

# ARAGONIT

**vedecký a odborný časopis Správy slovenských jaskýň**

Časopis uverejňuje:

- pôvodné vedecké príspevky z geologického, geomorfologického, klimatologického, hydrologického, biologického, archeologického a historického výskumu krasu a jaskýň, najmä z územia Slovenska
- odborné príspevky zo speleologického prieskumu, dokumentácie a ochrany jaskýň
- informatívne články zo speleologických podujatí
- recenzie vybraných publikácií

**Vydavateľ:** Štátna ochrana prírody SR, Tajovského ul. 28B, 974 01 Banská Bystrica  
IČO 17 058 520

**Adresa redakcie:** Správa slovenských jaskýň, Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš; e-mail: pavel.bella@ssj.sk

**Zodpovedný redaktor:** RNDr. Ján Zuskin

**Hlavný editor:** doc. RNDr. Pavel Bella, PhD.

**Výkonný redaktor:** Mgr. Miloš Melega, RNDr. Juraj Littva, PhD.

**Redakčná rada:** prof. RNDr. Pavel Bosák, DrSc., RNDr. Ľudovít Gaál, PhD., Ing. Peter Gažík, prof. dr hab. Míchaľ Gradziński, Mgr. Dagmar Haviarová, PhD.,  
doc. RNDr. Jozef Jakál, DrSc., prof. RNDr. Ľubomír Kováč, CSc., Ing. Ľubica Nudziková, prof. Mgr. Martin Sabol, PhD., RNDr. Ján Zelinka

Časopis vychádza dvakrát ročne

Evidenčné číslo: EV 3569/09

**ISSN 1335-213X**

<http://www.ssj.sk/edicna-cinnost/aragonit/>

# ARAGONIT

**ročník 27, číslo 1/ august 2022**

© Štátna ochrana prírody SR, Správa slovenských jaskýň, Liptovský Mikuláš

**Redaktor:** Mgr. Bohuslav Kortman

**Grafická úprava a sadzba:** Ing. Ján Kasák

**Tlač:** Ekonoprint družstvo, Martin

**Obrázky na obálke:**

(1) Važecká jaskyňa. Foto: P. Staník

(2) Važecká jaskyňa. Foto: P. Staník

(3) Ochtinská aragonitová jaskyňa. Foto: P. Staník

(4) Ochtinská aragonitová jaskyňa. Foto: P. Staník

**OBSAH / CONTENTS****JUBILUJÚCE JASKYNE / JUBILANT CAVES**

M. Oránus: K 100. výročiu objavenia Važeckej jaskyne / On the 100th anniversary of the discovery of the Važecká jaskyňa Cave .....	3
P. Bella, D. Haviarová, J. Littva, V. Papáč, I. Smetanová, Z. Višňovská, J. Zelinka: Važecká jaskyňa na hornom Liptove / Važecká jaskyňa Cave in the upper Liptov, Slovakia .....	5
P. Bella, L. Gaál: Výnimočná Ochtinská aragonitová jaskyňa, 50 rokov od jej sprístupnenia / The exceptional Ochtinská aragonitová jaskyňa (Ochtiná Aragonite Cave), 50 years since its opening .....	11
J. Tulis: K 50. výročiu objavenia Stratenskej jaskyne / On the 50th anniversary of the discovery of the Stratenská jaskyňa Cave .....	15

**VÝSKUM KRASU A JASKÝŇ / RESEARCH OF KARST AND CAVES**

P. Bella: Jaskyne v pleistocénnych zlepenkoch / Caves in Pleistocene conglomerates .....	18
B. Lehotská, B. Stančeková: Výskyt netopierov vo verejnosti voľne prístupných jaskyniach Malých Karpát, Považského Inovca a Tríbeča a možnosti ich ochrany / Occurrence of bats in caves freely open to the public situated in the Malé Karpaty, Považský Inovec, and Tribeč Mountains, and possibilities of their protection .....	22

**SPRÁVY A AKTUALITY / REPORTS AND NEWS**

P. Staník, I. Balciar: Starostlivosť o jaskyne v roku 2021 / Cave care in 2021 .....	28
M. Kudla: Environmentálna výchova v roku 2021 / Environmental education in 2021 .....	28
L. Nudziková, A. Laurincová: Návštevnosť sprístupnených jaskýň v roku 2021 / Show caves attendance in 2021 .....	29
L. Gaál: Vieme, čo je jameo? / Do we know what jameo is? .....	30
J. Littva, P. Herich: 18. medzinárodný speleologický kongres .....	32
P. Bella: 9. medzinárodný workshop o ľadových jaskyniach / 9th International Workshop on Ice Caves .....	33

**ABSTRAKTY / ABSTRACTS**

9. medzinárodný workshop o ľadových jaskyniach (IWIC-IX), 9. – 13. 5. 2022, Liptovský Mikuláš, Slovensko / 9th International Workshop on Ice Caves (IWIC-IX), May 9 – 13, 2022, Liptovský Mikuláš, Slovakia .....	35
14. vedecká konferencia „Výskum, využívanie a ochrana jaskýň“, Liptovský Mikuláš 6. – 8. 9. 2022 / 14th Scientific Conference “Research, Use and Protection of Caves”, Liptovský Mikuláš, September 6 – 8, 2022, Slovakia .....	39

# K 100. VÝROČIU OBJAVENIA VAŽECKEJ JASKYNE

Milan Orfánus

Štátna ochrana prírody Slovenskej republiky, Správa slovenských jaskýň, Liptovský Mikuláš; vazecz@ssj.sk

Važec a jeho okolie patrili už oddávna k významným miestam na dôležitých cestných prepojeniach. V dávnej minulosti sa tu pohybovali aj neolitickí lovci po svojich chodníčkoch, na ktorých vznikli prvé staroveké, neskôr stredoveké kráľovské cesty, ako aj známa *Magna Via*.

Po roku 960 tu vznikla prvá misijná stanica pustovníkov – eremitov z Nitrianska. Pravdepodobne o tom svedčia aj niektoré názvy v okolí Važca, ako napríklad *Pod Mníchom*, či *Povesť o Šoudovi a Goudovi* od ľudového básnika Janka Ilavského Podkrivánskeho, kde sa spomína pustovník, ktorý žil v terajšej vstupnej sieni Važeckej jaskyne. Na prvej važeckej pečati bolo vyobrazenie sv. Antona Pustovníka. Stará cesta z Liptova na Spiš viedla spočiatku pravdepodobne údolím Čierneho Váhu a cez dolinu Hlboké, popri Prieпадlách obchádzala Štrbu smerom na Mengusovce. Krasové územie *Prieпадlá* pri Važci opisoval už polyhistor Matej Bel vo svojom najväčšom diele z roku 1735 *Notitia Hungariae novae historico-geographica (Historické a zemepisné vedomosti o súvekom Uhorsku)*, kde podľa jeho dopisovateľa Juraja Buchholtza mladšieho sa voda v jarných mesiacoch s pekelným hukotom prepadá do veľkej hĺbky (Prikrýl, 1984).

## K OBJAVU A SPRÍSTUPNENIU JASKYNE

Važecký rodák, vtedy štrnásťročný chlapec, neskôr spisovateľ Štefan Rysuľa bol pravdepodobne prvý, kto sa v roku 1914 spolu s bratom odhodlal preniknúť hlbšie do neznámej úzkej chodby v takzvaných *Dierach pod Vrškami* či *Medvedej diery pod Vrškami*, ako vtedy známe časti jaskyne nazývali, pričom sa dostali do siene s kvapľovou výzdobou. Predpokladáme, že ide o Kamenný dóm. V Rysulovej knižke *Podtatranské povesti* sa nachádza povesť *Prieпадlá*, kde existovala malá osada Lajpová, ktorá sa viaže k Važeckému krasu a súvisí s Važeckou jaskyňou a vyvíeračkou Varvas (Lalkovič, 1998).

V roku 2022 si pripomíname 100. výročie objavenia Važeckej jaskyne. Rodák z Važca Ondrej Adolf Húska (\*3. 12. 1898 – †24. 8. 1978 Bystré, okres Vranov n/Topľou; obr. 1) 8. júla 1922 po niekoľkých dňoch kopania spolu s pražským učiteľom Adolfom Somrom objavili pokračovanie jaskynných priestorov z dovtedy známej Vstupnej siene. Húska ako študent lesníckej školy v Liptovskom Hrádku po návšteve jaskýň Moravského krasu prišiel na myšlienku, že aj v *Medvedej diere pod Vrškami* môže byť pokračovanie podzemných priestorov. To sa mu potvrdilo a po prekopení nánosov v terajšej Chodbe objaviteľa prešiel do neznámych, kvapľami bohato vyzdobených častí jaskyne (Janoška, 1922; Hayn, 1937; Lalkovič, 1998).

Jaskynné priestory boli postupne objavované počas viacerých akcií, na ktorých sa

zúčastnil aj Adolf Somr, Húskov švagor Jaroslav Podlipský a neskôr aj akademický maliar František Havránek (\*13. 6. 1887 Čelechovice na Hané – †18. 12. 1964 Važec; obr. 2) ktorý objavoval krásy Liptova, najmä Važca a okolia. Bol to veľký propagátor turizmu na Liptove s mnohými dobrými myšlienkami na sprístupnenie zaujímavých častí tohto krásneho kraja. Vo Važci sa usadil, oženil a v auguste 1922 si od važeckého urbáru prenajal jaskyňu na 30 rokov a začal postupne v jej sprístup-



Obr. 1. Objavitel' hlavných častí Važeckej jaskyne Gustáv Adolf Húska. Zbierka SMOPaJ



Obr. 2. František Havránek sa zaslúžil o sprístupnenie a propagáciu Važeckej jaskyne. Na fotografii s dvojlošňíkom na letisku pri Važci. Zbierka SMOPaJ

ňovaním. Sprístupňovanie jaskyne pripadá na obdobie rokov 1924 až 1934, keď Okresný úrad v Liptovskom Mikuláši vydal výmer, ktorým povolil verejné sprístupnenie jaskyne. Okrem týchto aktivít začal vykonávať aj vyhlídkové lety ponad Tatry na staršom vyradenom vojenskom dvojlošňíku z trávnateho letiska pri Važci. Bol majiteľom prvého automobilu značky *Start B* vo Važci; mimochodom, toto vozidlo malo karbidové reflektory – živý oheň (Lalkovič, 1998; obr. 3).

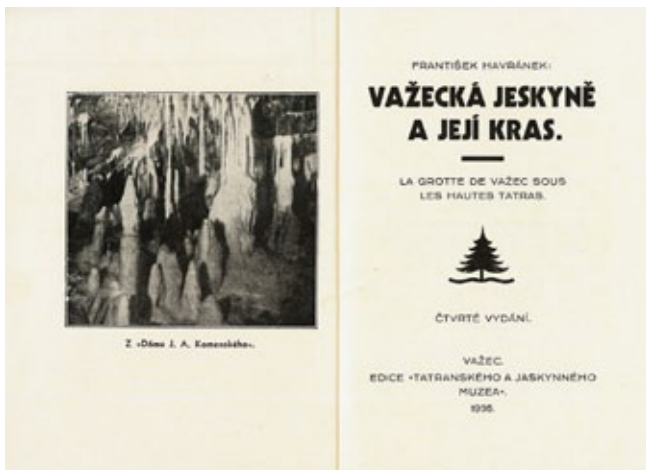


Obr. 3. František Havránek s autom Start B vo vchode Važeckej jaskyne. Zbierka SMOPaJ

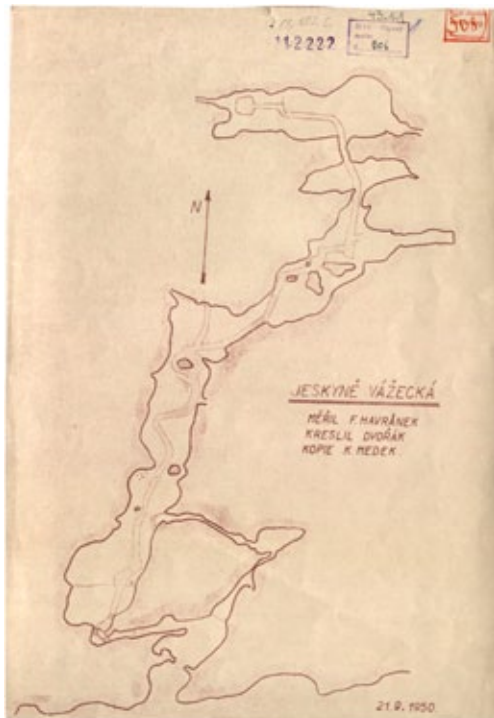
Na podnet Františka Havránka v roku 1930 Ján Volko-Starohorský publikoval prácu *Važecká jaskyňa (Liptov)* v časopise *Příroda*, čo napomohlo k rozšíreniu povedomia o jaskyni. Od roku 1934 sprevádzal turistov Jozef Vrána, ktorý bol zamestnancom F. Havránka. F. Havránek zdokumentoval jaskyňu a okolie vo viacerých propagačných materiáloch, ale hlavne v brožúre z roku 1935 s názvom *Važecká jaskyňa a její kras* (obr. 4). Vydal aj viacero plagátov s témou jaskyne.

## PRVÉ DESAŤROČIA PO DRUHEJ SVETOVEJ VOJNE

Po druhej svetovej vojne sa jaskyni nedostávalo dostatok pozornosti a jej skromné vybavenie chátralo. Važeckú jaskyňu a krasové javy v okolí opísal F. Havránek v *Československom krase* z roku 1948. Nový impulz pre rozvoj poznávania jaskyne priniesli moravskí jaskyniari, ktorí v roku 1949 preskúmali jaskyňu a zmapovali dovtedy nezamerané priestory (Havránek, 1949). Výsledkom ich práce je mapa z roku 1950. Pozoruhodná je najmä tým, že zachytáva pôvodnú prehliadkovú trasu, ktorá viedla z Jazierkovej siene východnou vetvou do Galérie, odkiaľ sa návštevníci vracali späť (obr. 5). Činnosť členov Speleologického klubu z Brna (J. Dvořák, J. Klimpl, L. Baloun, J. Skutil, O. Ondroušek) priviedla v roku 1952 k objavom nových priestorov (Ondroušek, 1952).



Obr. 4. Obálka publikácie Važecká jeskyňe a její kras od Františka Havránka z roku 1935.



Obr. 5. Mapa Važeckej jaskyne z roku 1950 zachytáva pôvodnú prehliadkovú trasu končiacu v Galérii. Zbierka SMOPaj

Po F. Havránkovi a J. Vránovi pracovali v jaskyni viacerí zamestnanci. Písomne sú doložené predovšetkým Jarmila Rysulová, Ján Turza a La-

dislav Polenský. Po viacerých reorganizačných zmenách prešla jaskyňa v roku 1954 pod n. p. Turista. Podobne ako v iných jaskyniach pod jeho správou, aj tu Turista realizoval rozsiahlu rekonštrukciu areálu, ako aj prehliadkovej trasy. Vykonali úpravu chodníkov a schodov, zokruhovala sa prehliadková trasa a zaviedlo sa aj elektrické osvetlenie, keďže dovtedy sa prevádzkalo pri banských karbidových lampách a petrolejkách. Zároveň boli objavené ďalšie menšie časti jaskyne.

Výsledky vedeckého výskumu jaskyne Antona Droppu prezentuje jeho štúdiá v *Geografickom časopise*, ako aj publikácia *Važecká jaskyňa a krasové javy v okolí* z roku 1962. Prinášajú poznatky o vzniku a vývoji jaskyne, jaskynných sedimentoch, Važeckom krase vcelku či dokonca pojednanie o ďalších objavných možnostiach vo Važeckej jaskyni. A. Droppa spracoval aj precíznu mapu jaskyne.

### JASKYŇA V SPRÁVE SLOVENSKÝCH JASKYŇ

Od roku 1970 jaskyňu spravovala Správa slovenských jaskýň v Liptovskom Mikuláši. Vybudoval sa nový vstupný objekt, chata Alpina, ktorá dodnes slúži ako prevádzková budova. Zároveň bola zrekonštruovaná elektroinštalácia jaskyne. Vyriešila tiež problém nedostatočnej stability lavicovitých vápencov vo vstupnej časti jaskyne vybudovaním oporného betónového piliera. Nestabilné stropy ďalších častí jaskyne sa zabezpečili injektážou trhlín a svornikovaním stropov a stien. Od 1. 5. 1970 do 30. 6. 1986 tu ako správkyňa pracovala Mária Šípková.

Vážnym prevádzkovým problémom sa stali opakujúce sa povodne. Každoročne v apríli sa do jaskyne dostáva väčšie množstvo vody z roztápajúceho sa snehu a dažďových zrážok. Záznamy o zaplavení prehliadkovej trasy existujú z rokov 1974,

1987, 1994, 1999, 2006 a 2013, z čoho roky 1974, 1987 a 2006 boli dosť kritické, keďže voda v Kostnici dosahovala až k stropu a na jej odčerpávanie už nestačili bežné čerpadlá, ale bolo použité výkonné čerpadlo na 380 V a važeckými hasičmi požičané hasičské hadice, vyvedené až k ceste pred jaskyňou. Po klesnutí vôd nasledovalo čistenie a úprava chodníkov od splavenej hliny a kameňov a znovuvvedenie do prevádzky. Obdobie odstávky jaskyne z dôvodu zaplavenia chodieb trvalo vždy okolo dva týždne (Bella a Lalkovič, 2004).

Po roku 1990 sa postupne vykonávala výmena elektroinštalácie. Inštalovalo sa ozvučovací zariadenie na sprievodné slovo pre návštevníkov vo viacerých cudzích jazykoch.

Pracovisko je vybavené počítačovou technikou na spracovávanie prevádzkovej a ekonomickej agendy. Pozdĺž prehliadkovej trasy sa osadilo nové ochranné pletivo zabezpečujúce sintrovú výzdobu pred mechanickým poškodením návštevníkmi. V areáli sa vybudoval prístrešok pre návštevníkov, vydláždili sa chodníky a vymenilo sa oplatenie. Postavili sa nové sociálne zariadenia s čističkou odpadových vôd a kanalizáciou. Každoročne treba vykonať veľa ďalších drobných prác na zabezpečenie prevádzky jaskyne.

V jaskynných priestoroch bolo natočených viac kratších populárno-náučných relácií pre médiá (STV, JOJ, Rádio Regina), vystúpenie a *capelly Free Voices*. V rámci svojho turné po Slovensku koncertovalo v jaskyni v roku 2005 sláčikové *Trio d'Archi della Fenice* zo slávnej benátskej opery La Fenice.

### Na záver

Doteraz známe priestory jaskyne dosahujú dĺžku 530 m (Orfánus, 1998), prehliadková trasa má 230 m. Važecká jaskyňa patrí medzi menšie sprístupnené jaskyne Slovenska, ale bohatosťou sintrovej výzdoby a nálezmi kostí jaskynných medveďov patrí medzi významné jaskyne a veľké turistické lákadlo. V roku 1972 bola vyhlásená za chránený prírodný výtvor, od roku 1996 je národnou prírodnou pamiatkou.

Záverom sa chcem ako správca jaskyne, ktorý nastúpil po M. Šípkovej, poďakovať všetkým, aj bývalým zamestnancom jaskyne, dobrovoľným jaskyniarom, sprievodcom, ale i ostatným, ktorí sa podieľali menšou či väčšou mierou na skvalitnení služieb a podmienok pre návštevníkov, ako aj na včasnom odstraňovaní nedostatkov pre lepšie fungovanie prevádzky.

### Literatúra

- BELLA, P. – LALKOVIČ, M. 2004. Važecká jaskyňa. *SSJ, Liptovský Mikuláš*, 8 s.
- DROPPA, A. 1962a. Speleologický výskum Važeckého krasu. *Geografický časopis*, 14, 4, 264–293.
- DROPPA, A. 1962b. Važecká jaskyňa a krasové javy v okolí. *Šport, Bratislava*, 94 s.
- HAVRÁNEK, F. 1935. Važecká jeskyňe a její kras. *Tatranské a jaskynné múzeum Važec*, 140 s.
- HAVRÁNEK, F. 1948. Važecká jaskyňa na Slovensku. *Československý kras*, 1, 17–21.
- HAVRÁNEK, F. 1949. Nový výzkum „Važeckej jaskyne“. *Československý kras*, 2, 1–2, 294–295.
- HAVN, V. 1937. Važecká kvapľová jaskyňa. *Krásy Slovenska*, 16, 9, 208–209.
- JANOŠKA, M. 1922. Važecká jaskyňa. *Krásy Slovenska*, 2, 9–10, 200–205.
- LALKOVIČ, M. 1993. 70 rokov Važeckej jaskyne. *Sinter*, 1, 18–19.
- LALKOVIČ, M. 1998. Príspevok k histórii Važeckej jaskyne. In Bella, P. (Ed.): *Výskum, využívanie a ochrana jaskýň. Zborník referátov z vedeckej konferencie (Mlynky, 8. – 10. 1997)*. *SSJ, Liptovský Mikuláš*, 117–128.
- ONDROUSEK, O. 1952. Nové objavy ve Važecké jaskyni na Slovensku. *Československý kras*, 5, 144–145.
- ORFÁNUS, M. 1998. Prevádzka a speleologický prieskum Važeckej jaskyne. In Bella, P. (Ed.): *Výskum, ochrana a využívanie jaskýň. Zborník referátov z vedeckej konferencie (Mlynky, 8. – 10. 1997)*. *SSJ, Liptovský Mikuláš*, 104–106.
- PRIKRYL, Ľ. V. 1984. Matej Bel a jaskyne na Slovensku. *Slovenský kras*, 22, 5–24.
- VOLKO-STAROHORSKÝ, J. 1930. Važecká jaskyňa (Liptov). „Příroda“, zvláštní otisk časopisu, 23, Akciová moravská knihtiskárna v Brně, 7 s.

# VAŽECKÁ JASKYŇA NA HORNOM LIPTOVE NÁRODNÁ PRÍRODNÁ PAMIATKA V PODZEMÍ DOLINY BIELEHO VÁHU

**Pavel Bella<sup>1</sup> – Dagmar Haviarová<sup>1</sup> – Juraj Littva<sup>1</sup> – Vladimír Papáč<sup>1</sup>  
– Iveta Smetanová<sup>2</sup> – Zuzana Višňovská<sup>1</sup> – Ján Zelinka<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Štátna ochrana prírody Slovenskej republiky, Správa slovenských jaskýň, Hodžova 11, 031 11 Liptovský Mikuláš; pavel.bella@ssj.sk, dagmar.haviarova@ssj.sk, juraj.littva@ssj.sk, vladimir.papac@ssj.sk, zuzana.visnovska@ssj.sk, jan.zelinka@ssj.sk

<sup>2</sup> Ústav vied o Zemi, v. v. i., Slovenská akadémia vied, Dúbravská cesta 9, 840 05 Bratislava; geofivas@savba.sk

Važecká jaskyňa je jedna z najznámejších jaskýň na severnom Slovensku, od roku 1934 je sprístupnená pre verejnosť (provizórne už od roku 1928). Hoci dĺžkou patrí medzi kratšie jaskyne, známa je výskytom pomerne bohatej kvapľovej výzdoby, pozoruhodnými nálezmi kostí jaskynných medveďov či vzácnou jaskynnou faunou. Keďže sa nachádza na severnom okraji Važeckého krasu, na styku Kozích chrbtov (podcelok Važecký chrbát) s Podtatranskou kotlinou (podcelok Liptovská kotlina), zaujímavá je aj z geologického a geomorfologického hľadiska. Pozoruhodná je aj krasová hydrografia v jej blízkom i širšom okolí.

Jaskyňa je pomenovaná podľa hornoliptovskej rázovitej obce Važec, na západnom okraji ktorej sa nachádza. Vytvorená je v terasovitom svahu na ľavej strane doliny Bieleho Váhu (obr. 1). Jej vchod leží 8 m nad akumuláčnou nivou Bieleho Váhu, v nadmorskej výške 784 m (Droppa, 1962a, b). Jaskyňa dosahuje dĺžku 530 m (Orfánus, 1998).

Vstupná sieň bola miestnym obyvateľom dávno známa ako „diery pod Vřškami“. V roku 2022 uplynulo 100 rokov od udalosti, keď O. A. Húska za pomoci A. Somra prenikol do vnútornejších častí Važeckej jaskyne, ktoré po ich sprístupnení môže obdivovať aj širšia verejnosť. Z vedeckého hľadiska sa o jaskyňu začal zaujímať J. Volko-Starohorský začiatkom 30. rokov minulého storočia. Začiatkom 60. rokov ju zameral a súbornejšie preskúmal A. Droppa. Nasledovali a doteraz pokračujú ďalšie detailnejšie výskumy tejto zaujímavej a hodnotnej jaskyne, ktorá vo svojom podzemí zaznamenáva pleistocénny vývoj krajiny horného Liptova v predpolí majestátnych Tatier.

## GEOLOGICKÁ STAVBA

Važecká jaskyňa je situovaná v blízkosti zlomu, pozdĺž ktorého sa stýkajú Kozie chrbty s Liptovskou kotlinou. Severné svahy Kozích chrbtov tvoria mezozoické horniny hronika stlačené do úzkych vrás, ktoré sporadicky pokrývajú zvyšky paleogénnych brekcií, zlepcov a pieskocov (Biely et al., 1992). Sedimentárnu výplň Liptovskej kotliny tvoria paleogénne ílovcy a pieskovce miestami pokryté kvartérnymi štrkami (Gross et al., 1979). Eróznymi procesmi pretvorená zlomová plocha so smerom ZSZ-VJV je dnes pozorovateľná ako výrazná terénna hrana tiahnuca sa južným okrajom obce Važec (Droppa, 1962a, b; Bella et al., 2016). Dominantnú úlohu pri jej tvarovaní zohrávala

najmä bočná a hĺbková erózia Bieleho Váhu v spojení s možnými pohybmi na zlome, ktoré sa tiež významne podieľali na vzniku a vývoji Važeckej jaskyne. Pred vchodom do jaskyne poriečna niva Bieleho Váhu miestami dosahuje šírku 300 m. Dôležitým faktorom pri jej vzniku zrejme bolo sťažené vertikálne zarezávanie sa Bieleho Váhu v oblasti západne od jaskyne. Tam rieka opúšťa Liptovskú kotlinu a vteká do prelomovej doliny cez Ko-

zie chrbty, v tejto oblasti tvorené predovšetkým odolnejšími druhohornými vápencami. Do súčasnej pozície bol Biely Váh vytlačený následkom progadácie náplavových vejárov nesúcich ľadovcovo-riečny materiál z úpätia Tatier. Určitú rolu mohla zohrať i strata ľavostranných prítokov Bieleho Váhu v prospech Čierneho Váhu, pretože v reliéfe Kozích chrbtov sú badateľné prejavy riečného pirátstva (Littva, 2017).



Obr. 1. Vchod do Važeckej jaskyne na okraji obce Važec. Foto: P. Bella



Obr. 2. Plocha uklonené vrstvy vápencov na juhozápadnom okraji Húskovho dómu. Foto: P. Bella

Súčasný vchod do jaskyne sa nachádza v skalnej stene budovanej strednotriasovými vápencami gutensteinského súvrstvia. Tmavé, výrazne vrstevnaté vápence tvoria materskú horninu jaskyne v celom jej rozsahu. Niekoľko metrov západne od vchodu vystupujú v terénnom zráže i horniny borovského súvrstvia, tie však priamo v jaskyni pozorované neboli. Napriek intenzívnemu zvrásneniu hornín zjavnému z geologickej mapy okolia jaskyne sú v samotnej jaskyni horniny uklonené plocho ( $10^\circ - 20^\circ$ ), prevažne s miernymi sklonmi na juh a sever (obr. 2). Lokálne boli pozorované i strmšie (max.  $35^\circ$ ) úklony s inou orientáciou, ktoré dokladujú mierne zvrásnenie horniny. Priamo však bolo zvrásnenie pozorované iba v Čarovnej záhradke a Jazierkovej sieni, ktoré sú vytvorené vo vrcholovej časti vrásky (Bella et al., 2016).

Priebeh najpočetnejších tektonických porúch nameraných vo Važeckej jaskyni má zsz-vjv. orientáciu a smerne sa zhoduje s orientáciou vedľajších a slepých jaskynných chodieb, ktoré tak zrejme predisponuje. Zhodnú orientáciu má i zlom oddeľujúci Kozie chrbty od Liptovskej kotliny (Droppa, 1962a, b; Bella et al., 2016) prebiehajúci pred vchodom do jaskyne. V jaskyni boli okrem vyššie zmienených porúch namerané i poruchy s orientáciou SSV-JJZ až SV-JZ, ktoré spolu s vrstvomými plochami predisponujú najväčšie podzemné priestory (napr. Vstupná sieň, Zbojnícka komora, Kostnica a Húskova sieň).

### MORFOLÓGIA, KLASTICKÉ SEDIMENTY A VÝVOJ JASKYNE

Važecká jaskyňa má vcelku horizontálny priebeh, približne 15 – 20 m pod mierne skloneným terasovitým povrchom. Pozostáva z rozvetvených a miestami labyrintovo poprepájaných chodieb. V miestach križovania sa chodieb sú podzemné priestory zväčšené do podoby siení, resp. menších dómov (Vstupná sieň, Jazierková sieň, Kamenný dóm).

Takmer v celej jaskyni sú pôvodné korózne, freatické modelované chodby pozmenené rútením, najmä pozdĺž mierne zvrásnených medzivrstvových plôch lavcovitých vápencov (Zbojnícka komora, Jazierková sieň, Galéria, Kamenný dóm, Zrútená sieň; obr. 3). Na rútenie pravdepodobne výrazne vplývalo premŕzanie, resp. mrazové zvetrávanie, najviac vo vstupných častiach jaskyne (Vstupná sieň a príslahlé



Obr. 3. Zvyšky koróznych freatických kanálov na stropě rútivej chodby západne od Kamenného dómu. Foto: P. Bella



Obr. 4. Miestami zachované oválne korózne freatické tvary. Foto: P. Bella



Obr. 5. Nánosy jemnozrnných sedimentov v Hlinenej chodbe. Foto: P. Bella

chodby). Narušený strop na severnom okraji Zbojníckej komory, v mieste prehliadkovej trasy nadväzujúcej na Vstupnú chodbu, stabilizuje betónový pilier (Lalkovič a Hatala, 1983). Hromadením zrútených a odvetraných častí hornín sa na podlahách chodieb, siení a dómov vytvorili sutinové kopy, valy a polia. Oválne chodby sa sčasti zachovali iba v nespráv-

stupnených častiach jaskyne za Kamenným dómom (obr. 4). Na pôvodnú freatickú modeláciu poukazujú aj neveliké stropné hrnce vytvorené pozdĺž zlomu v Hlinenej chodbe. Na ich vytváraní sa pravdepodobne podieľala aj presakujúca zrážková voda, ktorá sa miešala s viac nasýtenou vodou vyplňujúcou jaskyňu. V mladšej epifreatickej fáze vývoja jaskyne boli v Hlinenej chodbe mierne sklonené vápencové vrstvy sčasti korózne zrezané pozdĺž oscilujúcej hladiny bývalých povodňových vôd nad usadzujúcimi sa jemnozrnnými sedimentmi (Bella et al., 2016).

Na vytváraní jaskyne sa podieľali agresívne ponorné alochtónne vody Bieleho Váhu vrátane injektáží povodňových vôd z povrchového riečiska, ktoré sa rozptyľovali pozdĺž početných štruktúrno-geologických diskontinuit. Západne od Važca sa dolina Bieleho Váhu zužuje do úzkej epigenetickej prelomovej doliny (Vitásek, 1932), resp. epigeneticko-antecedentnej doliny (Droppa, 1967) vedúcej k sútoku Bieleho a Čierneho Váhu. Vzhľadom na sťaženie zarezávanie prelomovej doliny cez odolnejšie karbonátové horniny bývala vtedajšia poriečna niva pred zúžením do prelomu zaplavovaná a tým laterálne rozširovaná, pričom vody z povrchového riečiska vnikali aj do jaskyne.

