droppa, keď uviedol, že *po prehliadke ľadovej jaskyne navštívil Brückmann ešte i jaskyňu Beniková, nachodiacu sa vyššie medzi bralami, ktorá ho prekvapila veľkým množstvom dračích kostí.*⁹ Podobný názor v roku 1985 zastával aj L. V. Prikryl konštatovaním, že F. Brückmann *ako druhú navštívil Benikovu jaskyňu.*¹⁰ Napokon ani I. Herčko (2002) návštevu F. Brückmanna nevnímal inak, keď uviedol, že *sa 11. mája v ozbrojenom sprievode proti medvedom spolu s rektorom M. Bohurádom a farárom Cortinim vydal na cestu. Na druhý deň začali zostupovať do jaskyne Čierna, Beniková a Okno, no dračie kosti nenašli.*¹¹

Aká je teda pravda? Roku 1953 F. Korbay v preklade 77. Brückmannovho cestopisného listu v súvislosti s návštevou Demänovských jaskýň uviedol, že *12. mája 1724 dostali sme sa k vrchu, v ktorom sa nachádzajú demänovské dračie jaskyne. Z nich sú známe tri, a to podľa mena Čierna jaskyňa, Beniková a Okno. Prvé dve som prezrel i v podzemí. Inak sa uvádzali aj ako Veľká a Malá čierna jaskyňa, obe Okná a Dvere s čudnými kostami, ktoré sa v nich našli* (obr. 6).

Podľa nášho názoru prvý problém pri interpretácii tkvie v tom, ako chápať Brückmannovo konštatovanie, že si prezrel prvé dve jaskyne. Presnejšie, ktoré dve mal na mysli. Najprv uvádzal, že ako dračie jaskyne tu boli známe tri (*Čierna, Beniková a Okno*). Zároveň spomenul, že sa uvádzali aj ako *Veľká a Malá čierna, obe Okná a Dvere*. Ak vy-

9 Droppa, A. (1957) : c. d., 13.

10 Prikryl, L., V. (1985) : c. d., 28.

11 HERČKO, I. (2002) : História geológie na Slovensku od najstarších čias do roku 1918, 58.

chádzame z jeho prvého konštatovania, potom by to mohlo znamenať, že si prezrel Čiernu jaskyňu a Beníkovú. Z opisu ich priestorov však vyplýva, že prvou jaskyňou bola Veľká Čierna jaskyňa a druhou nejaká iná, ale nie Beníková.

Ak sa na to pozeráme v intenciách vnímania tunajších jaskýň, tak sa Brückmannovo konštatovanie, že ako dračie sú tu známe tri, zakladá na pravde. Tieto jaskyne okolité obyvateľstvo skutočne vnímalo ako dračie. Má to len jeden háčik, a tým je Malá Čierna jaskyňa. Keď sa však Brückmann zmiňoval, pod akými názvami sa tu jaskyne uvádzali, Beníkovú už nespomínal. Len spresnil, že okrem Veľkej Čiernej existovala aj Malá Čierna jaskyňa. Potom sa to dá chápať tak, že síce dračie jaskyne tu boli známe tri (*Čierna, Beníková a Okno*), ale v prípade Čiernej jaskyne išlo až o dve lokality, rozlíšené prívlastkom Veľká a Malá. Za tohto predpokladu by potom druhou jaskyňou, ktorú navštívil, nebola Beníková, ale Malá Čierna jaskyňa.

Ďalší problém vyplýva z opisu, ktorým zachytil charakter druhej jaskyne.

Pokiaľ ide o návštevu prvej jaskyne – Veľkej Čiernej, tá je z jeho opisu jednoznačná. V prípade druhej sa najprv zmienil o tom, že po oddychu spojenom s obcerstvením *spustili sme sa medzi bralami a medzi krovím do druhej jaskyne*.¹² Týmto konštatovaním tak vlastne vylúčil spájanie návštevy druhej jaskyne s Beníkovou, pretože tá leží oproti Veľkej Čiernej podstatne vyššie. Jej vchod sa nachádza asi o 60 m vyššie ako vchod do Veľkej Čiernej jaskyne, pričom výstup od nej je značne strmý. V nevelmi obsiahlom opise jej priestorov uviedol, že jaskyňa mala podobne ako Veľká Čierna dosť priestranný otvor, takže tu mohli zostúpiť s pohodlne vystretým telom. Zmienka o priepasti, ktorá sa nezdála hlboká, naznačuje, že vchod mal asi strmý, priepastovitý charakter. Jaskyňa bola dlhá, do konca priama a vyzdobená kvapľami podoby cencúľov, ovocia a iných vecí, ale ľad sa v nej nenachádzal. Keď v nej prešiel F. Brückmann kus cesty, zočil tu kopy tzv. dračích kostí. Nachádzať sa mali v takom množstve, že bolo by možné nazbierať z nich za nákladný voz.¹³ Tento opis sa skutočne nehodí na jaskyňu Beníková. Roku 1736, keď M. Bel na základe poznatkov G. Buchholtza písal v jej prípade o mierne naklonenom vchode, jazierkach a uviedol, že jej koniec uzatváralo koryto jazera, F. E. Brückmann to vo svojom opise nespomenul vôbec.

Z niektorých ním uvádzaných údajov vzniká preto dojem, že sa opis druhej jaskyne vzťahuje na Štrkový dóm. V takomto prípade by jednoznačne korešpondoval s Malou



Obr. 6. F. E. Brückmann (1697 – 1753)

Fig. 6. F. E. Brückmann (1697 – 1753)

12 Korbay, F. (1953) : Príspevok k dejinám výskumu demänovských jaskýň na Slovensku, Geografický časopis, V., 278.

13 Korbay, F. (1953) : c. d., 278.

Čiernou jaskyňou, teda druhou, ktorá tu bola známa ako dračia. Naznačuje to poloha vchodu do Štrkového dómu voči vtedajšiemu vchodu do ľadovej jaskyne, jeho tvar či priepastovitý charakter. Zodpovedať by tomu mohlo i Brückmannovo konštatovanie o spustení sa medzi bralami a krovím, ako aj poznatok, že jaskyňa je až do konca priama. Isté pochybnosti však vzbudzuje konštatovanie, že je dlhá, pričom sa tu mala nachádzať aj kvapľová výzdoba rôznych tvarov. V takomto kontexte potom zvláštne vyznieva aj zmienka o kope tzv. dračích kostí.

V okolí Veľkej Čiernej jaskyne sa však nenachádza žiadna iná nižšie položená jaskyňa, na ktorú by sa mohol vzťahovať tento Brückmannov opis. Za istých okolností by to mohol byť Dóm trosiek. V časoch G. Buchholtza mal samostatný vchod z povrchu v mieste spodného otvoru, ktorý vznikol odhádzaním sutiny v západnom ramene roku 1950. Primeranú odpoveď, či má táto úvaha opodstatnenie, by mohli dať iba údaje podrobnejšie charakterizujúce túto časť jaskyne. Netýka sa to len výskytu tzv. dračích kostí, ale museli by sme poznať aj charakter okolia vtedajšieho spodného otvoru. Poznámky G. Buchholtza, ktoré vo vysvetlivkách k nákresu z roku 1723 súvisia s Dómom trosiek, charakterizujú spodný otvor ako úzky a nezmieňujú sa o existencii tzv. dračích kostí. Z toho vyplýva, že opis druhej jaskyne zatiaľ nenavodzuje žiadnu súvislosť s Dómom trosiek. Ak teda v jeho prípade F. E. Brückmann nemal na mysli Malú Čiernu jaskyňu, ostáva záhadou, ktorú jaskyňu v roku 1724 okrem Veľkej Čiernej vlastne navštívil.

DRAČIA A ČIERNÁ JASKYŇA V DEMÄNOVSKEJ DOLINE

V publikácii *Prachtwerke der Unterwelt* z roku 1828 sa zásluhou A. Engelharta, jej zostavovateľa, objavili sa aj opisy dvoch demänovských jaskýň. Kým prvý z nich sa podľa svojho názvu vzťahoval na Dračiu jaskyňu neďaleko dediny Demänová v Liptovskej stolici v Uhorsku, druhý sa zase týkal Čiernej jaskyne pri Demänovej v Uhorsku. Na prvý pohľad išlo teda o dve rozdielne jaskyne (Dračiu a Čiernu), pričom, ako to naznačoval názov príspevkov, obe sa mali nachádzať neďaleko Demänovej, teda v Demänovskej doline. Obsahová stránka týchto opisov však ukázala niečo celkom iné (obr. 7).

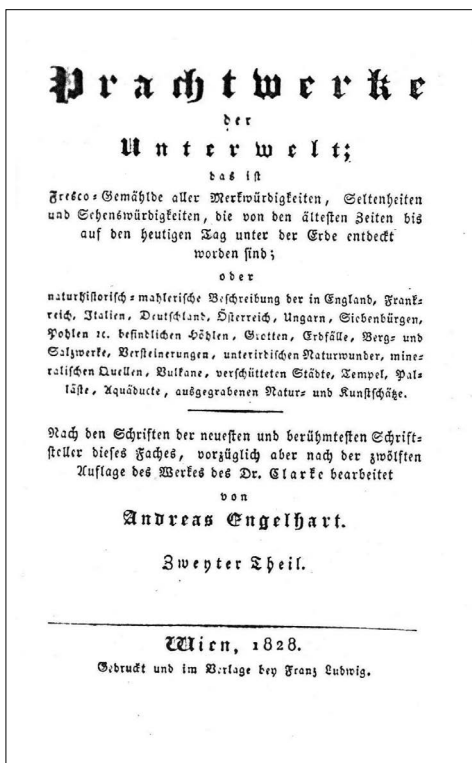
Prvý opis (Dračia jaskyňa) je síce značne nejasný, ale už na prvý pohľad súvisí s Veľkou Čiernou jaskyňou, čiže dnešnou Demänovskou ľadovou jaskyňou. Pri jeho podrobnejšom štúdiu a porovnaní s inými opismi jaskyne pomerne rýchlo zistíme, že ide o skrátenú či skôr skomolenú verziu opisu Samuela Bredeckého z roku 1802. V tom roku totiž publikoval svojej poznatky z návštevy jaskyne, kam zavítal v polovici augusta 1800. Veľkú Čiernu jaskyňu si vtedy prezrel tak, že zostúpil až do Veľkého dómu, odkiaľ pokračoval do Kmeťovho dómu a prehliadku jaskyne musel ukončiť pre nedostatok svetla niekde v oblasti Čiernej galérie.

Druhý opis (Čierna jaskyňa) je podstatne jednoznačnejší, a to nielen v kontexte svojho názvu. Aj z jeho obsahovej stránky vyplýva, že súvisí s Demänovskou ľadovou jaskyňou, ale len v intenciách Veľkej Čiernej jaskyne, pretože Malá Čierna, teda Štrkový dóm, sa v ňom nespomína vôbec. Zároveň je veľmi podobný opisu, ktorý v roku 1821 publikoval Ján Čaplovič a ten ho prevzal od iných autorov. Okrem vstupnej časti jaskyne v ňom jeho autor opisuje prechod cez Veľký dóm a Kmeťov dóm a podotýka, že nie je možné odvážiť sa hlbšie pre hlbokú a strmú ľadovú plochu. Zmienka o menách mnohých návštevníkov na niektorých veľkých kvapľových figúrach zase poukazuje na Belov a Halašov dóm, prípadne Čiernu galériu. Konštatovanie, že asi za hodinu sa v jaskyni príde k inému druhu kvapľoviny, mazľavej ako mydlo, čo sa pretvára na močariny, pre

ktoré sa nedá ísť ďalej, nie je nič iné ako zmienka o koncovej časti jaskyne v Jazernej chodbe.

Autor opisu sa v jeho ďalšej časti ešte zmienil o nevelkej jaskyni Beníková, vzdalenej pol hodiny od Čiernej jaskyne, a stručne opísal jej priestory. Spomenul aj existenciu ďalších dvoch pozoruhodných jaskýň: jaskyňu Okno, kde sa našli veľké zvieracie kosti, a jaskyňu Vody Vyvjerania, ktorou pretekal mohutný potok.

Z uvedeného vyplýva, že z obsahového hľadiska oba opisy charakterizujú priestory tej istej jaskyne, čo možno považovať za akúsi kuriozitu. Je to zatiaľ jediný známy prípad, keď sa vo vtedajších publikáciách uverejnili na prvý pohľad dva obsahovo rozdielnejšie opisy tej istej jaskyne. Príčinu tohto javu síce nepoznáme, ale isté vysvetlenie by mohlo poskytnúť to, čo o demänovských jaskyniach uviedol M. Bel roku 1723 vo svojom *Prodrome*. Ten totiž v kapitole o jaskyniach a dutinách Uhorska (*De Antris et Specubus Hungariae*) uviedol, že na základe poznatkov G. Buchholtza tu podáva *niečo o jaskyniach Demänovských, o jaskyni Dračej, o Väčšej a Menšej Čiernej a obidvoch Oknách a o Dverách s podivuhodnými kostami*.¹⁴ Ten, kto nepoznal reálnu situáciu v kontexte demänovských jaskýň, mohol teda na základe Belovej informácie vnímať Dračiu jaskyňu ako lokalitu, ktorá nesúvisela s Väčšou či Menšou Čiernou jaskyňou. Pokiaľ sa teda vo vtedajšej literatúre publikovala aj obsahovo významnejšia zmienka o Dračej jaskyni, čo je prípad Bredeckého z roku 1802, potom celkom prirodzene vznikol aj stav, o ktorom svedčí Engelhartova publikácia.



Obr. 7. Titulná strana publikácie A. Engelharta z roku 1828

Fig. 7. A front page of A. Engelhart's publication from 1828

LITERATÚRA

- BELIUS, M. 1723. *Hungariae antiquae et novae prodromus, cum specimine, quomodo in singulis operis partibus elaborandis, versari constitvertit, Norimbergae*, 204 s.
- BENIAČ, J. 1923. Liptov v XVIII storočí, Republikán, roč. V., č. 50, V Liptovskom Sv. Mikuláši 23. decembra 1923, 5.
- BIRLING, F. 1998. Die Demanower Felsenhöhlen in den Liptauer Alpen, Höhlen der Slowakei in historischen Schriften des Österreichischen Touristenklubs, Wien, 7–8.
- BREDECZKY, 1802. Die Höhle bey Deménfalva, Topographisches Taschenbuch für Ungern, auf das Jahr 1802, Oedenburg, 166–181.
- CSAPLOVICS, J. 1821. Höhlen bei Demanova im Lyptauer Comit, Topographisch-statistisches Archiv des Königreichs Ungern, Erster Band, Wien, 79–81.
- DROPPA, A. 1956. Demänovská ľadová jaskyňa, Československý kras, 8 a 9, 92–114.

¹⁴ Korbay, F. (1952) : Z dejín jaskyniarstva na Slovensku, Zemepisný zborník, roč. IV, 126.

- DROPPA, A. 1957. Demänovské jaskyne, krasové zjavy Demänovskej doliny, 289.
- DUKA ZOLYÓMI, N. 1974. Academia Leopoldina a jej vplyv na vývoj medicíny a prírodných vied na Slovensku do konca 18. storočia, Z dejín vied a techniky na Slovensku VII, 125–168.
- ENGELHART, A. 1828. Die Drachenhöhle unweit des Dorfes Demenfalva im Liptauer Comitate in Ungarn, Prachtwerke der Unterwelt, Zweyter Theil, Wien, 121–125.
- ENGELHART, A. 1828. Die Schwarze Höhle bey Demanova in Ungarn, Prachtwerke der Unterwelt, Zweyter Theil, Wien, 171–174.
- HERČKO, I. 2002. História geológie na Slovensku od najstarších čias do roku 1918, separátny výtlačok z publikácie História geológie na Slovensku, Zväzok I (Pavol Grecula et al.), 292.
- HOUDEK, I. 1936. Demänovské jaskyne v dávnych časoch, Krásy Slovenska, 15, 1936, 127–128.
- HOUDEK, I. 1954. Z minulosti slovenských jaskýň, Príroda a spoločnosť, III, 215–223.
- JANOŠKA, M. 1921. Demänovská jaskyňa ľadová a kvapľová, Krásy Slovenska I., 190–192.
- KORBAY, F. 1952. Z dejín jaskyniarstva na Slovensku, Zemepisný sborník, roč. IV, 123–132.
- KORBAY, F. 1953. Príspevok k dejinám výskumu demänovských jaskýň na Slovensku, Geografický časopis, V, 275–279.
- LALKOVIČ, M. 2003. Demänovská ľadová jaskyňa očami Henryka Müldnera, Aragonit, 8, 51–54.
- LALKOVIČ, M. – KOMOROVÁ, K. 1991. Juraj Buchholtz a počiatky jaskynného mapovania na Slovensku, Slovenský kras, 29, 155–177.
- LALKOVIČ, M. – TARNÓCY, L. 1985. Jaskyne na Slovensku v diele Andreasa Engelharta, Slovenský kras, 23, 301–306.
- MÜLDNER, H. 1877. Szkice z podrózy po Słowacyi z dodaniem krótkiego przewodnika, Kraków, 109 s.
- PODTATRANSKÝ 1886. Demanovská jaskyňa, Národné noviny, ročník XVII., č. 83.
- PRIKRYL, L., V. 1977. Príspevok k vývoju speleologie na Slovensku (Slovenské jaskyne na mapách), Z dejín vied a techniky na Slovensku, 8, 89–111.
- PRIKRYL, L. V. 1985. Jaskyne drakov na Slovensku, Slovenský kras, 23, 307–322.
- PRIKRYL, L., V. 1985. Dejiny speleologie na Slovensku, 204.
- SKŘIVÁNEK, F. 1980. Dějiny speleologie na území ČSSR, Československý kras, 30, 91–105.
- SYDOW, A. 1830. Bemerkungen auf einer Reise im Jahre 1827 durch die Beskidien über Krakau und Wieliczka nach den Central-Karpathen, Berlin, 394.
- SYDOW, A. 1969. Demänovská Dračia jaskyňa (preklad L. Blaha), Slovenský kras, 7, 117–122.
- VÁLYI, A. 1799. Magyar országnak leirása, második kötet, Budan, 736.

SOME KNOWLEDGE ON OLDER HISTORY OF THE DEMÄNOVSKÉ CAVES

S u m m a r y

The Demänovské Caves have called attention of the man for a long time. Already from the second part of the 17th century interest in the Demänovské Caves started to acquire different dimensions. Besides visiting the known caves, interest was also connected with knowing or researching as well as discovering the new spaces.