Prítomnosť alochtónnych vôd z bývalého riečiska Bieleho Váhu v jaskyni a jej riečny pôvod potvrdzujú granitové okruhliaky, štrk a piesok – zistené v sondách vykopaných vo Vstupnej sieni a Kostnici, ako aj pri rozširovaní chodby medzi Vstupnou sieňou a Zbojníckou komorou (Volk-Starohorský, 1930; Havránek, 1935, 1949; Droppa, 1962a, b). Volk-Starohorský (1930) uvádza, že voda z povrchového riečiska vnikala do podzemia cez ponorový závrť východne od jaskyne (pokračujúci Liščou dierou dĺžkou 11,7 m; Orfánus, 1998) a terajším vchodom do jaskyne vyvierala na povrch. Naopak podľa Droppu (1962a, b) vody Bieleho Váhu prúdili do jaskyne cez terajší vchod a ďalej prenikali pozdĺž vrstvomých plôch i tektonických porúch (ich výtok na povrch nie je známy). Hlavnou drenážnej ceste však pravdepodobne zodpovedá najširší úsek jaskyne od Zbojníckej komory cez Jazierkovú sieň a Húskov dóm ku Galérii. Ponorné vody mohli vnikáť do jaskyne väčším otvorom na severnom, dnes zavalenom okraji Zbojníckej komory, ktorý sa nachádza blízko povrchu. Úzke chodby predurčené tektonickými poruchami sa zväč-

ša končia úžinou alebo sú upchaté jemnozrnnými sedimentmi (nerozšírené do podoby oválnych kanálov).

Vzhľadom na výskyt vyvieraciek pred Važeckou jaskyňou sa na jej vytváraní mohli podieľať aj vody infiltrujúce do podzemia zo zrážok na plošinách Mury a Krieslo so závrtni južne od jaskyne (Volko-Starohorský, 1931; Havránek, 1935, 1949; Droppa, 1962a, b). Keďže do vyvieracky Teplica pred Važeckou jaskyňou sa dostávajú aj ponorné vody z poloslepej doliny v Priepadlách (Droppa, 1962a, b; Hanzel, 1974; Haviarová, 2016) a v Kostnici sa našli aj fragmenty paleogénnych pieskocov a ílovcov, Droppa (1962a, b) predpokladá, že na vytváraní Važeckej jaskyne sa podieľali aj ponorné vody z Priepadiel. Avšak do takýchto paleogénnych hornín je zahĺbená nielen poloslepá dolina v Priepadlách pred ponormi, ale aj riečisko Bieleho Váhu od východného okraja Važca až po úpätie Vysokých Tatier (najvýchodnejšia časť Liptovskej kotliny budovaná flyšovými súvrstviami). Droppa (1962a, b) píše, že „jaskynný vchod slúžil najprv ako ponor, v neskoršom vývojom období ako vyvieracka“. Drenáž podzemných vôd do Važeckej jaskyne z okolitých skrasovatených vápencov sa v čase zvýšených zrážok alebo topenia snehu aj v súčasnosti prejavuje zaplavovaním najspodnejších častí jaskyne – Kostnice a Vstupnej siene.

Značná časť podlahy jaskyne (Kostnica, Hlinená chodba, Čarovná záhradka) je pokrytá hlinitými sedimentmi naplavenými povodňovými vodami. Pod ílovito-hlinitými súvrstviami sú silno zahĺbené a väčšinou nedokonalo zaoblené štrky, najmä vápencov a dolomitov, paleogénnych pieskocov a zvetraných žulových okruhliakov. Najnižšie sú alochtónne granitové okruhliaky, štrk a piesok v celkovej hrúbke až 1,5 m (Droppa 1962a, b). V Kostnici sedimenty siahajú až po skalný strop. Od skalného dna naspodku vykopanej sondy majú celkovú hrúbku 3,1 m (Droppa, 1962a, b).

V Hlinenej chodbe a miestami aj v Čarovnej záhradke hlinité sedimenty siahajú až do výšky 25 až 50 cm pod skalný strop, vytvárajúc takmer horizontálny akumulčný povrch. Preto je tu prehliadkový chodník prekopaný do hĺbky 150 cm (obr. 5). Vo vrchnej časti hlinitých sedimentov sa následkom ich zmršťovania po opakovanom zaplavení a vysúšani vytvorili bahenné praskliny. Rozpukáním povrchu sedimentov vznikajú klinovité praskliny, ktoré v pôdoryse vytvárajú polygonálne tvary nazývané exsikačné, resp. desikačné polygóny alebo polygonálny íl. Vo Važeckej jaskyni vytvárajú prevažne hexagonálne tvary. V miestach zvlhčovania povrchu hlinitých sedimentov sú centrálné časti polygónov napučívaním („nabobtnávaním“) ílu kopčekovito vyklenuté (Bella et al., 2016).

## POSTUPNOSŤ VYTÁRANIA VAŽECKEJ JASKYNE (Bella et al., 2016):

(1) **Fázy freatickej koróznej modelácie.** Voda prenikajúca pozdĺž tektonických porúch i medzivrstvových plôch rozpúšťala vápenc. Pritom vznikali iniciálne kanály a dutiny (prvotná fáza), ktoré sa postupne zväčšovali (pokročilá fáza). Podľa Droppu (1962a, b) ponorné vody bočného ramena Bieleho Váhu prúdili do jaskyne najmä v interglaciáli ris 1-2 (stredný sál, MIS 7).

(2) **Fáza epifreatickej koróznej modelácie.** Epifreatická modelácia pozdĺž oscilujúcej hladiny podzemnej vody súvisela najmä s vytváraním riečnej terasy T-II (ris 2 / neskorý sál, MIS 6; v nadväznosti na Droppu, 1962a, b). Hlavné jaskynné chodby sa rozšírili do strán, bočné slepé chodby sa predlžovali a dotvárali vodami prenikajúcimi do puklín.

(3) **Fázy akumulácie fluvialných alochtónnych sedimentov (prevažne granitových štrkov).** Po vytvorení hlavnej časti jaskyne ponorné vody Bieleho Váhu začali transportovať do podzemných priestorov granitové okruhliaky, štrk a piesok, sčasti i opracované úlomky pieskocov. Tvoria tri zreteľné fluvialne cykly (Droppa, 1962a, b), ich súvrstvia oddeľujú



Obr. 6. Holocénne stalagmity na povrchu hlinitých sedimentov. Foto: P. Bella

mangánové impregnácie svedčiace o odvodnení sedimentu a relatívne dlhej fáze biogeochemických reakcií.

(4) **Prvotná fáza modelácie jaskyne vo vadóznych podmienkach.** Počiatková remodelácia koróznymi skalnými tvarov, najmä odvalovaním a odvetrávaním v subaerických podmienkach. Podľa Sabola et al. (2011) a Laughlana et al. (2012) medvede jaskynné využívali podzemné priestory jaskyne na hibernáciu a čiastočne aj ako brloh v období stredného würmu / vislanu, vtedy pravdepodobne existoval väčší vchod do jaskyne.

(5) **Fáza akumulácie netriedených hrubozrnných sedimentov.** Depozícia zahĺbených, nedokonale zaoblených štrkov hrubá asi 1 m (Droppa, 1962a, b), najmä z vápencov a dolomitov, ktorú Droppa (1962a, b) radí do štádiálu würm 1. V najvyššej, silno zaílovannej polohe sa našli početné kosti medve-

ďov jaskynných (*Ursus ex gr. spelaeus*) i ďalších stavovcov (Sabol a Struhár, 2002; Sabol et al., 2011; Laughlan et al., 2012). Rádiouhlíkový vek dvoch kostí medvedov jaskynných odobratých z miestnych sedimentov je viac ako 40- a 51-tisíc rokov (Sabol a Višňovská, 2007; Laughlan et al., 2012), akumulácia týchto ílovitých štrkov prislúcha najmenej počiatku MIS 3. Podľa Droppu (1962a, b) vápenca a pieskocve z „vnútrokarpatského paleogénu“ do jaskyne naplavili vody z ponorov v závere poloslepej doliny v Priepadlách (odkryté sú však aj v riečisku Bieleho Váhu pred Važcom). Do jaskyne boli splavené aj klasty jurských vápencov (detekcia zdrojovej oblasti si vyžaduje detailnejší výskum). Jaskyňa v tom čase mala pravdepodobne tvar jednej veľkej siene s predĺženou bočnou chodbou (Sabol et al., 2011; Laughlan et al., 2012), vedúcou od Zbojníckej komory.

(6) **Striedajúce sa fázy tvorby sintrovej výplne, akumulácie povodňových jemnozrnných sedimentov a rútenia skalných stropov.** Na sedimenty z predchádzajúcej fázy akumulácie, na povrchu zvetrané a miestami pokryté tenkými sintrovými kôrami a malými stalagmitmi, sa z kalných prúdov s premenlivou rýchlosťou prúdenia vody usadili povodňové sedimenty okrovej farby. Vyššie sa v pokojnejšom prostredí sedimentácie z pulzných kalných prúdov uložili povodňové prachovité sedimenty červenkastej farby. V pokročilej vadóznej fáze vývoja jaskyne sa na viacerých miestach jaskyne chodby, siene a dómy dotvárali do terajšej doby rútením a odvetrávaním. Vo vadóznej fáze vývoja sa tvorila aj pomerne bohatá sintrová výplň jaskyne, prevažne v teplejších interstadiálnych obdobiach.

(7) **Holocénna fáza akumulácie povodňových jemnozrnných sedimentov.** Počas zaplavenia zadnej, mierne zníženej časti jaskyne (Kostnica, Hlinená chodba, Čarovná záhradka) sa nad sintrovou kôrou starou 10- až 11-tisíc rokov (Bella et al., 2016) usadili hlinité sedimenty hrubé asi 40 cm (Droppa, 1962a, b). Nakoniec sa vytvorila najmladšia generácia sintrovej výplne (obr. 6).

## CHEMOGÉNNE VÝPLNE

Podzemné priestory Važeckej jaskyne zdobia najmä krehké sintrové brká, početné stalaktity, stalagmity a stalagnáty (Čarovná záhradka, Húskova sieň), miestami aj kaskádovité jazierka ohraničené sintrovými hrádzami (Jazierková sieň). Na povrchu strmých sintrových nátekov a stalagmitov sa tvoria miniatúrne sintrové mištičky, resp. hrádzky. Kvapľová výzdoba vytvára pre návštevníkov nezabudnuteľné jaskynné scenérie.

Praskanie a nakláňanie stalagnátov a stalagmitov, viditeľné najmä v Hlinenej chodbe, pravdepodobne súvisí so sadaním, zmršťovaním a napučívaním jemnozrnných sedimen-

to, na ktorých sa tieto sintrové útvary vytvorili. Narušením jaskynného stropu sa niektoré sintrové brká odklonili od pôvodnej zvislej polohy, v ktorej vznikli.

### HYDROLOGICKÉ A HYDROCHEMICKÉ POMERY

Važecká jaskyňa sa nachádza na ľavej strane doliny Bieleho Váhu, ktorý v súčasnosti preteká obcou Važec severne od Važeckej jaskyne. V minulosti vody Bieleho Váhu spolu s podzemnými vodami ponorajúcimi sa v závere poloslepej doliny v Priepadlách pravdepodobne pretekali jaskyňou a podieľali sa na jej genéze (Dropa, 1962a, b; Bella et al., 2016). Dnes je Važecká jaskyňa vo svojich známych častiach bez výskytu podzemného toku. Občasne bývajú zatápané len jej najspodnejšie časti (Kostnica, Vstupná sieň), k čomu dochádza počas výrazného zvýšenia hladiny podzemnej vody (pri topení snehu alebo dlhodobých intenzívnych zrážkach). Najväčšie takéto zatopenie v jaskyni za posledných dvadsať rokov bolo dokumentované v apríli 2006 (obr. 7).

V súčasnosti je z hydrologického hľadiska najzaujímavejšou časťou jaskyne Jazierková sieň, ktorej názov indikuje prítomnosť viacerých jazierok (obr. 8). Plynké sintrové misy s priemerom 10 až 60 cm terasovite zoradené do kaskád dominujú v sieni po pravej strane prehliadkového chodníka. Po jeho ľavej strane sa nachádzajú rovnako plytké, no plošne o niečo väčšie hradené kaskádové jazierka. Jazierka sú napájané zrážkovými vodami presakujúcimi cez horninové nadložie. Počas suchých období jazierka vysychajú. Priesakové vody sa objavujú aj v iných častiach jaskyne vzhľadom na tektonické porušenie nadložných vápencov gutensteinského súvrstvia. Ich intenzita je však aj napriek pomerne malej hrúbke nadložia pohybujúcej sa v rozpätí 15 až 20 m (Bella et al., 2016) slabá, čo súvisí jednak s charakterom štruktúrno-geologických diskontinuit v jaskyni, jednak s výsadbou ochranného lesa nad jaskyňou v roku 1974. Jeho úlohou je zachytávať atmosférické zrážkové vody, a znižovať tak objem presakujúcich vôd do jaskynného prostredia, ako aj eliminovať ich prípadné korozívne účinky na horninové nadložie (Peško, 2001).

Kvalita vôd Važeckej jaskyne sa sledovala v období rokov 1999 až 2000 (Peško, 2001) na základe vybraných fyzikálno-chemických parametrov. Rozsah sledovania bol malý, zahŕňajúci 6 analýz priesakových vôd a 7 analýz



Obr. 7. Zaplavená Vstupná sieň, apríl 2006. Foto: D. Haviarová



Obr. 8. Jazierková sieň. Foto: P. Staník

vôd z jazierok. V chemickom zložení jaskynných vôd dominovali hydrogénuhličitanové anióny a kationy vápnika. Merná elektrická vodivosť priesakových vôd dosahovala hodnoty do 42,85 mS·m<sup>-1</sup>, teplota vôd sa pohybovala od 6,0 do 7,9 °C, pH kolísalo v rozpätí 7,65 až 8,27. Koncentrácie Ca<sup>2+</sup> boli stanovené v rozsahu 34,07 – 92,2 mg·l<sup>-1</sup>, koncentrácie HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> v rozpätí 176,9 – 256,2 mg·l<sup>-1</sup>. Vody jazierok mali oproti priesakovým vodám mierne znížené pH (7,40 – 7,95), mierne zvýšenú mernú elektrickú vodivosť (max. hodnota

54,10 mS·m<sup>-1</sup>). Mierne vyššie boli aj koncentrácie Ca<sup>2+</sup> (52,1 – 96,2 mg·l<sup>-1</sup>) a koncentrácie HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> (216,6 – 274,5 mg·l<sup>-1</sup>). Koncentrácie dusičnanov všetkých jaskynných vôd boli mierne zvýšené (priemerné hodnoty prekročovali hranicu 20 mg·l<sup>-1</sup>). V rámci monitoringu boli odobrané aj dve vzorky vody z vyvieracky Teplica a jedna vzorka z ponorovej zóny v Priepadlách.

Priepadlá predstavujú významnú ponorovú oblasť Važeckého krasu, ležiacu juhovýchodne od Važca. Ide o poloslepej údolie na kontakte strednotriasových gutensteinských vrstiev s paleogénnym borovským súvrstvom, kde sa stráca alochtónny povrchový tok do podzemia. Realizované stopovacie skúšky v rokoch 1961 (Dropa, 1962a, b) a 2015 (Haviarová, 2016) potvrdili prepojenie týchto ponorajúcich sa vôd s vodami vyvieraciek nachádzajúcich sa pod Važeckou jaskyňou (Občasná vyvieracka, vyvieracka Teplica). Stopovacia skúška na podzemnom toku v jaskyni Šoldovo ležiacej v lokalite Priepadlá v roku 2015 rovnako preukázala prepojenie týchto vôd s vodami vyvieracky Teplica a menšieho prameňa na pravom brehu Bieleho Váhu (Haviarová, 2016). Predpokladá sa, že tieto podzemné vody sa podieľajú pri vysokých vodných stavoch aj na zaplavovaní spodných častí Važeckej jaskyne. Na potrebu ich výskumu a monitoringu poukázala Tereková (1993) pri návrhu osobitného režimu ochrany chráneného prírodného útvaru Važecká jaskyňa ešte v roku 1993. Samotný monitoring sa realizoval až v rokoch 2004 – 2006 (Haviarová, 2007). Výsledky monitoringu chemického zloženia a kvality vôd identifikovali ponorné vody v Priepadlách podľa klasifikácie prevládajúcich iónov nad 20 cz % ako vody Ca-Mg-HCO<sub>3</sub>-SO<sub>4</sub>, respektíve Ca-Mg-HCO<sub>3</sub> typu. Vody vyvieracky Teplica boli podľa výsledkov monitoringu Ca-Mg-HCO<sub>3</sub> typu. Nízko mineralizované, prevažne slabo alkalické vody na vstupe aj výstupe čiastočne známeho podzemného hydrologického systému Važeckého krasu si počas monitoringu zachovávali pomerne stále chemické zloženie. Dočasne identifikované zmeny, spojené s jarným topením snehu a intenzívnymi zrážkovými udalosťami, sa okrem výrazného zhoršenia senzorických vlastností prejavovali aj zhoršením celkovej kvality vôd, čo súviselo s poľnohospodárskym využívaním územia. V Priepadlách dochádzalo vo vodách k zvýšeniu obsahov dusitanov, dusičnanov, amónnych iónov, fosforečnanov, organických látok a mikrobiologických ukazovateľov. Zvýšený obsah nutričov v vode sa



podpísal aj na sezónnej eutrofizácii, pozorovanej najmä vo vyvieracke Teplica. V Teplici boli v porovnaní s Prieпадlami stanovené vyššie obsahy dusičnanov a fosforečnanov. V čase nízkych vodných stavov sa identifikovali vyššie hodnoty mineralizácie vôd v Prieпадlách, v čase vysokých vodných stavov boli vyššie mineralizované vody vo vyvieracke Teplica. Pri vyšších vodných stavoch sa do podzemného systému dostávajú pravdepodobne vo väčšom množstve vody s vyššou mineralizáciou pochádzajúce z prostredia karbonátov krasových plošín Mury a Kriesla. Dokazuje to aj výsledok chemického zloženia vôd odobratých zo zatopenej časti Važeckej jaskyne v apríli 2006, ktoré mali na rozdiel od vôd z Prieпадiel a Teplice v tom istom čase dvojnásobne vyššiu mineralizáciu. Na jej zvýšení sa podieľali hlavne vyššie koncentrácie vápenatých a hydrogénuhličitanových iónov, čo môže byť spájané s vyšším podielom vôd pochádzajúcich z krasovej plošiny nad jaskyňou.

### SPELEOKLIMATICKÉ POMERY

Vstupné časti jaskyne počas roka ovplyvňujú vonkajšie klimatické zmeny na povrchu pred jaskyňou, čo sa v zime prejavuje mrazovým zvetrávaním vrstevnatých vápencov. Z hľadiska dynamiky súčasných zmien teploty vzduchu Zelinka (2002) vyčlenil vo Važeckej jaskyni tri zóny: (1) dynamickú zónu (od vchodu a Vstupnej siene po Kamenný dóm) s maximálnou amplitúdou teploty vzduchu v zimnom období a minimálnou amplitúdou v letnom období (teplota vzduchu sa tu mení od  $-5,7$  až do  $+8,4$  °C, relatívna vlhkosť vzduchu od 65 do 95 %); (2) prechodnú staticko-dynamickú zónu (Zbojnícka komora, Jazierková sieň, nespístupné časti za Kamenným dómom) s menšou amplitúdou teploty vzduchu v chladnom polroku a stabilizáciou teploty vzduchu v teplom polroku (vyrovnávací zóna medzi klimaticky odlišnými zadnými a vstupnými časťami jaskyne); (3) kvázistatickú zónu (zadné časti jaskyne za Jazierkovou sieňou) s minimálnou amplitúdou teploty vzduchu počas celého roka (priemerné denné teploty vzduchu smerom do zadných častí vzrastajú do  $6,5$  až  $6,8$  °C, priemerná relatívna vlhkosť vzduchu 94 %). Od decembra 2015 v jaskyni prebieha kontinuálny monitoring teploty a vlhkosti vzduchu.

### OBJEMOVÁ AKTIVITA RADÓNU

Vo Važeckej jaskyni prebieha od roku 2012 kontinuálne meranie objemovej aktivity radónu (OAR) v ovzduší. V jaskyni sa v súčasnosti nachádzajú tri monitorovacie stanice. Od mája 2012 prebiehajú merania OAR na stanici Galéria a od novembra 2015 aj na stanicach Vstupná sieň a Jazierková sieň. Meranie sa vykonáva prostredníctvom pasívneho detektora alfa častíc Barasol (Algade, Francúzsko), údaje sa zaznamenávajú v 10-minútových integračných intervaloch. OAR na všetkých troch stanicach v jaskyni vykazuje periodické sezónne a denné a neperiodické krátkodobé variácie (do 15 dní). Sezónne maximum OAR bolo na všetkých stanicach zaregistrované v mesiacoch jún až september. Pozorovala sa priestorová zmena hodnôt OAR, na stanici Galéria sa priemerná denná hodnota OAR pohybuje v intervale  $3600 - 42\ 300$  Bq/m<sup>3</sup>,

na stanici Jazierková sieň v rozsahu  $1300 - 27\ 700$  Bq/m<sup>3</sup> a na stanici Vstupná sieň v intervale  $400 - 11\ 600$  Bq/m<sup>3</sup> (Smetanová et al., 2020).

### FAUNA JASKYNE

Napriek relatívne malým rozmerom, neprítomnosti guána netopierov ako významného potravného substrátu a dlhoročnému sprístupneniu pre verejnosť je Važecká jaskyňa faunisticky pozoruhodnou lokalitou s pestrou skladbou a bohatým zastúpením spoločstiev terestrických bezstavovcov, vrátane prítomnosti špecializovaných jaskynných a endemických druhov. Celkovo sa v jej podzemných priestoroch potvrdil výskyt najmenej 70 druhov bezstavovcov a 7 druhov netopierov. Netopiere (Chiroptera) jaskyňu využívajú príležitostne v zimnom období na prezimovanie alebo v prechodnom období ako denný úkryt. Vo Vstupnej sieni je to najčastejšie večernica severská (*Eptesicus nilssonii*), v teplejších priestoroch ďalej od vchodu sú to napríklad podkovár malý (*Rhinolophus hipposideros*), netopier veľký (*Myotis myotis*) či netopier veľkouchý (*Myotis bechsteini*; obr. 9).

Vstupný priestor Važeckej jaskyne s relatívne dynamickými mikroklimatickými podmienkami je vhodný pre vlhkomilné, tieňomilné a chladnomilné druhy dvojkrídlovcov (Diptera), chrobákov (Coleoptera), motýľov (Lepidoptera), viacnôžok (Myriapoda), pavúkov (Araneae), potočníkov (Trichoptera) a ďalších, ktoré sem v určitých fázach roka aktívne prenikajú z vonkajšieho prostredia s cieľom dočasného úkrytu alebo získania potravy (Mock et al., 2002, 2004). Viaceré z nich tam následne tvoria súčasť tzv. stenovej (parietálnej) fauny.

Hlbšie v jaskyni sa sústreďujú kavernikolné formy živočíchov. Na hladine jazierok, zvyškoch dreva a okolitých kvapľoch majú frekventovaný výskyt dva troglobiontné druhy chvostostokov (Collembola) – *Deuteraphorura kratovhili* a *Pseudosinella pacti*, oba sú endemitmi Západných Karpát (Mock et al., 2002). Važecká jaskyňa je typovou lokalitou jaskynného chvostostoka *Megalothorax*



Obr. 9. Netopier veľkouchý (*Myotis bechsteini*). Foto: Z. Višňovská



Obr. 10. Jaskynná štúrovka *Eukoenenia spelaea* (Palpigradi). Foto: Ľ. Kováč a V. Kóna



Obr. 11. Mnohonôžka *Allorhiscosoma sphinx* (Diplopoda). Foto: Ľ. Kováč

hipmani, ktorý bol vôbec prvýkrát objavený a ako nový druh pre vedu opísaný na základe jedincov odchytých z hladiny jazierka v časti Križovatka pri Jazierkovej sieni (Papáč a Kováč, 2013). Dosiaľ je tento druh známy iba z niekoľkých západokarpatských jaskýň a vyznačuje sa výraznými troglomorfnými znakmi. Rovnako pozoruhodný je výskyt stabilnej populácie vzácnej jaskynnej štúrovky *Eukoenaia spelaea* (Palpigradi; obr. 10), pričom geografická poloha nálezů zhruba na úrovni 49° severnej zemepisnej šírky predstavuje dosiaľ najsevernejší známy výskyt zástupcov tejto starobylej skupiny pavúkovcov na svete (Kováč et al., 2002). Vzácnejšiu troglofilnú makrofaunu tu reprezentujú rovnakoňôžka *Mesoniscus grangeri* (Isopoda), mnohonôžka *Allorhiscosoma sphinx* (Diplopoda; obr. 11) či bystruška *Duvallius bokori* (Coleoptera).

Akvatická fauna je vo Važeckej jaskyni chudobne zastúpená. Jej najvýznamnejšiu zložku predstavuje podzemný kôrovec *Bathynella nantans* (Syncarida), ktorý obýva jazierka v strednej časti jaskyne (Višňovská, unpubl.). Vo vodách vyvierajúcej Teplica pred jaskyňou bol zistený stygobiontný kôrovec *Niphargus taterensis* (Amphipoda), ktorý je typickým obyvateľom tečúcich podzemných vôd v severných oblastiach Slovenska (Hudec a Mock, 2011).



Obr. 12. Kostrové zvyšky medveďa jaskynného (*Ursus ex gr. spelaeus*) z Važeckej jaskyne. Foto: Z. Višňovská

Okrem vzácných zástupcov recentnej fauny je Važecká jaskyňa významným náleziskom kostrových zvyškov jaskynných medveďov (*Ursus spelaeus* group; obr. 12) a iných vyhynutých cicavcov z obdobia pleistocénu (Višňovská, 2006; Sabol a Višňovská, 2007; Sabol et al., 2011; Laughlan et al., 2012). Tieto nálezy radia Važeckú jaskyňu medzi biospeleologické a paleontologické lokality európskeho významu.

## OCHRANA JASKYNE

V roku 1972 bola Važecká jaskyňa vyhlásená za chránený prírodný výtvor vrátane ochranného pásma nad jaskyňou s výmerou

18,8 ha (Úprava Ministerstva kultúry SSR č. 9290/1972; Zvesti, zošit 2/1973), od roku 1996 je národnou prírodnou pamiatkou (Vyhláška Ministerstva životného prostredia SR č. 293/1996 Z. z.).

V roku 2010 bolo vyhlásené ochranné pásmo Važeckej jaskyne s výmerou 87,3728 ha, ktoré zahŕňa nielen povrch nad jaskyňou, ale aj ponorovú oblasť poloslepej doliny v Prieпадlách (Vyhláška Krajského úradu životného prostredia v Prešove č. 1/2010 z 11. novembra 2010; Vestník vlády SR, Čiastka 6/2010). Nachádza sa v Prešovskom kraji, v okrese Poprad, v katastrálnom území Štrba, ako aj v Žilinskom kraji, v okrese Liptovský Mikuláš, v katastrálnom území Važec. Podmienky ochranného pásma jaskyne obmedzujú antropogénne vplyvy hospodárskych aktivít na povrchu, ktoré by mohli negatívne ovplyvniť jaskynný ekosystém. Ide hlavne o čiastočné obmedzenie poľnohospodárskej činnosti v území (živočišnej aj rastlinnej), regulovanie lesohospodárskej činnosti a výstavby. Cieľom ochrany jaskyne je zachovanie dobrej kvality jaskynných vôd, zabránenie poškodenia jaskynných výplní, najmä deštrukcie sintrovej výzdoby, zachovanie paleontologických nálezů a recentnej jaskynnej fauny, jej druhovej pestrosti a početnosti, ako aj udržiavanie a nenarušovanie mikroklimy jaskyne.

## Literatúra

- BELLA, P. – LITVA, J. – PRUNER, P. – BOSÁK, P. – ŠLECHTA, S. – HERCMAN, H. – ČÍŽKOVÁ, K. 2016. Geologická stavba, morfológia a vývoj Važeckej jaskyne. *Slovenský kras*, 54, 1, 5–31.
- BIELY, A. – BEŇUŠKA, P. – BEZÁK, V. – BUJNOVSKÝ, A. – HALOUZKA, R. – IVANIČKA, J. – KOHÚT, M. – KZINEC, A. – LUKÁČIK, E. – MAGLAY, J. – MIRO, O. – PULEC, M. – PUTIŠ, M. – VOZÁR, J. 1992. Geologická mapa Nízkych Tatier, 1 : 50 000. GÚDŠ, Bratislava.
- DROPPA, A. 1962a. Speleologický výskum Važeckého krasu. *Geografický časopis*, 14, 4, 264–293.
- DROPPA, A. 1962b. Važecká jaskyňa a krasové javy v okolí. *Šport*, Bratislava, 94 s.
- DROPPA, A. 1967. Krasové javy v doline Bieleho Váhu. *Geografický časopis*, 19, 2, 141–153.
- GROSS, P. – VAŠKOVSKÝ, I. – HALOUZKA, R. 1979. Geologická mapa Liptovskej kotliny 1 : 50 000. GÚDŠ, Bratislava.
- HANZEL, V. 1974. Podzemné vody chočského príkrovu a série Veľkého boku na severovýchodných svahoch Nízkych Tatier. *Západné Karpaty, séria hydrogeológia a inžinierska geológia*, 1, 7–64.
- HAVIAROVÁ, D. 2007. Posúdenie vplyvu poľnohospodárskych aktivít na kvalitu vôd podzemného hydrologického systému Važeckého krasu. *Aragonit*, 12, 38–42.
- HAVIAROVÁ, D. 2016. Výsledky nových stopovacích skúšok na lokalite Prieпадlá (Važecký kras). *Aragonit*, 21, 1–2, 22–28.
- HAVRÁNEK, F. 1935. Važecká jaskyňa a její kras (třetí vydání). Edice Tatranského a jaskynného múzea, Važec, 140 s.
- HAVRÁNEK, F. 1949. Nový výzkum Važecké jaskyne. *Československý kras*, 2, 294–295.
- HUDEC, I. – MOCK, A. 2011. Rozšírenie dvoch druhů rodu *Niphargus* (Crustacea, Amphipoda) na Slovensku. *Slovenský kras*, 49, 2, 153–160.
- KOVÁČ, Ľ. – MOCK, A. – LUPTÁČIK, P. – PALACIOS-VARGAS, J. G. 2002. Distribution of *Eukoenaia spelaea* (Peyerimhoff, 1902) (Arachnida, Palpigradida) in the Western Carpathians with remarks on its biology and behaviour. In *Tajovský, K. – Balík, V. – Pižl, V. (Eds.): Studies on Soil Fauna in Central Europe. Institute of Soil Biology, České Budějovice*, 93–99.
- LALKOVIČ, M. – HATAĽA, J. 1983. Príspevok k bližšiemu poznaniu stabilných pomerů sprístupnených jaskýň na Slovensku. *Slovenský kras*, 21, 93–118.
- LAUGHLAN, L. – RABEDER, G. – SABOL, M. 2012. The fossils and taphonomy of the Važecká Cave – preliminary results. *Braunschweiger Naturkundliche Schriften*, 11, 81–86.
- LITVA, J. 2017. Geologický vývoj vnútrohorských kotlín Západných Karpát v období pliocénu a kvartéru. Dizertačná práca, Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského v Bratislave, Katedra geológie a paleontológie, 153 s.
- MOCK, A. – KOVÁČ, Ľ. – LUPTÁČIK, P. – KOŠEL, V. – HUDEC, I. – FENĎA, P. 2002. Bezstavovce Važeckej jaskyne a vyvierajúcej Teplica (Kozie chrby). *Aragonit*, 7, 30–32.
- MOCK, A. – KOVÁČ, Ľ. – LUPTÁČIK, P. – MLEJNEK, R. – VIŠŇOVSKÁ, Z. – KOŠEL, V. – FENĎA, P. 2004. Kavernikolné článkonožce (Arthropoda) Važeckého krasu. In *Bella, P. (Ed.): Výskum, využívanie a ochrana jaskýň. Zborník referátů z 4. vedeckej konferencie s medzinárodnou účasťou (Tále, 5.–8. 10. 2003). SŠJ, Liptovský Mikuláš*, 145–154.
- ORFÁNUS, M. 1998. Prevádzka a speleologický prieskum Važeckej jaskyne. In *Bella, P. (Ed.): Výskum, ochrana a využívanie jaskýň, zborník referátů z 1. vedeckej konferencie (Mlynky, 8.–10. 11. 1997). SŠJ, Liptovský Mikuláš*, 104–106.
- PAPÁČ, V. – KOVÁČ, Ľ. 2013. Four new troglobiotic species of the genus *Megalothorax* Willem, 1900 (Collembola: Neelipleona) from the Carpathian Mountains (Slovakia, Romania). *Zootaxa*, 3737, 5, 545–575.
- PEŠKO, M. 2001. Fyzikálno-chemické vlastnosti priesakových vôd vo Važeckej jaskyni. *Aragonit*, 6, 19–21.
- SABOL, M. – LAUGHLAN, L. – RABEDER, G. 2011. Paleontologický výskum Važeckej jaskyne – sezóna 2010. *Aragonit*, 16, 1–2, 31–32.
- SABOL, M. – STRUHÁR, V. 2002. Fossilne a subfossilne nálezy medveďů (Carnivora, Ursidae) z územia Liptova (severné Slovensko). *Slovenský kras*, 40, 49–88.
- SABOL, M. – VIŠŇOVSKÁ, Z. 2007. Cave Bears from the Važecká Cave (Northern Slovakia) science and exhibitions. *Scripta Facultatis Scientiarum Naturalium Universitatis Masarykianae Brunensis*, 35 (2005), Geology, 145–150.
- SMETANOVÁ, I. – HOLÝ, K. – LUHOVÁ, L. – HAVIAROVÁ, D. – KUNÁKOVÁ, L. (2020). Seasonal variation of radon and CO<sub>2</sub> in the Važecká Cave. *Nukleonika*, 65, 2, 153–157.
- TEREKOVÁ, V. 1993. Návrh osobitného režimu ochrany CHPV Važecká jaskyňa. *Manuskript, SAŽP, Banská Bystrica*, 11 s.
- VIŠŇOVSKÁ, Z. 2006. Paleontologická expozícia medveďa jaskynného (*Ursus spelaeus*) vo Važeckej jaskyni. *Aragonit*, 11, 60–64.
- VITÁSEK, F. 1932. Terasy horního Váhu. *Spisy odboru Československé společnosti zeměpisné v Brně, Řada A, Spisy Tatranské komise*, 4, 22 s.
- VOLKO-STAROHORSKÝ, J. 1930. Važecká jaskyňa (Liptov). *Příroda*, 23, 3–8 (zvláštný otisk).
- VOLKO-STAROHORSKÝ, J. 1931. Geologické pomery okolia Važeckej jaskyne. *Věstník Státního geologického ústavu Čsl. republiky*, 7, 4–5, Praha, 1–12 (zvláštní otisk).
- ZELINKA, J. 2002. Termodynamická charakteristika Važeckej jaskyne. In *Bella, P. (Ed.): Výskum, využívanie a ochrana jaskýň. Zborník referátů z 3. vedeckej konferencie (Stará Lesná 14.–16. 11. 2001). SŠJ, Liptovský Mikuláš*, 123–131.

# VÝNIMOČNÁ OCHTINSKÁ ARAGONITOVÁ JASKYŇA 50 ROKOV SPRÍSTUPNENÁ PRE VEREJNOSŤ

**Pavel Bella – Ľudovít Gaál**

Štátna ochrana prírody Slovenskej republiky, Správa slovenských jaskýň, Hodžova 11,  
031 11 Liptovský Mikuláš; pavel.bella@ssj.sk, ludovit.gaal@outlook.sk

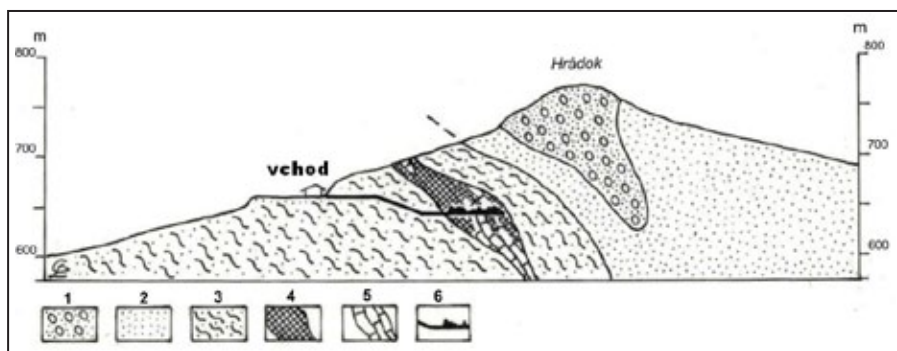
Máloktorá krajina disponuje takou genetickou diverzitou jaskýň ako Slovensko. Nachádzajú sa tu korózne a fluviokrasové jaskyne vo vápencoch vrátane korózných hypogénnych (karbonatických i sulfurických) jaskýň, klastokrasové jaskyne v zlepencoch, bradykrasové jaskyne v magnezitoch, synsedimentárne konštrukčné jaskyne v travertínoch, rozsadlinové a medzibalvanové jaskyne v rôznych horninách, jaskyne vytvorené mechanickým vyvetrávaním hornín, jaskyne po stromových pozostatkoch vo vulkanických zlepencoch a v travertínoch, vulkaniko-exhalačné a pneumatogénne jaskyne vo vulkanitoch, ojedinále dokonca aj sufózne jaskyne v ílových hlinách a staré abrázne jaskyne v miocénnych slienitých vápencoch (pozri Bella, 2016 a ďalší).

Táto rozmanitosť sa však takmer nijako neprejavuje v škále verejnosti sprístupnených jaskýň. Sprístupnené jaskyne s jedinou výnimkou – Ochtinskou aragonitovou jaskyňou – sú vytvorené v druhohorných vápencoch prevažne chemickou i mechanickou eróznou činnosťou bývalých alebo súčasných podzemných tokov. Ochtinská aragonitová jaskyňa sa však od nich, ale aj od jaskýň vytvorených vodami hlbšej cirkulácie zásadne líši horninovým zložením a štruktúrnym postavením, čo podmienilo aj vznik podzemných priestorov odlišnej genézy a chemickej výplne od ostatných sprístupnených jaskýň. Vyniká teda výnimočnosťou, a to najmä z troch hľadísk: 1. geologická stavba (materské horniny a štruktúra), 2. speleogenéza v izolovanej šošovke karbonátov a osobitá morfológia (korózne freatické tvary súvisiace s konvekciou vody v pokojnom prostredí a so sedimentáciou nerozpustných zvyškov oxidovaných ankeritov), 3. chemo-génna výplň (vzácné aragonitové útvary).

Uvedené neobvyčajné prírodné podmienky zapríčinili vytvorenie krasového fenoménu, ktorý je výnimočný nielen zo slovenského hľadiska, ale aj v celosvetovom chápaní. Z tohto dôvodu je opodstatnené ich priblížiť a objasniť prehľadnejšie a súbornejšie. Národná prírodná pamiatka Ochtinská aragonitová jaskyňa totiž púta pozornosť tak odbornej, ako aj širšej verejnosti. Od jej sprístupnenia v roku 1972 si ju doteraz prezrelo viac ako 1,385 mil. návštevníkov (Nudziková, 2021 a ďalší).

## TEKTONICKY DEFORMOVANÁ A HYDROTERMÁLNE METAMORFOVANÁ ŠOŠOVKA PALEOZOICKÝCH KARBONÁTOV

Už prví výskumníci novoobjavenej jaskyne na severovýchodnom svahu Hrádku v Revúckej vrchovine konštatovali, že jej podzemné priestory sú vytvorené v šošovke paleozoických kryštalických vápencov



Obr. 1. Geologický rez Hrádkom s Ochtinskou aragonitovou jaskyňou: 1 – metamorfované konglomeráty, 2 – kremenné droby, 3 – seriticko-grafitické fylity, 4 – zokrovatený ankerit, 5 – kryštalický vápenc, 6 – vstupná štôlnia a jaskynné priestory (Gaál, 2004).

a ankeritov, ktoré sú obklopené fylitmi (Ševčík a Kantor, 1956; Droppa, 1957; Kubíny, 1959; Homza et al., 1970; obr. 1). Neskôr, na základe novej geologickej mapy Slovenského rudohoria (Bajaník et al., 1983), vek týchto vápencov bol stanovený na spodný devón, t. j. medzi 386 a 400 mil. rokov v rámci drnavského súvrstvia gelnickej skupiny. V takých starých vápencoch dovtedy nebola známa jaskyňa na Slovensku. Podrobnejší geologický výskum vykonaný Správou slovenských jaskýň spresnil, že 56,3 % plochy podzemných priestorov Ochtinskej aragonitovej jaskyne tvorí mramor vo forme sivých laminovaných kryštalických vápencov a bielych kryštalických vápencov a 43,7 % zokrovatený ankerit (Gaál, 2004). Ďalej sa zistilo, že sivé laminované kalové vápence sa usadili v sedi-

mentačnej oblasti hlbšieho neritika (s hĺbkou mora do 200 m), kým biele vápence sa vytvorili z útesových telies v dobre okysličenom a teplom morskom prostredí plytkej šelfovej zóny na okraji hlbokovodného bazénu s flyšoidnou sedimentáciou. Skutočnosť, že šošovkovité teleso vápencov a ankeritov sa v súčasnosti nachádza uprostred hlbokovodných fylitov, sa vysvetlilo alodapickým sklznutím vápencového telesa do hlbších častí sedimentačnej panvy. Práve tento fakt podmienil vznik výnimočných korózných tvarov a aragonitovej výzdoby.

Geologická výnimočnosť jaskyne súvisí s následnými metamorfnými procesmi. Po usadení a diagenetickom spevnení vápencov dochádzalo začiatkom mladšieho paleozoika, teda vo varískej etape, k vyvrásneniu



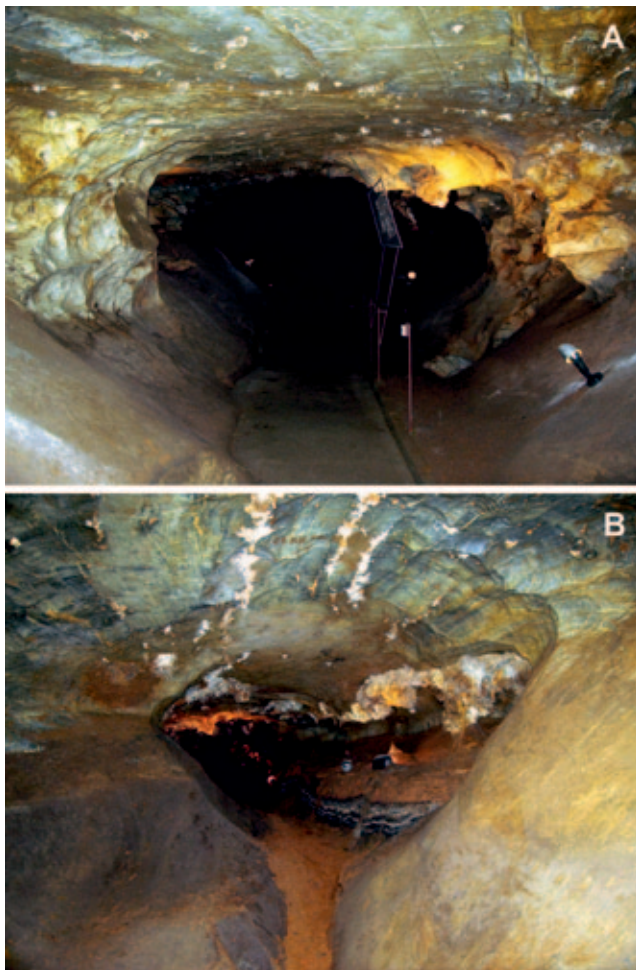
Obr. 2. Ležatá vrása, Mramorová sieň, Ochtinská aragonitová jaskyňa. Foto: P. Bella

a k metamorfóze hornín sedimentačného priestoru, pri ktorých vznikli vrásovo-prešmykové štruktúry a v subdukovaných horninových komplexoch nastalo ich čiastočné pretavenie v hlbšej časti zemskej kôry. Pri vysokej teplote a tlaku sa spevnené vápencové vrstvy správali plasticky a za pôsobenia tangenciálneho tlaku došlo k vrásovým deformáciám. S metamorfnými procesmi bola pravdepodobne spojená aj ankeritizácia časti vápencovej šošovky. Hydrotermálne roztoky, ktoré vylúhovali železo z bázičných vulkanitov podložia drnavského súvrstvia, transportovali železné roztoky do vyššej časti zemskej kôry a metasomaticky zatlačali vápencové šošovky predovšetkým po zlomových a vrásovo-prešmykových štruktúrach (Fusán, 1957; Vozárová, 1973; Grecula, 1982; Bajanič et al., 1983 a ďalší). V ďalšej, alpínskej etape vrásnenia, pravdepodobne začiatkom treťohôr, v rámci násunu gemerického bloku došlo k nakloneniu vápencovo-ankeritovej šošovky smeru SV-JZ s 50 m maximálnou pravou hrúbkou do úklonu 45° k juhovýchodu. Komom miocénu, keď sa územie Slovenského rudohoria výrazne vyzdvihlo a denudácia odstránila jeho vrchnú časť, karbonátová šošovka sa dostala blízko k povrchu.

Výsledkom tohto vývoja sú geologické výnimočnosti Ochtinskej aragonitovej jaskyne:

- je našou jedinou sprístupnenou jaskyňou vytvorenou v mramoroch,
- je jediná, kde sa vyskytuje železná ruda vo forme ankeritu,
- vrásové a zlomové štruktúry na jej stenách sú najvýraznejšie zo všetkých našich jaskýň.

Najmä vrásové štruktúry vytvárajú učebnicový príklad geologického vývoja jaskyne. Je to výnimočnosť, ktorá sa nevyskytuje v žiadnej inej sprístupnenej jaskyni, pretože ich geologické štruktúry sa prevažne vytvorili v prírodných príkrovoch, teda za podstatne nižších tlakových a teplotných podmienok. V Ochtinskej aragonitovej jaskyni sa vrásy prejavujú najmä v Mramorovej sieni, kde sa napríklad nachádza ležatá vrása tmavosivých až čiernych vápencov s amplitúdou vyše 3 m (obr. 2). Môžeme v nej pozorovať disharmonicky zvrásnené laminy a v jadre antiklinály zokrované ankeritové hniezdo. Na západnej stene sú ďalej odkryté izoklinálne vrásy s amplitúdami okolo 2 m a so šírkami cca 80 cm. Môžeme tu pozorovať redukciu vrásových ramien, následkom čoho sa vytvorila vrásovo-prešmyková alebo až šupinovitá stavba. Jadrá synklinál a antiklinál sú mierne škrtené, v jadrách antiklinál a na vrásovo-prešmykových plochách sa vyskytujú drobné hniezda zokrovaného ankeritu. Ďalšie vrásové prešmyky sú na jaskynnej stene odkryté v križovatke Ježovitej chodby s Mliečnou cestou. V antiklinálach tu vystupujú tmavosivé laminované vápence a v synklinálach biele vápence. Miestami sa



Obr. 3. Zarovnané stropy a šikmé facety na dovnútra sklonených stenách: A – Ježovitá chodba, B – Oválna chodba. Foto: P. Bella

v nich vyskytujú detailné disharmonické vrásy lamín a v ich jadre drobné hniezda okrov (Fe oxy-hydroxidov).

#### SPELEOGENÉZA V ŠOŠOVKE METAMORFOVANÝCH KARBONÁTOV A ANKERITOV, ZAROVNANÉ STROPY A ŠIKMÉ PLOCHÉ FACETY

Ako sme už vyššie spomenuli, sklúznutím vápencového telesa z kontinentálneho šelfu do hlbších častí sedimentačnej panvy sa vytvorila mohutná šošovka vápencov, ktorá bola neskôr horotvornými pochodmi strmo uklonená a jej časť hydrotermálne zmenená na ankerit. Keďže fylity obklopujúce šošovku sú pre vodu nepriepustné, táto uzavretosť spôsobila nahradenie zrážkovej vody v šošovke a postupné korózne vytváranie podzemných dutín. Voda sa do šošovky dostala najmä cez strmé zlomy, pričom sa priesakové vody miešali s vodou stagnujúcou, čím sa zvýšila ich korózna schopnosť a vytvorili sa vhodné podmienky pre jedinečnú koróznú genézu jaskyne. Keďže tieto jaskyne nemali spojitost s povrchom, v rámci typológie krasu Slovenska sa označili ako kryptokras (Jakál, 1993 podľa terminológie Finka, 1976). V západoeurópskej terminológii sa však termín *kryptokras* zvyčajne vzťahuje na krasové formy vytvorené pod pokrývkou priepustných sedimentov (Nicod, 1975). Izolovaný kras, ktorý je úplne alebo z väčšej časti ohradený nepriepustnými, resp. málo priepustnými horninami, sa označuje

ako *karst barré* (Monroe, 1970; Ford a Williams, 2007 a ďalší) alebo *subjacent karst* (Quilan, 1978; Bosák et al., 1989; Palmer a Palmer, 1989 a ďalší).

Keďže pri speleogenéze Ochtinskej aragonitovej jaskyne bol proces krasovatenia zosilnený CO<sub>2</sub> uvoľneným pri oxidácii ankeritu v podvrchovej zóne v rámci plytkej cirkulácie meteorických vôd (na rozdiel od hypogénnej speleogenézy spôsobenej stúpajúcimi vodami hlbokaj cirkulácie, pričom zdroj ich agresivity je hlboko pod jaskyňou), podľa terminológie Webba (2020) ju možno považovať za supergénnu jaskyňu (Bella et al., 2022). Ochtinská aragonitová jaskyňa je doteraz jedinou opísanou lokalitou na svete, ktorej speleogenézu (rozpušťanie mramorov) zosilňoval CO<sub>2</sub> uvoľnený pri oxidácii ankeritu (súborná geochemická interpretácia – Bella et al., 2022 v nadväznosti na Rajmana et al., 1990, 1993). Porovnatel'ný speleogenetický proces predtým opísal Kempe (1975, 1998, 2009) pri oxidácii sideritu.

Viacere časti Ochtinskej aragonitovej jaskyne sú výnimočne trojuholníkovým alebo lichobežníkovým priečnym profilom tvoreným zarovnaným stropom (*Laugdecken*) a koróznymi šikmými plochými stenami, zužujúcimi sa ku dnu chodby alebo siene (*Facetten, solution facets, resp. planes of repose* podľa Langeho, 1963; obr. 3). Zarovnané

stropy sú zväčša široké 3,5 až 4,5 m, miestami až do 5,5 m. Šikmé ploché steny sa sklňajú dovnútra chodieb a siení, majú sklon približne 40° – 45° (nezávisle od sklonu vrstvových plôch a laminácie mramorov). V smere spädnice dosahujú dĺžku prevažne 2 až 2,5 m, miestami až 4,2 m (Bella et al., 2022).

Zarovnané stropy sa vyskytujú vo viacerých výškových úrovniach (pri vertikálnom rozpätí 1,35 m), najmä v priečných chodbách (so súvisle odkrytými mramormi) vo východnej polovici jaskyne. Pravdepodobne vznikli tesne pod mierne oscilujúcou vodnou hladinou (ako predpokladá Reinboth, 1968, 1971, resp. Kempe et al., 1975), rýchlejšim rozpúšťaním v málo nasýtenej vode, ktorá sa koncentruje vo vrchnej časti vodného telesa (pozri Reinboth, 1968, 1971; Kempe, 1996). Zarovnané stropy a bočné korózne zárezy na skalných stenách poukazujú na bývalú, mierne oscilujúcu hladinu podzemných vôd, ktorá sa lokálne vytvorila v šošovke tamojších karbonátov. Zarovnané stropy miestami zrezávajú staršie stropné kupoly a kupolovité vyhlbeniny, ktoré vznikli vo freatických podmienkach rozpúšťaním vápencov následkom konvekcie vody spôsobenej miešaním vôd rozdielnych teplôt a chemického zloženia (Bella, 1998, 2004; Bosák et al., 2002; Bella et al., 2022). Ford a Williams (2007) uvádzajú Ochtinskú aragonitovú jaskyňu ako typický príklad tzv. notch caves, vznikajúcich laterálnou koróziou pozdĺž hladiny podzemnej vody, ktorá pochá-

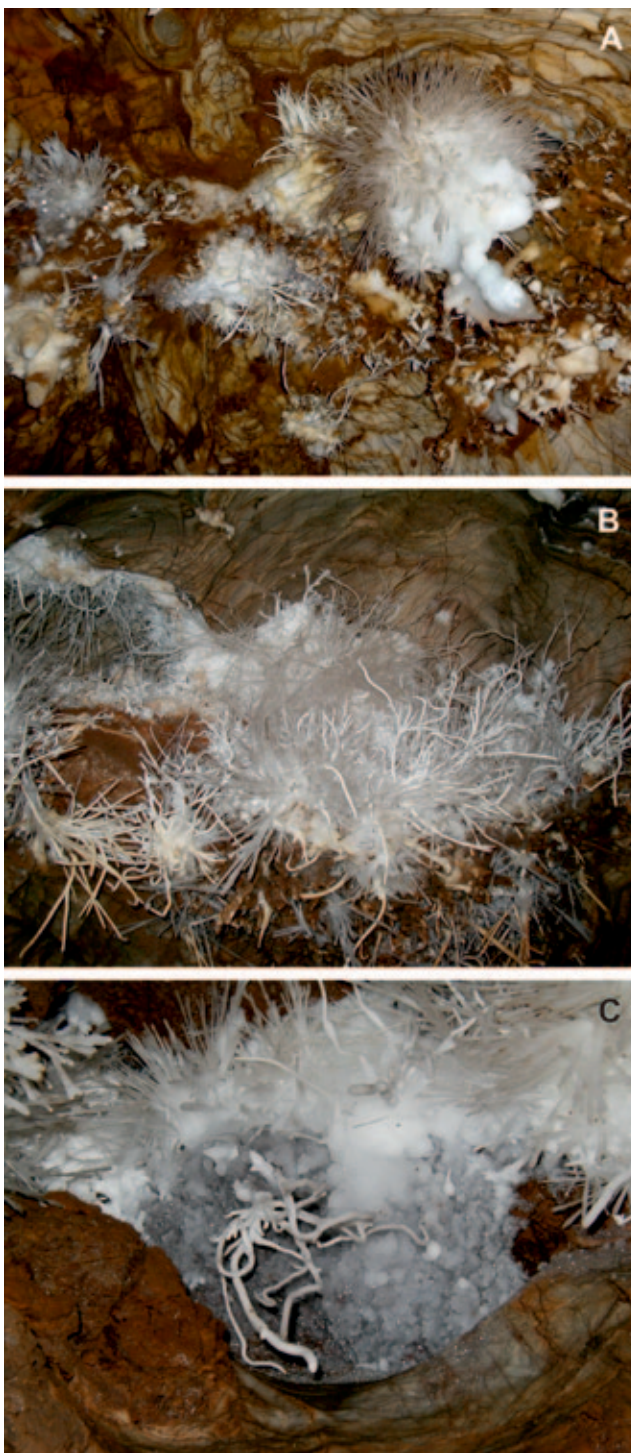
dza zo zrážok presakujúcich najmä pozdĺž tektonických porúch.

Korózne šikmé ploché steny (šikmé ploché facety) sa nevytvorili iba v chodbách so zarovnaným stropom, ale aj v horizontálnych i šikmých chodbách s klenovitým, resp. oválnym stropom, prevažne iba v spodnej polovici stien. Horné okraje šikmých plochých stien nie sú vodorovné v jednej výškovej úrovni, od morfológie vyšších častí stien nie sú oddelené hladinovými zárezmi. Ochtinská aragonitová jaskyňa je kľúčová lokalita na skúmanie koróznych šikmých faciét na karbonátových stenách. Tie pravdepodobne vznikli rozpúšťaním mramorov v podmienkach pomalého pohybu vody nadol pozdĺž stien sprevádzaného ukladaním nerozpustných drobných častíc rozplavených okrov (Fe oxy-hydroxidov), ktoré sa ukladali na šikmej časti skalnej steny sklonenej okolo 45° a ich povlak zabráňoval ďalšiemu rozpúšťaniu mramorov (pozri Lange, 1963). Šikmé ploché facety miestami zrezávajú freatické slučkovité kanály na stenách alebo podlahách chodieb a siení (Bella, 2004; Bella et al., 2022).

Laugdecken a Facetten vo všeobecnosti patria medzi menej frekvencované korózne tvary v jaskyniach. Doteraz boli opísané najmä v sadrovcových jaskyniach, vo vápencových jaskyniach sa v najtypickejšej a najúplnejšej podobe vyskytujú práve v Ochtinskej aragonitovej jaskyni. Keďže v sadrovcovom krase proces krasovatenia prebieha rýchlejšie, ich vývoj v karbonátovom krase si vyžaduje dlhší čas.

## BOHATOSŤ A RÔZNORODOSŤ ARAGONITOVÝCH ÚTVAROV

Špecifická štruktúrna pozícia karbonátovej šošovky podmienila aj vznik výnimočnej aragonitovej výzdoby jaskyne, známej takmer na celom svete. Fylity, ktoré obklopujú uklonenú vápencovo-ankeritovú šošovku, vodu prepúšťajú len v značne obmedzenom množstve, výlučne po zlomoch, čo vyhovuje pre rast aragonitových kryštálov. Vznik a rast ihlicových, koraloidných a kričkovitých aragonitových útvarov, tzv. železného kvetu, je za nízkych teplotných okolností podmienený predovšetkým obmedzenou dotáciou presakujúcej vody, aby sa drobné rombické aragonitové kryštály mohli na seba ukladať podľa ich kryštalického usporiadania. Pokiaľ by sa priesaková voda do jaskynného priestoru dostala vo väčšom množstve, vytvorili by sa klasické kvapľové útvary. Na vznik aragonitu pozitívne vplývajú ióny stroncia a magnézia, ktoré sú v Ochtinskej aragonitovej jaskyni prítomné v mramoroch (Homza et al., 1970; Rajman a Roda, 1972; Rajman et al., 1990, 1993



Obr. 4. Morfológické variácie aragonitu, Ochtinská aragonitová jaskyňa. Foto: L. Gaál (A), P. Bella (B, C)

a ďalší). Navyše sa v nej vyskytujú ankeritové okry (Fe oxy-hydroxidy), ktoré regulujú potrebnú vlhkosť vzduchu (Cílek et al., 1998; Bosák et al., 2002). Podobné podmienky vzniku aragonitu sa zistili vo viacerých zahraničných vápencových jaskyniach (Murray, 1954; Frisia et al., 1997; Rowling, 2004; Wassenburg et al., 2012; Rossi a Lozano, 2016 a ďalší).

Z troch viac-menej paralelných zlomových línií v Ochtinskej aragonitovej jaskyni najviac prepúšťa vodu porucha smeru SV-JZ, ktorá prebieha pozdĺž hlavnej chodby cez Mramorovú sieň a je strmo uklonená na severozápad. V tejto časti jaskyne sa aragonity vyskytujú len ojedinele v bočných výklenkoch. Najviac aragonito-

vých útvarov sa vyskytuje v Mliečnej dráhe, kde prebieha ďalšia porucha smeru SV-JZ, tá je však uzatvorená, vodu prepúšťa len vo veľmi obmedzenom množstve.

V Ochtinskej aragonitovej jaskyni sa aragonit vyskytuje v podobe obličkovitých, ihlicovitých a špirálovitých útvarov (Homza et al., 1970; Rajman et al., 1990, 1993 a ďalší; obr. 4). Na základe U/Th datovania Cílek et al. (1998) a Bosák et al. (2002) rozlišujú tri generácie aragonitovej výplne (vrátane datovania D. C. Forda in Rajman et al., 1990 a 1993). Najstaršiu generáciu tvoria obličkovité útvary a relikty polyedrického vzhľadu korodované počas zaplavenia jaskyne (datovaný vek 121- až 143-tisíc rokov, aragonit je čiastočne rekryštalizovaný, miestami zmenený na kalcit). Druhá generácia aragonitu (datovaný vek 14-tisíc rokov, tvorí sa od neskorého glaciálu – allörodu až do súčasnosti) sa vyskytuje najmä v podobe niekoľko dm dlhých ihlic a heliktitov (ihlicovité a špirálovité útvary). Aragonit dorastá pomaly vzlínajúcou vodou, udržuje si bielu farbu a čistý vzhľad. Tieto útvary aragonitu sú v jaskyni zastúpené najviac. Najmladšia, súčasná generácia aragonitu vytvára drobné vejárky s priemerom 2 až 4 mm (miestami i viac), ojedinele i miniatúrne heliktity s dĺžkou nepresahujúcou 40 mm. Vyrastá na sedimentoch alebo na okroch (Fe oxy-hydroxidoch). Tento aragonit má takmer identické izotopové zloženie ako ihlicovitý aragonit druhej generácie, vznikali za približne rovnakých podmienok.

Aragonity sú vo svete známe z mnohých jaskýň, kde je dotácia zrážkovej vody silne limitovaná. Sú to predovšetkým jaskyne v mediteránnych a suchších krajinách (napr. Španielsko, Sardínia, južné Francúzsko, Turkménsko, Krym, Nový Južný Wales, Nový Zéland, Texas, Nové Mexiko). Sporadicky sa však vyskytujú aj v niektorých jaskyniach Rumunska a Bulharska, u nás mimo Ochtinskej aragonitovej jaskyne najmä v Klenotnici Demänovskej jaskyne slobody. Zaujímavý je výskyt aragonitu v jaskyni Michele Gortani v talianskych Julských Alpách, kde sa množstvo zrážkovej vody stráca v odkrytom krase, avšak v hĺbke sa krasové kanály spoja a bočné chodby zostávajú suché, ojedinele s aragonitovou výzdobou. Aragonity sa môžu vyvíjať aj z hydrotermálnych roztokov, príkladom čoho sú niektoré jaskyne v magnezitoch ložiska Miková pri Jelšave, Zbrašovská aragonitová jaskyňa v Českej republike, jaskyne Satorkópusztai-barlang a Beremendi-kristálybarlang v Maďarsku alebo jaskyne Keř el Kaous a Aidour v Alžírsku.

V čom spočíva výnimočnosť výzdoby Ochtinskej aragonitovej jaskyne? Predovšetkým v tom, že snehobiele kričkovité a ihlico-

vité útvary sa tu nachádzajú na tmavosivom mramorovom podklade, ktorý vytvára nevedné kontrastné pozadie a poskytuje dokonalý estetický zážitok pre návštevníkov. V takom duchu sa vyjadrili aj Čílek a Schmelzová (2004), ktorí skúmali príčiny svetovej výnimočnosti jaskyne. Dospelí k názoru, že jej výnimočnosť je opodstatnená, čo konštatovali aj posudzovatelia nominačného projektu jaskýň Slovenského a Aggteleckého krasu, vrátane Ochtinskej aragonitovej jaskyne ležiacej v priľahlej časti Revúckej vrchoviny, na zápis do zoznamu svetového dedičstva v roku 1995.