In intentions of knowing the history it is therefore important to correctly decode all facts that create a real conception of extent and character of the then interest in caves. However, their real importance was sometimes overlooked or in contradiction with reality they were interpreted in another way. By this manner in literature some irrelevant information appeared that were taken over by other authors without critical evaluation.

It is also a case of J. P. Hain's observation from 1672 about Carpathian dragons. In a form of the letter it appeared in the 3rd proceeding *Miscellanea curiosa* published by German association of naturalists *Academia Leopoldina*. In connection with dragon existence J. P. Hain described two localities, in which so-called dragon bones were found. One of them was a cave – a hole in the Liptov Seat near a small town of St. Mikuláš.

Authors stating J. P. Hain did not take closer note to the mentioned cave. Everybody was only interested in bones that should belong to dragons. Although Hain's information about bones is

important, similarly important is the characteristic of their founding place. A mention about a place “where water hinders to continue in the way, a strong wind puts out candles, and white substance covers the floor” connects with the Demänovská Ice Cave. It is a part of the Lake Passage in front of a channel, through which the Demänovská Cave of Peace was discovered in 1952. Hain’s note is so the oldest known written mention about the Demänovská Ice Cave.

In the case of a plan of the Demänovská Ice Cave that was published according to Buchholtz’s sketch by M. Bel in *Prodrom* in 1723 we are witnesses of its incorrect interpretation. There are recorded not only spaces of the Debris Dome here, but also a part of upper spaces that are the Ascent Passage and the Kollár’s Dome. From this it results that these cave parts were known in the G. Buchholtz’s period what gives in another light A. Žuffa’s discovery from 1909 as well as Benický’s discovery from 1926. Similarly spaces of the Debris Dome cannot be joined with the Small Black Cave because this is related to the today’s Gravel Dome.

Interpretation of the Demänovské Caves by F. E. Brückmann from 1724 is problematic as well. There is no doubt that he visited the Demänovská Ice Cave, however, statement that he also visited the Beníková Cave does not match. In contradiction of this there is Brückmann’s description of the route from the Demänovská Ice Cave do the Beníková Cave as well as description of its spaces that much more connects with the Small Black Cave that is the Gravel Dome.

In 1828 A. Engelhart published articles about the Dragon Cave and the Black Cave near Demänová Village what creates an effect of two different caves. However, both articles are connected with the Demänovská Ice Cave. Description of the Dragon Cave is a shortened version of Bredecký’s description from 1802. Character of description of the Black Cave is similar to description that was published in the first half of the 19th century.

SLOVENSKÝ KRAS ACTA CARSOLOGICA SLOVACA	50/1	103 – 122	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2012
--	------	-----------	------------------------

K DEJINÁM PRIESKUMU ĎUMBIERSKEHO VYSOKOHORSKÉHO KRASU

MARTIN BUDAJ

Speleoklub Banská Bystrica, m.b@speleo.sk

M. Budaj: On the History of Exploration of Ďumbier High-mountain Karst

Abstract: The article presents the history of exploration of the Ďumbier High-mountain Karst up to the discovery of main passages of the Cave of Dead Bats in 1981 with special attention to the relatively unknown initial period of exploration in 1925 – 1926. Biographical notes about the first explorers are available for the first time. New information from archival collections and historical photographs are presented, as well as a comprehensive bibliography relevant to the time period described.

Key words: Ďumbier Karst, history of exploration, historical photographs, biographical notes, Cave of Dead Bats

NÁVŠTEVY ĎUMBIERA PRED 1. SVETOVOU VOJNOU

O prvých návštevách oblasti Ďumbiera¹ sa nezachovali žiadne správy. Podhorské oblasti Horehronia a Liptova boli síce osídlené už v mladšej dobe bronzovej (Houdek, 1953; Štulrajterová a Weiss, 2005), hrebeň Nízkych Tatier však dosiahli možno až na konci stredoveku valasi (Houdek, 1953).

Z obdobia rozmachu cestovania od 16., a najmä 17. storočia (por. napr. Tibenský a Urbancová, 2003) nemáme – na rozdiel napríklad od Vysokých Tatier – správy o návštevách nízkotatranských vrcholov.² V 18. storočí sa začína vo vysokohorských polohách v oblasti Ďumbiera ťažba železnej rudy (Houdek, 1953), o ktorej však nemáme k dispozícii bližšie informácie.

-
- 1 Masív Ďumbiera sa spomína v listine Ľudovíta I. z r. 1380 ako hranica chotára mesta Brezna pod názvom *Hydeghawas* (Zimná hoľa, por. aj Štulrajterová – Weiss, 2005). Matej Bel (1736) uvádza maďarské tvary *Gyömbér* a *Gyömbier* s tým istým významom ako *ďumbier* v slovenčine. Pomenovanie kopca podľa korenia *ďumbier* (*Zingiber*) odvodzuje od farby koreňa *ďumbiera*, nie od podobnosti tvaru rozoklaného skalného vrcholu pri pohľade od severu s koreňom. Naopak, motiváciu mena podobnosťou tvarov uvádza novšia príručka Lutterer et al. (1982). Ďalšie etymológie od byliny „*ďumbier*“ (*Pimpinella saxifraga*, *bedrovník lomikameňový*) alebo od duba, ktoré rastú na jeho úbočiach, uvádza Houdek (1953).
 - 2 Jirmer (1981) uvádza existenciu záznamu z konca 17. storočia: „Jaskynné otvory v Kozích chrbtoch nedali spávať ľuďom už asi pred tristo rokmi. Podľa RNDr. Ivana Lehockého [sic] existuje v breznianskom mestskom archíve záznam o istom pastierovi, ktorý prišiel na magistrát oznámiť objav priepasti pod Ďumbierom. Oveľa neskôr, v roku 1925, [...] prebádal Kozie chrbty Ján Chudík [...]“. Túto informáciu prevzali viaceré publikácie. Podľa ústneho vyjadrenia RNDr. Ivana Lehotského, CSc., z decembra 2010 však išlo o záznam v slovensky písanej rukopisnej mestskej kronike približne z 20. – 30. rokov 20. storočia, náhodne ním objavený počas školskej exkurzie na brezniansku radnicu zhruba na prelome 40. a 50. rokov 20. storočia. Je otázne, či mohlo ísť o ozvenu oznámenia objavu (Chudík – Vydra, 1925a), alebo záznam o nezávislom objave zhruba v 20. rokoch 20. storočia. V troch zväzkoch Pamätnej knihy slobodného mesta Brezno nad Hronom sme záznam nenašli (Horehronské múzeum, DHM č. 2/1-3).

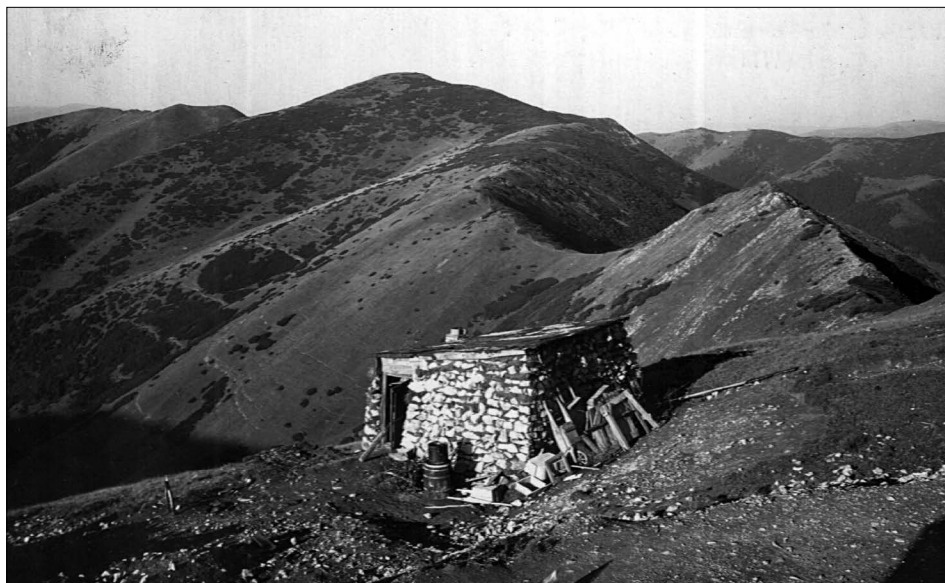
Prvý nám známy výstup na Ďumbier, doložený v literatúre, uskutočnil švédsky botanik Göran Wahlenberg v roku 1813 (Wahlenberg, 1814). Pri svojej študijnej ceste po Vysokých a Nízkych Tatrách a Veľkej a Malej Fatre sa nevenoval len flóre, ale robil aj barometrické výškové merania³, merania teplôt vzduchu, vodných tokov a pôdy. Ako botanika ho zvlášť zaujal vápencový hrebeň Kozích chrbtov⁴ s veľkou rozmanitosťou rastlinných druhov,⁵ avšak o vchodoch⁶ do jaskýň sa nezmieňuje.

O ďalších výstupoch na Ďumbier v priebehu 19. storočia sa zachovalo pomerne veľa správ. Okrem prírodovedeckých výskumov (napr. Kubinyi, 1846; Krzisch, 1860; Štúr, 1868; Kiesenwetter, 1869) sú najneskôr zhruba od polovice 19. storočia doložené aj turistické výpravy, zvyčajne viacdenné s prenocovaním na salaši (Kuzmány, 1900; Laskomerský, 1875). Organizovaná turistika sa rozširuje po založení Zvolenskej sekcie Uhorského karpatského spolku so sídlom v Banskej Bystrici roku 1889. Zvolenská sekcia sa postarala o vybudovanie turistického chodníka dolinou Trangoška na Ďumbier v rokoch 1896 – 1899 a v roku 1902 o výstavbu murovanej Karlovej útulne tesne pod vrcholom Ďumbiera, ktorá slúžila do 1. svetovej vojny (Houdek, 1953). Napriek zvýšenému pohybu vedcov a turistov sa žiadne správy o krasových javoch na Kozích chrbtoch nezachovali.⁷

PRVÉ PRIESKUMY JASKÝŇ

Dňa 21. 7. 1925 objavili členovia podbrezovského odboru Klubu československých turistov „Ďumbier“ Ján Chudík⁸ a Ján Rosiar⁹ niekoľko otvorov vo vápencových bralách Kozích chrbtov pri sadení plesnivca v tejto lokalite.

- 3 Nadmorskú výšku Ďumbiera určil na 2004 m. Referenčný barometer bol umiestnený v Budíne.
- 4 V latinskom texte uvádza domáci názov v tvare *Kosi-krptan* s prekladom do latinčiny ako *Caprae dorsum*. Louček (1956) sa domnieval, že názov Kozie chrbty je novotvar zavedený geológmi až v polovici 20. storočia. Vďaka Wahlenbergovi vieme, že už na začiatku 19. storočia išlo o ľudový názov, vtedy ešte v singulári (odvodený mohol byť na základe podobnosti ostrého hrebeňa s chrbtom kozy alebo ako pomenovanie miesta, na ktorom sa kozy pásli). Podľa spomienok pamätníkov z Mýta pod Ďumbierom sa názov používal už len v pluráli minimálne od začiatku 20. storočia. Ďalšie lokálne názvy uvádzané Wahlenbergom sú *Djumbier*, *Stavnicza*, *Mlina*, *Nad-Mlina* (pravdepodobne Králička). Mapa z I. vojenského mapovania z r. 1763 – 1785 (v Uhorsku 1782 – 1785) obsahuje názvy *Dumbier* a *Gaplik*; Lipského mapa z r. 1799–1801 uvádza miestne názvy *Dumbier*, *Mali Gaplek*, *mlina*; mapa toho istého autora z roku 1806 obsahuje tvary *mal. Gapelek* a *Vel. Gapelek*; mapa z II. vojenského mapovania z r. 1807 – 1869 (na našom území 1853–1864) obsahuje okrem iných názov *Kozi Chrbt*.
- 5 Pestrú flóru vyzdvihujú aj ďalší návštevníci až do polovice 20. storočia (napr. Krzisch, 1860 a Louček, 1956). Dnes sú Kozie chrbty takmer úplne zarastené kosodrevinou.
- 6 Niektoré vchody (Kozia jaskyňa, Rádiová jaskyňa, Hrášková jaskyňa, Objavný vchod JMN a Orlie okno) boli otvorené a voľne prístupné.
- 7 Neznamená to však, že návštevníci o žiadnych nevedeli. Nápadný bol najmä ponor v doline Trangoška, neskôr nazvaný Halašova jama, ako aj vchod Kozej jaskyne, v tej dobe ešte nezamaskovaný kosodrevinou. Alois Král (1925b) v liste uvádza, že staviteľ Jirásek vedel o [Kozej] jaskyni pri začatí stavby Štefánikovej chaty r. 1924 a Krála pozval na prieskum, ku ktorému však nedošlo: „Nečekal jsem ani, že bude přes 100 m dl. a spozdil jsem se tím přetížením vésti vše, př. ty výpravy – naprosto sám“.
- 8 Ján Chudík (v dokumentoch aj var. Chudík) *18. 6. 1897 Hronec, sobáš 1. 3. 1930 Lopej, osada Podbrezová, †24. 10. 1978 Valaská, 3 deti. Úradník v št. železniarnach v Podbrezovej, neskôr v Strojárni Piesok. Účasť v SNP. Záluby: turistika, poľovníctvo, rybárstvo. [Informácie poskytl dcéra Bibiana Sigotská.] V čase objavy jaskýň jednatel' podbrezovského odboru KČST (por. Chudík – Vydra, 1925a; podľa rkp. prehľadu členov výboru za r. 1928 – 1950 v archíve Ing. Ernesta Kilvádyho bol J. Ch. v r. 1928–1936 jednatel', v r. 1937–1940 podpredseda odboru), angažoval sa pri výstavbe Štefánikovej útulne na Ďumbieri, ako aj chaty na Trangoške. Najneskôr od r. 1925 sa podieľal aj na prieskume (starej) Bystrianskej jaskyne (Chudík – Vydra, 1925c; an., 1925/1926b).
- 9 Ján Rosiar ml. *25. 1. 1904 Brezno, osada Bujakovo, †20. 11. 1943 Brezno. Od r. 1924 kancelársky pracovník v št. železniarnach v Podbrezovej (*kol.*, b. d.). V čase objavy jaskýň člen podbrezovského odboru KČST (Chudík – Vydra, 1925a). Najneskôr od r. 1925 sa podieľal aj na prieskume (starej) Bystrianskej jaskyne (Chudík – Vydra, 1925c; an., 1925/1926b).



Obr. 1. Pohľad zo Štefánikovej chaty na Kozie chrbty ešte bez porastu kosodreviny (vpravo) a Veľký Gápeľ. V popredí dočasná útulňa pre robotníkov pri stavbe Štefánikovej chaty. Pohľadnica asi z 2. polovice 20. rokov zo súkromného archívu Ildy Chudíkovej

Fig. 1. A view of Kozie chrbty Ridge (right) and Veľký Gápeľ. Postcard dated from about 2nd half of 1920s. Private archive of Ilda Chudíková

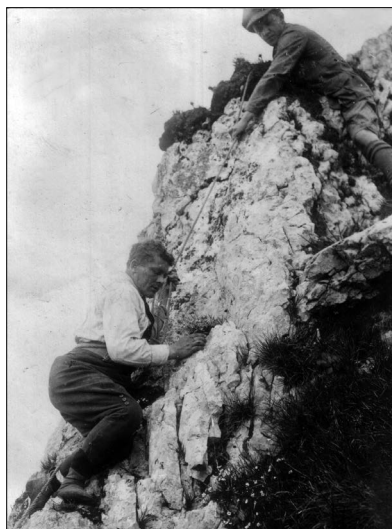


Obr. 2. Ján Chudík, zač. 20. rokov? Súkromný archív Bibiany Sigotskej (výrez)



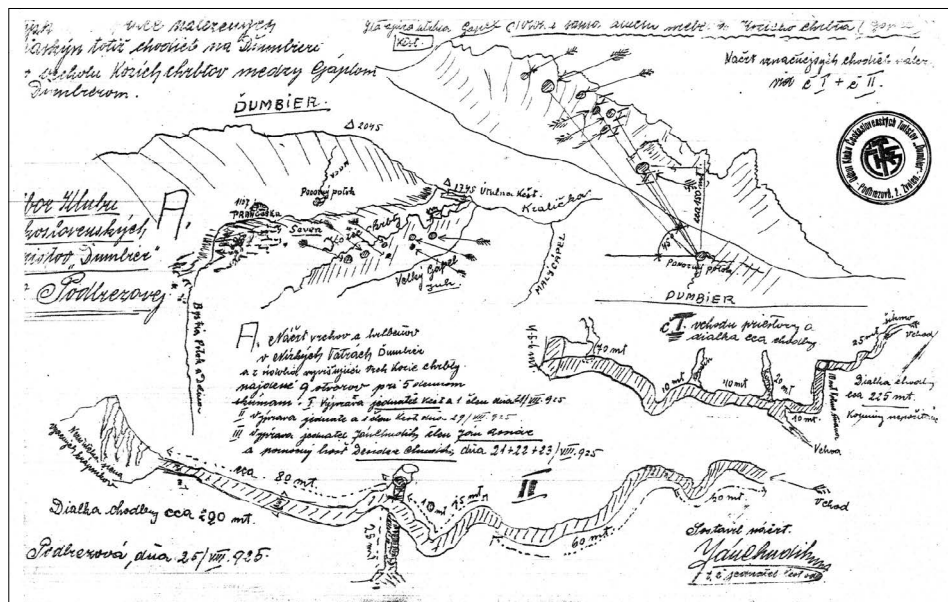
Obr. 3. Ján Rosiar, asi pol. 30. rokov. Súkromný archív Marcely Krupovej

Fig. 3. Ján Rosiar, about the middle of the 1930s. Private archive of Marcela Krupová



Obr. 4. Čierny kameň, 16. 7. 1925. Zber plesnivica na presadenie na Kozie chrbty. Ján Chudík dole. Súkromný archív Bibiany Sigotskej

Fig. 4. Plucking the edelweiss at Čierny Kameň on July 17, 1925 to be planted on Kozie chrbty. Ján Chudík at the bottom. Private archive of Bibiana Sigotská



Obr. 6. Príloha oznámenia o objave zaslaného úradom. Rukopisná kópia nie je identická s verziou publikovanou Jirmerom (1981)

Fig. 6. The attachment to the letter sent to authorities announcing the discovery. The hand-made copy is not identical with the copy published by Jirmer (1981)

Na nasledujúcej výprave 29. 7. 1925 preskúmali – už vybavení lanom – jaskyňu č. I., dlhú v tom čase asi 60 m.¹⁰

Systematický prieskum pokračoval v dňoch 21. – 23. 8. 1925 v zostave J. Chudík, J. Rosiar a Dezider Chudík.¹¹ Prvý deň kopali na dvoch miestach vo vyššie spomenutej jaskyni s cieľom objaviť nové priestory. Tie neobjavili, vykopali však kostru (pravdepodobne) jaskynného medveďa.¹² Ďalší deň doplnili počet objavených vchodov na 9; väčšina však bola zatarasená sutinou a za perspektívnu označili len jaskyňu č. II.¹³ Posledný deň venovali neúspešným pokusom o preniknutie cez úžiny v jaskyni č. II. Oznámenie o objave doložené náčrtom objavených chodieb zaslali vzápätí viacerým úradom (Chudík a Vydra, 1925a). Dĺžky oboch jaskýň sú nadsadené asi štvornásobne. V texte chýbajú zmienky o väčších jaskyniach na južnom svahu Kozích chrbtov (Kozia, Rádiová), v náčrte je zaznačený okrem jaskýň¹⁴ aj ponorný potok (Halašova jama).