## ZÁVER

Z uvedeného prehľadu vyplýva, že Ochtinská aragonitová jaskyňa je výnimočnou nielen z hľadiska neobyčajného výskytu

aragonitových útvarov (dodávna najviac používaný argument), ale aj z geologického a geomorfologického hľadiska. V porovnaní s našimi, ale aj zahraničnými jaskyňami má osobitú až neopakovateľnú geologickú stavbu danú komplikovaným geologickým vývojom predmetnej časti Slovenského rudohoria. Vzhľadom na takmer úplne izolovanú polohu šošovky kryštálických vápencov (mramorov) a ankeritov v rámci málo priepustných paleozoických hornín, tektonických porušení i litologické zloženie krasovatejúcich hornín, ako aj zosilnené rozpúšťanie mramorov v dôsledku uvoľňovania CO<sub>2</sub> pri oxidácii ankeritu sa Ochtinská aragonitová jaskyňa vyznačuje dosť špecifickou morfológiou a genézou. V jej morfológii dominujú freatické stropné kupolovité a dierovité vyhlbeniny

i mladšie zarovnané stropy a šikmé ploché facety vytvorené v prostredí pomaly prúdajúcej vody (konvekcia vody najmä v dôsledku nerovnomerného chemického zloženia, resp. nasýtenia rozpustenými karbonátmi), v neskoršej epifreatickej fáze vývoja jaskyne s mierne oscilujúcou hladinou vody. Vývoj šikmých plochých faciet usmerňovala sedimentácia rozplavených okrov (Fe oxy-hydroxidov) – nerozpustných zvyškov oxidovaných ankeritov (ďalší vplyv rozkladu ankeritov na speleogenézu okrem uvoľňovania CO<sub>2</sub>).

Nakoniec ešte jedna odlišnosť – na rozdiel od ostatných našich sprístupnených jaskýň Ochtinská aragonitová jaskyňa bola objavená náhodne, baníkmi z prieskumnej štólne Kapusta v roku 1954 (Lalkovič, 2004 a ďalší).

## Literatúra

- BAJANIČ, Š. – HANZEL, V. – IVANIČKA, J. – MELLO, J. – PRISTAŠ, J. – REICHWALDER, P. – SNOPKO, L. – VOZÁR, J. – VOZÁROVÁ, A. 1983. Vysvetlivky ku geologickej mape Slovenského rudohoria – východ, 1 : 50 000. Geologický ústav D. Štúra, Bratislava, 223 s.
- BELLA, P. 1998. Morfológické a genetické znaky Ochtinskej aragonitovej jaskyne. *Aragonit*, 3, 3–7.
- BELLA, P. 2004. Geomorfologické pomery Ochtinskej aragonitovej jaskyne. *Slovenský kras*, 42, 57–88.
- BELLA, P. 2013. Korózne šikmé facety v jaskyniach a ich morfológické znaky – príklady z vybraných jaskýň na Slovensku. *Aragonit*, 18, 2, 78–84.
- BELLA, P. 2016. Jaskyne na Slovensku – genetické typy a morfológia. *Speleologica slovacica*, 6, Verbum, Ružomberok, 124 s.
- BELLA, P. – BOSÁK, P. – PRUNER, P. – HERCMAN, H. – PUKANSKÁ, K. – BARTOŠ, K. – GAÁL, Ľ. – HAVIAROVÁ, D. – TOMČÍK, P. – KDÝR, Š. 2022. Speleogenesis in a lens of metamorphosed limestone and ankerite: Ochtiná Aragonite Cave, Slovakia. *International Journal of Speleology*, 51, 1, 13–28.
- BOSÁK, P. – FORD, D. C. – GLAZEK, J. 1989. Terminology. In Bosák, P. – Ford, D. C. – Glazek, J. – Horáček, I. (Eds.): *Paleokarst: a systematic and regional review*. Elsevier, Amsterdam – Oxford – New York – Tokyo, 25–32.
- BOSÁK, P. – BELLA, P. – ČÍLEK, V. – FORD, C. D. – HERCMAN, H. – KADLEC, J. – OSBORNE, A. – PRUNER, P. 2002. Ochtiná Aragonite Cave (Western Carpathians, Slovakia): Morphology, Mineralogy of the fill and Genesis. *Geologica Carpathica*, 53, 6, 399–410.
- ČÍLEK, V. – BOSÁK, P. – MELKA, K. – ŽÁK, K. – LANGROVÁ, A. – OSBORNE, A. 1998. Mineralogické výskumy v Ochtinskej aragonitovej jaskyni. *Aragonit*, 3, 7–12.
- ČÍLEK, V. – SCHMELZOVÁ, R. 2004. Ochtinská aragonitová jaskyňa v slovenskom, evropskom a svetovom kontextu. *Slovenský kras*, 42, 89–98.
- DROPPA, A. 1957. Ochtinská aragonitová jaskyňa. *Geografický časopis*, 9, 3, 169–184.
- FORD, D. C. – WILLIAMS, P. W. 2007. *Karst Hydrogeology and Geomorphology*. Wiley, Chichester, 562 s.
- FINK, M. H. 1976. Zum Stand der phänomenologischen und typologischen Karstforschung. *Mitteilung Österreichische Geographische Gesellschaft*, Bd. 118, Wien, 211–236.
- FRISIA, S. – BORSATO, A. – FAIRCHILD, I. J. – LONGINELLI, A. 1997. Aragonite precipitation at Grotte de Clamouse (Herault, France): role of magnesium and drip rate. In Jeannin, P.-Y. (Ed.): *Proceedings of the 12th International Congress of Speleology*, Vol. 7, International Union of Speleology and Swiss Speleological Society, 247–250.
- FUSÁŇ, O. 1957. Paleozoikum gemerid. *Geologické práce*, Zošit 46, Bratislava, 17–36.
- GAÁL, Ľ. 2004. Geológia Ochtinskej aragonitovej jaskyne. *Slovenský kras*, 42, 37–56.
- GRECULA, P. 1982. Gemerikum – segment riftogenného bazénu Paleotetidy. *Monografia Mineralia slovacica*, Bratislava, 263 s.
- HOMZA, Š. – RAJMAN, L. – RODA, Š. 1970. Vznik a vývoj krasového fenoménu Ochtinskej aragonitovej jaskyne. *Slovenský kras*, 8, 21–68.
- JAKÁL, J. 1993. Geomorfológia krasu Slovenska. Mapa 1 : 500 000. *Slovenský kras*, 31, 13–28.
- KEMPE, S. 1975. Siderite weathering, a non-biogenetic source of CO<sub>2</sub> (illustrated by the Iberg/Harz/Fed. Rep. of Germany). *Annales de Spéléologie*, 30, 4, 703–704.
- KEMPE, S. 1996. Gypsum karst of Germany. *International Journal of Speleology*, 25, 3–4, 209–224.
- KEMPE, S. 1998. Siderite weathering, a rare source of CO<sub>2</sub> for cave genesis: the Eisenstein Stollen System and adjacent caves in the Iberg, Harz Mountains, Germany. *Journal of Cave and Karst Studies*, 60, 3, 188.
- KEMPE, S. 2009. Siderite weathering as a reaction causing hypogene speleogenesis: The example of the Iberg/Harz/Germany. In Klimchouk, A. B. – Ford, D. C. (Eds.): *Hypogene Speleogenesis and Karst Hydrogeology of Artesian Basins*. Ukrainian Institute of Speleology and Karstology, Simferopol, Special Paper, 1, 59–60.
- KEMPE, S. – BRANDT, A. – SEEGER, M. – VLADÍ, F. 1975. "Facetten" and "Laugdecken", the typical morphological elements of caves developed in standing water. *Annales des Spéléologie*, 30, 4, 705–708.
- KUBÍNÝ, D. 1959. Aragonitová jaskyňa na Slovensku. *Ochrana prírody*, 14, 1, 17–18.
- LALKOVIČ, M. 2004. Príspevok k histórii Ochtinskej aragonitovej jaskyne. *Slovenský kras*, 42, 9–35.
- LANGE, A. 1963. Planes of repose in caves. *Cave Notes*, 5, 6, 41–48.
- MONROE, W. H. 1970. A Glossary of Karst Terminology. Geological Survey Water-Supply Paper 1899-K, Washington, 26 s.
- MURRAY, J. W. 1954. The Deposition of Calcite and Aragonite in Caves. *The Journal of Geology*, 62, 5, 481–492.
- NICOD, J. 1975. Corrosion de type crypto-karstique dans les karsts méditerranéens. *Bulletin de l'Association de Géographes Français*, 428, 289–297.
- NUDZIKOVÁ, Ľ. 2020. Návštevnosť sprístupnených jaskýň v rokoch 1970 – 2020. *Aragonit*, 25, 2, 103–105.
- QUINLAN, J. F. 1978. Types of karst, with emphasis on cover beds in their classification and development. Ph. D. Thesis, The University of Texas, Austin, 323 s.
- PALMER, M. V. – PALMER, A. N. 1989. Paleokarst of the United States. In Bosák, P. – Ford, D. C. – Glazek, J. – Horáček, I. (Eds.): *Paleokarst: a systematic and regional review*. Elsevier, Amsterdam – Oxford – New York – Tokyo, 337–363.
- RAJMAN, L. – RODA, Š. 1972. Zmeny mikroklimy a ich následky v Ochtinskej aragonitovej jaskyni. *Slovenský kras*, 10, 90–93.
- RAJMAN, L. – RODA, Š. – RODA, Š. jr. – ŠČUKA, J. 1990. Fyzikálno-chemický výskum krasového fenoménu Ochtinskej aragonitovej jaskyne. Závěrečná správa, SMOPaJ, Liptovský Mikuláš.
- RAJMAN, L. – RODA, Š. jr. – RODA, Š. sen. – ŠČUKA, J. 1993. Untersuchungen über die Genese der Aragonithöhle von Ochtiná (Slowakei). *Die Höhle*, 44, 1, 1–8.
- REINBOTH, F. 1968. Beiträge zur Theorie der Gipshöhlenbildung. *Die Höhle*, 19, 3, 75–83.
- REINBOTH, F. 1971. Zum Problem der Facetten- und Laugdeckenbildung in Gipshöhlen. *Die Höhle*, 22, 3, 88–92.
- ROSS, C. – LOZANO, R. P. 2016. Hydrochemical controls on aragonite versus calcite precipitation in cave dripwaters. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 192, 70–96.
- ROWLING, J. 2004. Studies on Aragonite and its Occurrence in Caves, including New South Wales Caves. *Journal & Proceedings of the Royal Society of New South Wales*, 137, 123–149.
- ŠEVČÍK, R. – KANTOR, J. 1956. Aragonitová jaskyňa na Hrádku pri Jelšave. *Geologické práce*, Zprávy 7, Bratislava, 161–171.
- VOZÁROVÁ, A. 1973. Valúnová analýza mladopaleozoických zlepenčov Spišsko-gemerského rudohoria. *Západné Karpaty*, 18, Bratislava, 7–98.
- WASSENBURG, J. A. – IMMENHAUSER, A. – RICHTER, D. K. – JOCHUM, K. P. – FIETZKE, J. – DEININGER, M. – GOOS, M. – SCHOLZ, D. – SABAOU, A. 2012. Climate and cave control on Pleistocene/Holocene calcite-to-aragonite transitions in speleothems from Morocco: Elemental and isotopic evidence. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 92, 23–47.
- WEBB, J. A. 2020. Supergene sulfuric acid speleogenesis and the origin of hypogene caves: evidence from the Northern Pennines, UK. *Earth Surface Processes and Landforms*, 46, 2, 455–464.

## K 50. VÝROČIU OBJAVENIA STRATENSKEJ JASKYNE

*Ján Tulis*

*Speleologický klub Slovenský raj, Brezová 9, 052 01 Spišská Nová Ves*

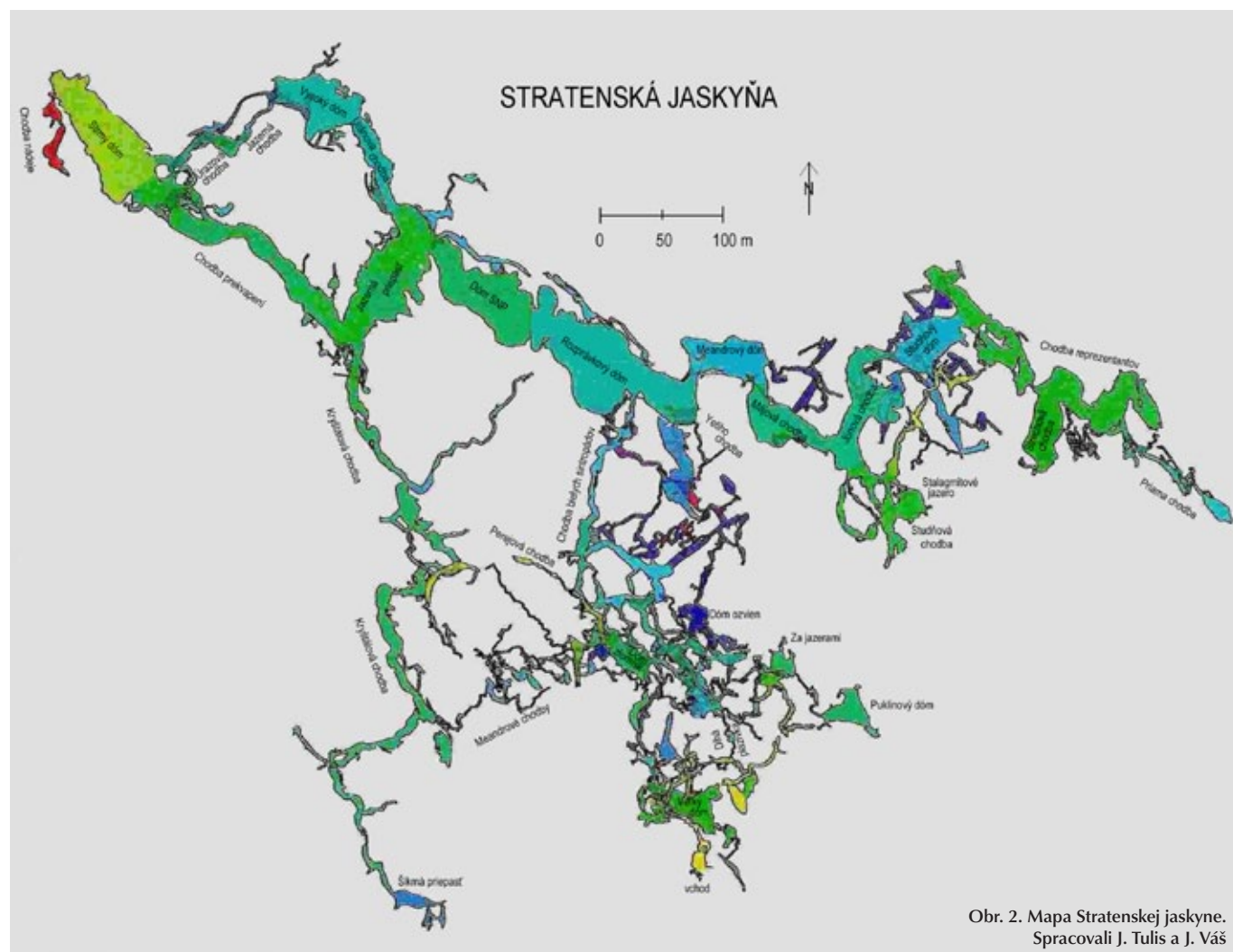
Stratenská jaskyňa je súčasťou Dobšinsko-stratenského jaskynného systému, patrí medzi najväčšie objavy jaskýň nielen v Slovenskom raji, ale aj v histórii slovenského jaskyniarstva.

Dobšinsko-stratenský jaskynný systém predstavuje mimoriadny prírodný výtvor. Pre jeho nevyčísliteľnú hodnotu a na jeho uchovanie bol v roku 2000 zapísaný do zoznamu prírodného dedičstva UNESCO. Celá jeho história sa začala pri studenej, ľadovej jame, ktorá bola známa od nepamäti. Práve týmto chladom vyvolávala u ľudí zvedavosť, ktorú naplnil až v roku 1870 E. Ruffíny so svojimi spoločníkmi, keď prekonal obavy z ľadovej jamy a zostúpil cez ňu do ľadovej jaskyne. Rok 1972, keď od objavu Dobšinskej ľadovej jaskyne uplynulo 102 rokov, sa stal významným medzníkom v objavovaní jaskynného systému. Dňa 1. 12. 1972 V. Košel a J. Volek objavili najvýznamnejšiu a najrozsiahlejšiu časť systému – Stratenskú jaskyňu (Tulis a Novotný, 1989; obr. 1). Svojou doterajšou dĺžkou 19 891 m a výškovým rozdielom 194 m je tretou najdlhšou jaskyňou na Slovensku (obr. 2).

Po objave nasledoval systematický a cieľavedomý prieskum jaskyne. Jaskyňu objavili, preskúmali, zamerali, zdokumentovali členovia speleologického klubu Slovenský raj. Vykonalí aj rozsiahly geologický a geomorfologický výskum v spolupráci so slovenskými a českými kolegami. Rok trvalo, kým sa vyjasnilo, kde a ktorým smerom má jaskyňa pokračovanie, zatiaľ čo sa prekopávali úzke chodby – plazivky. Cesta do neznámych podzemných priestorov bola otvorená. Nasledovali ďalšie akcie. Lanové rebríky, horolezecké laná, skoby, karabíny sa stali nevyhnutnými pomocníkmi jaskyniarov. Bolo to obdobie veľkých objavov, ktoré trvalo 25 rokov. Nasledovalo obdobie menších,



Obr. 1. V. Košel (A) a J. Volek (B). Foto: L. Novotný (A) a J. Tulis (B)



Obr. 2. Mapa Stratenskej jaskyne. Spracovali J. Tulis a J. Váš

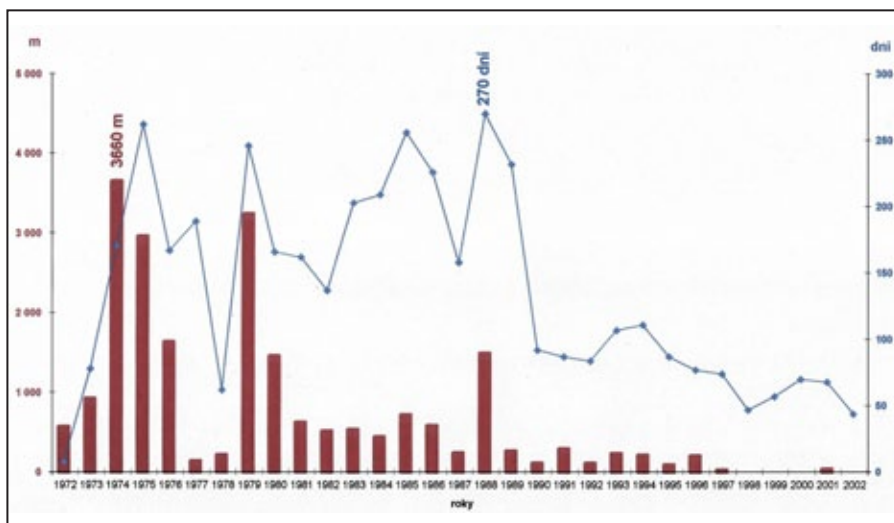
náhodných objavov voľných jaskynných priestorov alebo výkopové práce viedli k odkrytiu zasedimentovaných priestorov (obr. 3). Intenzívne sondovacie práce na povrchu aj v podzemí smerujú v súčasnosti predovšetkým k výveru Hnilca a potoka Tiesňavy.

Základným predpokladom riešenia ďalšieho úspešného prieskumu bola kvalitná speleomeračská dokumentácia. Na štúdium geologických pomerov územia, spätosti vývoja jaskynných priestorov a ich morfológických zvláštností s geologickou stavbou bol vykonaný rozsiahly geologický výskum. Vyčlenené boli litologické typy hornín – steinalmské a wettersteinské vápence, skúmané štruktúry a textúry, chemická čistota vápencov. Zistené paleontologické údaje umožnili stanoviť stratigrafickú príslušnosť. Veľká pozornosť bola venovaná tektonickým štruktúram, drobnotektonickým prvkom a celkovému tektonickému prepracovaniu hornín masívu.

Ďalším dôležitým faktorom je, že všetky jaskynné priestory sú situované v 1,1 km širokom pásme štyroch zlomov sz. až ssz. smerov so strmými sklonmi na severovýchod. Na základe týchto prác sa zistili štruktúry, ktoré zohrali rozhodujúcu úlohu pri vývoji jaskynných priestorov. Významným faktorom pre proces krasovatenia bola vysoká čistota vápencov. Jaskynný systém je vyvinutý v stredno- a vrchnotriasových vápencoch na severozápadne a severne orientovaných vetvách slanského zlomového pásma s úklonom na východ. Vytvorili ho v neskorom pliocéne dva podzemné alochtónne vodné toky – rieka Hnilca a potok Tiesňavy. Postupným vývojom vznikla rozsiahla sústava jaskynných chodieb, siení a dómov.

Výsledky výskumu na povrchu a v podzemí umožnili vyčleniť v jaskyni šesť vývojových úrovní. Dominuje IV., najrozsiahlejšia a najvýznamnejšia úroveň (chodby so širokým zarovnaným stropom). Hnilecký koridor predstavuje prevažne horizontálne priestory veľkých rozmerov: mohutných chodieb, siení a dómov so šírkami 40 – 80 m a výškami 16 – 28 m, s miernym klesaním zo severozápadu na juhovýchod (3 ‰). Rieka Hnilca za ponorom do Dobšinskej ľadovej jaskyne pretekala jaskyňou Duča a Stratenskou jaskyňou.

Pre podzemné priestory vytvorené paleo-Hnilcom je charakteristický výskyt hladkých zarovnaných stropov, ktoré plynulo pokračujú v laterálnych horizontálnych bočných zárezoch (Tulis a Novotný, 1989; Bella, 2003; obr. 4, 5 a 6). Tiesňavské podzemné priestory sú prevažne s.-j. smeru, chodby sú úzke, ale vysoké, s výškovo pretiahnutým priečnym profilom. V južnej časti Stratenskej jaskyne tiesňavské chodby vytvárajú podzemný labyrint. Potok Tiesňavy sa prvý raz ponoril pravdepodobne v jaskyni Nad košiarom a vytvoril samostatnú jaskyňu. Nasledoval druhý ponor do zelenej jaskyne, ďalej tiekol do jaskyne Psie diery a pokračoval v Stratenskej jaskyni, kde sa napojil na Hnilecký koridor. V súčasnosti predpokladáme na juhovýchodnej strane planiny Duča ďalšie ponory. Ostatné úrovne nie sú vytvorené v celom systéme Stratenskej jaskyne, ale iba



Obr. 3. Odpracované dni a objavené priestory v Stratenskej jaskyni v rokoch 1972 – 2002. Zostavil J. Tulis

lokálne, a boli vytvorené asi lokálnymi autochtónnymi tokmi.

Spojovacie chodby pod IV. úrovňou pokračujú na nižšie úrovne skokovite (analogia vodopádov na povrchu v roklinách) až po I. úroveň, ktorá je na úrovni eróznej bázy súčasných povrchových tokov Hnilca a Tiesňavy. Tieto spojovacie chodby smerujú na východ po smeroch sklonu tektonických zlomových štruktúr.

Priestory sz.-jv. smeru predstavujú horizontálne chodby s charakteristickým zarovnaným stropom a pomerne členitým dnom. Tieto priestory predstavujú hlavnú priestorovú štruktúru Stratenskej jaskyne. Sú to priestory

IV. vývojovej úrovne vytvorené podzemnou riekou paleo-Hnilcom. Tento smer priestorov je podmienený najväčším rozšírením tektonických puklín a zlomov.

Priestory orientované v jv.-ssz. až s.-j. smere tvoria prevažne horizontálne chodby, z ktorých niektoré majú zarovnaný strop, v strope bývajú obyčajne výrazné stropné korytá. Niektoré sem zaradené chodby sú príbuzné svojou genézou – boli vytvorené podzemným tokom – paleo-Tiesňavami. Ich morfológická a morfometrická charakteristika je pestrejšia. Smer týchto podzemných priestorov je podmienený tektonickými štruktúrami sperenými k hlavnému severozápadnému smeru.



Obr. 4. Hnilecký typ zarovnaného stropu, Chodba prevapení. Foto: L. Novotný





Obr. 5. Hnilecký typ zarovnaného stropu, Dóm SNP. Foto: J. Tulis



Obr. 6. Tiesňavský typ zarovnaného stropu, Kryštalová chodba. Foto: J. Tulis

V trefohorách a v skorom pleistocéne bol vytvorený jeden podzemný systém v dôsledku činnosti podzemných vodných tokov paleo-Hnilec a paleo-Tiesňavy. Využili vhodné geologicko-tektonické podmienky a vytvorili mohutný labyrint podzemných priestorov jednej jaskyne, ktorá bola v štvrtohorách, koncom stredného pleistocénu, v risskej ľadovej dobe (asi pred 250 000 rokmi) v dôsledku zrútenia stropov a rúťivých procesov rozčlenená na päť samostatných jaskýň. Známe sú aj indicie starších, vrchnokriedových etáp tvorby povrchových a podzemných foriem krasu.

Mineralogický výskum sa zamerl na autochtónnu a alochtónnu výplň jaskyne.

Z autochtónnej výplne bol okrem kalcitu dokázaný aragonit a sadrovec. Skúmal sa chemizmus rôznych druhov výzdoby a rýchlosť rastu stalaktitov. Osobitná pozornosť bola venovaná jaskynným perlám tvaru pologule. Jaskyňa sa stala známou výskytom osobitných kalcitových tvarov – hemisféroidov, ktoré boli v jaskyni objavené a opísané ako prvý výskyt vo svete (Tulis a Novotný, 1989; obr. 7). Tieto kryogénne tvary vznikali počas pomalého

zamrzania vody v jaskyni vylúčením rozpustených látok v roztoku (Žák et al., 2003). Hemisféroidy zo Stratenskej jaskyne sa uvádzajú aj vo svetovej speleologickej literatúre – vedeckej monografii *Cave Minerals of the World* (Hill a Forti, 1997).

Značná časť dna jaskynných priestorov je tvorená alochtónnou výplňou: hliny, piesky, štrky. Sedimentologickým výskumom sa zistili zdrojové oblasti tohto cudzorodého materiálu, vodné toky, ktoré takýto materiál do jaskyne priniesli, a teda aj jaskynné priestory vytvorili. Vek pochovania kemitého štrku v Dobšinskej ľadovej jaskyni je  $3,3 \pm 0,4$  mil. rokov a potvrdzuje, že úroveň bola vytvorená najneskôr v neskorom pliocéne (Bella et al., 2014).

Sledovali sa hydrologické a hydrogeologické pomery na povrchu a v podzemí, zisťovali sa fyzikálne veličiny ponárajúcich sa vôd, krasových prameňov a vodných tokov (teplota, výdatnosť, prietok, chemické zloženie).

Objavenie a výsledky prieskumu Stratenskej jaskyne dovoľujú urobiť tieto závery:

1. Spresnenie a dotvorenie názorov na vývoj a genézu krasu nielen v Slovenskom raji, ale aj v širšom kontexte.
2. Zistili sa dôkazy o predgosauskom vývoji povrchového a podzemného paleokrasu na území Slovenského raja.
3. Zarovnané stropy v Stratenskej jaskyni predstavujú veľmi významné príklady horizontálnych planárnych foriem jaskynného georeliéfu nielen z regionálneho západo-karpatského hľadiska.
4. Objavenie výnimočných a dovtedy vo svete neznámych jedinečných sintrových tvarov – hemisféroidov.
5. Narušenie prúdenia jaskynného vzduchu viedlo k objavu nových častí jaskýň Psie diery a Duča.
6. Jaskyniarska škola v praxi.
7. Dôležité je jaskyňu objaviť, nie menej dôležité je jaskyňu preskúmať a chrániť.



Obr. 7. Hemisféroidy. Foto: J. Tulis

## Literatúra

- BELLA, P. 2003. Zarovnané stropy – morfoskulptúrne planárne formy jaskynného georeliéfu. *Slovenský kras*, 41, 7–27.
- BELLA, P. – BRAUCHER, R. – HOLEC, J. – VESELSKÝ, M. 2014. Datovanie pochovania alochtónnych fluvialných sedimentov v hornej časti Dobšinskej ľadovej jaskyne (IV. vývojová úroveň systému Stratenej jaskyne) pomocou kozmogénnych nuklidov. *Slovenský kras*, 52, 2, 101–110.
- HILL, C. – FORTI, P. 1997. *Cave Minerals of the World* (2nd Edition). National Speleological Society, Huntsville, Alabama, 463 s.
- NOVOTNÝ, L. – TULIS, J. 2001. Dobšinská ľadová jaskyňa – kvapľová časť. Geomorfologický a speleologický výskum. Záverečná správa. SSI, Liptovský Mikuláš.
- TULIS, J. – NOVOTNÝ, L. 1989. Jaskynný systém Stratenskej jaskyne. Osveta, Martin, 459 s.
- ŽÁK, K. – J. TULIS, J. – HERCMAN, H. – ČÍLEK, V. 2004. Nové názory na genézu hemisféroidov v Stratenskej jaskyni. In Bella, P. (Ed.): *Výskum, využívanie a ochrana jaskýň. Zborník referátov zo 4. vedeckej konferencie (Tále, 5. – 8. 10. 2003)*. SSI, Liptovský Mikuláš, 69–74.

# JASKYNE V PLEISTOCÉNNÝCH ZLEPENCOCH

Pavel Bella

Štátna ochrana prírody Slovenskej republiky, Správa slovenských jaskýň, Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš; bella@ssj.sk  
Katedra geografie, Pedagogická fakulta Katolíckej univerzity v Ružomberku, Hrabovská cesta 1, 034 01 Ružomberok

**P. Bella: Caves in Pleistocene conglomerates**

**Abstract:** Caves in Pleistocene, weakly lithified conglomerates are quite rare, mostly short, less stable and thus shorter living than caves formed in harder or more lithified rocks. Knowledge about their occurrence, morphology and genesis is mostly sporadic or incomplete. Such caves were described in Slovenia (Udin boršt, the northern part of the Ljubljana Basin), Italy (Pasterno d'Adda, Lombardy), Iraq (Mosul, Ninevah District), as well as in Slovakia. Of these caves, only the Zbojnická diera near Švošov in the valley of the Váh River (the northern part of the Veľká Fatra Mountains), west of Ružomberok Town, is known in Slovakia. It is formed in a polymictic conglomerate composed mostly of granitoid gravels, partially of gravels of quartzites, sandstones, carbonates and melaphyres (quartz sand as the matrix is cemented with secondary precipitated calcite). The residues of this conglomerate are conserved on the erosion surface of the Middle Pleistocene river terrace. The cave originated mainly by suffosion connected with subsurface erosion at the contact of polymictic conglomerate and underlying marly limestone (suffosion was induced by the disaggregation of conglomerate caused by dissolution of calcite cement). This article gives also basic characteristics of described caves in Pleistocene conglomerates abroad, which are formed mainly in carbonate conglomerates. This specific lithological group of caves increases the geodiversity of caves. Pleistocene conglomerates, in which these caves are formed, differ in lithological composition, as well as by the degree of their lithification, but they are quite similar to almost identical in the basic morphological and genetic features. Depending on the proportion of carbonate and non-carbonate clasts and matrix particles, they disaggregated unevenly by dissolution. The disaggregation of conglomerates and cave formation are also influenced by climatic and hydrological conditions in the area. Older conglomerates are usually more lithified, dissolution must be more involved in their disaggregation. Caves that are formed by the partial dissolution of mostly hard-lithified carbonate (or predominantly carbonate) conglomerates, especially carbonate matrix, and the washout of disaggregated less soluble and insoluble rock particles by running water are referred as clastokarst (corrosion-suffosion caves). Conversely, in low lithified, mostly younger polymictic conglomerates with soluble matrix, suffosion predominates in the formation of caves. In humid areas with a large formations of conglomerates, caves are formed mostly by internal fluvial erosion at the contact with impermeable underlying rocks (after the dissolution of calcite cement). Pseudokarst suffosion cave resulted only from granular clasts removal of semiconsolidated and unconsolidated sedimentary rocks by groundwater, no solution is involved.