10 Vďaka trom vchodom v náčrte je jaskyňu možné jednoznačne identifikovať. Jaskyňa r. 1954 označil Louček (1956) ako Ď VII, r. 1958 ju pomenovali *Jaskyňa mŕtvych netopierov* (Jirmerová, 1959; Jirmer, 1981) a r. 1981 sa jej koncový zával stal objavným miestom dnešného systému JMN (Jirmer, 1981).

11 Dezider Chudík *4. 9. 1892 Hronec, brat J. Ch. Niektoré biografické údaje uvádza Július Chudík (1978, s. 155). Podľa spomienok príbuzných padol v španielskej občianskej vojne, resp. zostal nezvestný v ZSSR. Neskoršie pátranie J. Ch. po bratovom osude bolo neúspešné. [Informácie poskytli neter Bibiana Sigotská a synovec Leo Kilvády.]

12 Podľa Chudíka (1925/1926) mohlo ísť aj o jaskynného vlka, preto ju poslali do múzea v Turčianskom Sv. Martine na určenie. Osud kostry je neznámy, podľa vyjadrenia paleontológov Andreja Bendíka, PhD. (Múzeum Andreja Kmeťa SNM Martin) a RNDr. Anny Ďurišovej (Prírodovedné múzeum SNM Bratislava) o takomto náleze nie sú známe žiadne záznamy.

13 Podľa náčrtu ide o jaskyňu, ktorá bola znovuobjavená až r. 1958 a označená Ď XII (Majko, 1959; Jirmerová, 1959); neskôr bola pomenovaná Hrášková jaskyňa.

14 V dvoch pohľadoch náčrtu je zobrazených 7 otvorov na severnom svahu a 7 na južnom (a západnom?)

Opis objavu ani jeho novinové a časopisecké spracovanie¹⁵ nerozlišuje prvé tri dni skúmania (21. 7., 29. 7. a 21. 8. 1925) a sumarizuje ich do jednej akcie datovanej 14. 7. 1925.¹⁶

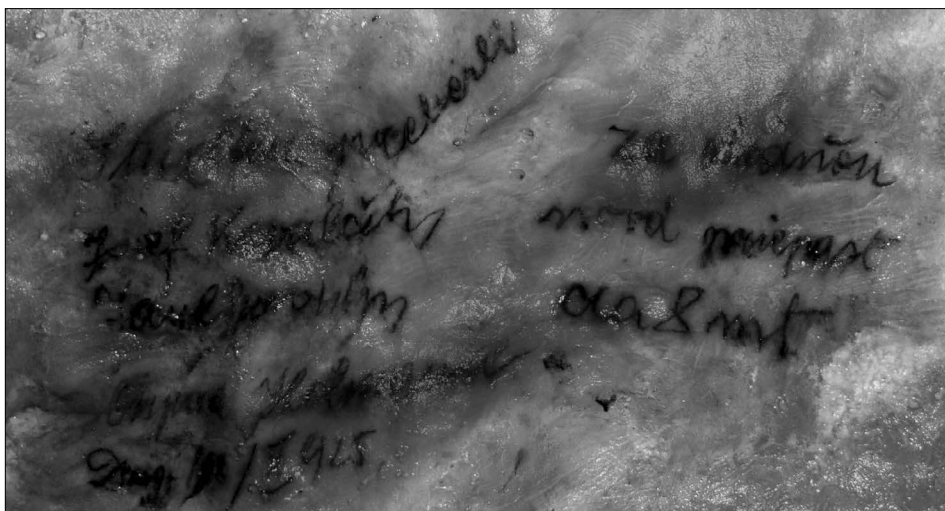
Jaskyne vo svahu Mlynnej doliny¹⁷ úradne prehliadol 6. 10. 1925¹⁸ konzervátor Alois Král,¹⁹ vyslaný Štátnym referátom na ochranu pamiatok na Slovensku (por. *an.*, 1925a) na základe oznámenia objavu členmi podbrezovského odboru KČST. Sprevádzal ho Vojtech Benický.²⁰ A. Král neprizval na prehliadku členov odboru KČST Ďumbier napriek výzve v úradnom poverení. Výsledky prehliadky nepoznáme.²¹

Prieskum členmi podbrezovského odboru KČST pokračoval podľa Chudíka a Vydra (1925b) a Chudíka (1925/1926) v dňoch 10. a 11. 10. 1925 prejdením Kozej jaskyne²² a pokusom o zlanenie priepasti v zostave J. Chudík, J. Rosiar a Alexander Böhmer.²³ V dňoch 17. a 18. 10. 1925 sa J. Chudíkovi (až teraz s karbidovým svetlom) s pomocou Jozefa Kovalčíka²⁴ a Arpáda Hollmanna²⁵ podarilo dosiahnuť dno priepasti a objaviť

svahu; popis v náčrte však hovorí „najdené 9 otvorov pri 5 dennom skúmaní“. Aj pri počítaní troch vchodov jaskyne č. I za jeden je ťažké povedať, či sa pohľady sčasti prekrývajú alebo niektoré bezvýznamné diery neboli zarátané do 9 spomínaných otvorov (na druhej strane však schematický náčrt v novinách (*an.*, 1925d) obsahuje presne 9 otvorov – 4 na severnom, 3 na južnom a 2 na západnom svahu). Väčšie jaskyne na južnom svahu sa v texte nespomínajú, možno preto, že ďalej od vchodu neboli v čase písania ešte preskúmané.

- 15 Por. Chudík a Vydra, 1925b; *so*, 1925; *an.*, 1925d a Chudík, 1925/1926. Ako motivácia na napísanie prvého a posledného spomínaného článku je v nich uvedená potreba uviesť na pravú mieru informácie z tlače (napr. Těsnohlídkov článok (1925a) v súvislosti s prieskumom menuje len A. Krála).
- 16 Časový posun o týždeň je pomerne bežným omylom pri retrospektívne písaných technických denníkoch aj v súčasnosti. Datovanie objavu na 14. 7. 1925 je však nepravdepodobné, keďže dve zachované fotografie zo zbierania plesnivca na Čiernom kameni (odkiaľ bol podľa Chudíka a Vydra (1925b) a Chudíka (1925/1926) prinesený plesnivec, vysádzaný v deň objavu na Kozích chrbtach) sú datované na 16. 7. 1925. Článok (*so*, 1925) uvádza dátum 14. 8. 1925, čo je zjavná tlačová chyba.
- 17 Král prezrel Koziu jaskyňu po priepasti (Těsnohlídek, 1925a; *so*, 1925 a Král, 1926a), ako aj ďalšie dva otvory uzavreté sutinou (pravdepodobne J. pri chodníku a Rádiovú; všetky tri jaskyne mali byť pri vápenčovej ceste po úbočí hory) podľa Těsnohlídka (1925a).
- 18 Datovanie tejto Královej návštevy je neisté. Králov denník ciest (b. d. b) uvádza k dňu 6. 10. 1925 „Úřední prohlídka jeskyní za Ďumbierem. Večer do útulny. Král, Benický“. Tento dátum podporuje aj Těsnohlídkova formulácia v novinách (1925a) zo 14. 10.: „V těchto dnech prohlédl [...]“. Podľa Královej poznámky na liste (*an.*, 1925a) však bola správa o prehliadke odoslaná 22. 9. 1925. Chudíkova správa (1925b) hovorí o Královej návšteve 7. 9. 1925.
- 19 Alois Král *30. 7. 1877 Senetářov, †27. 2. 1972 Tišnov. Učiteľ, spoluobjaviteľ Demänovskej jaskyne slobody r. 1921. Pozostalosť je uložená v Muzeu Brněnska, Podhorácké muzeum, Předklášteří, ČR a v SMOPaJ.
- 20 Vojtech Benický *12. 5. 1907 Pavčina Lehota, †17. 9. 1971 Pavčina Lehota. Neskôr o. i. správca Domice, tajomník SSS a riaditeľ MSK, známy speleofotograf. Archívne materiály sú dostupné v SMOPaJ, OF Vojtech Benický. K Benického účasti Král s odstupom času poznamenáva „Prohlídka jeskyněk (typu ponorů, jen periodicky svahovými vodami protékanych, na dně propátek náplavou zanešených) byla v těsniších – blátě tak obtížná, že jsem ji vykonal sám, Benického zanechal u jícnu ponorů.“ (b. d. c).
- 21 Úradnú správu sa nám nepodarilo nájsť v inventári archívu Pamiatkového úradu SR ani v Královej pozostalosti. Letmé zmienky o obhliadke uvádza Těsnohlídek (1925a), Chudík a Vydra (1925b), *so* (1925) aj *an.* (1925b, 1925c). Král v následných listoch vyjadruje rozmrzenosť pri správach v tlači, pokiaľ sú založené na informáciách odboru KČST Ďumbier, a označuje ich za bombastické.
- 22 Označenej len „otvor na južnom svahu“.
- 23 V čase objavu jaskýň člen podbrezovského odboru KČST (Chudík – Vydra, 1925b). Ide pravdepodobne o Alexandra Böhmera *3. 2. 1901 Valaská, 1. sobáš 4. 8. 1928 Hronec, †21. 3. 1982. Pracoval v št. železniariňach v Podbrezovej v r. 1917 – 1945, od r. 1923 ako účtovník a administratívny úradník (*kol.*, b. d.).
- 24 Jozef Vojtech Kovalčík *8. 11. 1904 Čierny Balog, †25. 12. 1974 Banská Bystrica. S bratmi Arpádom a Elemérom Hollmannovcami známy ako spoluobjaviteľ jaskýň na Bystreji. Korešpondencia, životopis, fotografie a nepublikované práce sú uložené v SMOPaJ, osobný fond Jozef Kovalčík.
- 25 Arpád Hollmann (v dobových materiáloch aj varianty Holmann, Hollman alebo Holman) *29. 3. 1907 Valaská, sobáš 6. 10. 1934 Banská Bystrica, †27. 5. 1971 Žilina, 3 deti. Zamestnaný ako strojník, neskôr technický úradník v št. železniariňach v Podbrezovej, počas 2. svetovej vojny riaditeľ závodu na Piesku, po vojne

ústie strmej úžiny vedúcej k druhej priepasti.²⁶ Dĺžku jaskyne odhaduje na asi 300 m. Články sa končia zmienkami o potrebe ďalšieho skúmania a možnosti sprístupnenia.²⁷



Obr. 7. Nápis nad prvou priepastou v Kozej jaskyni z 18. 10. 1925

Fig. 7. Inscription on the wall above the first pit in the Kozia Cave dated October 18, 1925



Obr. 5. Dezider Chudík, okolo roku 1920? Súkromný archív Lea Kilvádyho (výrez zo skupinovej fotografie)

Fig. 5. Dezider Chudík, around 1920? Private archive of Leo Kilvády (crop from the group picture)



Obr. 8. Arpád Hollmann, okolo roku 1925. Súkromný archív Arpáda Hollmanna ml.

Fig. 8. Arpád Hollmann, around 1925. Private archive of A. Hollmann Jr.



Obr. 9. Jozef Kovalčík, 20. roky. Súkromný archív Nadeždy Surovičovej

Fig. 9. Jozef Kovalčík, 1920s. Private archive of Nadežda Surovičová

pracoval v Bučine Zvolen a Elektrovode Žilina. V ťažení proti Poľsku veliteľ batérie v Slovenskej armáde. Okrem jaskýň sa venoval turistike, boxu a hre na husliach. [Informácie poskytol syn Arpád Hollmann mladší.] Najneskôr od r. 1925 sa podieľal aj na prieskume (starej) Bystrianskej jaskyne (Chudík a Vydra, 1925c; *an.*, 1925/1926b). Spoluobjaviteľ Novej bystrianskej jaskyne. Niektoré biografické údaje uvádza Kovalčík (1958, kapitola Hollmanovci).

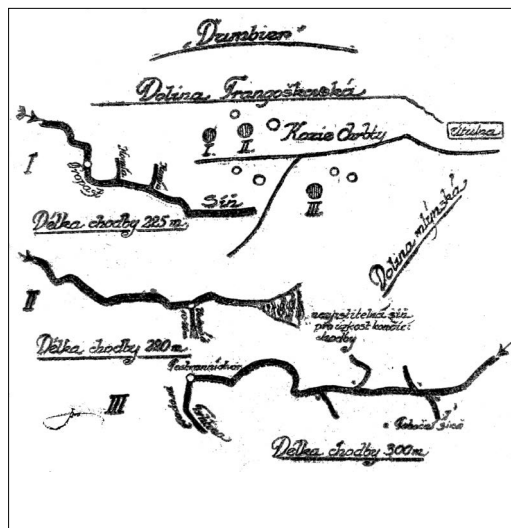
26 Nad prvou priepastou je nápis: „Studňu preliezli | Jozef Kovalčík | Ján Chudík | Arpád Holmann | Dňa 18/X/925 || za studňou | nová priepasť | cca 8 mt“. Zaujímavý je aj starší anonymný nápis v chodbe nad priepastou: „20/IX/925 | v.r.“.

27 Sprístupnenie je chápané v širších súvislostiach aj ako impulz na zvýšenie turistického ruchu, ktorý „bude mať veľký hospodársky význam pre obyvateľstvo tohoto chudobného kraja“ (*so*, 1925).

V dňoch 8. – 9. 9. 1926 pokračoval A. Král sprevádzaný V. Benickým v úradnej obhliadke, ktorá mala teraz pravdepodobne za cieľ posúdenie vhodnosti a ekonomickosti sprístupnenia.²⁸ Našli jaskyne v západnom a severnom svahu s výnimkou Hráškovej a Ď VI²⁹ a zdolali rok predtým nezlezenú priepasť v Kozjej jaskyni. Král v liste (1926a) redukuje Chudíkom udávané dĺžky jaskýň s ostrým komentárom o prehnaných správach podávaných Pamiatkovému úradu a verejnosti. Uvádza aj detaily o sprístupnení a elektrickom osvetlení Kozjej jaskyne, ktoré plánovali členovia podbrezovského odboru KČST.³⁰ Král jaskyňu nepovažuje za vhodnú na sprístupnenie,³¹ oceňuje však kras ako celok.³²

Koncom septembra 1926 chcel A. Král nájsť Hráškovú jaskyňu a dokončiť obhliadku. Pre celonočný dážď sa na cestu ani nevybral (Král, 1926b).³³

Napriek sľubnému začiatku v intenzívnom prieskume skupina okolo J. Chudíka ďalej nepokračovala, nerealizovali ani sprístupnenie. V roku 1926 síce ešte odbor KČST v Podbrezovej konštatuje, že sa stará „o výskum jaskyne na Ďumbieri a Bystrej“³⁴ (Chu-



Obr. 10. Schematický náčrt jaskýň pri pohľade z juhu a ich polohy z novín (*an.*, 1925d). I. JMN, II. Hrášková jaskyňa, III. Kozia jaskyňa. V polohopise sú I. a II. vymenené. Nepopísané vchody zodpovedajú Ď III (Pri chodníku) a Ď V (Rádiová) na južnom, Ď X a Ď XI na západnom a niektorým dvom z trojice Ď VI, Ď VIII a Ď IX na severnom svahu

Fig. 10. Schematic portrayal of caves (south view) and their locations as published in (*an.*, 1925d). I. Cave of Dead Bats, II. Hrášková Cave, III. Kozia Cave. Locations of I. and II. are swapped. Unlabelled entrances correspond to Ď III (Pri chodníku) and Ď V (Rádiová) on the south slope, Ď X and Ď XI on the west slope and any two of Ď VI, Ď VIII a Ď IX on the northern slope

28 Cieľ cesty je „Na výzvu Památ. referátu prohledka jeskyněk v Kozím chrbtu ohledně zpřístupnění/ osvětlení. Král Al., Benický“ v jednej z kópií Kráľovho denníka ciest (b. d. b).

29 Podľa Kráľovho denníka (b. d. a) s veľmi presným morfológickým opisom jaskýň prešli v poradí jaskyne (podľa neskoršieho Loučkovho značenia) Ď XI, Ď X, Ď VIII, Ď VII a Ď IX (záznam je nedatovaný, ale je zaradený medzi zápismi z r. 1926). O zlezení priepasti v Kozjej jaskyni vieme len z Kráľovho listu (1926a); jeho denník (b. d. a) má na tomto mieste takmer dve prázdne strany a pokračuje nejasným fragmentom.

30 Generátor s vodnou turbínou mal byť pri Štefánikovej chate, poháňať ju mala voda zvedená zo svahu Ďumbiera.

31 „[...] dle mého posudku tomu ani výzdoba krap., ani prostory neodpovídají a náklad by byl přílišný, neboť vstupní chodba a I. síň je ztěsněna mocnou sutí a jednotlivé síně jsou vzájemně odděleny dlouhými těsninami.“ (Kráľ, 1926a).