**Keywords:** cave, eogenetic carbonate, polymictic conglomerate, calcite lithification, speleogenesis, dissolution, disaggregation, suffosion, internal fluvial erosion, contact erosion

## ÚVOD

Jaskyne v pleistocénných, prevažne slabo litifikovaných zlepenkoch sú dosť zriedkavé, zväčša krátke, menej stabilné a tým pretrvávajúce kratšiu dobu ako jaskyne vytvorené v kompaktnějších, resp. viac litifikovaných horninách. Preto sa väčšinou javia ako menej zaujímavé. Okrem niektorých oblastí, napr. Udin boršt v Slovinsku, poznatky o ich výskyte, morfológii a genéze sú zväčša sporadické alebo neúplné. Tieto jaskyne môžu indikovať podzemné procesy spôsobujúce nestabilitu nadložia, ktorá obmedzuje až vylučuje niektoré antropogénne aktivity na povrchu (geohazardy pri výstavbe budov, dopravných komunikácií a pod.).

Z jaskýň vytvorených v pleistocénných zlepenkoch je u nás známa iba Zbojnická diera pri Švošove v doline Váhu západne od Ružomberka. S cieľom bližšie priblížiť a zhodnotiť jej prírodovedný význam tento príspevok na porovnanie podáva základnú charakteristiku ďalších preskúmaných jaskýň v pleistocénných zlepenkoch, spracovaný z dostupnej zahraničnej literatúry a odborných správ. Tým vznikol ucelenejší pohľad na túto osobitú skupinu jaskýň, ktoré navyšujú celkovú diverzitu litologických a genetických typov jaskýň. V doterajšej literatúre sa v prehľadoch, ktoré sú najmä súčasťou regionálne zameraných článkov (Lipar a Ferk, 2011; Ferk a Lipar, 2012; Lazaridis, 2020), uvádzajú takmer výlučne jaskyne vytvorené v predkvartérnych zlepenkoch (okrem oblasti Udin boršt v Slovinsku).

## MORFOLÓGIA A GENÉZA JASKÝŇ V PLEISTOCÉNNÝCH ZLEPENCOCH

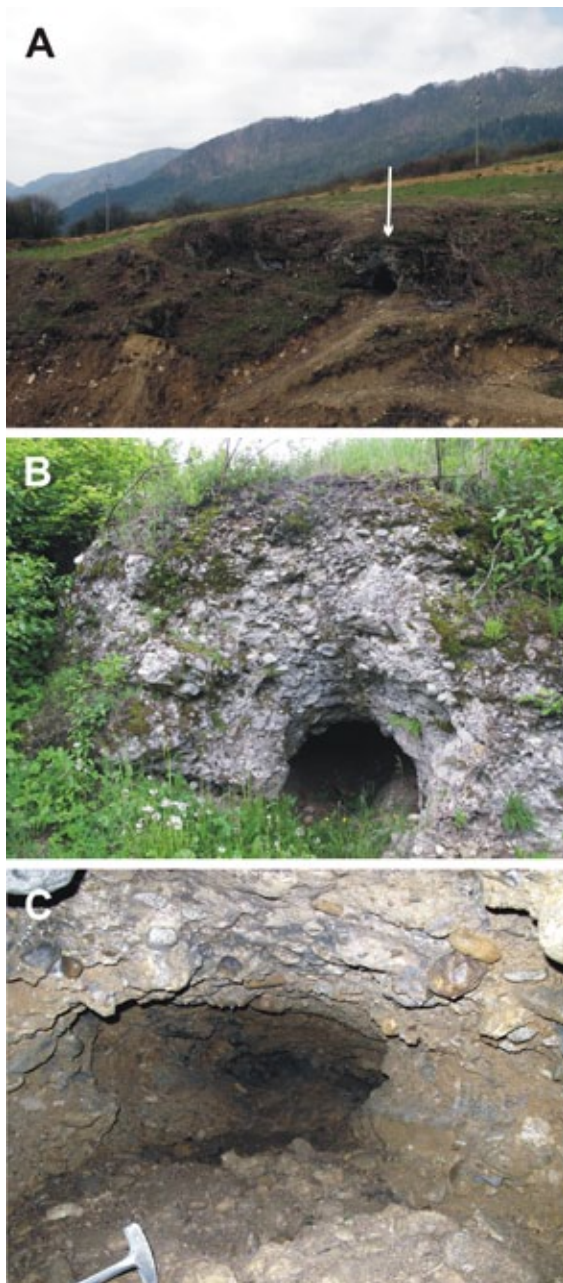
Jaskyňa Zbojnická diera (k. ú. Švošov, okr. Ružomberok) sa nachádza na pravej strane doliny Váhu v severnej časti Veľkej Fatry. Dosahuje dĺžku 8,5 m (Holúbek, 1994). Vytvorená je v stredno- až hrubozrných polymiktných zlepenkoch, v ktorých prevládajú granitoidné obliaky, v menšej miere sú zastúpené obliaky kremencov, pieskocov, melafýrov i karbonátov. Matrix zlepenčov tvorí kremitý piesok stmelený sekundárne vyzrážaným karbonátom a poróznym kalcitom. Hlavnú časť zlepenčov predstavujú aluviálne štrky Váhu (Bella a Soták, 2014; obr. 1).

Jaskyňu tvorí nízka chodba (od podlahy siahajúca do výšky 1 m), ktorá sa za vchodom rozširuje na 3,5 až 5 m. Podlaha sa od zadnej časti jaskyne skláňa k vchodu. Miestami na stenách vidieť aj väčšie výstupy menej narušených a vypreparovaných častí zlepenčov, zväčša pozdĺžneho tvaru, ktoré zodpovedajú polohám pevnejšej litifikácie zlepenčov (šikmé výčnelky) alebo smeru prúdenia vody počas vytvárania jaskyne (subhorizontálne výčnelky). Na západnom a severozápadnom okraji chodby sú nízke až neprielezne krátke kanálovité výbežky (Bella a Soták, 2014).

Zbojnická diera vznikla sufóziou v čiastočne rozrušených polymiktných zlepenkoch na ich kontakte s podložnými spodnokriedovými slienitými vápencami mráznického súvrstvia (valangin – spodný barém) krížňanského prí-

krovu, resp. fatrika (pozri Polák et al., 1997). Pravdepodobne sa začala vytvárať v strednom pleistocéne, v čase zahlbovania doliny Váhu pod úroveň terasy T-III (pozri Droppa, 1972). Sufóziu prvotne podmienuje rozpúšťanie kalcitového tmelu polymiktných zlepenčov. Tým sa zo zlepenčov uvoľňoval kremitý piesok, štrk, menšie i väčšie obliaky. Mechanické rozrušovanie a transport rozpojeného materiálu spôsobila najmä tečúca voda. Sufózne vyplavovanie jemných častíc hornín prebieha hlavne v miestach intenzívnejšieho oslabenia hornín na styku s podložnými menej priepustnými horninami (kontaktná sufózia). Spôsobili, resp. zintenzívnili ju vodné prúdy prenikajúce z potôčika tečúceho bočnou svahovou dolinkou (v súčasnosti už do jaskyne neprenikajú). Na vytváraní jaskyne sa podieľali aj vody sústredené z priesakov po intenzívnych dažďoch a topiacom sa snehu. Nízky a široký profil v strednej časti jaskyne vznikol laterálnym pospájaním troch až štyroch kanálov v smere ich mierneho spádu k oválnemu otvoru na povrchu (Bella, 2011, 2016; Bella a Soták, 2014). Tunelová erózia v narušených a menej spevnených častiach zlepenčov sa začína zväčšovaním makroporov do podoby prvotných kanálikov s odtekajúcou vodou (pozri Parker, 1963; Dunne, 1990; Bryan a Jones, 1997 a iní).

V literatúre možno nájsť niekoľko odborných správ a vedeckých článkov o podobných jaskyniach v zahraničí, resp. sa stručne



Obr. 1. Zbojnická diera: A – blízke okolie jaskyne (rok 2010), vchod označený šípkou; B – vchod do jaskyne (rok 2014); C – západná kanálovitá časť jaskyne. Foto: P. Bella

Fig. 1. Zbojnická diera Cave: A – nearby surroundings of the cave (year 2010), the entrance marked by arrow; B – cave entrance (year 2014); C – western channel-like part of the cave. Photo: P. Bella

charakterizujú v publikáciách širšieho zamerania (početnejšie sú opisy jaskýň vytvorených v starších, viac litifikovaných zlepencoch). Pleistocénne zlepence, v ktorých sa jaskyne vytvárajú, sa odlišujú litologickým zložením, avšak spôsobom vytvárania jaskýň sa do značnej miery podobajú až zhodujú. V závislosti od podielu karbonátových alebo nekarbonátových klastov a častíc matrixu sa nerovnomerne rozrušujú rozpúšťaním. Na rozrušovanie zlepenecov a vytváranie jaskýň vplyvajú aj klimatické a hydrologické pomery v predmetnej oblasti.

Belloni et al. (1972) spomínajú niekoľko jaskýň vytvorených v pleistocénnych zlepencoch pri Pasterno d'Adda (Lombardsko) v severnom Taliansku. Tieto zlepence vytvárajú spolu s pieskovicami súvrstvie zvané „Ceppo

dell'Adda“, ktoré je zložené z litifikovaných pleistocénnych riečnych štrkov (obsahujúcich najmä karbonátové a „alpské“ klastiká, sčasti aj vulkanické klastiká) naplavených z alpskej oblasti (Zuccoli, 2002 a ďalší). Dutiny dosahujú dĺžku niekoľko metrov, sú málo stabilné (v polohách slabšie litifikovaných zlepenecov) a zavalujú sa. Ich vznik súvisí so sufóziou, ktorej predchádza rozpustenie kalcitového tmelu spôsobujúce rozpojenie klastických častíc zlepenecov (Strini, 2004a, b).

Malé jaskyne rovnakej genézy opisuje Al-Dewachi (2005) v pleistocénnych zlepencoch na ľavobrežnej terase rieky Tigris vo východnej časti Mosulu v severnom Iraku. Tamajšie zlepence tvoria zaoblené štrky zo sedimentárnych, metamorfovaných i vyvretých hornín, ktoré sú cementované kalcitovým a jemnopiesčítym matrixom. V tejto semiaridnej oblasti, s ročným úhrnom zrážok 400 až 600 mm, kalcitový tmel rozpúšťa voda presakujúca zo zrážok alebo podzemná voda. Dĺžka jaskýň nie je uvedená. Z priložených fotografií (obr. 5 a 6 na strane 62 v Al-Dewachi, 2005) možno usúdiť, že tieto jaskyne sú pomerne krátke (niekoľko metrov), niektoré z nich majú charakter previsov.

Podstatne dlhšie jaskyne v pleistocénnych zlepencoch sú známe zo severozápadného Slovinska, z oblasti Udin boršt nachádzajúcej sa severozápadne od mesta Kranj. Vytvorené sú v karbonátových zlepencoch fluvio-glaciálneho pôvodu (prevažne vápencové obliaky zlepené kalcitovým spojivom). Menšiu časť obliakov (okolo 10 %) a čiastočne aj spojiva tvoria iné nekarbonátové horniny, väčšinou obliaky kremeňa a rôznych pieskovic naplavené riekou Tržiška Bistrica (Gantar, 1955; Žlebnič, 1971; Knez, 2005 a ďalší). Tieto zlepence vytvárajú terasu dlhú okolo 8 km a širokú 2,5 km, ktoré je zvyškom fluvio-glaciálneho kužela. Hrúbka zlepenecov presahuje 50 m. Zrážkové vody sa na povrchu zlepenecov koncentrujú do depresí, z ktorých presakujú cez pukliny a intergranulárne pórovité dutiny až na nepriepustné podložie, kde sa spájajú do horizontálnych potôčikov vytvárajúcich jaskyne. Preto najväčšie jaskyne sa vytvorili na spodnom okraji zlepenecov na kontakte s podložnými strednooligocénnymi ílovcami – jaskyňa Velike Lebince dlhá 1154 m a jaskyňa Arneševa luknja dlhá 815 m (Gantar, 1955; Gabrovšek, 2005a, b; Kranj, 2005). Datovaním kremítych štrkov, odobraných zo steny jaskyne Arneševa luknja, pomocou kozmogénnych nuklidov  $^{10}\text{Be}$  a  $^{26}\text{Al}$  sa určil vek zlepenecov na  $1,86 \pm 0,19$  mil.

rokov (Mihevc et al., 2015). Okrem lineárnych horizontálnych riečnych jaskýň sa v tejto oblasti vytvorili rúvité dómovité jaskyne nad riečne modelovanými kanálmi, jednoduché vadózne šachty vytvárané presakujúcou zrážkovou vodou, ako aj previsové jaskyne v okrajových stenách terasy, ktoré vznikajú súčinnosťou korózie a mrazového zvetrávania karbonátových zlepenecov. Keďže tieto zlepence sú v skorom štádiu diagenézy, Lipar a Ferk (2011), resp. Ferk a Lipar (2012) považujú tieto jaskyne (všetkých tamojších genetických typov) za eogenetické – v nadväznosti na terminológiu vzťahujúcu sa na skorú diagenézu sedimentárnych hornín (Choquette a Pray, 1970; Berner, 1980); aplikovanú aj na litológiu krasu a jaskýň vplyvajúcu na speleogenézu (Vacher a Mylroie, 2002 a ďalší).

Nízke previsové jaskyne sa spomínajú aj v kvartérnych karbonátových zlepencoch vytvorených z fluvialných štrkovo-piesčitých sedimentov naplavených riekou Isonzo pri Udine v severovýchodnom Taliansku. Jaskyne sa tiahnu pozdĺž úpätia terasového stupňa a vznikli eróznou činnosťou záplavových vód rieky Isonzo na okraji poriečnej nivy. Počas prvej svetovej vojny do týchto málo spevnených zlepenecov vykopali niekoľko štôlní, ktoré slúžili na vojenské účely (Cancian, 2022; Manfreda a Soranzo, 2022; Tavagnutti, 2022).

## OSOBITOSTI SPELEOGENÉZY V ZLEPENCOCH

Speleogenéza v zlepencoch závisí od ich litologického zloženia, veľkosti (frakcie) a početnosti klastov, ako aj od stupňa ich litifikácie. Staršie zlepence sú spravidla kompaktné, viac litifikované (vo vyššom stupni diagenézy). Rozpájajú sa rozpúšťaním tmelu, v prípade karbonátových zlepenecov sa môžu rozpúšťať vcelku (tmel i jednotlivé klasty), avšak nerovnomerne. Rozpúšťanie kalcitového tmelu je rýchlejšie ako rozpúšťanie karbonátového štrku (Gabrovšek, 2005a). Kunský (1957) píše, že rozpúšťanie vápneného tmelu vedie k rýchlejšiemu rozpadu hornín.

Jaskyne v málo spevnených zlepencoch sa vytvárajú najmä na ich kontakte s podložnými menej priepustnými alebo nepriepustnými horninami. Jaskyne v pevných karbonátových zlepencoch sa navyše vytvárajú pozdĺž zlomov alebo iných porúch usmerňujúcich prúdenie vody, ako aj pozdĺž interných litologických rozhraní. Tomášovská jaskyňa na južnom okraji Hornádskej kotliny sa vytvorila podzemným vodným tokom na kontakte paleogénnych piesčitých dolomiticko-vápencových zlepenecov (karbonátová zložka tvorí 80 až 85 % z celkového objemu horniny) a nadložných piesčitých vápencov a piesčitých dolomitických vápencov (karbonátová zložka tvorí 60 až 65 %; Tulis a Novotný, 1980).

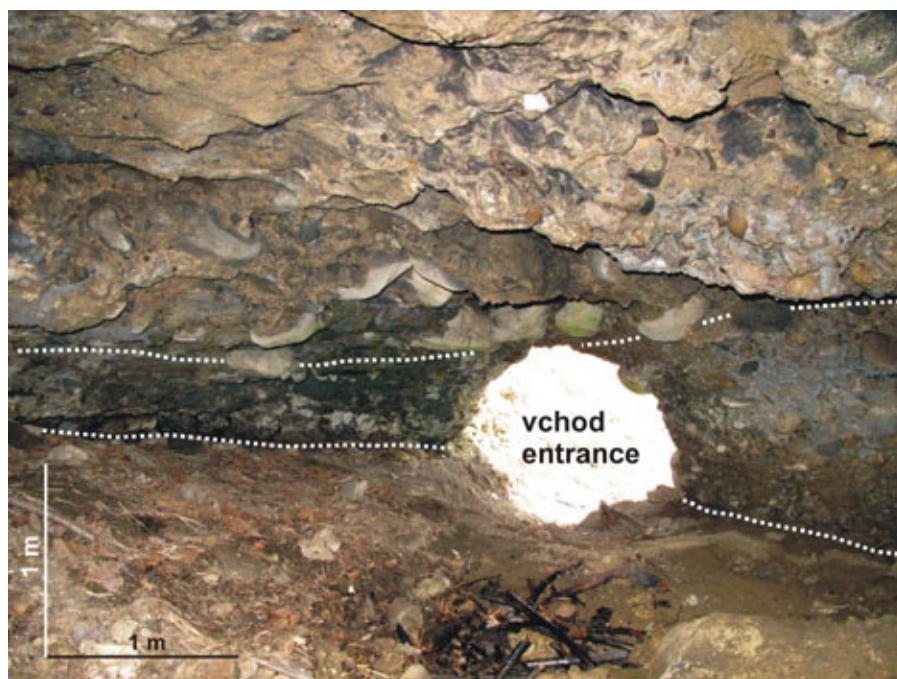
V zlepencoch, v ktorých sa striedajú súvrstvia väčších a menších klastov (Udin boršt v Slovinsku, Montello v severnom Taliansku), sú priečne rezy jaskynných chodieb užšie v polohách väčších klastov (1 a 10 cm) a širšie v polohách menších klastov (menej ako 1 cm, zrnká piesku). Jemnozrnný zlepenec je menej odolný voči erózii ako zlepenec z väčších obliakov (Zampieri et al. 2005; Ferk a Lipar, 2012). Rovnako aj Zbojnická diera, vytvorená v polymiktých zlepencoch spojených karbonátovým tmelom, je podstatne širšia ako vyš-

šia (v pomere až do 1:5). Na jej stenách vidieť, že v tejto polohe zlepcov, priamo nad kontaktom s podložnými slieňitými vápencami, prevládajú menšie klasty. Strop tvoria zlepenice s väčšími klastmi (obr. 2). Tvar chodieb však podmieňuje aj miestna hydrografia, v závislosti od toho, či sa podzemný vodný tok zahlbuje nadol (hlbková/vertikálna erózia) alebo do strán (bočná/laterálna erózia).

Jaskyne, ktoré sú vytvorené rozpúšťaním pevných karbonátových zlepcov, morfológicky výrazne zodpovedajú vápencovým jaskyniam, u nás napr. už spomenutá Tomášovská jaskyňa (Novotný a Tulis, 1980, 2005; Mihál, 2010), ďalej Závadské jaskyne v Súľovských vrchoch (Janáčik, 1963; Droppa, 1980; Bella, 2007, 2016) či jaskyňa Šikľavá skala pri Chrásti nad Hornádom na severnom okraji Volovských vrchov (Holúbek a Marušin, 1997). Ich morfológia svedčí, že v paleogénnych zlepencoch boli vytvorené bývalými podzemnými vodnými tokmi, resp. koróziou vo freatickej zóne. V súčasnosti iba v prípade Šikľavej skaly autochtónny potôčik vyvierá v tesnej blízkosti jej vchodu (Holúbek a Marušin, 1997). V zahraničí sú známe viaceré jaskyne v predkvartérnych zlepencoch, ktoré sú aj v súčasnosti dotvárané aktívnym vodným tokom, napr. v Hondurase (Finch a Pistole, 2011). Aj na povrchu karbonátových konglomerátov sa vytvárajú formy podobné, resp. identické s povrchovým reliéfom vápencových krasových území (Ferrarese a Sauro, 2005 a ďalší).

Steny jaskýň v pevných karbonátových zlepencoch sú zväčša hladké, pomerne jemne vymodelované, viac-menej iba ojedinále narušené stopami po oddrobení väčších balvanov, vrátane Závadských jaskýň (Janáčik, 1963). Z jaskynných stien miestami vyčnievajú obkorodované výčnelky menej rozpustných obliakov. Vo vstupnej časti Malej Závadskej jaskyne sa zachovali vyhlbeniny, ktorých povrch rovnomerne zrezáva tmel i obliaky zlepcov (Bella, 2007). Takisto v jaskyni Šikľavá skala voda korózne i mechanicky erózne pôsobí na horninu ako celok, na stenách len ojedinále vyčnievajú malé nekarbonátové obliaky, nevidieť vypadávanie obliakov zlepcov následkom rozpúšťania karbonátového tmelu (Holúbek a Marušin, 1997). Steny jaskýň v mladších, menej litifikovaných zlepencoch sú viac nerovné, vo väčšej miere z nich vyčnievajú obliaky, miestami i odolnejšie časti matrixu. Z menej litifikovaných polôh zlepcov vypadávajú, resp. sa ľahšie uvoľňujú častice zlepcov.

V oblasti Montello v severnom Taliansku, budovanej zlepencami (neskorý miocén) zloženými najmä z karbonátového štrku stmeleneho kalciovým tmelom, sa vyskytujú jaskynné chodby freatickej i vadóznej modelácie (Ferrarese a Sauro, 2005; Zampieri et al. 2005 a ďalší). V Závadských jaskyniach sa z freatických skalných tvarov zachovali stropné hrnce a iné slepé dierovité vyhlbeniny, vo Veľkej Závadskej jaskyni navyše aj stropné koryto (Bella, 2007). Na pevných karbonátových zlepencoch sa ojedinále spomínajú aj lastúrovité jamky (angl. *scallops*) – na riečisku pri vyvieracke Smoganica (Banjšice) v Slovinsku (Slabe, 1995). Dokonca aj v riečne modelovaných jaskyniach vytvorených v menej, resp. polospevných karbonátových zlepencoch,



Obr. 2. Zbojnická diera – polymiktne zlepenice s prevládajúcimi menšími klastmi na stenách jaskyne, nerovný strop tvorený zlepenicami s väčšími klastmi. Foto: P. Bella

Fig. 2. Zbojnická diera Cave – polymictic conglomerate with prevailing smaller clastics on the cave walls, uneven ceiling formed by conglomerate with larger clastics. Photo: P. Bella

napr. v jaskyni Arneševa luknja (Udin boršt) v Slovinsku, sa vytvorili niektoré tvary zodpovedajúce miestnym hydrodynamickým podmienkam – stropné hrnce, stropné kanály či hladinové zárezy (Slabe, 2005).

Riečiská podzemných vodných tokov zväčša pokrývajú obliaky uvoľnené z konglomerátov, v ktorých je jaskyňa vytvorená. V jaskyni Grandand (Oak Creek Canyon) v Arizone sú na podzemnom riečisku okrem obliakov uvoľnených z konglomerátov uložené aj sčasti zaokrúhlené klasty bazaltu, ktoré boli splavené z nadložia konglomerátov (Jerry, 1969). Dĺžka riečne modelovaných jaskýň závisí aj od plošného rozsahu konglomerátov (v niektorých oblastiach dosahujú plochu niekoľko km<sup>2</sup> až desiatok km<sup>2</sup>).

### JASKYNE V ZLEPENCOCH A SPELEOGENETICKÁ TYPOLÓGIA

Jaskyne, ktoré vznikajú čiastočným rozpúšťaním karbonátových zlepcov, najmä karbonátového tmelu, a vyplavovaním uvoľnených a nerozpustných častíc hornín tečúcou vodou, sa označujú ako klastokrasové (Maximovič, 1952; Ion, 1970 a ďalší), krasovo-sufózne (Gvozdeckij, 1952; Chomenko, 1986), resp. koróžno-sufózne (Dubljanskij, 1978). Charakterizujú sa aj ako prechodné formy medzi krasovými a pseudokrasovými (Kunský, 1957), resp. sa klasifikujú ako polokrasové (Mazúr a Jakál, 1969; Vítek, 1978) alebo semikrasové (Panoš, 2001). U nás do kategórie klastokrasových jaskýň možno zaradiť niekoľko jaskýň vytvorených v paleogénnych karbonátových zlepencoch vrátane už spomenutej Tomášovskej jaskyne, Závadských jaskýň a Šikľavej skaly. V menej spevných, prevažne mladších, najmä pleistocénnych zlepencoch sa sufózia na vytváraní jaskýň podieľa vo väčšej miere. Platí to najmä pri speleogenéze v polymiktých zlepencoch s karbonátovým tmelom (vrátane spomínanej

Zbojníckej diery), z ktorých sa rozpúšťa iba tmel (Bella, 2011).

Jaskyne vytvorené v nekarbonátových zlepencoch, resp. bez karbonátového tmelu sa označujú ako pseudokrasové. Do sufózneho pseudokrasu sa striktne zaraďujú sufózne jaskyne, ktoré vznikli iba vyplavovaním zrnitých častíc nespevných alebo čiastočne spevných sedimentárných hornín podzemnou vodou, bez účasti rozpúšťania (Holler, 2019). Podľa toho by sa aj jaskyne vytvorené v polymiktých zlepencoch s karbonátovým tmelom nemali označovať ako pseudokrasové. Jaskyňa Powerscourt Deerpark v Írsku je vytvorená v kompaktných zlepencoch zložených z oválnych klastov fylitov, kremeňa, drobných a granitov scementovaných goethitom. Voda prenikajúca cez matrix zlepcov rozkladá goethit a vytvára preferenčné trubice, ktoré sa postupne zväčšujú. Uvoľnené klasty sa následne z jaskyne vyplavujú normálnym fluvialným procesom (Jordan a Jones, 2005). Avšak v terminologickom lexikóne jaskýň a krasu sa sufózia uvádza ako odstránenie sedimentov mechanickým a koróznym pôsobením (akejkoľvek) podzemnej vody (Field, 2002).

V rámci spresňovania a zjednocovania terminológie je snaha odlišiť sufóziu od erózie spôsobenej podzemným vodným tokom (Říha et al., 2019). Sufózia je erózný proces selektívneho odstránenia jemných zrn z neuniformnej pôdy, analogicky aj z neuniformných a neskonsolidovaných, resp. čiastočne skonsolidovaných sedimentov priesakovými (infiltráčnymi) vodami (pozri Pellegrin a Salomon, 2001 a ďalší). Interná erózia spôsobená vodným tokom prebieha vo väčších, najmä tubicovitých, resp. rúrovitých dutinách, zahŕňa oddelenie (rozpojenie zlepcov) a transport takmer všetkých frakcií sedimentov. Z tohto pohľadu vývoj viacerých, prevažne rozsiahlejších jaskýň prvotne súvisí so sufóziou, avšak dotvárajú sa hlavne internou eróziou občas-

ných, dokonca aj trvalých podzemných vodných tokov. Tie však väčšinou vznikajú koncentrovaním prískakových vôd do jarčiek až potokov na nepriepustnom podloží. Preto pôvod vôd nie je príliš vhodným kritériom, skôr veľkosť a reliéfotvorná činnosť vodného prúdu, veľkosť odplavovaných klastov a pod.

Na Slovensku sú známe aj jaskyne v miocénnych andezitových zlepencoch, ktoré vznikli vyvetraním stromových pozostatkov (najmä zasypaných kmeňov) a považujú sa za pseudokrasové, napr. jaskyňa Pecna v Lučenskej kotline, Trpasličia jaskyňa na Krupinskej planine, jaskyňa Voňačka v Ostrôžkach či Jaskyňa pod Veľkým Jaseným na Poľane (Gaál, 2002, 2003 a ďalší).

## ZÁVER

Jaskyne v pleistocénnych konglomerátoch tvoria osobitnú skupinu jaskýň, ktorá dotvára široké spektrum litologickej a genetickej rôznorodosti jaskýň. Okrem oblasti Udín boršt v Slovinsku, budovanej predovšetkým karbonátovými zlepenkami, sú tieto jaskyne dlhé iba niekoľko metrov. Spoločným znakom ich vývoja je rozpúšťanie tmelu zlepenčov, čím sa uvoľňujú menej rozpustné i nerozpustné časti-

ce, ktoré odplavuje občasne alebo trvale prúdiaca voda. Najdlhšie jaskyne vytvárajú trvale alebo občasne podzemné potôčiky až potoky, ktorých riečiská sa splavovaným materiálom navyše erodujú aj mechanicky (podpovrchová fluvialna erózia). V plošne malých útvaroch pleistocénnych zlepenčov trvale podzemné vodné toky nevznikajú. Okrem rozpúšťania a sufúzie sa na vytváraní takýchto jaskýň v blízkosti povrchu miestami môže podieľať aj mrazové zvetrávanie. Berúc do úvahy rovnaký morfogenetický proces spôsobený presakujúcou alebo tečúcou vodou, jaskyne v málo stmelených zlepencoch sa vytvárajú rýchlejšie, avšak sú menej stabilné. Tým sa výrazne odlišujú od jaskýň vytvorených vo viac litifikovaných zlepencoch, ktoré sú podstatne staršie, zo starších treťohôr, druhohôr či dokonca z prvohôr.

Zbojnická diera, vytvorená v pleistocénnych polymiktných zlepencoch s množstvom granitoidných štrkov a obliakov, predstavuje na Slovensku jedinečnú jaskyňu z litologického a speleogenetického hľadiska. Táto lokalita východne od Švošova navyše predstavuje jediný doteraz známy výskyt zlepenčov zložených z obliakov tatranských žúl, rúl, kremenčov a melafýrov. Stratigraficky prislúchajú

strednopleistocénnym formáciám štrkov vážskeho typu (Bella a Soták, 2014). V porovnaní so zlepenkami v oblasti Udín boršt v Slovinsku a Pasterno d'Adda v Taliansku, v zlepencoch Zbojníckej diery výrazne prevládajú granitoidné obliaky a štrky. Týmto litologickým zložením zlepenčov a mierou zachovania (súčasnou morfológiou dokladujúcou jej vytváranie sufúziou po rozpúšťaní karbonátového tmelu zlepenčov) je Zbojnická diera významná aj nad rámec Slovenska.

Zbojnickú dieru však ohrozuje výstavba diaľnice D1 v úseku Turany – Hubová (Soják, 2010; Bella a Soták, 2014; Gaál a Hlaváč, 2019). Na základe jej jedinečných prírodných hodnôt ju treba zachrániť a nepoškodiť – upravením trasy východného okraja diaľničného tunela Havran a dôsledným usmerňovaním stavebných prác. Táto požiadavka bola zo strany Štátnej ochrany prírody Slovenskej republiky, Správy slovenských jaskýň vznesená na viacerých rokoch s Národnou diaľničnou spoločnosťou a jednoznačne zakomponovaná do písomných stanovísk a hodnotení zaslaných na príslušný orgán ochrany prírody a krajiny.

Za cenné rady a pripomienky ďakujem recenzentovi RNDr. Ľudovítovi Gaálovi, PhD.