32 „Nejvíce potěšilo mne seznání, jak tento terén je zkrasovělý a zrak nemůže se odtrhnout od nesčetných zjevů škrapových, jimiž jsou úbočí jako arabeskami protkána. Krasový tento ostrov zasluhuje detail. studia, ofotografování a pojednání buď v časop. Turistů nebo v budoucím Průvodci: Ďumbír – Demän. jeskyně.“ (Kráľ, 1926a).

33 Podľa zachovaných dokumentov nevieme, či Kozie chrbty ešte niekedy navštívili.

34 Prieskum na Bystrej svedčí o veľkom záujme podbrezovského odboru KČST o prieskum jaskýň (členovia sú označení ako *horliví skúmatelia* Bystrianskej jaskyne v článku *an.*, 1925/1926b). Neskôr mal však odbor KČST Ďumbier s J. Kovalčíkom spor o prvenstvo objavu (podľa Chudíka a Vydra (1925c) tu skúmali už od r. 1922), ako aj o právo na ďalší prieskum jaskyne („[...] odbor [má] rozpor s p. Jozefom Kovalčíkom

dík, 1926), celkovo však J. Chudík v roku 1932 hovorí iba o 14 dňoch prieskumu jaskýň na Ďumbieri členmi odboru KČST Ďumbier za posledné roky.

Po otvorení Štefánikovej chaty v r. 1928 jaskyne, hlavne Koziu, pravdepodobne sporadicky navštevovalo osadenstvo chaty,³⁵ prípadne turisti.³⁶

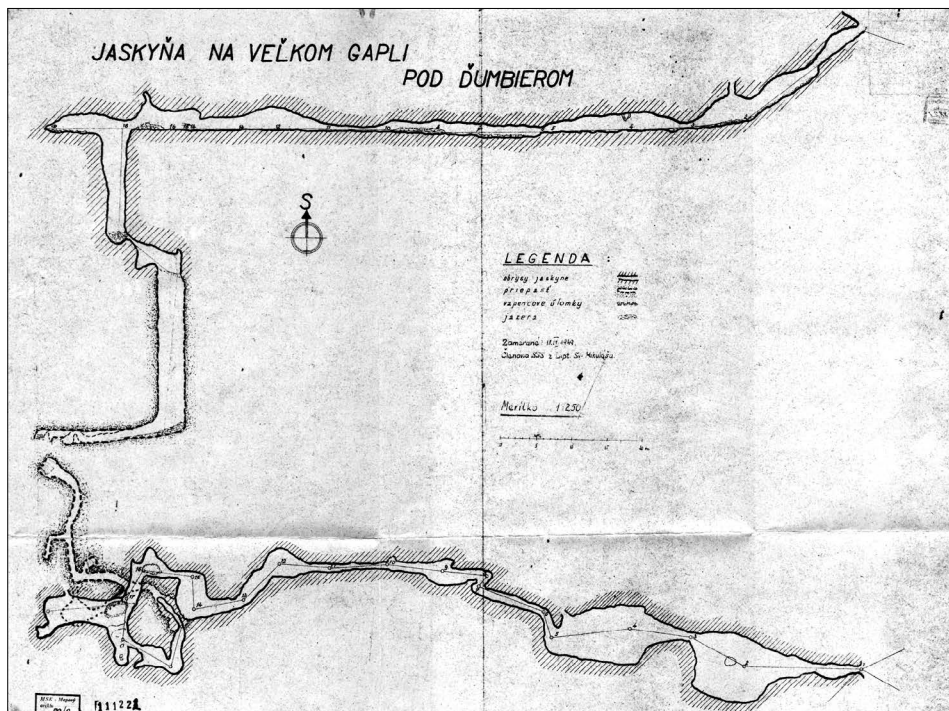
V novembri 1944 sa v Rádiovej jaskyni týždeň ukrývali povstalci.³⁷ Z tohto obdobia pochádza aj munícia nájdená v 80. rokoch v Granátovej jaskyni v závere doliny Štiavnica (Štéc, 2000).

PRIESKUM PO 2. SVETOVEJ VOJNE

Speleologický prieskum pokračoval v roku 1948.³⁸ Jaskyniari Július Volko a Stanislav Šrol z Jaskyniarskeho zboru KSTL v Liptovskom Sv. Mikuláši prekonali v Kozej jaskyni³⁹ strmú úžinu pod priepaťou a dostali sa k ústiu druhej priepasti (Volko a Šrol, 1948).

učiteľom z Valaskej, ktorý si jaskyne privlastňuje a bez vedomia odboru uzatváral smluvu s býv. urb. obce Mýta, ktorú sme žiadali zrušiť, pretože p. Jozef Kovalčík vôbec ani terain Val[a]skej nepoznal, keď ľudia už tam boli.“ (Chudík, 1926; por. aj *kol.*, 1926 a Chudík a Vydra, 1925c). Pre pohľad z druhej strany pozri Kovalčík (1958). Pre úplnosť uvádzame, že v roku 1925 boli v spore o prvenstvo objavu (pokračovania) Bystrianskej jaskyne členovia odboru KČST Ďumbier vrátane J. Kovalčíka na jednej strane a A. Král, ktorý pri júňovej návšteve upozornil na prieven a možné pokračovanie v jednej plazivke, na druhej strane (por. *an.*, 1925/1926b; Kovalčík, 1958 a Kráľovo vyhlásenie, b. d. c). O podobnom spore na Kozích chrbtoch vieme nepriamo z Kráľovo vyhlásenia (b. d. c).

- 35 V Kozej jaskyni je napr. pri letopečte 1930 podpísaný Robert Petrla, správca Štefánikovej chaty od jej otvorenia do r. 1942 (pôsobenie do r. 1943 uvádza napr. Houdek (1953), avšak úradné potvrdenie ústredia KSTL č. 3113/46 uvádza, že nájomcom bol v r. 1942 – 1944 O. Krasula). Pamätné knihy z chaty, ktoré mohli obsahovať záznamy o prípadných návštevách v jaskyniach v medzivojnovom období, zhoreli na chate Trangoška 1. 11. 1944, keď ju vypálili Nemci [ústna informácia od dcéry R. Petrlu Joly Pospíšilovej]. Ani neskoršie pamätné knihy sa nám nepodarilo nájsť.
- 36 Vďaka množstvu článkov v novinách a časopisoch v r. 1925 a 1926 sa jaskyne dostali do širšieho povedomia turistov, nielen miestnych (zmieňuje sa o nich napríklad Kubát, 1927; *an.*, 1928; Houdek, 1953), aj keď ešte v r. 1928 ich niektorí turisti považujú za známe len pastierom (Šebesta, 1928).
- 37 Na stene jaskyne je zachovaný nápis ceruzkou „1.944 3/XI do 10/XI 1944 | bol tu ct Krasula | J. HiKo S. VojaK | Podtúran“ (publikoval ho Sluka, 1988), nálezy drobných militárií v tejto jaskyni uvádza Štéc (2000). Jaskyňu poznali Ondrej Krasula (1914 – 1965; uvádza sa aj meno Andrej; v r. 1942 – 1944 nájomca Štefánikovej chaty) s manželkou Annou (1919 – 2007), ktorá tam ukryla Ondrejovho brata Jozefa (1924–2010; partizán v Jegorovovej brigáde, vel. čaty Ing. Venerovský) s jedným, resp. dvomi kamarátmi, na mená ktorých si príbuzní nespomínajú. J. Krasula z ústia jaskyne sledoval obsadenie chaty Nemcami, vyhnanie brata s rodinou na Mýto pod Ďumbierom, ako aj zničenie chaty. [Informácie poskytli manželka J. Krasulu Helena, dcéry O. Krasulu Lýdia a Mária a sestra oboch bratov Mária Jakubiaková.] Identita J. Hika je neistá. Vojenský archív – centrálna registratúra MO SR eviduje v ročníkoch 1921 – 1926 Jozefa Hika, nar. r. 1923 v Bobrovci. Odd. vojnových veteránov a vydávania osvedčení MO SR eviduje spis pod rovnakým menom. Ani v jednom prípade nehovoria dokumenty nič o jeho pobyte v tejto lokalite. Vo Vojenskom historickom archíve VHÚ (o. i. kmeňové doklady ročníkov 1911 – 1920) sa podľa pracovníkov VHA nenachádzajú relevantné dokumenty. K menu Podtúran sa nám nepodarilo zistiť nič, môže však ísť aj o názov neďalekej obce Podtureň.
- 38 Jirmer (1981) odkazuje na nám neznámy a ťažko datovateľný článok, súvisiaci s prieskumom v 30. alebo 40. rokoch: „O niečo neskôr [vzhľadom na rok 1925], už literárnou formou a s fotodokumentáciou, opísal jednu z jaskýň v Kozích chrbtoch objaviteľ Bystrianskej jaskyne Ján [sic] Kovalčík. Pomenoval ju ako Kozia jaskyňa.“ Príležitostne navštevovali Koziu jaskyňu koncom 40. rokov aj Ján Šalát so synovcom Ivanom Lehotským [ústna informácia I. Lehotského]. Z roku 1952 vieme o prieskume Jarmily Vytřísalovej, vyd. Jirmerovej (Jirmerová, 1959).
- 39 Označená „jaskyňa na Veľkom Gepli pri Ďumbieri“.



Obr. 11. Mapa Koziej jaskyne z r. 1949, uložená v archíve SMOPaJ (kol., 1949). Najstaršia zachovaná mapa jaskyne z oblasti Kozích chrbtov

Fig. 11. Map of Kozia Cave from 1949, preserved in SMOPaJ archive. The oldest extant map of a cave in Kozie chrbty Ridge

V širšej zostave⁴⁰ a s lepším vybavením dňa 18. 9. 1949 v Koziej jaskyni prekonali aj druhú priepasť a dostali sa k ústiu tretej,⁴¹ do ktorej sa už pre úžiny nedostali⁴² (Šrol, 1951a, 1951b). Jaskyňu až po dno druhej priepasti aj zamerali, chodby pod ňou sú v mape realisticky načrtnuté.

Odborný výskum krasu na Kozích chrbtoch sa začína až v júni 1950 pri krátkej geomorfologickej exkurzii⁴³ študentov geografie Karlovej univerzity v skupine pod vedením

40 Peter Droppa (1910 – 1990), Stanislav Šrol (1925 – 1992), Vladimír Lenko, Július Volko (1924 – 1994), Pavol Revaj ml. (1928 – 1975) a iní podľa Benického (1950); správa z novín Cieľ (Benický, 1949) hovorí o pracovníkoch z Lipt. Sv. Mikuláša, Mýta a Podbrezovej.

41 Číslovanie priepastí v Koziej jaskyni nebolo v minulosti jednotné. Jednoznačne môžeme vyčleniť dve priepasti (prvá P12 a druhá P22). Strmá úžina medzi nimi je nenáročná uklonená puklina. Tretiu priepasť, ku ktorej sa nedá pre úžiny dostať, ale je možné do nej hodiť kameň, uvádza Šrol (1951a, 1951b) aj Sekyra (1953) pod P22, resp. neďaleko nej. Jej poloha nám je neznáma. Je otáznne, či je Sekyrová informácia nezávislá od Šrolovej, keďže o výsledku výpravy z predchádzajúceho roka mohol Sekyru informovať chatár zo Štefánikovej chaty (Sekyra chatárovo poznatky o jaskyni uvádza v inej súvislosti). Šrolov údaj o tretej priepasti je tiež sprostredkovaný, keďže podľa rukopisu (Šrol, 1951a) zostal nad druhou priepasťou v skupine istiacej/vytáhujúcej útočnú štvoricu.

42 Krátke novinové správy (Benický, 1949) hovoria o *prekonaní* troch priepastí do hĺbky 48 m (zjavne so započítaním šikminy medzi priepasťami do počtu priepastí), pod ktorými sú úžiny so silným prievanom, a spresňujú preskúmanú a zameranú dĺžku na 160 m. Výročná správa (Benický, 1950) uvádza dátum akcie 11. 9. a dĺžku jaskyne 230 m. Podľa mapy (kol., 1949) je hĺbka prvých dvoch priepastí 43 m a celková hĺbka jaskyne 59 m.

43 Náplňou exkurzie, ktorú celkovo viedol prof. Josef Kinský, bolo mapovanie stôp zaľadnenia medzi Chopkom, Derešmi a Vrbickým plesom, vegetácia na brehu Vrbického plesa, ako aj štúdium vysokohorského krasu na Ďumbieri a Sinej.

Josefa Sekyru.⁴⁴ Po stručnej geologickej a morfolologickej charakteristike lokality⁴⁵ opisuje Sekyra (1953) škrapy, tri jaskyne na južnom svahu (Pri chodníku, Rádiová a Kozia)⁴⁶ a množstvo závrťových depresíí. Kozíu jaskyňu opisuje až po ústie tretej priepasti. Pri opise jaskyne podáva pozorovania morfológické, geologické a klimatické; dĺžku jaskyne uvádza 300 m. Celkovo vyzdvihuje veľkú perspektívu tohto územia.⁴⁷

Na základe geomorfologického mapovania v lete 1954, nadväzujúceho na Sekyrovu prácu (1953) v rámci výskumu Karlovej univerzity, vydáva Dimitrij Louček⁴⁸ komplexnú monografiu o Ďumbierskom vysokohorskom krase (Louček, 1956). Z predchádzajúceho prieskumu Ďumbierskeho krasu⁴⁹, najmä podzemného, pozná len Sekyrov príspevok (1953) a zmienku o jaskyniach v hrebeni Kozích chrbtov u Houdka (1953).

Monografia opisuje klimatické pomery, geomorfológiu a geológiu, ako aj pôdy a rastlinstvo tejto oblasti. Ťažiskom sú však krasové javy. Z povrchových krasových javov opisuje škrapy na hrebeni Kozích chrbtov,⁵⁰ závrty v sedle medzi Králičkou a Štefánikovou chatou a vo svahu Mlynnej doliny a napokon rútené závrty⁵¹ na severnom svahu a na úzkom hrebeni Kozích chrbtov.

Louček veľmi podrobne charakterizuje 11 jaskýň,⁵² ktoré označil Ď I až Ď XI,⁵³ s celkovou dĺžkou takmer 300 m. Jaskyne v spolupráci s Jaroslavou Michovskou⁵⁴ aj detailne zmapoval.⁵⁵ Vchody jaskýň sú vyznačené v orientačnej geologickej mapke.⁵⁶

Na základe Loučkovej štúdie (1956) a so znalosťou Chudíkovho článku (1925/1926) iniciovala Jarmila Jirmerová profesionálny jaskyniarsky prieskum Kozích chrbtov; vykonal ho *Turista, podnik cestovného ruchu*,⁵⁷ a prebehol v júni až októbri 1958 (Jir-

44 Josef Sekyra, RNDr., CSc. (1960), doc. (1968) *24. 2. 1928, †10. 11. 2008. Geológ a geomorfológ (periglaciálna geomorfológia a kryogeológia), expedičný horolezec (čs. výškový rekord 1961 – 1967), polárnik, speleológ.

45 Krasová oblasť vymedzená Sekyrom (1953) zahŕňa Kozie chrbty, sedlo medzi Králičkou a Kozími chrbtami a závery dolín Mlynná a Štiavnica.

46 V článku nepomenované, názov Kozia jaskyňa je uvedený pri fotografii vchodu.

47 „Celá tato samostatná krasová oblasť zasluhuje průzkum po všech stránkách, neboť v mnohém svou dokonalostí předčí jiné rozsáhlé krasové oblasti, zvláště vysokohorské.“

48 Dimitrij Louček, RNDr., CSc., *14. 5. 1922, †10. 10. 1998. Geomorfológ (periglaciálna a glaciofluviálna geomorfológia). Od r. 1953 asistent, od r. 1955 odb. asistent na Katedre kartografie a fyzického zemapisu Geologicko-geografickej fakulty UK v Prahe. Ďalšie pôsobenie: 1958 – 1959 Kabinet pro geomorfologii ČSAV, Praha; neskôr Encyklopedický institut ČSAV Praha. [Informácie poskytli Břetislav Balatka a Václav Příbyl, tak ako aj dátum úmrtia J. Loučkovej v poznámke nižšie.] Por. aj *Universita Karlova / Přehled organizace a seznam osob / 1957*.

49 Na rozdiel od Sekyru (1953) nezahŕňa Louček do krasovej oblasti záver doliny Štiavnica.

50 Najmä v sedlách medzi vrcholmi Kozích chrbtov, ako aj medzi Kozími chrbtami a Králičkou, resp. Veľkým Gáplom.

51 Závrť č. 4 je pravdepodobne totožný s dnešným Horným vchodom do JMN.

52 Nepozná Chudíkovu jaskyňu č. II (Hrášková) a nespomína ani nápadný ponor Halašova jama.

53 Pre Ď IV navrhuje pomenovanie Kozia jaskyňa, „kterýžto název jsem slyšel od zdejších usedlíků, ovšem aniž dovedli říci, která je to jeskyně.“

54 Jaroslava Loučková, rod. Michovská, RNDr., CSc. (1962) *31. 8. 1926 Praha, †31. 7. 1995. Fyzická geografia, geomorfologička. Pôsobiská: 1957 – 1962 Kabinet pro geomorfologii ČSAV, 1963 – 1982 Geografický ústav ČSAV. Por. *Acta Universitatis Carolinae Geographica, 2001 (2)*. Poznámka: biografické údaje neskorších prieskumníkov neuvádzame.

55 Kozíu jaskyňu zamerail len po prvú priepasť, do druhej priepasti sa nedostal pre nedostatok výstroja. Mapová príloha Loučkovej monografie chybné označuje pôdorys Ď VII ako Ď IV a vymieňa názvy Ď IX a Ď XI.

56 Z dôvodu nepresnej lokalizácie a hustého porastu kosodreviny nie je v súčasnosti známa poloha vchodu Ď VI; otáznne je aj stotožnenie Ď I s Previsovou jaskyňou.

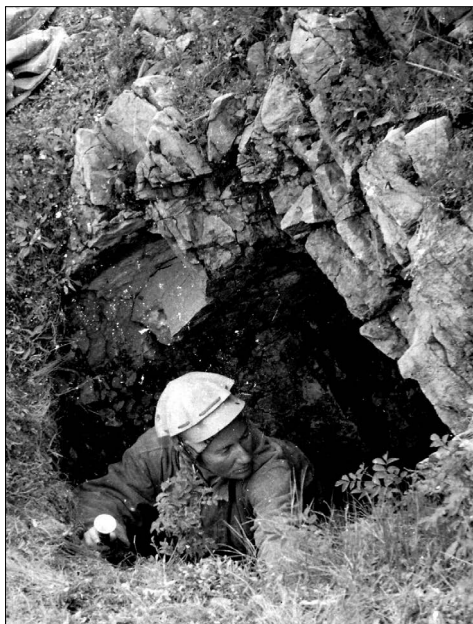
57 Prác sa celkovo zúčastnili Jarmila Jirmerová (vedúca pracoviska pre VOJ Kozie chrbty), Ferdinand Jirmer,

merová, 1959; Majko, 1959; *kol.*, 1958).