## Literatúra

- Al-DEWACHI, B. M. 2005. Origin of Caves in Quaternary Fluvial Deposits at the Left Side of Mosul City – Iraq. *Iraqi National Journal of Earth Sciences*, 5, 1, 68–67.
- BELLA, P. 2007. Morfológické a genetické znaky Závadských jaskýň v karbonatických zlepencoch Súľovských vrchov. *Spravodaj Slovenskej speleologickej spoločnosti*, 38, 4, 23–28.
- BELLA, P. 2011. Genetické typy jaskýň. *Verbum, Ružomberok*, 220 s.
- BELLA, P. 2016. Jaskyne na Slovensku – genetické typy a morfológia. *Verbum, Ružomberok*, 124 s.
- BELLA, P. – SOTÁK, J. 2014. Jaskyňa Zbojnická diera v polymiktných zlepencoch pri Švošove, Veľká Fatra. *Slovenský kras*, 52, 2, 141–146.
- BELLONI, S. – MARTINI, B. – OROMBELLI, G. 1972. Karst of Italy. Herak, M. – Stringfield, V. T. (Eds.): *Karst, Important Karst Regions of the Northern Hemisphere*. Elsevier, Amsterdam – London – New York, 85–128.
- BERNER, R. A. 1980. *Early Diagenesis, A Theoretical Approach*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 256 s.
- BRYAN, R. B. – JONES, J. A. A. 1997. The significance of soil piping processes: inventory and prospect. *Geomorphology*, 20, 3–4, 209–218.
- CANCIAN, G. 2022. Aspetti geologici del Parco naturale di Campagnuzza – S. Andrea (Gorizia). *Sopra e sotto il Carso, Numero speciale, Gorizia il Parco naturale della Campagnuzza – Sant'Andrea/Štandrež*, 18–26.
- DROPPA, A. 1972. Výskum riečnych terás v okolí Ružomberka. *Liptov (vlastivedný zborník)*, 2, 11–25.
- DROPPA, A. 1980. Zlepenčový kras pri Zemianskej Závade v Strážovských vrchoch. *Československý kras*, 30, 130–132.
- DUBLJANSKI, V. N. 1978. Peščery Gornogo Kryma v konglomerátoch i peščanikach. *Peščery*, 17, 53–61.
- DUNNE, T. 1990. Hydrology, mechanics and geomorphological implications of erosion by subsurface flow. In Higgins, C. G. – Coats, D. R. (Eds.): *Groundwater geomorphology: The role of surface water in earth-surface processes and landforms*. Geological Society of America Special Publication, 252, Boulder, Colorado, 1–28.
- FERRARESE, F. – SAURO, U. 2005. The Montello Hill: The «classical karst» of the conglomerate rocks. *Acta Carsologica*, 34, 2, 439–448.
- FERK, M. – LIPAR, M. 2012. Eogenetic caves in Pleistocene carbonate conglomerate in Slovenia. *Acta geographica Slovenica*, 52, 1, 7–33.
- FIELD, M. S. 2002. *A Lexicon of Cave and Karst Terminology with Special Reference to Environmental Karst Hydrology*. United States Environmental Agency, Washington, D. C., 214 s.
- FINCH, R. – PISTOLE, N. 2011. Honduras: Caving in Conglomerate. *NSS News*, 69, January 2011, 4–9.
- GAÁL, L. 2002. Príspevok k vzniku jaskýň následkom vyvetrania stromov. In Bella, P. (Ed.): *Výskum, využívanie a ochrana jaskýň. Zborník referátov z 3. vedeckej konferencie (Stará Lesná, 14. – 16. 11. 2011)*. Správa slovenských jaskýň, Liptovský Mikuláš, 58–63.
- GAÁL, L. 2003. Tree-mould caves in Slovakia. *International Journal of Speleology*, 32, 1–4, 107–111.
- GAÁL, L. – HLAVÁČ, J. 2019. Sto rokov ochrany jaskýň na Slovensku. In Greschová, E. (Ed.): *Stretnutie seniorov štátnej ochrany prírody na Slovensku (Liptovský Mikuláš 9. – 11. 10. 2019)*, zborník referátov a koreferátov z odbornej konferencie. SMOPaJ, Liptovský Mikuláš, 162–184.
- GABROVŠEK, F. 2005a. Caves in conglomerate: case of Udín boršt, Slovenia. *Acta Carsologica*, 34, 2, 507–519.
- GABROVŠEK, F. 2005b. Jame v Udín borštu. In Kranjc, A. (Ed.): *3KCL – Karstic Cultural Landscapes. Udín boršt. Museo di Storia Naturale e Archeologia, Montebelluna*, 19–24.
- GANTAR, A. 1955. Arnešova luknja. *Acta Carsologica*, 1, 149–158.
- GVOZDECKIJ, N. A. 1952. *Karst. Geografiz*, Moskva, 351 s.
- HOLLER, J. 2019. Pseudokarst. In White, W. B. – Culver, C. C. – Pipan, T. (Eds.): *Encyclopedia of Caves*. Elsevier Academic Press, Burlington – San Diego – London, 836–849.
- HOLÚBEK, P. 1994. Nové jaskyne v Šipskej Fatre. *Spravodaj SSS*, 25, 1, 28–30.
- HOLÚBEK, P. – MARUŠIN, M. 1997. Jaskyne v údolí Hornádu pri Olcnave. *Spravodaj Slovenskej speleologickej spoločnosti*, 28, 4, 13–15.
- CHOMENKO, V. P. 1986. *Karstovo-suffuzionnye procesy i ich prognos*. Nauka, Moskva, 97 s.
- CHOQUETTE, P. W. – PRAY, L. C. 1970. Geologic nomenclature and classification of porosity in sedimentary carbonates. *The American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 54, 2, 207–250.
- ION, I. D. 1970. *Geomorfologia carstului. Universitatea din București*, 348 s.
- JANAČEK, P. 1963. Príspevok k poznaniu krasu Strážovskej hornatiny so zvláštnym zreteľom na Mojtínsku krasovú oblasť. *Slovenský kras*, 4, 3–33.
- JERRY, H. 1969. A conglomerate cave in Oak Creek Canyon, Arizona. *Plateau*, 41, 4, 478–183.
- JORDAN, D. B. – JONES, G. L. 2005. The Powerscourt Conglomerate and its Bearing on Neotectonic Activity in Central East Ireland. *Irish Journal of Earth Sciences*, 23, 47–54.
- KNEZ, M. 2005. Geološke razmere na področju Udín boršta. In Kranjc, A. (Ed.): *3KCL – Karstic Cultural Landscapes. Udín boršt. Museo di Storia Naturale e Archeologia, Montebelluna*, 9–15.
- KRANJC, A. 2005. Konglomeratni kras v Sloveniji: zgodovina raziskovanja in poznavanja jam v Udín borštu na Gorenjskem. *Acta Carsologica*, 34, 2, 521–532.
- KUNSKÝ, J. 1957. Typy pseudokrasových tvarů v Československu. *Československý kras*, 10, 108–125.
- LAZARIDIS, G. 2020. Caves in the conglomerates of the Meteora geosite (Greece). *Cave and Karst Science*, 47, 1, 6–10.
- LIPAR, M. – FERK, M. 2011. Eogenetic caves in conglomerate: an example from Udín boršt, Slovenia. *International Journal of Speleology*, 40, 1, 53–64.

- MANFREDA, A. – SORANZO, M. 2022. Continua l'esplorazione delle gallerie di guerra sulla riva sinistra dell'Isonzo. Sopra e sotto il Carso, Numero speciale, Gorizia il Parco naturale della Campagnuzza – Sant'Andrea/Štandrež, 31–34.
- MAZÚR, E. – JAKÁL, J. 1969. Typologické členenie krasových oblastí na Slovensku. *Slovenský kras*, 7, 5–40.
- MAXIMOVÍČ, G. A. 1952. Geografia karsta v oblomocných porodach. *Geografický sborník*, 1, 51–56.
- MIHÁČ, F. 2010. Krasové javy v paleogénnych pieskovočoch a zlepencoch pri Spišských Tomášovciach. *Aragonit*, 15, 1, 38–41.
- MIHEVC, A. – BAVEC, M. – HÄUSELMANN, P. – FIEBIG, M. 2015. Dating of the Udin boršt conglomerate terraces and implication for tectonic uplift in the northern part of the Ljubljana Basin (Slovenia). *Acta Carsologica*, 44, 2, 169–176.
- NOVOTNÝ, L. – TULIS, J. 1980. Tomášovská jaskyňa. *Slovenský kras*, 18, 157–166.
- NOVOTNÝ, L. – TULIS, J. 2005. Kras Slovenského raja. Správa slovenských jaskýň, Liptovský Mikuláš – Slovenská speleologická spoločnosť – Knižné centrum, Žilina, 175 s.
- PANOŠ, V. 2001. Karsologická a speleologická terminologie. Knižné centrum, Žilina, 352 s.
- PARKER, G. G. 1963. Piping, a geomorphic agent in land development in drylands. *International Association of Scientific Hydrology, Publication* 65, 103–114.
- PELLEGRIN, J.-C. – SALOMON, J.-N. 2001. Hydrocompaction, dissolution, suffosion et soutirage. Contribution à la formation des dépressions fermées. *Krastologia*, 37, 54–56.
- POLÁK, M. – BUJNOVSKÝ, A. – KOHÚT, M. et al. 1997. Geologická mapa Veľkej Fatry 1:50 000. GS SR, Bratislava.
- ŘÍHA, J. – ALHASAN, Z. – PETRULA, L. – POPIELSKI, P. – DĄBSKA, A. – FRY, J. J. – SÓLSKI, S. V. – PEREVOSHCHIKOVA, N. A. – LANDSTORFER, F. 2019. Harmonisation of Terminology and Definitions on Soil Deformation Due to Seepage. In Bonelli, S. – Jommi, C. – Sterpi, D. (Eds.): *Internal Erosion in Earthdams, Dikes and Levees. Proceedings of the EWG-IE 26th Annual Meetings 2018. Lecture Notes in Civil Engineering*, 17. Springer Nature Switzerland, 347–366.
- SLABE, T. 1995. Cave rocky relief and its speleogenetical significance. *Zbirka ZRC*, 10, ZRC SAZU, Ljubljana, 128 s.
- SLABE, T. 2005. Kračké skalne obliče Udin boršta. In Kranjc, A. (Ed.): *3KCL – Karstic Cultural Landscapes. Udin boršt. Museo di Storia Naturale e Archeologia, Montebelluna*, 32–35.
- SOJÁK, M. 2010. Zbojnická diera pri Švošove – nová archeologická lokalita pred zánikom. *Aragonit*, 15, 1, 34–36.
- STRINI, A. 2004a. Il fenomeno "Occhi Pollini" della Brianza (Lombardia, Italia). Caratteristiche e genesi di cavità in depositi quaternari. *Quaderni di geologia applicata*, 11, 1, 83–99.
- STRINI, A. 2004b. Erosione sotterranea e sprofondamenti nell'Alta Pianura Lombarda: GLI "Occhi Pollini". Stato dell'arte sullo studio dei fenomeni di sinkholes e ruolo delle amministrazioni statali e locali nel governo del territorio (Roma, 20–21 maggio 2004) APAT, Roma, 665–675.
- TAVAGNUTI, M. 2022. Alla riscoperta delle gallerie di guerra sulla riva sinistra dell'Isonzo. Sopra e sotto il Carso, Numero speciale, Gorizia il Parco naturale della Campagnuzza – Sant'Andrea/Štandrež, 28–30.
- VACHER, H. L. – MYLROIE, J. E. 2002. Eogenetic karst from the perspective of an equivalent porous medium. *Carbonates and Evaporites*, 17, 2, 182–196.
- VÍTEK, J. 1978. Polokrasové formy v karbonátových slepencích při Pružině ve Strážovských vrších. *Československý kras*, 29, 79–90.
- ZAMPIERI, D. – FERRARESE, F. – SAURO, U. 2005. Aspetti della Speleogenesi del Montello. In Castiglioni, B. (Ed.): *3KCL – Karstic Cultural Landscapes. Montello. Museo di Storia Naturale e Archeologia, Montebelluna*, 39–44.
- ZUCCOLI, L. 2000. Geologia dei pianali di Castelsepio e Tradate (Provincia di Varese). *Il Quaternario, Italian Journal of Quaternary Sciences*, 13, 1–2, 57–80.
- ŽLEBNIK, L. 1971. Pleistocen Kranjskega, Sorškega in Ljubljanskega polja. *Geologija*, 14, 5–51.

# VÝSKYT NETOPIEROV VO VEREJNOSTI VOĽNE PRÍSTUPNÝCH JASKYNIACH MALÝCH KARPÁT, POVAŽSKÉHO INOVCA A TRIBEČA A MOŽNOSTI ICH OCHRANY

**Blanka Lehotská<sup>1</sup> – Barbora Stančeková<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Katedra environmentálnej ekológie a manažmentu krajiny, Prírodovedecká fakulta, Univerzita Komenského v Bratislave, Illkovičova 6, 842 15 Bratislava; blanka.lehotska@uniba.sk

<sup>2</sup> Katedra zoológie, Prírodovedecká fakulta, Univerzita Komenského v Bratislave, Illkovičova 6, 842 15 Bratislava; stancekova10@uniba.sk

**B. Lehotská, B. Stančeková: Occurrence of bats in caves freely open to the public situated in the Malé Karpaty, Považský Inovec, and Tribeč Mountains, and possibilities of their protection**

**Abstract:** The work deals with the occurrence of bats in seven caves freely open to the public. The caves are situated in western Slovakia, specifically in the mountains of Malé Karpaty (Deravá skala and Veľká pec caves), Považský Inovec (Čertova pec, Malá dolnosokolská and Veľká dolnosokolská caves), and Tribeč (Jazvinská and Svoradova caves). A total of ten bat species were recorded in these locations – *Rhinolophus hipposideros*, *Myotis myotis*, *Myotis bechsteinii*, *Myotis nattereri*, *Nyctalus noctula*, *Eptesicus serotinus*, *Pipistrellus pipistrellus* s. l., *Barbastella barbastellus*, *Plecotus auritus*, and *Plecotus austriacus*. The number of hibernating bats was not very high (maximum nine individuals per cave during one revision), and they were mostly hidden in crevices. For this reason, bats are not endangered by the occasional visits of these caves by humans. They are endangered only if people start a fire directly in the entrance portals of the caves during the winter periods. The smoke could lead to the death of bats wintering in the crevices.

**Key words:** Chiroptera, western Slovakia, conservation measures

## ÚVOD

Slovné spojenie „verejnosti voľne prístupné jaskyne“ sa prvý raz objavilo v Zákone NR SR č. 543/2002 Z. z. o ochrane prírody a krajiny, kde sa v § 24 ods. 18 uvádza, že „Jaskyne alebo časti jaskýň, v ktorých nehrozí nebezpečenstvo poškodenia ich prírodných a kultúrnych hodnôt a v ktorých je zaistený bezpečný pohyb návštevníkov, môže orgán ochrany prírody po dohode so správcom jaskýň vyhlásiť všeobecne záväznou vyhláškou za verejnosti voľne prístupné jaskyne.“ Podľa návrhov Správy slovenských jaskýň krajské úrady životného prostredia za obdobia rokov 2008 – 2019 vyhlásili 45 jaskýň za

verejnosti voľne prístupné. Najviac (10) ich je vyhlásených v Strážovských vrchoch. V každom z ďalších 21 orografických celkov sú za verejnosti voľne prístupné vyhlásené 1 – 3 jaskyne (<http://www.ssj.sk/sk/verejnosti-voľne-prístupne-jaskyne>).

Cieľom nášho výskumu bolo chiropterologicky preskúmať a následne zhrnúť poznatky o výskyte netopierov (Chiroptera) vo verejnosti voľne prístupných jaskyniach nachádzajúcich sa v pohoriach Malé Karpaty (Deravá skala, Veľká pec), Považský Inovec (Čertova pec, Malá dolnosokolská jaskyňa, Veľká dolnosokolská jaskyňa) a Tribeč (Svoradova jaskyňa, Jazvinská jaskyňa).

## STRUČNÁ CHARAKTERISTIKA LOKALÍT

Sledované verejnosti voľne prístupné jaskyne (tab. 1) sa nachádzajú na území západného Slovenska v troch orografických celkoch – Malé Karpaty, Považský Inovec a Tribeč v nadmorskej výške 240 až 577 m. Z hľadiska ich charakteru ide prevažne o previsové jaskyne s výrazným vstupným portálom (Deravá skala, Čertova pec, Veľká pec, Veľká dolnosokolská jaskyňa, Malá dolnosokolská jaskyňa) alebo jaskyne menších rozmerov tvorené jednou horizontálnou chodbou (Jazvinská jaskyňa, Svoradova jaskyňa). Dĺžka jednotlivých jaskýň sa pohybuje v rozmedzí 10 až 44 m.

V zmysle Zákona NR SR č. 543/2002 Z. z. o ochrane prírody a krajiny v znení neskorších predpisov sú všetky jaskyne považované za prírodné pamiatky. Nami sledované lokality (okrem Jazvinskej jaskyne) boli vyhlásené za prírodné pamiatky v roku 1994 a v rokoch 2008 a 2009 boli vyhlásené za verejnosti voľne prístupné jaskyne. Jazvinská jaskyňa je verejnosti voľne prístupná od roku 2019. Dve zo sledovaných jaskýň sú zároveň súčasťou sústavy európskych chránených území Natura 2000: Deravá skala je súčasťou územia európskeho významu Biele hory (SKUEV0267) a Svoradova jaskyňa je súčasťou územia európskeho významu Zorbor (SKUEV0130).

## METODIKA

Hlavnou metódou chiropterologického výskumu na sledovaných lokalitách bolo zim-

né sčítanie netopierov formou vizuálneho vyhľadávania jedincov za použitia ručného LED-svietidla. Keďže ide z chiropterologického hľadiska o menej významné lokality, jaskyne sa kontrolovali sporadicky v období rokov 1996 až 2022. S cieľom sumarizovať poznatky o výskyte netopierov na týchto lokalitách boli naše vlastné údaje doplnené aj o publikovateľné údaje iných autorov, ktorí na jednotlivých lokalitách uskutočnili výskum v priebehu 20. storočia (Krištín, 1986; Ligač, 1986; Mutkovič, 1986, 1993), ako aj o údaje zo stránky www.geocaching.com, kde bolo možné identifikovať prítomnosť jedince netopierov na základe fotodokumentácie.

Ako doplnková metóda výskumu na zistenie druhového spektra netopierov bol na niektorých lokalitách (Deravá skala, Jazvinská jaskyňa) realizovaný v jesennom období odchyt do nárazových sietí (netting).

V tabuľkách 2 až 8 (v časti Výsledky) sú zosumarizované publikované aj dosiaľ nepublikované údaje o výskyte netopierov v sledovaných jaskyniach. Pri publikovaných údajoch je uvedený zdroj, pri nepublikovaných mená mapovateľov.

## VÝSLEDKY

V siedmich sledovaných verejnosti voľne prístupných jaskyniach sme v období rokov 1996 – 2022 zaznamenali výskyt 10 druhov netopierov (tab. 2): podkovár malý (*Rhinolophus hipposideros* – *Rhip*, obr. 2), netopier veľký (*Myotis myotis* – *Mmyo*), netopier veľkouchý (*Myotis bechsteinii* – *Mbech*), netopier riasnatý (*Myotis nattereri* – *Mnat*), raniak hrđzavý (*Nyctalus noctula* – *Nnoc*), večernica pođzná (*Eptesicus serotinus* – *Eser*, obr. 3), večernica malá (*Pipistrellus pipistrellus* s. l. – *Ppip*), uchaňa čierna (*Barbastella barbastellus*



Obr. 1. Záujmové územie s vyznačením sledovaných lokalít  
Fig. 1. Area of interest with the location of monitored sites

Tab. 1. Stručná charakteristika sledovaných lokalít (zdroj údajov: Bella et al., 2018)  
Tab. 1. Brief characteristics of monitored sites (data source: Bella et al., 2018)

Jaskyňa Cave	Katastrálne územie Cadastral area	Orografický celok Orographic unit	Nadmorská výška Altitude [m]	Dĺžka Length [m]	Pôvod Origin
Deravá skala	Plavecký Mikuláš	Malé Karpaty	460	26	fluviokrasová
Veľká pec	Prašník	Malé Karpaty	438	15	korózna
Čertova pec	Radošina	Považský Inovec	240	27	fluviokrasová
Malá dolnosokolská jaskyňa	Hubina	Považský Inovec	477	10	kryogénna
Veľká dolnosokolská jaskyňa	Hubina	Považský Inovec	483	15	korózno-kryogénna
Jazvinská jaskyňa	Malá Lehota	Tribeč	577	44	rozsadlinovo-fluviokrasová
Svoradova jaskyňa	Dražovce	Tribeč	355	30	fluviokrasová

Tab. 2. Prehľad druhov zaznamenaných v sledovaných jaskyniach. Vysvetlivky: H – v období hibernácie (15. 11. – 15. 3.), M – v mimohibernačnom období (15. 3. – 15. 11.)  
Tab. 2. Overview of species recorded in the monitored caves. Explanations: H – during the hibernation period (November 15 – March 15), M – during the non-hibernation period (March 15 – November 15)

Jaskyňa Cave	<i>Rhip</i>	<i>Mmyo</i>	<i>Mbech</i>	<i>Mnat</i>	<i>Nnoc</i>	<i>Eser</i>	<i>Ppip</i>	<i>Bbar</i>	<i>Paur</i>	<i>Paus</i>	Spolu Total
Deravá skala	–	M	–	–	–	H	H	HM	HM	H	5H, 3M
Veľká pec	–	–	–	–	–	–	–	H	–	–	1H
Čertova pec	–	H	–	H	–	H	–	H	–	H	5H
Malá dolnosokolská jaskyňa	–	–	–	–	–	H	–	–	–	–	1H
Veľká dolnosokolská jaskyňa	–	–	–	H	–	–	–	H	–	–	2H
Jazvinská jaskyňa	HM	M	M	M	H	–	–	H	HM	–	4H, 5M
Svoradova jaskyňa	M	–	–	–	–	–	–	–	–	H	1H, 1M

Tab. 3. Zhrnutie doterajších poznatkov o výskyte netopierov v jaskyni Deravá skala  
 Tab. 3. Summary of present knowledge about the occurrence of bats in the Deravá skala Cave

Deravá skala	Mmyo	Eser	Ppip	Bbar	Paur	Paus
14. 2. 1984 (Mutkovič, 1986)	-	-	-	+	-	-
1984 – 1990 (3 pozorovania) (Mutkovič, 1993)	-	-	-	2	-	-
30. 1. 1997 (Lehotská, 2002a; Lehotská a Lehotský, 2002a)	-	1	2	1	1	-
14. – 15. 9. 1997 (Lehotská, 2002a; Lehotská a Lehotský, 2002a)	-	-	-	1	3	-
11. 1. 1998 (Lehotská, Lehotský)	-	-	-	-	-	-
28. 11. 1998 (Lehotská, 2002a; Lehotská a Lehotský, 2002a)	-	1	-	-	-	1
2. 1. 1999 (Lehotská, 2002a; Lehotská a Lehotský, 2002a)	-	1	-	-	-	-
15. 2. 2004 (Lehotská, Lehotský, Lysý, Kandl, Mikulová)	-	-	-	-	-	-
18. 12. 2005 (Lehotská, Lehotský, Mikulová, Antoška)	-	1	6	1	-	-
17. 2. 2008 (Lehotský, Lysý, Hačo)	-	-	9	-	-	-
7. 2. 2016 (Lehotská, Lehotský)	-	3	4	-	-	-
20. 3. 2020 (Stančeková)	1	-	-	-	-	-
2. 3. 2022 (Lehotská, Stančeková)	-	1	3	-	-	-

– Bbar, obr. 4), ucháč svetlý (*Plecotus auritus* – Paur) a ucháč sivý (*Plecotus austriacus* – Paus). Z hľadiska početnosti zimujúcich jedincov išlo spravidla o jednotlivé exempláre, výnimku tvoril druh *Pipistrellus pipistrellus* v jaskyni Deravá skala, pri ktorom zaznamenané jedince v počte 2 – 9 ex. zimovali spoločne v rovnakej štrbine. Početnejšími druhmi, ktorých jedince sa však v rámci zimoviska nachádzali samostatne, boli *Barbastella barbastellus* (max. 6 ex.) a *Rhinolophus hipposideros* (max. 10 ex.) v Jazvinskej jaskyni.



Obr. 2. Podkovár malý (*Rhinolophus hipposideros*) zimujúci v Jazvinskej jaskyni. Foto: B. Stančeková  
 Fig. 2. Lesser horseshoe bat (*Rhinolophus hipposideros*) hibernating in the Jazvinská Cave. Photo: B. Stančeková



Obr. 3. Večernica pozdňá (*Eptesicus serotinus*) zimujúca v jaskyni Deravá skala. Foto: R. Lehotský  
 Fig. 3. Serotine bat (*Eptesicus serotinus*) hibernating in the Deravá skala Cave. Photo: R. Lehotský

Sledované jaskyne poskytujú viacerým druhom netopierov vhodné podmienky nielen na hibernáciu, ale aj v mimohibernačnom období (tab. 2). Najviac zimujúcich druhov sme zaznamenali v jaskyniach Deravá skala a Čertova pec (5 druhov) a v Jazvinskej jaskyni (4 druhy). O využívaní jaskýň v mimohibernačnom období svedčia údaje z odchyty netopierov pred Jazvinskou jaskyňou (zaznamenaných bolo 5 druhov), ako aj nálezy netopierov počas vizuálnych kontrol jaskýň (tab. 3 – 8).

Rozhodujúcim faktorom pre osídlenie sledovaných jaskýň previsového charakteru (Deravá skala, Veľká pec, Čertova pec, jaskyne v Dolnom Sokole) je dostatok vhodných úkrytov – skalných štrbín a dutín, v ktorých netopiere nachádzajú optimálne mikroklimatické podmienky. Z tabuľky 2 vidieť, že netopiere preferujú skôr jaskyne fluviokrasového pôvodu (Deravá skala, Čertova pec) s početnejším zastúpením štrbín, ktoré môžu využiť ako svoj úkryt. Jaskyne korozného a kryogénneho pôvodu (Veľká pec a jaskyne v Dolnom Sokole) sú práve v dôsledku menšieho množstva štrbinových úkrytov využívané netopiermi v menšej miere. V druhovom zastúpení netopierov v jaskyniach previsového charakteru výrazne prevládajú chladnomilné druhy, napr. *Barbastella barbastellus*, zástupcovia rodu *Plecotus*, *Pipistrellus pipistrellus*, *Myotis nattereri*, ktoré sú schopné zimovať v skalných štrbinách aj vtedy, keď teplota okolitého prostredia poklesne pod 0 °C (Weber et al., 1996).

Odlíšny charakter majú Jazvinská a Svoradova jaskyňa, ktoré majú výrazne menší vstupný otvor ako jaskyne previsového charakteru a sú tvorené horizontálnou chodbou dlhou niekoľko desiatok metrov. Preto v nich nedochádza k takému výraznému kolísaniu teploty a vlhkosti vzduchu v závislosti od zmien vonkajšieho prostredia a sú vhodné aj pre výskyt teplomilnejšieho druhu *Rhinolophus hipposideros*, ktorý nevyužíva štrbinové úkryty, ale je považovaný za priestorový druh netopiera (t. j. s úchydom na stenách vo voľnom priestore). Jedince tohto druhu pravidelne osídľujú tieto jaskyne aj v mimohibernačnom období. Menšie druhové zastúpenie v Svoradovej jaskyni je pravdepodobne do určitej miery ovplyvnené aj častými návštevami jaskyne ľuďmi, keďže sa nachádza v tesnej blízkosti veľkého mesta – Nitra.

## DERAVÁ SKALA

Jaskyňu tvorí mohutný skalný previs s dĺžkou 26 m a výškou 13 m (obr. 5). Prvé údaje o výskyte netopierov v tejto jaskyni pochádzajú z 80. rokov 20. storočia (Mutkovič, 1986, 1993). Podrobnejší výskum sa tu realizoval koncom 90. rokov 20. storočia v rámci chiropterologického výskumu jaskýň Plaveckého krasu (Lehotská, 2000). Vzhľadom na relatívne nízky počet jedincov zimujúcich v jaskyni Deravá skala prebiehal výskum netopierov v nasledujúcom období len sporadicky. Doteraz tu bol zaznamenaný výskyt



Obr. 4. Uchaňa čierna (*Barbastella barbastellus*) zimujúca v Jazvinskej jaskyni. Foto: B. Lehotská  
 Fig. 4. Western Barbastelle Bat (*Barbastella barbastellus*) hibernating in the Jazvinská Cave Photo: B. Lehotská



6 druhov netopierov (tab. 3). Nájdené jedince preferovali štrbinové úkryty. V prípade druhu *Pipistrellus pipistrellus* zimovali spravidla viaceré jedince spoločne v jednej štrbine.

### VEĽKÁ PEC

Jaskyňu tvorí previsový priestor s dĺžkou 15 m (obr. 6). Keďže v rámci systematického výskumu netopierov Malých Karpát realizovaného koncom 20. storočia sa výskyt netopierov v jaskyni Veľká pec nepotvrdil (Lehotská et al., 2002), lokalita nebola v nasledujúcom období kontrolovaná. Prítomnosť netopierov, konkrétne 1 exemplára druhu *Barbastella barbastellus*, sa nám podarilo zaznamenať pri jednorazovej kontrole lokality v zimnom období 2021/2022 (tab. 4).

Tab. 4. Zhrnutie doterajších poznatkov o výskyte netopierov v jaskyni Veľká pec

Table 4. Summary of present knowledge about the occurrence of bats in the Veľká pec Cave

Veľká pec	Bbar
13. 2. 1998 (Lehotská et al., 2002)	-
1. 3. 2022 (Lehotská, Stančeková)	1

### ČERTOVA PEC

Jaskyňu tvorí starý riečne modelovaný podzemný priestor dlhý 27 m, ktorý na povrch vyúsťuje dvoma vchodmi (obr. 7). Prvé údaje o prítomnosti netopierov v jaskyni Čertova pec pochádzajú z polovice 80. rokov 20. storočia, keď tu Mutkovič (1986) zaznamenal prítomnosť druhu *Barbastella barbastellus*. V rámci

cieleného výskumu jaskýň Považského Inovca v roku 2006 sa tu zistila prítomnosť ďalších troch druhov – *Myotis myotis*, *Myotis nattereri* a *Eptesicus serotinus*. Následné kontroly jaskyne sa uskutočnili v zimnom období 2021/2022, keď k už známym druhom pribudol *Plecotus austriacus*. Celkovo sa tak v jaskyni podarilo doteraz zaznamenať prítomnosť 5 druhov netopierov (tab. 5). Keďže ide z mikroklimatického hľadiska o dynamickú jaskyňu s výrazným prúdením vzduchu a vplyvom zmien vonkajších podmienok, netopiere využívajú na zimovanie hlboké štrbiny v bočných stenách alebo v stropce.