Prieskum Kozej jaskyne a sondovanie v Jaskyni mŕtvych netopierov v prvej polovici júna nepriniesli nové objavy.⁵⁸ Obe jaskyne zamerali (Jirmer, 1981). Pri povrchovom prieskume 19. 7. 1958 znovuobjavili J. Jirmerová a F. Jirmer Chudíkovu jaskyňu č. II.⁵⁹

Pracovníci pod vedením J. Jirmerovej ako prví obracajú pozornosť na ponor Halašova jama so snahou preniknúť na predpokladané hlavné riečisko jaskynnej sústavy Kozie chrbtý – Trangoška.⁶⁰ Dňa 29. 7. 1958 prenikli v Halašovej jame do podzemia;⁶¹ napriek štvortýždňovému úsiliu a trhacím prácam ich zastavili úžiny a sifón. V úsilí o preniknutie na hlavné riečisko pokračovali v ponore pod Horným salašom⁶² puklinou so silným prievanom sprevádzaným hukotom, kde pre nedostatočné technické vybavenie a jesenné dažde ukončili práce na začiatku októbra po dosiahnutí hĺbky 12 m.

V tom istom období sa venoval povrchovému geologickému prieskumu⁶³



Obr. 12. Jarmila Jirmerová vo vchode Kozej jaskyne v r. 1958. Súkromný archív Jarmily Jirmerovej

Fig. 12. Jarmila Jirmerová in the entrance of the Kozia Cave in 1958. Private archive of J. Jirmerová

Pavel Melečinský, Pavel Demanko, Milan Kováč, Ján Majko (referent pre VOJ na Slovensku). V Kozej jaskyni odpracovali ekvivalent 28 pracovných dní, v JMN 11, v Halašovej jame 193 a v ponore P2 111 dní.

58 Majkova správa (1959) hovorí o objave novej priepasti v Kozej jaskyni, pokračujúcej šikmým kanálom až po malé jazierko, ponad ktoré ťahá prieván. V skutočnosti ide o priestory preskúmané už v r. 1949 výpravou P. Droppu (Šrol, 1951a); Majko vymedzuje nové objavy voči mape v Loučkovej monografii (1956), ktorá znázorňuje len prvú priepasť; J. Jirmerová (1959) hovorí o preniknutí do ďalších priepastí v porovnaní s opisom u Chudíka (1925/1926). Ani Jirmer (1981) nehovorí o objave v Kozej jaskyni. Podľa ústnej informácie J. Jirmerovej bola úžina pod prvou priepastou rozšírená trhavinami.

59 Označili ju Ď XII, neskôr bola nazvaná Hrášková jaskyňa podľa typickej výzdoby. Stotožnenie s Chudíkovou jaskyňou č. II je isté na základe axonometrického náčrtu chodby, ako aj polohopisného náčrtu v liste Chudíka a Vydru (1925a), ktorý však J. a F. Jirmerovci nemali v tom čase pravdepodobne k dispozícii. Na konci jaskyne je zachovaný miestami ťažko čitateľný nápis „1965 | 4.8. | JIRMER“.

60 Dovtedajší prieskum sa doline Trangoška pod svahom Kozích chrbtov vôbec nevenoval. Pracovníci VOJ Kozie chrbtý farbivou skúškou z 10. 6. 1958 potvrdili hydrologické prepojenie Halašovej jamy s vyvieraciami pod Dolným salašom (slabé sfarbenie po 4 h) a Stará Trangoška (silné sfarbenie po 8 h s trvaním 8 h). Režim výdatnosti vyvieracky Stará Trangoška na základe meraní Hydrometeorologického ústavu z rokov 1958 – 1965 analyzuje Zaťko (1969).

61 Jaskyňa Ď XIII, ktorej dĺžku orientačne udávajú na 250 m, hĺbku 40 m.

62 Ponor P2 (okrem sondy Ď XIV z r. 1958 v ňom ďalšie dve sondy otvorili jaskyniari z OS SSS Brezno v 80. rokoch [ústna informácia Milana Štéca] a v r. 2005 bola objavená Jaskyňa hučiacich vodopádov). Ponor označujú za kľúčové miesto ďalšieho postupu. Celkovo evidovali 4 ponory na svahu Ďumbiera a jeden na svahu Veľkého Gáplu.

63 Podnetom na prieskum bolo overovanie výskytu Pb, Cu a Fe rúd (Kubíny, 1960b). Predchádzajúci geologický prieskum (napr. Vitásek, 1921; Kettner a Šťastný, 1931; Urban, 1934; Zoubek, 1937) sa krasovým javom špeciálne nevenoval.

okolía Trangošky Dušan Kubíny (1960a, 1960b, 1961 a b. d.). Územie medzi Štefánikovou chatou a Srdiečkom, skúmané J. Jirmerovou so spolupracovníkmi v r. 1958, označuje T[rangoška]-východ. Ako prvý venuje pozornosť aj geologicky a hydrograficky oddelenému krasovému územiu medzi Krupovou a Vajskovskou dolinou, označenému T-západ.⁶⁴

Venuje sa hydroológii (evidencia ponorov, vyvieraciek a prameňov) a povrchovým krasovým javom (závrty) v oboch oblastiach.⁶⁵ V súvislosti s podzemným krasom cituje Loučka (1956); vlastný prieskum nerobil.⁶⁶ Jaskyne boli podľa Kubínyho (1960a a 1960b) tvorené najmä ľadovcovými vodami v medziľadových dobách pleistocénu. S výnimkou Kozích chrbtov a západného svahu Príslopského potoka sú dnes podzemné priestory vyplnené. Väčšie jaskyne v tejto oblasti nepredpokladá.⁶⁷

Ďalšie známe aktivity v tejto oblasti súvisia s Jaskyniarskym týždňom na Bystrej v roku 1969 (Kámen, 1969; Kubíny, 1969, 1970). Okrem exkurzií po známych lokalitách⁶⁸ preskúmali účastníci JT 8. 7. 1969 priepasť nad Trangoškou,⁶⁹ ktorej vchod na základe informácií od lesníkov lokalizoval Kubíny v r. 1958.⁷⁰ Pomenovali ju *Srnčia priepasť* podľa nájdených kostí, nasledujúci deň bola zameraná s celkovou hĺbkou 28 m.⁷¹

Vstupná chodba Kozej jaskyne bola podľa desiatok podpisov v mäkkom sintri hojne navštevovaná najmä koncom 60., v 70. a začiatkom 80. rokov. Roku 1972 navštívili Koziu jaskyňu dve exkurzie, o ktorých sa zachovali záznamy – 11. 7. 1972 členovia OS SSS Ružomberok⁷² a členovia TJ Spojie Bratislava (Hochmuth, 1972); následne 11. 10. 1972 členovia OS SSS Brezno⁷³ (*an.*, 1972). Obe exkurzie dosiahli koncové jazierko; prievan zaznamenali v kratšej odbočke pod 2. priepasťou.

Ďalšie jaskyne mali pravdepodobne tiež príležitostných návštevníkov. Vieme o skúmaní možnosti lezeckých výstupov v komínoch JMN (Ď VII) a v Srnčej priepasti horolezcami okolo Jozefa Paceru r. 1977.⁷⁴

64 Krasové územie ako celok nazýva *Vysokohorský kras v okolí Trangošky*, resp. *Kras trangošskej synklinoriálnej depresie*.

65 Kubínyho práca (1961) prináša mapu povrchových krasových útvarov; práce (1960a a 1961) geologické mapy krasov v okolí Trangošky.

66 Pri tomto prieskume lokalizoval vchod Srnčej priepasti (Kubíny, 1969 a 1970).

67 „Maximálna šírka vápencov je 300 m, ale v prevahe majú šírku len do 100 m a v niektorých miestach len okolo 60 m. Z toho je zrejme, že v takomto obmedzenom rozsahu vystupovania vápencov nemožno očakávať väčšie jaskynné priestory.“ (Kubíny, 1961).

68 „[...] uskutočnili obhliadku krasových javov na Kozích chrbtoch, prezreli si ponor v Halašovej jame a vyvieráčku na Trangoške.“

69 Krasová oblasť malého rozsahu, v ktorej priepasť leží, je izolovaná od krasu T-východ (Kubíny, 1970).

70 Vstupnú priepasť s hĺbkou 6 m zliezli už skôr neznámi návštevníci, na rozdiel od nasledujúcej hlavnej priepasti. Účastníkmi prvozostupu podľa Kubínyho (1969) boli M[ilan] Velič, D[ušán] Kubíny, L[adislav] Szűcz, J. Tanuška, M[ilan] Obetko, F[erdinand] Jirmer, O[ndrej] Hibler, J. Lotharides, P[eter] Zavit, Z[denko] Hochmuth ml., D. Hlúbiková, P[avol] Nemček, P[eter] Patek, L. Kazda; na povrchu zostal J. Horváth. Článok (1970) od toho istého autora vynecháva Hlúbikovú, Kazdu a Horvátha a pridáva dr. Walterovú a L[ud'ka] Hochmutha.

71 Jaskyňu zamerali [Ivan] Cebecauer, A[lfonz] Chovan, Z. Hochmuth, M. Velič, I. (?) Tanuška, L. Szűcz, V[ladimír] Vadovský (Kubíny, 1970).

72 Z. Hochmuth, P. Zavit, S[tanislav] Darula, L. Hochmuth; vstupné časti jaskyne poznali z exkurzie na Jaskyniarskom týždni 1969.

73 „[...] po mnohých prípravách [...] po 13 rokoch [...]“

74 Ústna informácia J. Paceru zo sept. a okt. 2011. Údaj o roku je len pravdepodobný, mohlo ísť aj o r. 1976.

OBJAV JASKYNNÉHO SYSTÉMU

V auguste 1977 sa podarilo Pavlovi „Pachovi“ Bičianovi a Milanovi Pajanovi, v tom období brigádnikom na Chate hrdinov SNP, preniknúť cez komín⁷⁵ na konci vtedy šesťdesiatmetrovej Jaskyne mŕtvych netopierov do voľných chodieb, zhruba po Dúhový dóm. V ďalších rokoch až do r. 1982 – 1983 preskúmali s príležitostnými hosťami ešte časti Západnej a Východnej chodby.⁷⁶ Objavy neboli publikované ani verejne známe a útržky informácií o nich boli dlhý čas kontroverzné.⁷⁷



Obr. 13. Na dne druhej priepasti v Kozej jaskyni 11. 7. 1972. V strede Peter Zanvit, ostatní pravdepodobne z TJ Spoje. Foto: Z. Hochmuth

Fig. 13. At the bottom of second pit in the Kozia Cave on July 11, 1972. Peter Zanvit in the middle, other persons are probably members of TJ Spoje. Photo: Z. Hochmuth

Centrálné priestory Jaskyne mŕtvych netopierov s dĺžkou počítanou v kilometroch sa podarilo objaviť až mladej generácii jaskyniarov v r. 1981. Na odporúčanie Ferdinanda Jirmera st. (bez vedomosti o prieskume P. Bičiana a M. Pajana) navštívili dňa 27. 9. 1981 v rámci exkurzie po krasových javoch v okolí Trangošky a na Kozích chrbtoch aj Jaskyňu mŕtvych netopierov (Jirmer, 1981; Štéc, 1998). Po niekoľkohodinovom hrabaní v závale⁷⁸ na konci vtedy známej jaskyne prenikli Milan Štéc, Juraj Peťko a Igor Schober do voľných priestorov (Štéc, 1993) v rozsahu známom zhruba P. Bičianovi. Už 17. a 31. 10. 1981 objavujú jaskyniari pod vedením M. Štéca rozsiahle pokračovanie jaskyne s dĺžkou asi 1 km. Začalo sa obdobie objavov, v tejto lokalite dovtedy nepredstaviteľných.⁷⁹

75 Louček (1956) si všimol na konci jaskyne dva komíny, avšak hodnotí: „Komíny nelze prolézt. Podařilo se mi do nich vniknout asi 2 m vysoko, ale pokračují dále. V obou komínech je ostrý průvan, který jsem však nezjistil ve vlastní jeskyni [...]“.

76 Najmä s P. Heribanom a K. Grigelom. Skúmali bez riadneho výstroja (bez prilieb a s ručnými baterkami). Asi r. 1980 mal v jaskyni natočiť dokumentárny film Ivan Ondrejka. Všetky údaje podľa ústnej informácie P. Bičiana zo septembra 2011. Rok 1977 overený u M. Pajana.

77 Po nezávislom objave v r. 1981 uvádza stopy po predchádzajúcich návštevníkoch v chodbách za závalom Jirmer (1981) aj Štéc (1993). Dlhو sa predpokladalo, že do jaskyne sa mohli dostať Horným vchodom (Jirmer, 1981) alebo cez Orlie okno, ktoré boli síce otvorené, avšak dobre maskované v kosodrevine. P. Bičian v rozhovoroch začiatkom 80. rokov uvádzal, že sa do jaskyne dostal cez JMN (Ď-VII). To sa zdalo nemožné, keďže koncový zával bol do septembra 1981 neporušený. Skutočnosť, že extrémne tesný komín, začínajúci sa tesne pred závalom, ústi do priestorov za závalom, bola miestnym jaskyniarom neznáma až do rekonštrukcie prieniku v septembri 2011.

78 Podľa zápisu v denníku (b. d. a) si A. Král už v r. 1926 všimol voľný priestor za vtedajším koncovým závalom, v sondovaní však nepokračoval: „[...] za stupňem směrem na východ se chodba zvyš. v komín. dóm asi 10^m vys. (strop) chodb(y) náhle klesá, po 8^m lomí se přesně k jihu kde za 2dm [2^m/m?] vys. těs. šíří se v prostor“.

79 Bližšie podrobnosti o ďalšom prieskume uvádza Štéc (2000).

ZÁVER

Počas prieskumu v rokoch 1925 – 1981 bolo v Ďumbierskom vysokohorskom krase objavených 14 jaskýň, z ktorých boli najvýznamnejšie Kozia jaskyňa (dlhá cca 230 m, hlboká cca 60 m), Jaskyňa mŕtvych netopierov (so všeobecne známou dĺžkou 60 m; po r. 1977 v nej nejaskyniari prebádali niekoľko stoviek metrov), Ď V (Rádiová jaskyňa) s dĺžkou 37 m, Hrášková jaskyňa (40 m) a jaskyňa Ď XIII v Halašovej jame. Krasové územie bolo opakovane opísané formou monografie a odborných článkov.

Objavom centrálnych častí Jaskyne mŕtvych netopierov nastal výrazný prelom v prieskume a spoznávaní tohto krasového územia. Dĺžka preskúmaných a zmapovaných chodieb JMN dosiahla 10 km v roku 1996 a 20 km v roku 2010 vďaka desiatkam dobrovoľných jaskyniarov venujúcim sa objavovaniu a mapovaniu tejto jaskyne. Časť jaskyne bola vo forme vodcovskej služby sprístupnená r. 1996.

Najvýznamnejšie jaskyne objavené po roku 1981 sú Jaskyňa studeného vetra⁸⁰ v závere doliny Štiavnica s dĺžkou 1818 m a Jaskyňa hučiacich vodopádov⁸¹ s dĺžkou 94 m.

PodĎakovanie: Ďakujem Bohuslave Gregorovej za poskytnutie dokumentov zo ŠA BB, Jarmile Jirmerovej za informácie o výskume v 50. rokoch, fotografie a kontakt na Ivana Lehotského, Ivanovi Lehotskému za informácie o správe z breznianskej kroniky, príbuzným Jána Chudíka (dcéry Bibiana Sigotská a Klára Kmeťová, takisto Daniela Zacharová-Jarunková, Ilda Chudíková, Leo Kilvády, Ernest Kilvády) za informácie a fotografie bratov Chudíkovcov, Petronele Stolárovej za pomoc pri hľadaní príbuzných Jána Rosiara, praneteri Jána Rosiara Marcela Krupovej za informácie a fotografie, Arpádovi Hollmannovi ml. a dcére E. Hollmana Henriete Bargerovej za informácie a fotografie, dcére Jozefa Kovalčíka Nadežde Surovičovej za fotografie, Anne Fischerovej, Alene Chudíkovej a p. Gašperíkovej za pomoc pri hľadaní príbuzných Alexandra Böhmera, synovcovi A. Böhmera Leovi Spišákovi za informácie, Angele Liptákovej a Ludmile Kuchelovej za informácie a fotografie z histórie podbrezovského odboru KČST, Milanovi Štécovi za informácie a kontakt na J. Paceru a P. Bičiana, J. Pacerovi, P. Bičianovi a M. Pajanovi za informácie o ich návštevách jaskýň na Kozích chrbtoch, J. Rubínovi, M. Prosovej, Z. Královej, V. Příbylovi a B. Balatkovi za informácie o Dimitrijovi Loučkovi, Jolane Pospíšilovej za spomienky na dobu chatára Petrlu, H., M. a L. Krasulovej a M. Jakubíkovej za informácie o bratoch Krasulovcoch, pracovníkom múzeí a archívov (SMOPaJ – menovite p. Greschovej, SNM, Horehronské múzeum, Muzeum brněnska – Podhorácké múzeum, ŠA BB, archív Železiarní Podbrezová, VHA, Vojenský archív, archív PÚ SR) za ochotne poskytnuté informácie, takisto P. Genderovi, M. Kiššimonovi, D. Kaliskému, P. Mlynarčíkovi, p. Greksákovi, J. Greschnerovi, P. Holúbkovi, J. Vajsovi, Š. Škorupovi, E. Bukovínovej, p. Richterovej, P. Šterbovi, E. Kúdelkovej, M. Luptákovej za kontakty na tie správne osoby.

80 Vstupné partie s dĺžkou 240 m objavili 31. 7. 1998 Milan Štéc, Stacho Mudrák, Miroslav Kováčik a Peter Sedlák; väčšina priestorov bola objavená v lete r. 1999.