### JASKYNE V DOLNOM SOKOLE

Malá dolnosokolská jaskyňa (syn. Malá jaskyňa v Dolnom Sokole, J-2) a Veľká dolno-



Obr. 5. Pohľad z jaskyne Deravá skala. Foto: R. Lehotský  
Fig. 5. View from the Deravá skala Cave. Photo: R. Lehotský



Obr. 6. Vstupný portál jaskyne Veľká pec. Foto: B. Lehotská  
Fig. 6. Entrance portal of the Veľká pec Cave. Photo: B. Lehotská



Obr. 7. Jaskyňa Čertova pec. Foto: B. Lehotská  
Fig. 7. Čertova pec Cave. Photo: B. Lehotská

Tab. 5. Zhrnutie doterajších poznatkov o výskyte netopierov v jaskyni Čertova pec

Table 5. Summary of present knowledge about the occurrence of bats in the Čertova pec Cave

Čertova pec	Mmyo	Mnat	Eser	Bbar	Paus
7. 2. 1984 (Mutkovič, 1986)	-	-	-	+	-
12. 2. 1998 (Lehotská, 2002c)	-	-	-	-	-
6. 1. 2006 (Lehotská, Lehotský, Lysý, Antoška, Hatala)	4	1	-	1	-
9. 12. 2006 (Lehotská, Lehotský, Lysý)	2	-	2	-	-
19. 11. 2021 (Lehotská, Ružičková)	2	3	-	-	1
2. 2. 2022 (Lehotská, Stančeková)	2	-	1	-	1
20. 3. 2022 (Galabová)	2	-	1	-	-

Tab. 6. Zhrnutie doterajších poznatkov o výskyte netopierov v Malej a Veľkej dolnosokolskej jaskyni

Table 6. Summary of present knowledge about the occurrence of bats in the Malá and Veľká dolnosokolská caves

	Mnat	Eser	Bbar
<b>Malá dolnosokolská jaskyňa</b>			
18. 2. 2017 (Lehotský, Demovič, Kovačič)	-	-	-
1. 3. 2022 (Lehotská, Stančeková)	-	1	-
<b>Veľká dolnosokolská jaskyňa</b>			
18. 2. 2017 (Lehotský, Demovič, Kovačič)	-	-	1
1. 3. 2022 (Lehotská, Stančeková)	1	-	-

Tab. 7. Zhrnutie doterajších poznatkov o výskyte netopierov v Jazvinskej jaskyni

Table 7. Summary of present knowledge about the occurrence of bats in the Jazvinská Cave

Jazvinská jaskyňa	Rhip	Mmyo	Mbech	Mnat	Nnoc	Bbar	Paur
27. 9. 1996 (Lehotská a Lehotský, 2002b)	3	5	1	1	-	-	1
23. 2. 1997 (Lehotská a Lehotský, 2002b)	1	-	-	-	-	-	-
6. 2. 1998 (Lehotská a Lehotský, 2002b)	2	-	-	-	-	2	-
10. 1. 2000 (Rezník, 2000)	-	-	-	-	1	2	-
23. 1. 2005 (Lehotská, Lehotský, Mikulová, Ševčík)	-	-	-	-	-	4	-
15. 2. 2009 (Lehotská, Lehotský, Bogár)	1	-	-	-	-	6	-
21. 4. 2014 (curtys, www.geocaching.com)	1	-	-	-	-	-	-
12. 10. 2014 (Coare, www.geocaching.com)	min 1	-	-	-	-	-	-
5. 4. 2016 (mlady.mlady, www.geocaching.com)	min 1	-	-	-	-	-	-
9. 10. 2016 (PETER_LV, www.geocaching.com)	min 1	-	-	-	-	-	-
13. 10. 2019 (bonatius, www.geocaching.com)	2	-	-	-	-	-	-
8. 12. 2019 (Pachole, www.geocaching.com)	4	-	-	-	-	-	-
2. 2. 2022 (Lehotská, Stančeková)	4	-	-	-	-	2	1
20. 3. 2022 (Galabová)	10	-	-	-	-	-	-



Obr. 8. Malá dolnosokolská jaskyňa. Foto: B. Lehotská  
Fig. 8. Malá dolnosokolská Cave. Photo: B. Lehotská



Obr. 9. Veľká dolnosokolská jaskyňa. Foto: B. Lehotská  
Fig. 9. Veľká dolnosokolská Cave. Photo: B. Lehotská



Obr. 10. Vchod do Jazvinskej jaskyne. Foto: B. Lehotská  
Fig. 10. Entrance to the Jazvinská Cave. Photo: B. Lehotská



Obr. 11. Vnútroň priestor v Svoradovej jaskyni. Foto: R. Lehotský  
Fig. 11. Interior of the Svoradova Cave. Photo: R. Lehotský



Obr. 12. Ohniská v jaskyni Deravá skala. Foto: R. Lehotský  
Fig. 12. Fireplaces in the Deravá skala Cave. Photo: R. Lehotský

sokolská jaskyňa (syn. Veľká jaskyňa v Dolnom Sokole, Jaskyňa nad Výtokom, J-1) boli vytvorené vodou presakujúcou pozdĺž puklín, ktoré sa postupne rozšírili mrazovým zvetrávaním (obr. 8, 9). Z chiropterologického hľadiska sa tieto jaskyne prvý raz preskúmali v zimnom období 2016/2017. Prítomnosť netopierov, konkrétne druhu *Barbastella barbastellus*, bola vtedy zaznamenaná len vo Veľkej dolnosokolskej jaskyni. Pri opätovnej kontrole oboch jaskýň v zimnom období 2021/2022 sa zaznamenal výskyt ďalších dvoch druhov – *Myotis nattereri* vo Veľkej dolnosokolskej jaskyni a *Eptesicus serotinus* v Malej dolnosokolskej jaskyni (tab. 6).

#### JAZVINSKÁ JASKYŇA

Jazvinská jaskyňa (syn. Debnárova jaskyňa) pozostáva zo vstupného portálu (obr. 10) a jednej chodby dlhej 44 m, širokej približne 1 m a vysokej do 2 m. Prvé údaje o výskyte netopierov na tejto lokalite pochádzajú z konca 20. storočia, keď sa tu v rámci intenzívneho

chiropterologického výskumu jaskýň pohoria Tribeč zistil výskyt 6 druhov netopierov (Lehotská a Lehotský, 2002b). Keďže počet jedincov zimujúcich v jaskyni nebol veľký, v nasledujúcom období boli kontroly jaskyne len sporadické. Početnejšie informácie o prítomnosti druhu *Rhinolophus hipposideros* v jaskyni sa podarilo získať vďaka fotodokumentácii z jaskyne, dostupnej na stránke [www.geocaching.com](http://www.geocaching.com). Celkovo bol v Jazvinskej jaskyni zaznamenaný výskyt 4 druhov netopierov v hibernačnom období a 5 druhov v mimohibernačnom období (tab. 7).

#### SVORADOVA JASKYŇA

Jaskyňa pozostáva z menšieho priestoru vo vstupnej časti (obr. 11), za ktorým nasleduje spleť úzkych chodieb. Prvé údaje o výskyte druhu *Rhinolophus hipposideros* v Svoradovej jaskyni sú známe zo 60. a 70. rokov 20. storočia (Krištín, 1986; Ligač, 1986). V rámci systematického výskumu netopierov v pohorí Tribeč koncom 20. storočia (Lehotská a Lehotský, 1999, 2002b) sa prítomnosť tohto druhu nepotvrdila a zaznamenané bolo len zimovanie druhu *Plecotus austriacus*. Cielené kontroly jaskyne v ďalšom období boli negatívne. Informácie o prítomnosti druhu *Rhinolophus hipposideros* v jaskyni z novšieho obdobia sa podarilo získať vďaka fotodokumentácii na stránkach [www.geocaching.com](http://www.geocaching.com) a [www.nahuby.sk](http://www.nahuby.sk).

#### HLAVNÉ FAKTORY OHROZENIA NETOPIEROV A MOŽNOSTI ICH OCHRANY

Hlavným faktorom ohrozenia netopierov nachádzajúcich úkryt v sledovaných jasky-

Tab. 8. Zhrnutie doterajších poznatkov o výskyte netopierov v Svoradovej jaskyni  
Tab. 8. Summary of present knowledge about the occurrence of bats in the Svoradova Cave

Svoradova jaskyňa	Rhip	Paus
22. 6. 1969 (Ligač, 1986)	4	–
1974 (Krištín, 1986)	35–50	–
22. 2. 1997 (Lehotská a Lehotský, 1999, 2002b)	–	1
8. 2. 1998 (Lehotská, Lehotský)	–	–
3. 9. 2006 (Bednár, <a href="http://www.nahuby.sk">www.nahuby.sk</a> )	1	–
25. 4. 2015 (Lehotský)	–	–
14. 11. 2015 (pgasparik, <a href="http://www.geocaching.com">www.geocaching.com</a> )	1	–
2. 2. 2022 (Lehotská, Stančeková)	–	–

Tab. 9. Potenciálne vplyvy, ktoré môžu mať negatívny dosah na netopiere vyskytujúce sa v sledovaných jaskyniach. Vysvetlivky: +++ veľmi významný vplyv, ++ stredne významný vplyv, + málo významný vplyv, – bez vplyvu  
 Tab. 9. Potential influences that may have a negative impact on bats occurring in the monitored caves. Explanations: +++ very significant influence, ++ medium significant influence, + small significant influence, – no influence

Jaskyňa / vplyv	Zakladanie ohňa	Lezecké aktivity	Návštevnosť	Priame vyrušovanie
Deravá skala	+++	++	–	–
Veľká pec	+++	++	–	–
Čertova pec	++	–	–	–
Malá dolnosokolská jaskyňa	+	–	–	–
Veľká dolnosokolská jaskyňa	++	+	–	–
Jazvinská jaskyňa	–	–	++	+
Svoradova jaskyňa	–	–	+++	++



Obr. 13. Informačná tabuľka pri jaskyniach v Dolnom Sokole. Foto: B. Lehotská  
 Fig. 13. Signboard near the caves in Dolný Sokol. Photo: B. Lehotská

niach je zakladanie ohňa priamo vo vstupnom portáli jaskyne. Dym z ohňa preniká aj do štrbín, kde sa netopiere ukrývajú, a môže spôsobiť ich úhyn. S konkrétnymi prípadmi, keď založenie ohňa spôsobilo priamy úhyn netopierov, sme sa v minulosti stretli napr. v jaskyni Pri ceste I (Považské podolie; Lehotská, 2002b) a v štólne Medené hámre (Malé Karpaty; Lehotská a Lehotský, 1995). Z aktuálne sledovaných jaskýň je tento problém najvýraznejší v jaskyni Deravá skala, kde je vo vstupnom portáli vytvorených dokonca viacero ohnísk (obr. 12). Jedným z opatrení, ako by sa dal tento negatívny vplyv minimalizovať, je inštalácia informačnej tabuľky, aká je napr. pri jaskyniach v Dolnom Sokole (obr. 13), priebežná likvidácia ohnísk a odstraňovanie nanoseného dreva, čím sa aspoň čiastočne zamedzí používaniu existujúcich a zakladaniu nových ohnísk.

Niektoré jaskyne previsového charakteru a ich bezprostredné okolie sa využívajú aj ako lezecké lokality. Konkrétne ide o lezecké oblasti Deravá skala, Veľká pec a Sokolie skaly (www.climb.sk). Zvýšená lezecká aktivita by mohla do určitej miery ovplyvniť netopiere ukrývajúce sa v štrbinách.

V prípade Svoradovej a Jazvinskej jaskyne môže na netopiere negatívne vplývať aj nad-

merná návštevnosť najmä v zimnom období. Návštevnosť je výrazne vyššia v prípade Svoradovej jaskyne, ktorá sa nachádza v tesnej blízkosti Nítry a je častým cieľom vychádzok jej obyvateľov. Jej návštevnosť zvyšuje aj skutočnosť, že jaskyňa leží priamo na trase náučného chodníka Zoborské vrchy. Jazvinská jaskyňa sa nachádza vo výrazne odľahlejšej oblasti a návštevnosť v zimnom období, keď by návštevníci mohli rušiť hibernujúce netopiere, nie je taká vysoká. Ani propagácia jaskyne pre priaznivcov geocachingu prostredníctvom Earth kešky venovanej tejto jaskyni nezvyšuje významným spôsobom návštevnosť, ktorá predstavuje maximálne 10 návštev ročne, aj to spravdla v mimohibernačnom období (www.geocaching.com).

S návštevnosťou jednotlivých jaskýň do určitej miery súvisí aj riziko priameho vyrušovania zimujúcich netopierov. Toto riziko priamoúmerne stúpa s početnosťou návštevníkov a počtom netopierov, ktoré využívajú jaskyne v období hibernácie.

Intenzitu potenciálnych vplyvov, ktoré by mohli mať negatívny dosah na netopiere vyskytujúce sa v sledovaných verejnosti voľne prístupných jaskyniach, sme zhrnuli v tabuľke 9.

Dôležitým momentom z hľadiska zabezpečenia ochrany netopierov vyskytujúcich sa

v sledovaných jaskyniach je zvyšovanie environmentálneho povedomia a informovanosti verejnosti prostredníctvom informačných tabuľ. Pri každej verejnosti voľne prístupnej jaskyni sa nachádza informačná tabuľka, na ktorej je v niektorých prípadoch aj upozornenie na výskyt netopierov. Pri návšteve lokalít začiatkom roka 2022 bola väčšina informačných tabuľiek v poriadku a plnila svoj účel, len tabuľku venovanú lokalite Veľká pec by bolo potrebné obnoviť, lebo ju zničili vandali.

## ZÁVER

Keďže vybrané verejnosti voľne prístupné jaskyne nepredstavujú zimoviská s početným výskytom netopierov, ale skôr úkryt pre jednotlivé exempláre viacerých druhov v hibernačnom, príležitostne aj mimohibernačnom období, občasné návštevy týchto jaskýň okoloidúcimi ľuďmi výraznejším spôsobom neohrozujú populácie jednotlivých druhov netopierov. Hlavným ohrozujúcim faktorom v zimnom období je zakladanie ohňa priamo vo vstupnom portáli, keď dym môže spôsobiť zadusenie a následný úhyn netopierov zimujúcich v štrbinách. Preto by bolo potrebné priebežne likvidovať ohnísk a inštalovať zákazové značky v každej z jaskýň previsového charakteru.

## Literatúra

- BELLA, P. – HLAVÁČOVÁ, I. – HOLUBEK, P. 2018. Zoznam jaskýň Slovenskej republiky (stav k 31. 12. 2017). Slovenské múzeum ochrany prírody a jaskyniarstva, Liptovský Mikuláš, 528 s.
- KRŠTÍN, A. 1986. K výskytu suchozemských stavovcov Nítry a blízkeho okolia. *Rosalia (Nitra)*, 3, 257–271.
- LEHOTSKÁ, B. 2000. Netopiere Plaveckého krasu a ich praktická ochrana. *Acta Environmentalica Universitatis Comenianae*, 10, 207–213.
- LEHOTSKÁ, B. 2002a. Netopiere Malých Karpát. *Lynx (Praha)*, n. s., 33, 141–184.
- LEHOTSKÁ, B. 2002b. Zimoviská netopierov v jaskyniach Pri ceste v Považskom podolí. *Vespertilio*, 6, 155–156.
- LEHOTSKÁ, B. 2002c. Zimoviská netopierov v Považskom Inovci. *Vespertilio*, 6, 157–158.
- LEHOTSKÁ, B. – LEHOTSÝ, R. 1995. Kriticky ohrozené lokality s výskytom netopierov v Malých Karpatoch. *Netopiere*, 1, 65–69.
- LEHOTSKÁ, B. – LEHOTSÝ, R. 1999. Zimoviská netopierov (Chiroptera) v chránenej krajinskej oblasti Ponitrie. *Rosalia (Nitra)*, 14, 187–194.
- LEHOTSKÁ, B. – LEHOTSÝ, R. 2002a. Zimoviská netopierov v Malých Karpatoch II. *Vespertilio*, 6, 73–86.
- LEHOTSKÁ, B. – LEHOTSÝ, R. 2002b. Zimoviská netopierov v pohorí Trábeč. *Vespertilio*, 6, 299–302.
- LEHOTSKÁ, B. – MATIS, Š. – UHRIN, M. (Eds.) 2002. Príloha katalógu zimovísk netopierov Slovenska: Prehľad skontrolovaných lokalít bez nálezu netopierov. *Vespertilio*, 6, 349–356.
- LICAČ, S. 1986. Mammalia – cicavce chránenej krajinskej oblasti „Ponitrie“ 2. netopiere (Chiroptera). *Rosalia (Nitra)*, 3, 247–255.
- MUTKOVIČ, A. 1986. Príspevok k rozšíreniu netopierov v okrese Trnava. *Vlastivedný spravodajca okresu Trnava*, 87–99.
- MUTKOVIČ, A. 1993. Netopiere strednej časti Malých Karpát. *Chránené územia Slovenska*, 21, 37–39.
- REZŇÍK, S. 2000. Správa o sčítaní netopierov vo vybraných zimoviskách CHKO Ponitrie v zimnom období 1999/2000. *Rosalia (Nitra)*, 15, 219–223.
- Vyhľadka Krajského úradu životného prostredia Nitra č. 2/2008 z 8. júla 2008, ktorou sa vyhlasujú verejnosti voľne prístupné jaskyne Čertova pec a Svoradova jaskyňa.
- Vyhľadka Krajského úradu životného prostredia Trnava č. 1/2009 z 10. marca 2009, ktorou sa vyhlasujú verejnosti voľne prístupné jaskyne Veľká pec, Veľká dolnosokolská jaskyňa a Malá dolnosokolská jaskyňa.
- Vyhľadka Krajského úradu životného prostredia v Bratislave č. 1/2008 z 19. júna 2008, ktorou sa vyhlasuje verejnosti voľne prístupná jaskyňa Deravá skala.
- Vyhľadka Okresného úradu Banská Bystrica č. 2/2019 z 19. februára 2019, ktorou sa vyhlasuje verejnosti voľne prístupná jaskyňa Jazvinská jaskyňa a vydáva sa jej návštevný poriadok.
- Zákon NR SR č. 543/2002 Z. z. o ochrane prírody a krajiny v znení neskorších predpisov.  
<https://www.climb.sk/crag/>  
[https://www.geocaching.com/geocache/GC33AEJ\\_jazvinska-jaskyna-cave?guid=e217f9e1-855d-4b38-a008-27b0e69c81e8](https://www.geocaching.com/geocache/GC33AEJ_jazvinska-jaskyna-cave?guid=e217f9e1-855d-4b38-a008-27b0e69c81e8)  
<http://www.ssj.sk/sk/verejnosti-voľne-prístupne-jaskyne>

## STAROSTLIVOSŤ O JASKYNE V ROKU 2021

Rok 2021 bol významný reorganizáciou strážnej služby v ochrane prírody. Organizáciu, navrhovanie členov stráže prírody, školenia, skúšky stráže prírody a koordináciu jednotlivých členov v zmysle novely zákona č. 543/2002 Z. z. o ochrane prírody a krajiny prevzala Štátna ochrana prírody Slovenskej republiky. Na jednotlivých okresných úradoch zostala povinnosť registrácie a vydávania preukazov členov stráže prírody, ktorí úspešne prešli skúškami. O náročnosti skúšok svedčí aj fakt, že z predchádzajúcej zostavy speleologickej stráže prírody časť členov preskúšaním neprešla. V súčasnosti Správa slovenských jaskýň koordinuje činnosť 37 členov stráže prírody, ktorí pokrývajú väčšinu krasových území Slovenska.

Koncom marca zaregistrovali členovia stráže prírody znečistenie ochranného pásma Ponickéj jaskyne kadávermi oviec. O znečistení sme upovedomili miestne združstvo, ktoré následne uhynuté zvieratá odstránilo.

Na jar roku 2021 členovia Oblastnej speleologickej skupiny Rimavská Sobota upozornili na nelegálny vstup do Divínskej hradnej jaskyne. Pracovníci Správy slovenských jaskýň predmetnú jaskyňu fotograficky zdokumentovali, avšak poškodenie výzdoby nezistili. Následne o pár mesiacov bol hlásený opätovný prienik neznámych osôb do jaskyne, pričom už došlo aj k poškodeniu sintrovej výzdoby na dne jaskyne. Prípád bol riešený s Obvodným oddelením policajného zboru v Lučenci, páchatelov sa však vypátrať nepodarilo.

V letnom období spôsobili prívalové dažde po búrke prudký vzostup hladiny Domického potoka. Škody spôsobené naplavením sme odstraňovali počas dvoch pracovných akcií tak z povrchu, ako aj z podzemných priestorov. V nasledujúcom období je v pláne ešte vyčistenie Demikovho ponoru.

Po dohode s vedením obce Krásnohorské Podhradie sme iniciovali vyčistenie verejnosti voľne prístupných jaskýň Veľká a Malá pivnica, nachádzajúcich sa v jej intraviláne. V spoluprá-

ci s Okresným úradom životného prostredia v Košiciach sme na základe podnetu z Mestského úradu v Spišskej Novej Vsi vypracovali návrh na vyhlásenie Školskej jaskyne v katastrálnom území mesta Spišská Nová Ves za verejnosti voľne prístupnú jaskyňu (po súhlasných stanoviskách dotknutých organizácií bola jaskyňa Okresným úradom v Košiciach vyhlásená za verejnosti voľne prístupnú v roku 2022). Po zmene kompetencií orgánov ochrany prírody sa po dlhých rokoch podarilo vyhlásiť nové ochranné pásma jaskyne Milada a Kysackej jaskyne a rozšíriť ochranného pásma Čachtickej jaskyne. V priebehu roka boli nové ochranné pásma, ako aj rozšírené ochranné pásma Čachtickej jaskyne označené v teréne tabuľami so štátnym znakom.

V spolupráci s Občianskym združením Litmanovčan, Jaskyniarskou skupinou Spišská Belá a obcou Litmanová sme uzatvorili pevnou mrežou vchod do Ľadovej jaskyne v Litmanovej. Uzáver financovalo občianske združenie, ktoré pri jaskyni naplánovalo zastávku náučného chodníka. V Plaveckom krase sme v spolupráci s jaskyniarmi z Plaveckého Podhradia uzatvorili spodný vchod do hypogénnej jaskyne Pec, ktorá je aj významnou archeologickou lokalitou. V Borinskom krase sme uzatvorili vchody do jaskýň Horná a Stredná garda, kde prebieha systematický speleologický výskum. Vchody do týchto jaskýň sú súčasťou Borinského jaskynného systému dlhého viac ako 2 km a nachádzajú sa vo svahu Okopanca (518 m), ktorý v poslednom čase intenzívne navštevujú turisti zo širokého okolia.

Pavol Staník,  
Igor Balciar



Uzáver jaskyne Stredná garda v Borinskom krase. Foto: P. Staník



Uzáver jaskyne Pec v Plaveckom krase. Foto: P. Staník

## ENVIRONMENTÁLNA VÝCHOVA V ROKU 2021

Environmentálna výchova v pôsobnosti Správy slovenských jaskýň bola v roku 2021 opäť výrazne poznačená protiepidemickými opatreniami, najmä v dôsledku skrátenej sezóny s výrazne nižšou návštevnosťou, ako tomu bolo pred epidémiou v roku 2019. Zredukovala sa a z hľadiska organizačných foriem aj zmenila realizácia environmentálnej výchovy mimo klasických prehliadok sprístupnených jaskýň.

**Tematické exkurzie.** Už tradične sa terénne exkurzie v sprístupnených jaskyniach orientovali na najvýznamnejšie environmentálne dni súvisiace s jaskyňami, ktoré pripadajú na prvú polovicu kalendárneho roka mimo hlavnej sezóny. Ide o medzinárodné dni mokradí, vody, Zeme, biodiverzity, najmä však Medzinárodný deň jaskýň a podzemného sveta.

Prvé tematické exkurzie v minulom roku boli venované tematike vody v jaskyniach a jaskynnej faune. Zúčastnili sa ich študenti dvoch stredných škôl. Následne sa však re-

alizácia tematických exkurzií k významným environmentálnym dňom prakticky zastavila z dôvodu pracovnej neschopnosti koordinátora environmentálnej výchovy SSJ. V júni sme pri príležitosti Medzinárodného dňa jaskýň a podzemného sveta uskutočnili sériu exkurzií v Demänovskej doline a v Jasovskej jaskyni. Boli zamerané na tematiku krasu a krasovej krajiny a predstavenie jaskyne ako geosystému, rozšírené o miestopisné poznatky. Niektoré dlhodobé plánované podujatia k environmentálnym dňom, ktoré v čase ich aktuálnosti nebolo možné uskutočniť, sa presunuli na druhú polovicu roka, najmä na september a október.

Aj v tomto roku sme sa podieľali na realizácii podujatí s názvom Jaskyniarske leto, ktoré zastrešuje prevádzka Stanišovskej jaskyne. V rámci štyroch podujatí sme účastníkom predstavili kras Demänovskej doliny počas dlhšej povrchovej exkurzie, pri Závažnej Porube sme navštívili Veratín a neďaleký kameňolom. Navštívili sme aj Pružinskú Dúpnu

jaskyňu a jaskyniarsku základňu pri Priepasti medzi Kačkami (Kortmanke), kde nás sprevádzal Bohuš Kortman; mimoriadne zaujímavá prehliadka jaskyne a prednáška na základni JK Strážovské vrchy boli orientované najmä na paleontológiu jaskýň.

Už tretí raz sme počas letnej sezóny uskuotočnili terénne exkurzie pre sprievodcov z našich jaskýň, tentoraz pre pracovníkov Važeckej jaskyne, s ktorými sme navštívili Jánsku dolinu a Stanišovskú jaskyňu, a pre sprievodcov Jaskyne slobody, s ktorými sme podnikli výpravu do jaskyne Pustá v Demänovskej doline. Počas exkurzií sme prebrali vybrané témy týkajúce sa sprievodného slova v ich jaskyniach.

**Prednášková činnosť.** Aj rok 2021 bol významne poznačený epidémiou a opatreniami na jej zastavenie. Podobne ako v predchádzajúcom roku prednášková činnosť prebiehala najmä dištančne prostredníctvom internetu. Výnimkou bolo niekoľko prednášok realizovaných priamo v školách či pre turistický krúžok. Zo 16 prednášok sa 10 uskutočnilo

dištančnou formou. Realizácia prednášok cez internet, najmä pre mladšie ročníky, sa nám javí ako neperspektívna a považujeme ju len za núdzové riešenie počas platnosti protiepidemických opatrení.

**Envirovýchovné podujatia pri príležitosti 100. výročia objavenia Demänovskej jaskyne slobody.** V roku 2021 sme si pripomenuli možno najvýznamnejšie výročie slovenského jaskyniarstva, objav Demänovskej jaskyne slobody, ktorý pripadá na 3. augusta 1921, keď Alois Král za pomoci Adama Mišuru prenikol cez spodný ponor Demänovky do dovtedy neznámeho demänovského podzemia. Pri tejto príležitosti sme sa podieľali na programe pre verejnosť, ktorý organizovala obec Demänovská Dolina. Spoločne so Slovenským múzeom ochrany prírody

a jaskyniarstva sme pre účastníkov ich denného tábora pripravili Jaskyniarsky deň v Demänovskej doline, kde si okrem návštevy Jaskyne slobody a povrchovej exkurzie vyskúšali aj lanový traverz či lanový rebrík. Tematike výročia Jaskyne slobody boli venované i viaceré prednášky.

Miroslav Kudla



Exkurzia v Demänovskej doline počas podujatia Jaskyniarske leto. Foto: P. Holúbek

## NÁVŠTEVNOSŤ SPRÍSTUPNENÝCH JASKÝŇ NA SLOVENSKU V ROKU 2021

Jaskyne v prevádzke ŠOP SR, Správy slovenských jaskýň	Mesiac												SPOLU
	Január	Február	Marec	Apríl	Máj	Jún	Júl	August	September	Október	November	December	
Belianska jaskyňa	0	0	0	0	1 060	3 832	16 870	22 416	5 643	2 561	386	0	52 768
Brestovská jaskyňa	0	0	0	0	235	958	2 100	1 990	882	379	0	0	6 544
Bystrianska jaskyňa	0	0	0	0	305	1 654	7 716	8 651	1 938	797	0	0	21 061
Demänovská jaskyňa slobody	0	0	0	0	1 003	2 884	15 852	20 897	5 793	3 108	369	0	49 906
Demänovská ľadová jaskyňa	0	0	0	0	999	2 467	13 886	16 139	1 755	0	0	0	35 246
Dobšinská ľadová jaskyňa	0	0	0	0	754	2 486	15 158	18 699	2 156	0	0	0	39 253
Domica	0	0	0	0	334	1 125	3 951	6 555	1 151	424	95	0	13 635
Driny	0	0	0	0	607	3 241	10 342	11 452	3 331	1 845	0	0	30 818
Gombasecká jaskyňa	0	0	0	0	387	1 079	4 262	4 555	1 090	417	0	0	11 790
Harmanecká jaskyňa	0	0	0	0	318	1 320	5 451	6 593	1 424	709	0	0	15 815
Jasovská jaskyňa	0	0	0	0	380	1 528	4 397	5 100	860	453	0	0	12 718
Ochtinská aragonitová jaskyňa	0	0	0	0	505	1 755	8 859	10 829	1 144	530	0	0	23 622
Važecká jaskyňa	0	0	0	0	189	743	4 208	5 228	1 105	380	55	0	11 908
<b>SPOLU</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>7 076</b>	<b>25 072</b>	<b>113 052</b>	<b>139 104</b>	<b>28 272</b>	<b>11 603</b>	<b>905</b>	<b>0</b>	<b>325 084</b>

Jaskyne v nájme od ŠOP SR, Správy slovenských jaskýň	Mesiac												SPOLU
	Január	Február	Marec	Apríl	Máj	Jún	Júl	August	September	Október	November	December	
Bojnická hradná jaskyňa	0	0	0	618	5 115	8 647	24 509	34 401	11 005	6 215	1 431	396	92 337
Jaskyňa mŕtvych netopierov	0	0	0	0	88	50	841	992	232	159	56	0	2 418
Krásnohorská jaskyňa	0	0	0	0	0	0	496	608	0	0	0	0	1 104
Malá Stanišovská jaskyňa	0	0	0	0	342	727	3 033	3 476	701	3 527	0	50	11 856
Morské oko	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zlá diera	0	0	0	0	110	270	781	611	235	4	0	0	2 011
<b>SPOLU</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>618</b>	<b>5 655</b>	<b>9 694</b>	<b>29 660</b>	<b>40 088</b>	<b>12 173</b>	<b>9 905</b>	<b>1 487</b>	<b>446</b>	<b>109 726</b>

Zdroj: SNM Múzeum Bojnice, Ľ. Kubanda, RNDr. J. Stankovič, Ing. P. Holúbek, R. Košč, MsÚ Tornaľa

## VIEME, ČO JE JAMEO?

Ludovít Gaál

Slovo *jameo* (čít. chameo) by sme dar-  
mo hľadali v španielsko-slovenskom slovníku.  
Je to výraz, ktorý sa používal len na Kanár-  
skych ostrovoch. Do odbornej literatúry ho  
zaviedli prví geológovia opisujúci vulkanické  
tvary ostrova Lanzarote (Hartung, 1857; Her-  
nández-Pacheco, 1909). Označujú ním pre-  
padliská, ktoré sa vytvorili zrútením stropu  
lávových tunelov. Sú to otvory do podzemia  
spravidla kruhovitého tvaru, s priemerom nie-  
koľko metrov až desiatok metrov. Podobné  
útvary sa na Havajských ostrovoch označujú  
ako *pukas*.

Lávové tunely sa vytvorili v bazaltových  
lávových prúdoch tak, že tuhnutím ich povr-  
chu vznikla pevná kôra, ktorú v čele prúdu  
prerazila vnútorná žeravá tekutá hmota, vy-  
tiekla na povrch a zanechala za sebou neraz  
aj niekoľko kilometrov dlhé jaskynné chodby.  
Keďže lávové tunely sa tiahnu pomerne plytko  
pod zemským povrchom, ich strop sa ľahko  
preválil a vzniklo menšie-väčšie prepادلisko –  
*jameo*. Prevalenie stropu však mohli uľahčiť aj  
výrony plynov.

Kanárske ostrovy, ktoré ležia v Atlan-  
tickom oceáne asi 100 km od západného  
pobrežia afrického kontinentu, sa vytvorili  
následkom konvekčného výstupu magmy  
z horúcej škvŕny (hot spot) vo vrchnom zem-  
skom plášti pod africkou platňou pri pasívnom  
kontinentálnom okraji (napr. Carracedo et al.,  
1998). Tvoria ich rady bazaltových vulkánov,  
ktoré sa ťahajú zhruba v smere západ-východ  
v dĺžke cca 500 km. Sopky sú obkolesené  
rozsiahlymi lávovými pokrovmi a prúdmi. Sú  
teda ideálnym prostredím na štúdium vulka-  
nických tvarov a s nimi súvisiacich jaskýň. Sú  
však aj dôležitými turistickými destináciami.  
Na Kanárskych ostrovoch sa nachádza nie-  
koľko jaskýň, prevažne lávových tunelov, na  
najvýchodnejšie ležiacom ostrove Lanzarote  
sú však prístupné pre verejnosť aj prepادلiská  
*jameo*.

Spomínané prepادلiská nesú názov **Ja-  
meos del Agua** a nachádzajú sa pri severový-  
chodnom pobreží ostrova Lanzarote. Skladajú  
sa z troch *jameo*, ktoré sú spojené mohutnou  
podzemnou chodbou lávového tunela. Do  
komplexu sa po zaplatení vstupného 10 eur  
dostaneme cez *jameo* s názvom Chico strmý-  
mi schodmi (obr. 1). Priemer prepادلiska je  
okolo 50 až 60 m. Ďalšími schodmi sa nižšie  
začína niekoľko desiatok metrov dlhý lávový  
tunel, na dne s krištáľovo čistou slanou vodou,  
v ktorej žije slepý jaskynný krab *Munidopsis  
polymorpha*, opísaný K. Koelbelom (1892).  
Asi 1 cm dlhý krab sa stal aj symbolom lokality.  
Chodníkom na okraji jazierka môžeme prejsť  
do ďalšieho prepادلiska, kde sa nachádza aj  
východ z komplexu a tiež budova múzea.