81 Po dlhšom sondovaní na novom mieste v ponore P2 prenikli do voľných priestorov 13. 8. 2005 Milan Štéc, Ferdinand Jirmer ml., Martin Budaj. Ďalšie postupy nasledovali v septembri a októbri r. 2005.

PRAMENE A LITERATÚRA

- an. 1925a. List Štátneho referátu na ochranu pamiatok na Slovensku č. 1918/25 z dňa 4. alebo 5. 9. 1925 konzervátorovi Aloisovi Královi. Muzeum brněnska, Podhorácké muzeum v Předklášteří, ČR, pozůstalost Aloise Krále (ďalej PMAK), inv. č. 113. Kópia v SMOPaJ, osobný fond Alois Král, šk. 65. *Výzva na obhliadku jaskýň za účasti členov KČST. Podľa poznámky na liste boli účet a správa o obhliadke zaslané Št. referátu 22. 9. 1925. Správu sa nám v archíve Pamiatkového úradu SR ani v SMOPaJ nájsť nepodarilo.*
- an. 1925b. Opětný objev nových jeskyň na Slovensku. *Dělnické listy* (Viedeň) 30. 11. 1925.
- an. 1925c. Nová krápniková jeskyňe na Slovensku. *Mladý živnostník* (Praha) 1. 12. 1925.
- an. 1925d. Objev dumbierských jeskyň. *Národní listy* (Praha) 21. 12. 1925 večer. *Článok napísaný na základe informácií odboru KČST Ďumbier, pri článku sú schematické mapy jaskýň a ich lokalizácie.*
- an. 1925/1926a. *Krátke informácie o objave v správach Stredoslovenskej župy KČST*: Časopis turistů, XXXVII, 1925 (11), 332; Krásy Slovenska, V, 1925/1926 (3), 81.
- an. 1925/1926b. V Bystrinskej jaskyni... Krásy Slovenska V, 1925/1926 (5), 144. *Postup prieskumu odboru KČST v Podbrezovej, narážka na spor s A. Králom.*
- an. 1928. Fotografia k správe *Štefánikova chata KČST na Ďumbieru* s textom „Kozí chrbáty, v nichž jsou jeskyňe [...]“. Časopis turistů, XL, 1928 (9), 249; 266–267.
- an. 1972. Plán práce na rok 1972 [sic]. Skupina SSS č. 7 – Brezno, 1972. Odpis, strojopis, archív SMOPaJ, fond Podzemné krasové javy, šk. 62.
- BEL, M. 1736. Notitia Hungariæ novæ historico geographica... II, Viennæ 1736. ^s
- [BENICKÝ, V.] 1949. Jaskyne pod Ďumbierom. *Ciel'* (Žilina) a [BENIČKÝ, V.]: Pohrebisko z kamennej doby. *Lud* (Bratislava), obidva články z 23. 9. 1949.
- BENICKÝ, V. 1950. Z činnosti Slov[enskej] speleolog[ickej] spoločnosti. Krásy Slovenska, XXVII, 1950 (5–8), 98–101.
- DROPPA, A. 1957. D. Louček, Ďumbírsky velehorský kras. Geografický časopis, IX, 1957 (4), 255–256. *Recenzia práce Louček (1956).*
- DROPPA, A. 1968. Vysokohorské krasové oblasti ČSSR. Československý kras, XIX, 1968, 59–68. *Štúdia podáva takmer výlučne informácie už obsiahnuté v prácach Loučka (1956) a Kubínyho (1961). Venuje sa Kubínum vymedzenej oblasti T-východ.*
- DROPPA, A. 1973. Prehľad preskúmaných jaskýň na Slovensku. Slovenský kras, XI, 1973, 111–157. *V Ďumbierskom vysokohorskom krase uvádza zoznam 11 jaskýň podľa Loučka (1956) a Srnciu priepasť. Jaskyňu Ď VII nazýva Jaskyňa netopierov napriek tomu, že už v r. 1958 bola pomenovaná Jaskyňa mŕtvych netopierov (Jirmerová, 1959; Majko, 1959).*
- ek 1925. Entdeckung neuer Grotten in der Slowakei. *Prager Presse* (Praha) 25. 11. 1925 ráno.
- GULIČKA, J. 1975. Fauna slovenských jaskýň. Slovenský kras, XIII, 1975, 37–85. *Zmienka o kostiach srnca v Srncjej priepasti podľa Kubínyho (1970).*
- HOCHMUTH, Z. 1972. Kozia jaskyňa na Kozích chrboch /pri Ďumbieri/ 11. 7. 1972 – 12. 7. 1972. Správa. Strojopis s prílohou 5 fotografií, archív SMOPaJ, fond Podzemné krasové javy, šk. 62. *Ďalšie fotografie z tejto výpravy sú v archíve Z. Hochmutha.*
- HOUDEK, I. 1953. Nízke Tatry včera a dnes. Bratislava 1953, 224 s.
- CHUDIK, JÁN – VYDRA, V. 1925a. List odboru KČST Ďumbier č. 302/925 z dňa 30. 8. 1925 Okresnému úradu v Brezne. Príloha náčrt vrcholu Kozieho chrpta a podzemných chodieb č. I. a II. z 25. 8. 1925. ŠA v B. Bystrici, pob. B. Bystrica, fond Okr. úrad v Brezne 1923 – 1945, inv. č. 537, šk. 211, č. spisu 7861/925. *Oznámenie objavy úradom. Kópie boli podľa listu zaslané Št. pamiatkovému úradu v Bratislave, Župnému úradu vo Zvolene, KČST v Prahe a Stredoslovenskej župe KČST vo Zvolene. Náčrt z prílohy publikoval Jirmer (1981).*
- CHUDIK, JÁN – VYDRA, V. 1925b. Opäť krápnikové jaskyne na Ďumbieru. Stručný popis o ich skúmaní. Nedatovaný strojopis (pravdepodobne z 2. polovice októbra 1925), 2 s. NA ČR, fond 742 Klub československých turistů, šk. 273. Kópia v SMOPaJ. *Reakcia na Těsnohlídkov článok (1925a), pravdepodobne predloha článkov so, 1925; an., 1925d a Chudík, 1925/1926. Správa je obsiahlejšia ako oznámenie Chudíka a Vydru (1925a), odlišuje sa však v chronológii prvých dní prieskumu. Obsahuje už aj informácie o prieskume Kozej jaskyne.*

- CHUDÍK, JÁN – VYDRA, V. 1925c. List odboru KČST Ďumbier č. 371/925 z dňa 7. 11. 1925 Okresnému úradu v Brezne. Príloha: odpis listu č. 368/925 obecnému predstaviteľstvu na Mýte p. Ďumbierom. ŠA v B. Bystrici, pob. B. Bystrica, fond Okr. úrad v Brezne 1923 – 1945, inv. č. 537, šk. 214, č. spisu 9686/925. *Informácia o stave prác v Bystrianskej jaskyni, zámer zmluvne určiť práva KČST a obce Mýto pri ďalšom prieskume.*
- CHUDÍK, JÁN 1925/1926. Kvapľové jaskyne na Ďumbieri. Krásy Slovenska, V, 1925/1926 (4), 106–107.
- CHUDÍK, JÁN – [nečitateľný podpis podpredsedu odboru KČST Ďumbier] 1926: List odboru KČST Ďumbier č. 163/926 z dňa 23. 7. 1926 Okresnému úradu v Brezne. ŠA v B. Bystrici, pob. B. Bystrica, fond Okr. úrad v Brezne 1923 – 1945, inv. č. 492, šk. 22, č. spisu 790/1926. *Odpoveď na dotazník pre potreby štatistiky turistiky.*
- CHUDÍK, JÁN 1932. List odboru KČST Ďumbier ústrediu KČST z dňa 7. 9. 1932. NA ČR, fond 742 Klub československých turistů, šk. 273. Kópia v SMOPaJ. *Vyjadrenie obavy, že J. Kovalčík so spoločníkmi sa môžu usilovať o zmluvné prevzatie jaskyne na Ďumbieri po prípadnom neúspechu sprístupnenia jaskyne na Bystrej. Následná žiadosť ústredia KČST o posúdenie informácií adresovaných nájomcovi chaty na Ďumbieri Robertovi Petrovi z dňa 16. 9. a 15. 11. a odpoveď z 10. 12. 1932 tamtiež, venujú sa však jaskyniam na Bystrej.*
- CHUDÍK, JÚLIUS – JARUNKOVÁ, K. 1978. Horehronský talizman. Bratislava 1978, 184 + 32 s. *Kniha uvádza niektoré životopisné údaje o Deziderovi Chudíkovi. Prvou manželkou Júliusa Ch. bola sestra Dezidera a Jána Ch. Janka (1895 – 1930).*
- JIRMER, F. 1981. Objavy v Kozích chrbtach. Spravodaj SSS, XII, 1981 (4), 13–15.
- JIRMEROVÁ, J. 1959. Ďumbiersky vysokohorský kras. Krásy Slovenska, XXXVI, 1959 (9), 355–356.
- KÁMEN, S. 1969. Jaskyniarsky týždeň v Bystrej. Krásy Slovenska, XLVI, 1969 (10), 398–399.
- KETTNER, R. – ŠĚASTNÝ, V. 1931. Coup d'œil sur la géologie du versant sud de la Basse Tatra, In MATĚJKA, A. – ANDRUSOV, D. (Eds.): Guide des Excursions dans les Carpathes occidentales [...] / Texte, Knihovna státního geologického ústavu ČSR, zv. 13. A, Praha 1931, 229–236.
- KIESENWETTER, H. 1869. Eine Excursion nach der Babia Gora und in das Tatragebirge im Sommer 1868. Berliner Entomologische Zeitschrift, XIII, 1869 (3–4), 305–320. ⁸
- kol. 1926. Smluva uzavretá na Mýte dňa 6. júna 1926. medzi Spolkom bývalých urbarialistov obce Mýta na jednej a medzi Jozefom Kovalčíkom, Arpádom Hollmannom a spoločníkmi na druhej strane, ohľadom skúmania otvorov a jaský[n]. Rukopis, 2 s., archív SMOPaJ, fond Družstvo bystrianskych jaskýň, inv. č. 28. *Zmluva mala zabezpečiť exkluzivitu prieskumu pre uvedených prieskumníkov. Už 15. 11. 1925 žiadali J. Kovalčík a Ernest Laubert Aloisa Krála o podporu na exkluzívne poverenie na prieskum Št. pamiatkovým úradom (list v PMAK, inv. č. 134; kópia v SMOPaJ, OF Alois Král).*
- kol. 1949. Jaskyňa na Veľkom Gapli pod Ďumbierom. *Rozvinutý rez a pôdorys Kozej jaskyne v mierke 1 : 250; zamerali dňa 18. 9. 1949 členovia SSS z Lipt. Sv. Mikuláša.* Archív SMOPaJ, fond Podzemné krasové javy, šk. 62.
- kol. 1958. *Krátke novinové správy: čt: Nové prírodné krásy pod Ďumbierem. Lidová demokracie (Praha), an.: Jaskynné krásy pod Ďumbierom. Lud (Bratislava), ku: Pod Ďumbierem ďalšie krásy. Mladá fronta (Praha), an.: Jaskyne pod Ďumbierom. Práca (Bratislava), ČTK: Pod Ďumbierom odkrývajú jaskynné krásy. Pravda (Bratislava) a ČTK: Pod Ďumbierom odkrývajú ďalšie jaskyne. Rudé Právo (Praha), všetky z 26. 8. 1958; č: Bohatá kvapľová výzdoba. Roľnícke noviny (Bratislava) z 28. 8. 1958.*
- kol. b. d. Archív Železiarni Podbrezovej, a. s., fond Železiarne v Podbrezovej, úč. spol. 1840 – 1945, inv. č. 15, 19, 22, 23, 30, 376.
- KOVALČÍK, J. 1958. Bystrá a ľudia. Strojopis z 3. 5. 1958, 83 l. Archív SMOPaJ, osobný fond Jozef Kovalčík. *O. i. zmenky o bratoch Hollmannovcoch, J. Chudíkovi a A. Královi v súvislosti s Bystrianskou jaskyňou.*
- KRÁL, A. 1925a. List Rudolfovi Těšnohlídkovi datovaný 25. 10. 1925. PMAK, inv. č. 12. *Oznamuje úmysel odoslať „2 negatívy Vojtovy, [...] detail škrap. pole pod Ďumb.“*
- KRÁL, A. 1925b. List Rudolfovi Těšnohlídkovi datovaný 7. – 8. 11. 1925. PMAK, inv. č. 12. Kópia v SMOPaJ. *Rozmrznosť z výčítky v článku (so, 1925), že sa podbrezovskému odboru pred*

- prehliadkou neohlásil, a z tvrdenia, že navštívil len jednu jaskyňu. Informácia o poznatkoch staviteľa Jiráka o jaskyni pri začatí výstavby Štefánikovej chaty.
- KRÁL, A. 1925c. Nedatovaný list Rudolfovi Těsnohlídkovi, podľa obsahu bol napísaný niekoľko dní pred 6. 12. 1925. PMAK, inv. č. 12. *Relevantná časť: „Výstřiž. kancelář dodala mi včera takovou záplavu zpráv o veľkolepých objevech p. Chůdika a Rosiara, že jsem znechucen i vlastní vinou, že jsem si někdy neurval den-dva k zjištění dle neurčitých zpráv zvěč. stavitele Jiráka, i tím, jaký si provádějí oni pánové a spolupracovníci – skutečně humbug. Je možno, že mimo tuto (vítanou) zbraň mají zosnováno Vámi zmíněné spiknutí a zatahují v ně i Antola.“*
- KRÁL, A. 1925d. List Rudolfovi Těsnohlídkovi datovaný 27. 12. 1925. PMAK, inv. č. 12. Kópia v SMOPaJ. *Komentár k článku (an., 1925d), nadpisy označuje za „skutečně bombastické“.*
- KRÁL, A. 1926a. List Rudolfovi Těsnohlídkovi, podľa obsahu bol pravdepodobne napísaný 10. 9. 1926 (strana s datovaním a podpisom chýba, dodatočne vpísaný dátum 31. 5. 1926 je nepravdepodobný, keďže 1. existuje iný list s týmto dátumom; 2. v liste sa zmieňuje o neuskutočenej návšteve hostí prez. Masaryka a o prehliadke jaskýň na Ďumbieri, čo sa zhoduje s údajmi k 8.–10. 9. 1926 v jeho denníku (b. d. b) a 3. v liste hovorí, že robotníci pre dažďe opustili stavbu chaty na Ďumbieri v auguste a v čase návštevy sa opäť stavalo). PMAK, inv. č. 12. Kópia v SMOPaJ. *Referát o druhej obhliadke jaskýň, korekcia dlžok udávaných J. Chudíkom, informácie o zámeroch odboru KČST sprístupniť a osvetliť Koziu jaskyňu, návrh, aby použili veternú namiesto vodnej elektrárne.*
- KRÁL, A. 1926b. List Rudolfovi Těsnohlídkovi datovaný 24. 9. 1926. PMAK, inv. č. 12. Kópia v SMOPaJ, osobný fond Alois Král. *Zmienka o neúspešnom pokuse nájsť poslednú jaskyňu a skončiť úradnú prehliadku. O zámere ísť na túto obhliadku hovorí v liste Těsnohlídkovi z 21. 9. 1926 uloženom tamže.*
- [KRÁL, A.] b. d. a. [Denník, roky 1926 – 1927] s. 24–26 (28?). Archív SMOPaJ, osobný fond Alois Král, šk. 63. Zošit 10 × 16 cm, 102 s.
- [KRÁL, A.] b. d. b. Denník cest, práce a výprav v r. 1921 – 1926. Archív SMOPaJ, osobný fond Alois Král. Strojopis s rukopisnými vsuvkami, 41 l. *Napriek titulu zasahuje po r. 1931.* Iné exempláre: PMAK, inv. č. 159. *Podľa Královej poznámky na kópiách z r. 1950 denníky „vyhotovil dle mých zápisků, mého diktátu psacím strojem“ Alois Lutonský.*
- [KRÁL, A.] b. d. c. *Nepodpísané a nedatované strojopisné vyhlásenie, že sa nevyhlasoval za objaviteľa jaskyne pri Valaskej a v Kozích chrbtoch.* PMAK, inv. č. 113. Kópia v SMOPaJ, osobný fond Alois Král.
- KRZISCH, J. F. 1860. Notizen über eine botanische Excursion in die Fatra, die Central-Karpaten der Liptau und das Tátra-Gebirge. Oesterreichische botanische Zeitschrift, X, 1860 (5), 143–161.[§]
- KUBÁT, J. 1927. Zo Zvolena na Ďumbier. 23. marca 1927 bez lyží so žiakmi. Krásy Slovenska, VI, 1927 (3–4), 79–88. *V texte: „Určujeme Gápel' [...], na ktorom je od nás neďaleko vchod do podzemnej jaskyne vápencovej [...]“.*
- KUBÍNÝ, D. 1960a. Vysokohorský kras v okolí Trangošky. Krásy Slovenska, XXXVII, 1960 (1), 14–16. *Širšie koncipovaný strojopis článku je uložený v archíve SMOPaJ, osobný fond Dušan Kubíny.*
- KUBÍNÝ, D. 1960b. Príspevok ku geológii okolia Trangošky. Geologické práce, Zprávy 17, Bratislava 1960, 97–104.
- KUBÍNÝ, D. 1961. Krasové systémy v obalových sériách Liptovských a Nízkyh Tatier. Slovenský kras, III, 1961, 3–20. *Strojopis článku s detailnejšími mapami je uložený v archíve SMOPaJ, osobný fond Dušan Kubíny.*
- KUBÍNÝ, D. 1969. Krasová priepasť na Trangoške. Krásy Slovenska, XLVI, 1969 (12), 478.
- KUBÍNÝ, D. 1970. Geologické a speleologické pomery krasového územia v okolí Srnčej priepasti na Trangoške. Slovenský kras, VIII, 1970, 99–102. *Podkladové mapy sú uložené v archíve SMOPaJ, osobný fond Dušan Kubíny.*
- KUBÍNÝ, D. b. d.. Trangošský vysokohorský kras. *Nedatovaný strojopis, 3 l., archív SMOPaJ, osobný fond Dušan Kubíny.*
- KUBINYI, F. 1846. Bericht über die vom Djumbier (6507' hoch über die Meeresfläche) beobachtete Sonnenfinsterniß vom 8. July 1842, In ZIPSER, C. A.: Die Verfammlungen ungarischer Aerzte und Naturförcher..., Neufohl 1846, 111–113.[§]

- KUČERA, B. – HROMAS, J. – SKŘIVÁNEK, F. 1981. Jeskyně a propasti v Československu. Praha 1981, 252 s. *K oblasti Ďumbířský velehorský kras uvádza, že je tam okolo 20 jaskýň a ponory; menovite spomína Kozíu j., Halašovu jamu a JMN.*
- KUZMÁNY, P. 1900. Horehronie. Slovenské pohľady, XX, 1900, 262–270. *Spomienky na výlet na Ďumbier v 40. rokoch 19. stor.*^z
- [LIPSZKY, J.] 1799 až 1801. Conspectus prævius incl[ŷti] co[mi]t[a]tus Zoliensis. *Rukopisná mapa, 1799–1801.*^k
- LIPSZKY, J. 1806. Mappa generalis regni Hungariæ... Tab: II., Pesthini 1806.^v
- LOUČEK, D. 1956. Ďumbířský velehorský kras. Rozpravy ČSAV, řada MPV, LXVI, 1956 (3), Praha, 54 s., 6 máp v texte, 2 ilustrácie, 16 čb fotografií, 3 l. mapových príloh.
- LUDOVÍT, I. 1380. Privilegiálna listina mesta Brezna z r. 1380. Transumpt z r. 1494 v ŠA v B. Bystrici, pob. B. Bystrica, fond Archív mesta Brezna, listina I,2/1. Ed. In # FEJÉR, G. (Ed.): Codex diplomaticus Hungariæ ecclesiasticus ac civilis IX/5, č. CCVIII, Budæ 1834.
- LUTTERER, I. – MAJTÁN, M. – ŠRÁMEK, R. 1982. Zeměpisná jména Československa. Praha 1982, 376 s.
- MAJKO, J. 1959. Vyhodnotenie: výsledkov výskumných a sondovacích jaskyniarských prác na pracovisku v V Kozíej jaskyni Ď. IV. v Kozích chrbtoch za rok 1958 (*datované 10. 12. 1959*); Vyhodnotenie: výsledkov výskumných a sondovacích jaskyniarských prác na pracovisku v Jaskyni mŕtvých netopierov Ď. VII. v Kozích chrbtoch za rok 1958 (*datované 10. 12. 1959*); Výsledok: povrchového prieskumu prevedeného v Kozích chrbtoch 1958 (*datované 11. 12. 1959*); Vyhodnotenie: výsledkov výskumných a sondovacích jaskyniarských prác na pracovisku v závrtoponore Halašovej jame Ď. XIII. v Kozích chrbtoch za rok 1958 (*datované 11. 12. 1959*); Vyhodnotenie: výsledkov výskumných a sondovacích jaskyniarských prác na pracovisku pre VOJ Kozie chrbty v závrto ponore pod Horným salašom Ď. XIV. za rok 1958 (*datované 12. 12. 1959*); Soznam vyhodnotení; Súhrn zpráva o prevedených výskumných a sondovacích jaskyniarských prácach na jednotlivých pracoviskách za rok 1958 (*datované 14. 12. 1959*). Strojopis, 8 l., archív SMOPaJ, fond Podzemné krasové javy, šk. 62, 385, 2794, 2986.
- RUBÍN, J. – SKŘIVÁNEK, F. 1963. Československé jeskyně. Turistické zajímavosti ČSSR. Praha 1963, 105 s. *Publikácia pravdepodobne čerpá z článku J. Jirmerovej (1959), menovite uvádza JMN a Kozíu jaskýňu. Celkovo však hovorí o 15 jaskyniach v porovnaní so 14 u Jirmerovej (1959).*
- SEKYRA, J. 1953. Jeskyně na Kozích hřbetech na Ďumbíru. In KUNSKÝ, J. et cons.: Geomorfologická exkurse do Nízkých Tater r. 1950. Kartografický přehled, VII, 1953, 150–165, 1 mapa, 2 relevantné čb fotografie.
- SLUKA, M. – ZAPLETAL, J. 1988. Výsledky využitia rádiestovej metódy v speleológii. Spravodaj SSS, XIX, 1988 (1–2), 9–14. *Článok obsahuje mapu Rádiovej jaskyne s kópiou nápisu z r. 1944.*
- so 1925. Zase nové krápnikové jaskyne v Nízkyh Tatrách. *Národný denník* (Bratislava) 3. 11. 1925.
- STUR, D. 1868. Bericht über die geologische Aufnahme im oberen Waag- und Gran-Thale. Jahrbuch der kaiserlich-königlichen Geologischen Reichsanstalt, Wien, XVIII, 1868 (3), 337–426.^s
- ŠEBESTA, V. 1928. List Aloisovi Královi z 6. 8. 1928. PMAK, inv. č. 134. Kópia v SMOPaJ. *Informácia o dvoch jaskyniach neďaleko stavby Štefánikovej chaty.*
- ŠROL, S. 1951a. Výlet do podzemia Veľkého Gápla. Rukopis evidovaný 22. 5. 1951, archív SMOPaJ, fond Podzemné krasové javy, šk. 62, 2 l. Upravený text ako strojopis, tamže, 3 l. *Značne skrátaná verzia strojopisu bola publikovaná ako (Šrol, 1951b).*
- ŠROL, S. 1951b. Výlet do podzemia Veľkého Gápla. *Krásy Slovenska*, XXVIII, 1951 (8), 184–185.
- ŠTÉC, M. 1993. Vôňa objavu. Spravodaj SSS, XXIV, 1993 (2), 36–40. *Beletristické spracovanie pŕieniku za koncový zával JMN dňa 27. 9. 1981.*
- ŠTÉC, M. 1998. Odišiel kráľ horehronských jaskyniarov (Ferdinand Jirmer 1930 – 1998). Spravodaj SSS, XXIX, 1998 (3), 55.
- ŠTÉC, M. 2000. Sprievodca Ďumbířským vysokohorským krasom. Jaskyňa mŕtvych netopierov. Vlastným nákladom, 72 s.

- ŠTULRAJTEROVÁ, A. – WEISS, J. (Eds.) 2005. Brezno v premenách času. Banská Bystrica 2005, 256 s.
- T[ĚSNOHLÍDEK, R.] 1925a. Jeskyně na Ďumbieru. *Lidové noviny* (Brno) 14. 10. 1925. Článek bol pravdepodobne napísaný na základe nám neznámeho listu A. Krála.
- TĚSNOHLÍDEK, R. 1925b. List Aloisovi Královi datovaný 25. 11. 1925. PMAK, inv. č. 11. *Relevantná časť*: „Dnes čtu v Prager Presse článok o objeve pánů Chudíka a Rosiara. Upozornil jsem redakci, že to není nic nového po našich dřívějších zprávách, poslal jsem ihned obrázky naše a pošlu ještě obrázky z Dumbieru, jakmile je Braun udělá. To tak trošičku [v]ypadá jako spiknutí, ale škodit nám to naštetí nemůže. V tom případě je leda vidět, jak se objevuje jinde a jak se může rhat i dynamitem, aniž se památkový úřad probudí. To jim připomenu příležitostně.“ K téme použitia trhavín pod Ďumbierom sa vracia v listoch z 10. 3. 1926 (tu navrhuje jednu správu jaskýň Lipt. krasu, keďže „[...] samovolné badání na Dumbiru, kde se razi cesta traskavinami nutí, aby se předešlo poškození a tříštění jak v Mor. Krasu.“) a 12. 3. 1926, uložených tamže. Článek (ek, 1925) hovorí len vo všeobecnosti o „Erweiterung der Felsspalten“.
- TIBENSKÝ, J. – URBANCOVÁ, V. 2003. Slovensko očami Európy 900 – 1850. Bratislava 2003, 328 s.
- URBAN, K. 1934. O basické vyvřelině z jižního svahu Ďumbieru v Nížkých Tatrách. *Rozpravy II. třídy ČA*, XLIV, 1934 (30), 1–7. *Zmienka o predchádzajúcom náleze bázičických mandľovcovitých vyvřelín neďaleko Štefánikovej chaty prof. Kettnerom a zakreslení ich izolovaných výskytov v stredotriasových vápencoch a dolomitoch Kozích chrbtov v Kettnerovej rukopisnej mape z r. 1931.*
- VITÁSEK, F. 1921. O starých ledovcích na Ďumbiru, *Sborník československé společnosti zeměpisné*, XXVII, 1921, 68–75.
- VOLKO, J. – ŠROL, S. 1948. Referát jaskyniarskej skupiny Pavla Revaja st. vo Svätójskej doline r. 1948 a prevedenie výskumných prác. *Strojopis*, 1 I., archív SMOPaJ, fond Podzemné krasové javy, šk. 62.
- WAHLENBERG, G. 1814. *Flora Carpatorum principalium*, Göttingæ 1814. [§]
- ZAŤKO, M. 1969. Niektoré poznatky o režime výdatnosti krasových prameňov na Slovensku. *Slovenský kras*, VII, 1969, 41–62.
- ZECHENTER-LASKOMERSKÝ, G. K. 1875. Priechod cez Čertovicu. *Cestopisné náčrtky*. Orol, VI, 1875 (3), 69–72; (4), 99–102. ^z
- ZOUBEK, V. 1937. Dva nálezy rud v mesozoiku Ďumbierské zóny. *Věstník Státního geologického ústavu ČSR*, XIII, 1937, 211–230.

Vysvetlivky:

– diela označené

[§] sú dostupné na <http://books.google.com>,

^{*} na http://www.uk.sav.sk/uksav/katalog/digi_dok/digi.html,

^z na <http://zlatyfond.sme.sk>,

^v na http://mapy.vkol.cz/mapy/v51860_009.html

^k na <http://www.kepkonyvtar.hu/?docId=75114>.

– mapy z I. až III. vojenského mapovania sú dostupné na:

<http://geo.enviroportal.sk/sluzby/zobrazovacie-sluzby-priestorovych-udajov/rastre>.

ON THE HISTORY OF EXPLORATION OF ĎUMBIER HIGH-MOUNTAIN KARST

S u m m a r y

The high-mountain area of Ďumbier has been more frequently visited since the beginning of the 19th century. However, the first report of a cave discovery is dated 1925. On July 21, two members of the Czechoslovak Hiking Club, Ján Chudík and Ján Rosiar, discovered a few cave entrances in a limestone ridge Kozie chrbty near Ďumbier. Exploration continued in the summer of 1925 with D. Chudík, A. Böhmer, A. Hollmann and J. Kovalčík. Nine caves were explored, six of them only a few metres long, three of them a few dozen metres long. Much later one of these

caves proved to be really important, when it became the entrance to the long system of the Cave of Dead Bats. The caves were officially visited by Alois Král in 1925 and 1926 who eventually did not support the idea of opening the caves to the public, as suggested by J. Chudík.

The caves were visited only occasionally in the subsequent years. Some progress was achieved in the Kozia cave in 1948 and 1949, when a new 22-m shaft was discovered by cavers from Liptovský Mikuláš.

The scientific exploration was started by J. Sekyra in 1950. In 1954 Dimitrij Louček commenced very thorough research, which resulted in the comprehensive study published 2 years later.

Practical exploration was continued in 1959 by a professional caving group led by J. Jirmerová. The area of interest included not only Kozie chrbty, but also the limestone strip reaching to Trangoška. Karst hydrology was one of the main topics of interest. One cave in the active doline was discovered, another dig was abandoned after reaching 12 m depth. Dušan Kubíny carried out geological research in the same time, extending the known karst area further west up to Prislop saddle and Vajskovská Valley.

An excursion organized as a part of a Slovak cavers' meeting in 1969 was the impulse for occasional cave visits in the following years.

Substantial progress in the Cave of Dead Bats was achieved in 1977 by P. Bičian and M. Pajan, who were able to pass through an extremely narrow chimney at the then-end of the 60 m long cave, extending the cave to almost 1 km. Unfortunately, the discovery has not been made public.

An independent discovery through the terminal breakdown just below the narrow chimney was made by M. Štéc, J. Peťko and I. Schober in 1981. In this case the discovery of new passages was followed by systematic research and documentation. The Cave of Dead Bats is currently more than 20 km long and 320 m deep thanks to the continuous efforts of dozens of volunteer cavers. Part of the cave has been opened to public in 1996.

VÝZNAMNÉ ŽIVOTNÉ JUBILEUM

doc. RNDr. JOZEFA JAKÁLA, DrSc.



Na 8. vedeckej konferencii *Výskum, využívanie a ochrana jaskýň* v roku 2011 sme si pripomenuli významné životné jubileum a poukázali na tvorivú vedeckú činnosť doc. RNDr. Jozefa Jakála, DrSc., ústrednej osobnosti slovenskej krasovej geomorfológie. Jeho meno je takmer polstoročie späté najmä s geomorfologickým i krajinnoekologickým výskumom krasu na Slovensku. Jeho početné publikované práce podávajú množstvo dôležitých poznatkov o morfológii a vývoji krasu na Slovensku, ako aj o geoekologických vlastnostiach krasovej krajiny s aplikáciami na jej racionálne využívanie a ochranu. Sú dôležitým východiskom pre ďalší základný i aplikovaný výskum krasu. Komplexným pohľadom na problematiku výskumu, prieskumu i ochrany krasu a jaskýň výrazne prispel k vytvoreniu a usmerňovaniu činnosti našich jaskyniarskych organizácií.

Jozef Jakál sa narodil 28. novembra 1936 v Bystričanoch na Hornej Nitre. Po skončení gymnázia v neďalekej Prievidzi absolvoval v rokoch 1955 – 1960 vysokoškolské štúdium v odbore fyzická geografia na Prírodovedeckej fakulte Univerzity Komenského v Bratislave. Hoci začal pracovať ako stredoškolský učiteľ na gymnáziu v Spišskej Novej Vsi, s cieľom vedeckej aspirantúry nastúpil roku 1962 na Geografický ústav SAV v Bratislave. K vedeckému rastu mu v roku 1966 prispel študijný pobyt na Univerzite J. W. Goetheho vo Frankfurte nad Mohanom u prof. H. Lehmana, svetoznámeho krasového geomorfológa. Výkonným redaktorom *Nauky o Zemi – séria Geographica*, ktorá vychádzala vo Vydavateľstve SAV, sa stal už ako vedecký aspirant. Roku 1969 po obhájení rigorózneho práce *Geomorfologické pomery Slovenského krasu* získal titul doktora prírodovedy (RNDr.).

Aktívne sa začal zapájať aj do úloh súvisiacich so slovenským jaskyniarstvom. V rokoch 1968 – 1969 využívajúc prehľad o krase a jaskyniach spracoval v spolupráci so Z. Schmidtom a E. Mazúrom odborný scenár expozície Múzea slovenského krasu v Liptovskom Mikuláši. V roku 1968 bol aktívom slovenských speleológov zvolený za predsedu organizačného výboru na obnovenie činnosti Slovenskej speleologickej spoločnosti. Roku 1969 sa stal členom redakčnej rady zborníka *Slovenský kras*. Jeho editorom bol v rokoch 1970 – 1996, zaviedol novú štruktúru zborníka s dôrazom na uverejňovanie originálnych vedeckých štúdií a jeho pravidelné ročné vydávanie. V súčasnosti je najdlhšie pôsobiacim členom redakčnej rady *Slovenského krasu*, ktorý od roku 2008 vychádza ako časopis.



Príhovor J. Jakála účastníkom 8. vedeckej konferencie *Výskum, využívanie a ochrana jaskýň*.
Foto: P. Bella

V rokoch 1970 – 1973 RNDr. J. Jakál vykonával funkciu riaditeľa novovytvorenej Správy slovenských jaskýň v Liptovskom Mikuláši. Keďže už vtedy si uvedomoval, že sprístupňovanie, optimalizácia prevádzky a ochrana sprístupnených jaskýň musia vychádzať z vedeckých poznatkov a ich praktických aplikácií, v Múzeu slovenského krasu, ktoré bolo organizačnou zložkou Správy slovenských jaskýň, začal budovať výskumné oddelenie. Z postu riaditeľa Správy slovenských jaskýň prispel k počiatočnému rozvoju speleoterapie v našich jaskyniach. Roku 1970 bol hlavným organizátorom úspešnej medzinárodnej vedeckej konferencie konanej pri príležitosti 100. výročia objavenia Dobšinskej ľadovej jaskyne.

Jozef Jakál má veľký podiel aj na organizovaní 6. medzinárodného speleologického kongresu, ktorý z poverenia Medzinárodnej speleologickej únie v roku 1973 usporiadala Univerzita Palackého v Olomouci a Správa slovenských jaskýň v Liptovskom Mikuláši. Zastával funkciu tajomníka kongresu a zabezpečoval prípravu štyroch exkurzných trás po krasových územiach a jaskyniach na Slovensku. V spolupráci s E. Mazúrom viedol 8-dňovú exkurziu po Slovensku, ktorej sa zúčastnilo 72 speleológov zo všetkých kontinentov. Na valnom zhromaždení Medzinárodnej speleologickej únie (UIS) bola založená pracovná komisia pre typológiu krasu, ktorej tajomníkom sa stal J. Jakál. Za angažovanosť a iniciatívu pri úspešnej realizácii speleologického kongresu mu udelili striebornú medailu Univerzity Palackého v Olomouci.

S cieľom pokračovať vo vedeckej a výskumnej činnosti sa roku 1973 vrátil na Geografický ústav SAV, kde pracuje dodnes. Už v tom roku sa stal kandidátom geografických vied (CSc.) po obhajobe dizertačnej práce *Kras Silickej planiny*, ktorá vyšla formou vedeckej monografie v roku 1975. Na ústave postupne zastával funkcie samostatného vedeckého pracovníka, vedúceho vedeckého pracovníka, vedeckého tajomníka ústavu, vedúceho oddelenia geomorfológie a kvartéru i zástupcu riaditeľa. V rokoch 1990 – 2000 pôsobil ako vedecký tajomník I. oddelenia Predsedníctva SAV. Po obhajobe práce *Krasový reliéf a environmentálne problémy krasu Slovenska* v roku 1993 mu bola udelená hodnosť doktora vied (DrSc.).

Vedecká a výskumná činnosť Jozefa Jakála sa zamerala najmä na komplexný geografický prístup k riešeniu environmentálnych problémov krasovej krajiny ako špecifického krajinného systému, prírodné zdroje krasovej krajiny a ich racionálne využívanie, problematiku ochrany jaskýň

s praktickými aplikáciami, typológiu krasu Slovenska, geomorfologický výskum a mapovanie planinového krasu (najmä v Slovenskom krase a Slovenskom raji), ako aj na geomorfologický výskum niektorých ďalších krasových oblastí na Slovensku (Strážovské vrchy, Tribeč, Malá Fatra, Horehronské podolie, Malé Karpaty a iné). Mapa geomorfologickej typológie krasu Slovenska v mierke 1 : 500 000 s anglickou textovou prílohou vyšla v edícii *Geographia Slovaca* roku 1993. Takisto sa zaoberal morfológiou, genézou a typológiou poljí v Západných Karpatoch. Navštívil a skúmal kras bývalej Juhoslávie, Talianska, Rakúska, Nemecka, Maďarska, Bulharska, Rumunska a Kuby. S prednáškami vystúpil na medzinárodných speleologických kongresoch v Stuttgarte (1969), Olomouci (1973) a Sheffielde (1977), ako aj na mnohých ďalších domácich i zahraničných sympóziách a konferenciách (napr. vo Viedni, Budapešti, Postojnej, Tübingene či Frankfurte nad Mohanom). Známe sú aj jeho práce týkajúce sa morfostruktúrnej analýzy a neotektonického vývoja reliéfu a najmä genézy reliéfu slovenských Karpát. Venoval sa i problematike antropického zaťaženia oblasti Hornej Nitry vo vzťahu k ťažbe uhlia, energetike, priemyslu a odpadom.

Za jeho tvorivú vedeckú činnosť mu Slovenská akadémia vied v rokoch 1986 a 1996 udelila striebornú a zlatú plaketu D. Štúra za zásluhy v prírodných vedách. Medzi jeho významné ocenenia patrí aj národná cena Slovenskej republiky 1982 za osobitné vedecké, tvorivé a interpretačné úsilie na vypracovaní Atlasu SSR a prémie Slovenského literárneho fondu za tvorbu národného Atlasu SSR. V spoluautorstve s E. Mazúrom bol editorom Textovej prílohy Atlasu SSR, ktorá vyšla roku 1982 v slovenskom i anglickom vydaní.

Pedagogickú činnosť jubilant vykonával externe formou prednášok z predmetov *Všeobecná geomorfológia* a *Kvartér a metódy jeho výskumu*. Roku 1996 na Prírodovedeckej fakulte UK v Bratislave po obhajobe habilitačnej práce *Geosystém krasovej krajiny* získal vedecko-pedagogickú hodnosť docent. Ako doktor vied bol viackrát oponentom alebo členom komisií pri docentských habilitáciách a profesorských inauguráciách na Univerzite Komenského v Bratislave a Prešovskej univerzite v Prešove. Do roku 2010 vykonával funkciu predsedu Spoločnej odborevej komisie doktorandského štúdia v odbore *Fyzická geografia a geoekológia*. Vyškolicil dvoch doktorandov, viedol viaceré diplomové práce. Pre študentov geografie z univerzít vo Frankfurte nad Mohanom, Tübingene a Trieri zabezpečil odborný sprievod počas geografických exkurzií na Slovensku.

Napriek tomu, že Jozef Jakál roku 1973 opätovne nastúpil na Geografický ústav SAV, naďalej spolupracoval so Správou slovenských jaskýň, Múzeom slovenského krasu, resp. Slovenským múzeom ochrany prírody a jaskyniarstva i Slovenskou speleologickou spoločnosťou. V rokoch 1970 – 1989 bol podpredsedom Slovenskej speleologickej spoločnosti. Najmä pre jaskyniarov vyšla v roku 1984 knižná publikácia *Praktická speleológia*, ktorej zostavovateľom i autorom viacerých kapitol je J. Jakál. K dôležitej výchove mladšej generácie jaskyniarov prispieval lektorskou činnosťou na viacerých ročníkoch speleologickej školy a ako zostavovateľ a spoluautor knihy *Jaskyne a jaskyniari* (1987) sa pričínil o popularizáciu slovenských jaskýň a jaskyniarstva. Za dlhoročnú aktívnu organizačnú i odbornú činnosť sa stal čestným členom Slovenskej speleologickej spoločnosti. Ako uznávaný odborník bol menovaný do Speleologického poradného zboru a Rady štátnej ochrany prírody Ministerstva kultúry SSR. So Slovenským múzeom ochrany prírody a jaskyniarstva spolupracoval pri tvorbe expozície *Kras a jaskyne Slovenska*, ktorú inštalovali roku 1994. Zámery jubilanta vychádzajúce z potreby komplexného výskumu jaskýň, ktoré začal realizovať začiatkom 70. rokov minulého storočia, sa na Správe slovenských jaskýň obnovili a rozvíjali od polovice 90. rokov. Dlhoročné skúsenosti a odborný prehľad o krase a jaskyniach využil aj pri tvorbe publikácie o jaskyniach svetového prírodného dedičstva na Slovensku, ktorej bol editorom. Túto pozoruhodnú knižnú publikáciu, ktorá získala ocenenie Literárneho fondu za vedeckú a odbornú literatúru, vydala Správa slovenských jaskýň roku 2005 (jej upravená anglická verzia vyšla roku 2008). Jubilant je aj členom redakčnej rady časopisu *Aragonit* od jeho založenia v roku 1996.

Meno Jozefa Jakála sa spája aj s mnohými ďalšími činnosťami a aktivitami v slovenskej geografii a geomorfológii. Pôsobil ako vedecký tajomník Slovenskej geografickej spoločnosti pri SAV, ktorej je aj čestným členom. Bol predsedom komisie pre ochranu reliéfu Slovenského zväzu

ochrancov prírody a krajiny, voleným predsedom Vedeckého kolégia pre vedy o Zemi a vesmíre pri SAV, ako aj predsedom prípravného výboru na založenie Asociácie slovenských geomorfológov pri SAV. Bol dlhoročným členom redakčnej rady *Geografického časopisu* i hlavným redaktorom časopisu *Geomorphologia Slovaca*. Za predsedníctva E. Mazúra v Karpatsko-balkánskej geomorfologickej komisii pôsobil dve volebné obdobia ako jej vedecký tajomník. V rámci Medzinárodnej geografickej únie (IGU) pracoval ako dopisujúci člen v komisiách zameraných na problematiku udržateľného rozvoja a manažmentu krasových území a environmentálnych zmien a ochrany krasových území. Pôsobil vo viacerých poradných orgánoch Ministerstva životného prostredia SR, Ministerstva školstva SR, ako aj Slovenskej akadémie vied.

Jubilant je autorom a spoluautorom 8 monografií, 3 kapitol v zahraničných monografiách, vyše 100 vedeckých štúdií a správ v domácich časopisoch a 17 štúdií v zahraničných časopisoch. Monografia *Kras Silickej planiny*, ktorá je ojedinelou metodickou ukážkou geomorfologického mapovania planinového krasu, má doteraz vyše 100 publikačných ohlasov.

Doc. RNDr. Jozef Jakál, DrSc., svojou dlhodobou vedeckou a výskumnou činnosťou výrazne rozvinul a usmernil geomorfologický a geoekologický výskum krasu vrátane metodologických prístupov na racionálne využívanie a ochranu krasovej krajiny. Napriek pokročilému veku sa naďalej aktívne podieľa na riešení vedeckých projektov a úloh Geografického ústavu SAV v Bratislave. V mene slovenských jaskyniarov a geografov jubilantovi do ďalších rokov života želáme veľa šťastia, zdravia, pracovnej i osobnej pohody.

Pavel Bella

SLOVENSKÝ KRAS ACTA CARSOLOGICA SLOVACA	50/1	127 – 129	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2012
--	------	-----------	------------------------

RECENZIE – REVIEWS

KEVEINÉ BÁRÁNY ILONA: A KARSZTOK ÖKOLÓGIAI RENDSZERE Földrajzi tanulmányok 4, Szeged, 2009, 121 strán, ISSN 1789-302-X

Univerzita v Segedíne patrí medzi najznámejšie centrá vedeckého výskumu v strednej Európe. Výskum krasu tu na medzinárodnú úroveň vyzdvihol známy maďarský karsológ László Jakucs, ktorý zomrel v roku 2001, avšak okrem početných publikácií zanechal za sebou aj skúsený tím odborníkov na kras. K nim patrí aj profesorka Ilona Bárány-Kevei, ktorá sa do značnej miery zaoberá ekológiou krasu. Do tejto jej oblasti vedeckej práce zapadá aj recenzovaná kniha s názvom **Ekologický systém krasu**. Vyšla v edícii Geografické štúdie Univerzity v Segedíne na kriedovom papieri vo formáte B5 a v náklade 300 ks.

Kniha je rozdelená do 13 kapitol. V úvodnej časti autorka zdôrazňuje, že výskum krasu sa už v 50-tých rokoch minulého storočia začal orientovať na klimatické faktory a v 70-tých až 80-tých rokoch aj na biogénne procesy. Súčasný komplexnejší geoekologický výskum krasu bol vyvolaný rastúcou antropogénnou záťažou na krasovú krajinu a v posledných desaťročiach sa rozpoznal aj význam geodiverzity v krasovom prostredí.

Po stručnom prehľade všeobecných informácií o krase autorka v osobitnej kapitole zdôrazňuje potrebu výskumu krasu aj z geoekologického hľadiska. Dôvodom je vysoká zraniteľnosť krasu, ktorý zaberá len 10 % zemského povrchu, ale poskytuje napr. až 25 % zásob pitnej vody ľudstvu. Autorka sa stručne zmieňuje aj o metódach výskumu ekologického systému krasu.

V kapitole „Kras a človek“ autorka charakterizuje zmeny využitia krasovej krajiny od predhistorických dôb, najmä vplyvy vypaľovania lesov, neskôr vplyvy ťažby (najmä bauxitu). Zaujímavé je zistenie z juhovýchodnej Ázie, kde odstránili rastlinný kryt v krase za účelom pestovania ryže a následná erózia úplne odstránila pôdny kryt. Autorka okrem pôdnej erózie upozorňuje aj na acidifikáciu pôdy a na jej kontamináciu ťažkými kovmi.

V kapitole „Dnešné chápanie krasu“ opisuje ekologický systém krasu ako štrukturálny a dynamický model, v ktorom abiogénne prvky predstavuje hornina, voda, pôda a klíma a biogénne prvky mikro- i makroflóra a človek. Fungovanie systému je zabezpečené interakciou biogénnych a abiogénnych faktorov, resp. prenosom látok a energie vzniknutej touto interakciou. Štruktúru tohto systému určuje vertikálne a horizontálne usporiadanie prvkov. Špecifiká systému sú zraniteľnosť, rýchly tok procesov a ich trojdimenzionálne fungovanie.

Autorka kladie veľký dôraz na úlohu klímy, pôdy a rastlínstva v krase. Hnacou silou zmien v krase je podľa nej interakcia medzi týmito prvkami, ktoré usmerňujú aj tok látok a energie. Podrobne analyzuje vplyv teploty a slnečného žiarenia na krasový povrch a na mikrobiálnu aktivitu v pôde. Vplyvom slnečného žiarenia sa vysušuje pôda, obmedzuje sa rozvoj populácie baktérií, preto sa na južne orientovaných svahoch spomaľuje rozklad organických látok. Pôdy sú indikátormi environmentálnych vplyvov na kras. Na mikrobiálnu aktivitu značne vplývajú aj iónové zmeny a zmeny pH v pôde. Asi dve tretiny CO₂ v pôde pochádzajú z mikrobiálneho rozkladu organických látok a jedna tretina z respirácie koreňového systému rastlín. Mikrobiálna činnosť je vyššia vo vrchnej časti pôdneho krytu a v lesných porastoch.



Autorka venuje osobitnú kapitolu rastlinstvu v krase. Charakterizuje v nej jednotlivé lesné typy a vplyv lesného hospodárstva na kras, ako aj úlohu rastlinného krytu vo vývoji závrto.

V kapitole „Hlavné črty krajinnej štruktúry v krase“ sa venuje optimálnemu využívaniu prírodných zdrojov v krase, zabezpečeniu udržateľného rozvoja a rehabilitácii krasovej krajiny.

Zaujímavá je kapitola „Geodiverzita v krase“, ktorá zahŕňa rozmanitosť geologickej stavby, geomorfologických typov a procesov i pôdnych typov. Zaoberá sa aj špecifickými hodnotami krasu.

V záverečnej časti knihy sa uvádzajú úlohy ochrany prírody v udržateľnom rozvoji krasovej krajiny. Autorka pripomína, že súčasná ochrana je v zmysle zákona zameraná na jednotlivé sféry prírody, ale nevzťahuje sa na nový stav vzniknutý interakciou vzájomných vplyvov týchto sfér. Zdôrazňuje potrebu zisťovania a zmapovania stavu pôdy, klímy a rastlinstva v krasových oblastiach s cieľom poukázať na negatívne antropogénne vplyvy, pričom je potrebné brať do úvahy aj globálne problémy, ako oteplenie, vysušenie a pod.

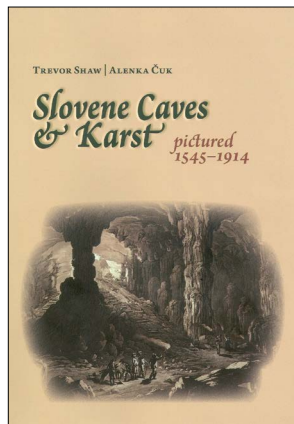
V závere publikácie je uvedený návrh na rehabilitáciu lesných porastov v krasovej krajine na príklade Aggtelekského krasu.

Knihy je napísaná v maďarčine a veľká škoda, že neobsahuje ani anglický súhrn. Je však užitočnou pomôckou pre všetkých, ktorí sa zaujímajú o širšie vzťahy v krasovom prostredí.

Ludovít Gaál

TREWOR SHAW, ALENKA ČUK: SLOVENE CAVES AND KARST PICTURED 1545 – 1914
ZRC/ZRC Publishing, Ljubljana a Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU / Karst Research
Institute at ZRC SAZU, Postojna, 2012, 230 strán, ISBN 978-961-2543-369

V roku 2012 obohatila knižničné zbierky múzea pozoruhodná a hodnotná publikácia o jaskyniach a krasu Slovinska. Knižné dielo venoval múzeu sám autor, významný historik a speleológ Dr. Trevor Shaw; zostavil ho v spolupráci s Alenkou Čukovou, historičkou Notranjskeho múzea v Postojnej. Ambíciou publikácie je priblížiť históriu vývoja obrazových dokumentov s jaskyniarskym motívom, a tým dokumentovať záujem ľudí o jaskyne konkrétnej oblasti a masový turizmus rozvíjajúci sa s existenciou prvých sprístupnených jaskýň. Avšak zámerom autorov je zároveň snaha vnímať obrazové dokumenty aj ako sprostredkovateľov poznatkov o krasovom fenoméne. Kniha je bohato ilustrovaná a ponúka široký záber zobrazení, reprodukcii nielen výtvarných diel, knižných ilustrácií a fotografií, ale aj kreslených máp, obrazových reklám a pohľadníc. Mnoho zobrazení je dosiaľ nepublikovaných, pochádzajú z múzejných i súkromných zbierok v Európe a USA.



Publikácia obsahuje 13 kapitol venovaných krasovým územiám Slovinska, ktoré zaberajú neuveriteľných 47 % rozlohy krajiny. Predstavuje najznámejšie krasové lokality, ako je Postojnska jama, Pivka jama, Planinsko polje, Škocianske jame, Vilenina a ďalšie krasové oblasti nielen pomocou historických ilustrácií, ale aj formou sprievodného textu plného historických faktov o samotnom vzniku zobrazení, ich pôvodoch, ako aj o zobrazovanej lokalite, jej histórii, spôsobe osvetlenia, jednotlivých častiach jaskýň, spôsobe prehliadky a ďalších zaujímavostiach. Z celkového počtu 259 ilustrácií z rokov 1545 až 1914 tá najstaršia zobrazuje povrchový kras a krajinu v okolí jazera Cerknica na mape z roku 1573 (prvýkrát vyťaženej už v roku 1545). Takmer polovica zobrazení sa vzťahuje na svetoznámu jaskyňu Postojnska jama, jednu z najzobrazovanejších jaskýň sveta. Tieto pochádzajú z rokov 1748 až 1909.

Jednou z kapitol je biografický slovník osobností, ktorých diela či dielka sú buď zobrazené v publikácii, alebo ide o známe osobnosti súvisiace s objavovaním a obrazovým zaznamenávaním podzemných priestorov Slovinska. V abecedne zostavenom lexikóne sa objavujú mená známych fotografov, umelcov a dejateľov, napr. Rudolfa Brunera-Dvořáka, jedného z najvýznamnejších foto-žurnalistov Rakúsko-Uhorska z prelomu 19. a 20. storočia, Maksa Šebera, fotografa, maliara a zároveň objaviteľa jaskýň, Aloisa Schaffenratha, stavebného inžiniera a maliara, Emanuela Mariota, fotografa, a ďalších. V závere publikácie je pripojený slovník ekvivalentov v nemeckom, slovinskom a anglickom jazyku.

Publikácia prináša na jednej strane zaujímavý pohľad na rôznorodé výtvarné stvárnenie témy s poukázaním na vývoj jednotlivých zobrazovacích techník počas storočí. Na druhej strane je istým sumárom historických faktov približujúcich pozadie záujmu o objavovanie jaskýň a zachytenie okamihov histórie, keď človek poznával a objavoval krásy podzemia.

Iveta Korenková

Slovenský kras, ročník 50, číslo 1
Acta Carsologica Slovaca

Rok vydania:	2012
Vydavateľ:	Slovenské múzeum ochrany prírody jaskyniarstva, Liptovský Mikuláš a Štátna ochrana prírody Slovenskej republiky – Správa slovenských jaskýň
Evidenčné číslo:	EV 3878/09
Adresa redakcie:	Slovenské múzeum ochrany prírody a jaskyniarstva Školská 4, 031 01 Liptovský Mikuláš
Jazyková korektúra:	Mgr. Bohuslav Kortman (slovenský jazyk)
Anglické preklady:	Autori príspevkov
Grafika:	Ing. Jiří Goralski
Tlač:	Tlačiareň RVPRINT, s. r. o., Uhorská Ves 84, 032 03 Liptovský Ján
Náklad:	400 ks
Obálka:	Zameriavanie Jaskyne v Záskočí. Foto: P. Hipman

ISSN 0560-3137