Počas prehliadky komplexu nás prekvapí  
mimoriadne expresívny spôsob vybudovania  
lokality. V prepادلiskách sú k dispozícii malé  
reštaurácie, kaviarne, stoličky, v poslednom  
*jameo* aj umelé jazierko s vysadenými stroma-  
mi a za ním v krátkom pokračovaní lávového



Obr. 1. Jameos del Agua, vstupná časť preplnená umelými prvkami, ktoré v prírodnom prostredí pôsobia rušivo. Foto: J. Radocha



Obr. 2. Sopka Monte Corona s rozsiahlymi lávovými pokrovmi a prúdmi, pod ktorými sa nachádza 6 km dlhý lávový tunel. Foto: L. Gaál

tunela aj javisko s hudobnou produkciou. Je  
to dielo významného miestneho architekta  
Cézara Manriqueho (1919 – 1992), ktorý do-  
kázal citlivo zakomponovať miestny prírodný  
materiál bazaltového vulkanizmu do staveb-  
ných a architektonických prvkov na celom  
ostrove Lanzarote. V prepادلiskách Jameos  
del Agua to však nepochybne prehnal. Loka-  
litu prvý raz vybudoval v roku 1966, potom ju

niekoľkokrát prepracoval a v dnešnej podobe  
ju sprístupnili v roku 1977. V celej lokalite do-  
minujú umelé prvky, čo rozhodne neprispieje  
k originalite vzácneho prírodného útvaru, ani  
k vernej demonštrácii vulkanických procesov.  
Možno len k prilákaní turistov, ktorých je tu  
nespočetné množstvo.

Vyššie 2 km severozápadne v chránenom  
území Monumento Natural del Malpais de la

Corona sa nachádza ďalší segment toho istého lávového tunela – jaskyňa **Cueva de los Verdes**. Rozsiahly lávový tunel sa vytvoril na juhovýchodnom svahu (až úpätí) sopky Monte Corona (609 m) (obr. 2). Hoci ho v 16. a 17. storočí využili ako úkryt pred pirátmi, v dĺžke 6,1 km ho podrobne preskúmali a zamerali len v šesťdesiatych rokoch minulého storočia (Pontoriol-Pous a De Mier, 1969). V súčasnosti dosahuje dĺžku 8960 m (Sauro et al., 2019). Aktivita vulkánu Monte Corona, teda aj vznik lávového tunela, sa podľa rádiometrických údajov datuje na 21-tisíc rokov (Carracedo et al., 2003), čo zodpovedá poslednému glaciálu v pleistocéne. V holocéne územie pokleslo a časť lávového tunela sa dostala pod úroveň morskej hladiny (Sauro et al., 2019). Táto asi 1,5 km dlhá časť sa označuje ako Túnel de la Atlantida. Našli sa v nej zaujímavé stygobiontné jaskynné bezstavovce (Wilkins et al., 2009). Jaskyňa je prístupná vďaka ďalšiemu prepadlísku – *jameu*, ktorý tvorí jej vstupný otvor (obr. 3). Podobných prepadlísk sa v celej dĺžke jaskyne nachádza okolo 20.

Pre verejnosť jaskyňu sprístupnili v roku 1960 v úseku 2 km, o 4 roky neskôr ho elektricky osvetlili. Predstavuje mohutný, miestami 25 m široký a 50 m vysoký, mierne meandrujúci lávový tunel s dvomi až tromi úrovňovými chodbami nad sebou, ktoré sú navzájom často prepojené. Miestami sú zreteľne vyvinuté bočné erózne zárezy tečúcej lávy, inde drobné lávové stalaktity a náteky (obr. 4). Zaujímavosťou je prítomnosť červených lapilových tufov, pozdĺž ktorých prúdila láva a tunel sa termomechanicky rozšíril (Tomasi et al., 2022).

Umelých zásahov je v jaskyni našťastie oveľa menej ako v prípade Jameos del Agua. Koncertná sála so stoličkami a osvetlenie v miernych farebných tónoch už nepôsobia rušivo (názov jaskyne „zelený“ však pochádza od rodiny, ktorá tu obhospodarovala pozemky). Návštevníkov celou cestou sprevádzajú tóny akejsi sakrálnej hudby. Vstupné do jaskyne pre dospelých je takisto 10 eur. Návštevnosť je vysoká, v sezóne môže dosiahnuť denne až 1000 ľudí.

Obe vulkanospeleologické lokality patria k hlavným turistickým atrakciám ostrova Lanzarote. Na ostrove sa však vyskytuje ďalších takmer 30 jaskýň, prevažne lávové tunely, ale aj gejzírové prieduchy a hornitosy (Sauro et al., 2019).



Obr. 3. Jameo s otvorom do jaskyne Cueva de los Verdes. Foto: B. Radochová Gaálová



Obr. 4. Lávové stalaktity a náteky v lávovom tuneli Cueva de los Verdes. Foto: B. Radochová Gaálová

## Literatúra

- CARRACEDO, J. C. – DAY, S. – GOILLOU, H. – RODRIGUEZ BADIOLA, E. – CANAS, J. A. – PEREZ TORRADO, F. J. 1998. Hotspot volcanism close to a passive continental margin: the Canary Islands. *Geological Magazine*, 135, 5, 591–604.
- CARRACEDO, J. – SINGER, B. – JICHA, B. – GUILLLOU, H. – BADIOLA, E. R. – MECO, J. – TORRADO, F. P. – GIMENO, D. – SOCORRO, S. – LÁINEZ, A. 2003. La erupción y el tubo volcánico del Volcán Corona (Lanzarote, Islas Canarias). *Estudios Geológicos*, 59, 277–302.
- HARTUNG, G. 1857. Die geologischen Verhältnisse der Inseln Lanzarote und Fuerteventura. *Neue Denkschriften der allgemeinen Schweizerischen Gesellschaft für die gesamten Naturwissenschaften*, Band XV, 168 s.
- HERNÁNDEZ-PACHECO, E. 1909. Estudio geológico de Lanzarote y de las Isletas Canarias. *Memorias de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 6, 107–331.
- KOELBEL, K. 1892. Beiträge zur Kenntnis der Crustaceen der Kanarischen Inseln. *Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien*, 7, 105–116.
- MONTORIOL-POUS, J. – DE MIER, J. 1969. Estudio morfogenético de las cavidades volcánicas desarrolladas en el malpais de la Corona (Isla de Lanzarote, Canarias). *Geology*, 22, 543–562.
- SAURO, F. – POZZOBON, R. – SANTAGATA, T. – TOMASI, I. – TONELLO, M. – MARTÍNEZ-FRÍAS, J. – JOHANNES SMETS, L. M. – SANTANA GÓMEZ, G. D. – MASSIRONI, M. 2019. Volcanic caves of Lanzarote: a natural laboratory for understanding volcano-speleogenetic processes and planetary caves. In Mateo et al. (Eds.): *Lanzarote and Chinijo Islands Geopark: From Earth to Space, Geoheritage, Geoparks and Geotourism*. Springer Nature Switzerland AG, 125–142.
- TOMASI, I. – MASSIRONI, M. – MEYZEN, C. M. – POZZOBON, R. – SAURO, F. – PENASA, L. – SANTAGATA, T. – TONELLO, M. – SANTANA GÓMEZ, G. D. – MARTÍNEZ-FRÍAS, J. 2022. Inception and evolution of La Corona lava tube system (Lanzarote, Canary Island, Spain). *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 127, 1–24.
- WILKINS, H. – LIFFE, T. M. – OROMÍ, P. – MARTÍNEZ, A. – TYSALL, T. N. – KOENEMANN, S. 2009. The Corona lava tube, Lanzarote: geology, habitat diversity and biogeography. *Marine Biodiversity*, 39, 155–167.

## 18. MEDZINÁRODNÝ SPELEOLOGICKÝ KONGRES

*Juraj Littva – Pavel Herich*

V roku 2017 v Austrálii Medzinárodná speleologická únia (UIS) rozhodla, že nasledujúci 18. speleologický kongres v roku 2021 sa bude konať vo Francúzsku. Jeho prípravou poverila Francúzsku speleologickú federáciu. Rok 2021 bol zároveň vyhlásený za Medzinárodný rok jaskýň a krasu. Avšak pandémia COVID-19 tieto plány zhatila. Kongres bol preložený na leto 2022, keď sa ho úspešne podarilo zrealizovať. Uskutočnil sa od 24. júla do 31. júla vo francúzskom mestečku Le Bourget-du-Lac, situovanom na brehu malebného jazera v jednom z areálov Université de Savoie Mont Blanc. Na kongrese bolo viac ako tisíc účastníkov zo všetkých obývaných kontinentov, pričom medzi nimi nechýbali ani účastníci zo Správy slovenských jaskýň (SSJ), Slovenskej speleologickej spoločnosti, Univerzity Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach a Štátneho geologického ústavu Dionýza Štúra v Bratislave.

Súčasťou programu boli dve valné zhromaždenia UIS, konajúce sa prvý a posledný deň kongresu. Počas druhého zhromaždenia bolo zvolené nové predsedníctvo UIS na roky 2022 – 2025; prezidentkou UIS sa stala prof. Nadja Zupan Hajna zo Slovinska. Nosnou časťou kongresu bola konferencia s vyše 400 prednáškami rozdelenými do 20 sympózií a približne 100 posterov so širokým zameraním od mapovania, skenovania, vzniku a vývoja jaskýň, až po jaskynné potápanie či socioekonomické aspekty jaskýň. Referáty z príspevkov organizátori publikovali v špeciálnom čísle časopisu *Karstologia Mémoires* a v dohľadnom čase budú dostupné

v elektronickej forme na www-stránke UIS. Tradičnou súčasťou konferencií sú exkurzie, pričom oficiálny program ponúkal v stredu 27. júla viac než 20 možností, okrem toho však účastníci mohli navštíviť viacero jaskýň v okolí.

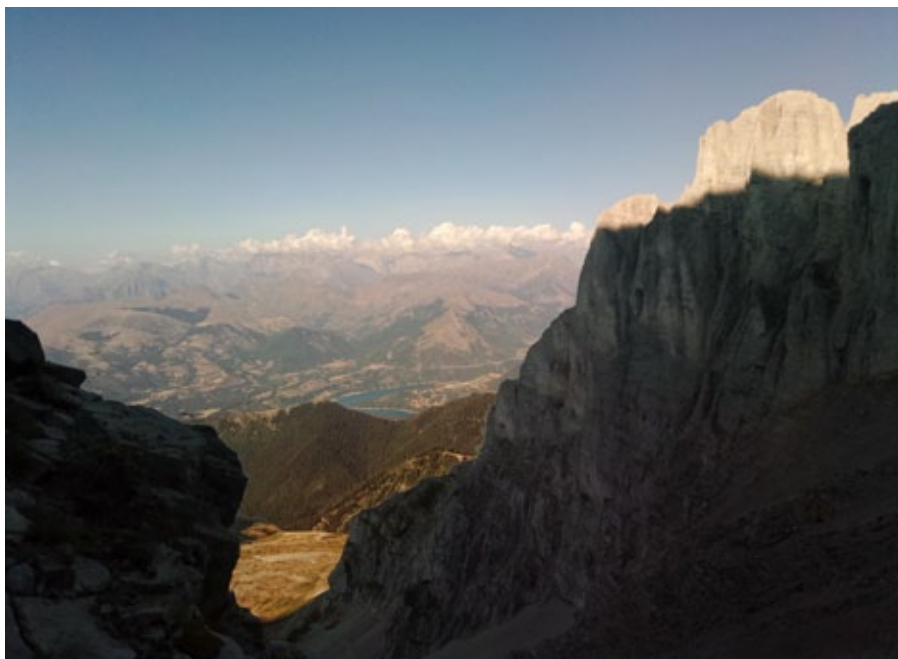
Pracovníci SSJ (Juraj Littva, Pavel Herich a Laura Dušeková) počas konania kongresu navštívili Grotte des Jalabres, Grottes du Cerdon, Grotte de Préroutge a Grotte de Bournillon. Grotte des Jalabres (2360 m n. m.) je najvyššie položenou jaskyňou vo Francúzsku s datovanými alochtónnymi sedimentmi (vek 10 – 14 mil. rokov), nachádza sa pod vrcholom Grande Tête de l'Obiou (2790 m n. m.). Z priľahlej jaskyne sme pod vedením M. Jagerčíkovej odobrali vzorky ílov na analýzu peľov, ktoré by mohli spresniť datovanie a paleogeografiu regiónu. Grottes du Cerdon sú významné archeologické lokality, vstupný

otvor jaskyne Grotte de Bournillon s výškou 105 m a šírkou 60 m predstavuje najväčší jaskynný otvor v Európe.

Konferenciu sprevádzali viaceré podujatia vrátane *Speleolympiády*, premietania filmov či výstav fotografií. Zaujímavým elementom bol i *Spéléotruck*, ktorý je mobilnou imitáciou jaskyne vybudovanou v kontajneri prepravovanom na zadnej časti nákladného auta a predstavuje zaujímavý učebno-výchovný nástroj, najmä pre mladšie generácie nádejných jaskyniarov. Frekventovane navštevovanou bola tiež exhibičná hala so stánkami prezentujúcimi speleologické spoločnosti, jaskyniarsku výbavu, ale aj speleologickú literatúru. Kongres uzatvárala slávnostná večera, súčasťou ktorej bol kvíz, odovzdávanie cien a upútavka na nasledujúci speleologický kongres, ktorý sa uskutoční roku 2025 v Brazílii.



Exkurzia v jaskyni Grotte de Préroutge. Foto: M. Michalcová



Večerný pohľad do Národného parku Écrins z jaskyne Grotte des Jalabres. Foto: P. Herich



Grottes du Cerdon, sintrová výzdoba. Foto: J. Littva



## 9. MEDZINÁRODNÝ WORKSHOP O ĽADOVÝCH JASKYNIACH

*Pavel Bella*

V dňoch 9. – 13. 5. 2022 sa v Liptovskom Mikuláši konal 9. medzinárodný workshop o ľadových jaskyniach (IWIC-IX), druhýkrát na Slovensku (IWIC-II sa uskutočnil v roku 2006 v Demänovskej doline). IWIC-IX sa mal pôvodne konať v máji 2020 pri príležitosti 150. výročia objavenia Dobšinskej ľadovej jaskyne, avšak pre pandémiu Covid-19 sa uskutočnil až o dva roky neskôr. Pod záštitou a v rámci kalendária Medzinárodnej speleologickej únie (UIS) workshop organizovala Štátna ochrana prírody Slovenskej republiky, Správa slovenských jaskýň v spolupráci s Komisiou UIS pre ľadovcové, firnové a ľadové jaskyne. Ďalším spoluorganizátorom bolo Slovenské múzeum ochrany prírody a jaskyniarstva v Liptovskom Mikuláši, kde sa uskutočnila prednášková časť workshopu. Na organizácii workshopu sa podieľala aj Slovenská speleologická spoločnosť.

Program workshopu sa začal v pondelok 3. 5. 2022 celodennou exkurziou do Demänovskej doliny na severnej strane Nízkyh Tatier. Dopoludnia si účastníci prezreli Demänovskú ľadovú jaskyňu, v ktorej v dôsledku slabých zím v posledných rokoch došlo k masívnemu úbytku ľadu. Popoludní exkurzia pokračovala prehliadkou Demänovskej jaskyne slobody, skončila sa pri vyvieracke podzemnej Demänovky v ústí doliny Vyvieranie.

V utorok 4. 5. 2022 prebehlo otvorenie workshopu a prvá časť referátov rozdelených do štyroch blokov, ktoré moderovali N. Zupan Hajna, B. P. Onac, Ch. Spötl a A. Perşoiu. Dopoldňajšie referáty sa upriamili na mineralogický a paleoklimatický význam akumulácií jaskynného ľadu (B. P. Onac, A. Perşoiu), rozdielne trajektórie letných a zimných teplôt za posledných 1000 rokov naznačené stabilnými izotopmi v jaskynnom ľade (A. Perşoiu, C. Bădăluță), záznam stabilných izotopov z ľadu Dobšinskej ľadovej jaskyne starého do 2300 rokov (R. Milovský, J. Šurka, P. Herich, M. Orvošová, Hong-Chun Li, L. Očkaik, S. Milovská, L. Luhová), empirické pozorovania a numerické simulácie ľadom poškodených sintrových útvarov v bývalých zaľadnených jaskyniach (Ch. Spötl, A. Jarosch, G. Koltai, A. Saxter), testovanie akumulácií jaskynného ľadu ako archívov atmosférických depozícií <sup>10</sup>Be v minulosti (Z. Kern, Zs. Ruszkiczay-Rüdiger, A. Perşoiu, S. Merchel, M. Karlik, A. Gärtner, G. Rugel, J. Lachner, P. Steier), ako aj na rekonštrukciu 2000-ročnej akumulácie ľadu v jaskyniach Severných vápenatých Álp v Rakúsku (T. Racine, P. Reimer, Ch. Spötl, Ch. Honiat, G. Koltai).



Prednášková časť workshopu v Slovenskom múzeu ochrany prírody a jaskyniarstva. Foto: P. Bella



Posterové prezentácie. Foto: P. Bella

Referáty dvoch popoludňajších blokov sa zaoberali premenlivosťou zrážok z pacifických a monzúnových zdrojov zaznamenanou v akumuláciách ľadu v ľadových tunelových jaskyniach v Novom Mexiku, USA (B. P. Onac), kryogénnymi jaskynnými karbonátmi dokumentujúcimi rozsiahlejší výskyt ľadu a viacnásobné epizódy rozmrazovania v rakúskej jaskyni Eisriesenwelt počas poslednej doby ľadovej (G. Koltai, Ch. Spötl, C. Honiat, T. Racine, H. Cheng), rastom stalagmitov počas a na konci posledného zaľadnenia v slovinských južných Alpách a Dinaridoch (N. Zupan Hajna, J. Ruan, D. Genty, E. Regnier, M. Pierre, E. Pons, F. Gabrovšek), monitorovaním ľadu v jaskyniach pomocou laserového skenovania (A. Securo, E. Forte, D. Martinucci, S. Pillon, R. R. Colucci), mikrobiote zistenej v ľadových blokoch Dobšinskej a Demänovskej ľadovej jaskyne (C. Haidä, A. Nováková, A. Hillebrand-Voiculescu), vysokou lokálnou diverzitou pôdnych článkonožcov Collembola vo vchodoch do zaľadnených jaskýň (N. Raschmanová, L. Kováč, M. Žurovcová, V. Šustr, D. Miklišová, A. Parimuchová), dlhodobým vplyvom vonkajších klimatických charakteristík na mikroklimu Dobšinskej ľadovej jaskyne (P. Zelinka, J. Zelinka,

L. Očkaik, K. Mikulová, I. Krčová) a geodetickým meraním zmien ľadovej plochy v Dobšinskej ľadovej jaskyni (J. Gašinec, K. Pukanská, K. Bartoš). Program tohto dňa sa skončil prednáškou o histórii Dobšinskej ľadovej jaskyne (M. Kudla), na ktorú nadväzovala prehliadka výstavy o tejto výnimočnej a svetoznámej jaskyni.

V stredu 5. 5. 2022 nasledovala celodenná exkurzia do Dobšinskej ľadovej jaskyne a Silickej ľadnice, ktorá je najnižšie položenou ľadovou jaskyňou nielen na Slovensku, ale aj na severnej pologuli do 50° zemepisnej šírky mierneho klimatického pásma. V spojitosti s obedom v Rožňave sa účastníkom priblížila história mesta a baníctva v tomto regióne. Počas cesty k Silickej ľadnici, ležiacej na Silickej planine, sa účastníci oboznámili s geologickou stavbou a geomorfológiou Slovenského krasu (stredo-európsky planinový kras mierneho klimatického pásma).

Vo štvrtok 5. 5. 2022 pokračovali referáty posledných dvoch blokov, ktoré moderovali Z. Kern a G. Koltai. Týkali sa mikroklimy a ľadu v jaskyni Crna ledenica v chorvátskom pohorí Biokovo v rokoch 2016 až 2019 (N. Buzjak, A. Perşoiu, V. Butorac), analýzy dlhodobých teplotných záznamov v rakúskej ľadovej jaskyni Hundalm (M. Wind, T. Racine, F. Obleitner, Ch. Spötl), dynamiky teplotných zmien v Silickej ľadnici a jej vplyvu na akumuláciu ľadu (Z. Hochmuth, J. Šupinský, J. Stanekovič, J. Halama, J. Kaňuk), rádiouhlíkového datovania pravekých uhľových kresieb v jaskyni Silická ľadnica (A. Šeřčáková, V. A. Levchenko), vplyvu vonkajších klimatických zmien na výrazný úbytok ľadu v Demänovskej ľadovej jaskyni (P. Zelinka, J. Zelinka, P. Herich, K. Mikulová, I. Krčová), veku a peľovej analýzy ľadu v Dobšinskej ľadovej jaskyni (M. Jelonek, J. Zelinka, M. Gradziński, J. Madeja) a doplnujúceho rádiouhlíkového datovania veku ľadu v Dobšinskej ľadovej jaskyni, poukazujúceho na jeho nerovnomerný pohyb ovplyvnený morfológiou zaľadneného podzemného priestoru (A. Perşoiu, P. Bella, M. Roll, T. Nováková, T. Navrátil, J. Rohovec, K. Žák, N. Piotrowska). V šiestich blokoch (rozdelených do dvoch dní) odznelo spolu 21 referátov.

Popoludní bola prezentácia 14 posterov, ktorú moderoval F. Oedl. Jednotlivé postery sa zamerali na zvyšky glaciálnej fauny z Demänovskej ľadovej jaskyne (L. Balko, T. Čeklovský, M. Sabol), sezónne vzduté elevácie ľadu v Dobšinskej ľadovej jaskyni vytvárané expanziou mrznúcej vody v občasných jazierkach (P. Bella), výskum mikrobiómu zachyteného v ľade Dobšinskej a Demänovskej ľadovej

jaskyne (C. Haidäu, A. Nováková, A. Hillebrand-Voiculescu), diverzitu vzdušnej mikrobioty z jaskyne Ascunsă v Rumunsku (C. Haidäu, A. Nováková, A. Hillebrand-Voiculescu), nové rádiouhlíkové veky z ľadového bloku jaskyne Vukušić v chorvátskom pohorí Velebit (Z. Kern, N. Bočić, T. Bartyik, Gy. Sipos), aktualizáciu mapovania permafrostu na základe kryogénnych jaskynných indikátorov (L. Luhová, R. Milovský, M. Orvošová, S. Milovská, J. Šurka), trendy frakcionácie v kryogénnom kalcite (S. Milovská, M. Orvošová, R. Milovský, T. Mikuš, A. Biroň, P. Herich, P. Holúbek, L. Luhová), premenlivosť teploty ľadovej gréckej jaskyne Chionotrypa vo východnom Stredomorí (Ch. Pennos, A. Perşoiu, Y. Sotiiriadis, S. Zachariadis), zrýchlený úbytok jaskynného ľadu v juhovýchodnej Európe súvisiaci s výdatnými letnými dažďami (A. Perşoiu, N. Buzjak, Ch. Pennos, Y. Sotiiriadis, M. Ionita, S. Zachariadis, J. Košutník, V. Butorac), testovanie jaskynného ľadu (na príklade Dobšinskej ľadovej jaskyne) ako archívu historickej depozície ortuti (M. Roll, A. Perşoiu, T. Nováková, T. Navrátil, J. Rohovec, K. Žák, P. Bella, Á. Bihari, Z. Kern, R. Janovics, N. Piotrowska), viacročný vývoj akumulácií snehu a ľadu v šachtovitých závrtchoch a šachtách v Julských Alpách po viac ako desaťročí zvýšených snehových zrážok (A. Securo, C. del Gobbo, R. R. Colucci), chemotrofnú a fototropnú mikrobiotu z dvoch ľadových jaskýň na Slovensku (M. Seman, L. Hutárová, D. Haviarová, R. Fláková), ľadové jaskyne na Havaji a ich potenciálny paleoklimatický význam (N. Schörghofer, B. P. Onac, A. Pflitsch), ako aj na pokročilý meteorologický monitoring dvoch ľadových jaskýň v rakúskych Alpách (M. Wind, F. Obleitner, T. Racine, Ch. Spötl).

Program ďalej pokračoval zasadnutím Komisie UIS pre ľadovcové, firmové a ľadové jaskyne, ktoré viedol jej viceprezident Aurel Perşoiu. Predsedníctvo UIS zastupovala Nadja Župan Hajna. V diskusii sa okrem rozvoja ďalšej, najmä interdisciplinárnej spolupráce pri výskume ľadových jaskýň konštatovala potreba výchovy mladých výskumníkov a ich zapájania do vedeckých projektov. Zasadnutie zavŕšila prezentácia Christoha Spötl o mieste konania nasledujúceho workshopu o ľadových jaskyniach, ktorý sa uskutoční roku 2024 v Rakúsku. Jeho organizátorom bude Univerzita v Innsbrucku v spolupráci so správou jaskyne Eisriesenwelt. Tým sa Rakúsko stane druhou krajinou, ktorá bude medzinárodný workshop o ľadových jaskyniach organizovať opätovne. Do pandémie Covid-19 sa workshopy konávali v dvojročných intervaloch, vždy v inej krajine – v Rumunsku (2004), na Slovensku (2006), v Rusku (2008), Rakúsku (2010), Taliansku (2012), USA (2014), Slovinsku (2016) a Španielsku (2018). Po prehliadke krasovej expozície múzea sa účastníci presunuli do Demänovej, miestnej časti Liptovského Mikuláša, kde bolo záverečné spoločné stretnutie účastníkov spojené s ukončením workshopu.



Účastníci workshopu pri Dobšinskej ľadovej jaskyni. Foto: P. Bella

Keďže viacerí zahraniční účastníci mali záujem aj o návštevu našich niektorých ďalších jaskýň, celodenná exkurzia v piatok 6. 5. 2022 viedla do Ochtinskej aragonitovej jaskyne, Gombaseckej jaskyne a jaskyne Domicia.

Workshopu sú zúčastnilo 44 odborníkov (zväčša špecialistov na ľadové jaskyne), z toho 15 zo zahraničia (Poľsko, Maďarsko, Rakúsko, Slovinsko, Taliansko, Rumunsko a USA). Na workshope sa prezentovali najnovšie výsledky z výskumu ľadových jaskýň z viacerých častí sveta, najmä z oblasti Álp, Dinaríd a strednej Európy, ale aj z Nového Mexika a Havajských ostrovov. Prebiehajúce výskumy sú zamerané nielen na terajší stav a procesy súvisiace so zaľadením jaskýň a ich súčasnými zmenami, ale aj na rekonštrukciu klimatických zmien v minulosti, ktoré sú za-



Počas prehliadky Dobšinskej ľadovej jaskyne. Foto: P. Bella

znamenané v jaskynnom ľade vytvorenom v posledných tisícročiach. Výsledky sú dôležité z hľadiska ďalšieho napredovania výskumu i zabezpečovania starostlivosti a ochrany ľadových jaskýň. Abstrakty referátov a posterov sú uverejnené v časopise Aragonit, číslo 25/1 z roku 2020 a číslo 27/1 z roku 2022.



Účastníci workshopu pred Silickou ľadnicou. Foto: P. Bella

## ABSTRACTS II

## 9th INTERNATIONAL WORKSHOP ON ICE CAVES (IWIC-IX)

Liptovský Mikuláš, Slovakia, May 9–13, 2022

originally scheduled for May 12–15, 2020; postponed due to the COVID-19 pandemic

Abstracts I are published in Aragonite 25/1 2020

**NEW RADIOCARBON DATA COMPLETING  
THE SPATIAL DISTRIBUTION OF ICE AGES  
IN THE DOBŠINÁ ICE CAVE: IMPLICATIONS  
FOR THE ICE MOVEMENT**

**Aurel Perşoiu<sup>1,2</sup> – Pavel Bella<sup>3,4</sup> – Michal Roll<sup>5</sup>  
– Tereza Nováková<sup>5</sup> – Tomáš Navrátil<sup>5</sup>  
– Jan Rohovec<sup>5</sup> – Karel Žák<sup>5</sup> – Natalia Piotrowska<sup>6</sup>**

<sup>1</sup> Emil Racoviță Institute of Speleology, Romanian Academy, Clinicilor 5,  
400 006 Cluj-Napoca, Romania; aurel.persoiu@gmail.com

<sup>2</sup> Stable Isotope Laboratory, Ștefan cel Mare University, Strada Universității 13,  
720 229 Suceava, Romania

<sup>3</sup> State Nature Conservancy of the Slovak Republic, Slovak Caves  
Administration, Hodžova 11,  
031 01 Liptovský Mikuláš, Slovakia; pavel.bella@ssj.sk

<sup>4</sup> Department of Geography, Faculty of Education, Catholic University  
in Ružomberok, Hrabovská cesta 1, 031 04 Ružomberok, Slovakia

<sup>5</sup> Institute of Geology of the Czech Academy of Sciences, Rozvojová 269,  
CZ-165 00 Praha 6, Czech Republic; roll@gli.cas.cz, novakova@gli.cas.cz,  
navratil@gli.cas.cz, rohovec@gli.cas.cz, zak@gli.cas.cz

<sup>6</sup> Silesian University of Technology, Radiocarbon Laboratory, Konarskiego 22B,  
PL 44-100 Gliwice, Poland; natalia.piotrowska@pols.pl

The Dobšiná Ice Cave (Slovakia, central Europe) belongs to the typical examples of the glaciation of a descending sack-like cavity with trapped cold air (Bella and Zelinka, 2018; Bella et al., 2020 and others). It is remarkable by the unusually large volume of ice (more than 110,000 m<sup>3</sup>, data from 1995) in the temperate climate zone, only at an altitude of 912 to 960 m asl. The slow movement of the underground ice-mass from the upper entrance part of the cave downwards, presumed already by Krenner (1873), is evidenced by the differently oriented ice stratification, the deformation and displacement of the tourist path, as well as by ice scouring observed in a subglacial cavity. The ice movement was geodetically measured during 1981–1990 (Lalkovič, 1995) and calculated based on the displacement of the tourist path by slightly moving ice in the lower part of the cave – the maximum rate of horizontal ice movement reaches 2–4 cm/year (Tulis, 1997). Ford and Williams (2007) refer to the slowly moving ice body in the Dobšiná Ice Cave as a true (flowing) ice glacier. Its terminus at the Prízemie is formed by a nearly vertical wall of ice, formed mostly by sublimation due to air circulation. Organic matter fragments of bats, exposed in the artificial ice tunnel cut through the lower part of the glacier (at 921–923 m asl), were dated by the radiocarbon method (<sup>14</sup>C). Their ages are 1178–988 years BP (Clausen et al., 2007), as well as 1266–1074 and 1173–969 years BP (Gradziński et al., 2016). Preserved guano residues, taken from the glacier forehead (at 917–930 m asl), have an age of 2595–610 or 2326–577 years BP (Milovský et al., 2019, 2020). Previously, Tulis and Novotný (2003) estimated the mass turnover time of the deepest ice layer in 2700–3000 years.

In an attempt to further constrain the age of the ice, bat bones were collected from the steep ice wall at 938–942 m asl in the north-eastern part of the cave, on the northern edge of the Ruffinyho koridor (below the Zrútený dóm Chamber) in August 2018. The samples were preserved in almost horizontal ice layers formed by the freezing of the shallow pond in the Zrútený dóm, north of the central part of downward moving ice-mass (layers are not gravitationally deformed). They were dated in the radiocarbon laboratory of the Silesian University of Technology in Gliwice, Poland in June and July 2019. The ages (2040±35, 1940±35, 1570±25 and 345±20 <sup>14</sup>C BP) are in stratigraphic order, indicating no significant folding in the ice body. The spatial distribution of ice ages points to the different movement of the ice – the fastest movement is along the central slope of the underground glacier (from the Malá sieň and Veľká sieň to the Prízemie), while the slowest movement (to almost stagnation) on its northern edge (Zrútený dóm). These differences likely indicate the important role of cave morphology in determining the flow rates of underground glaciers. Vertical spans between the ice older than 1000 to 2000 years in the central slope of the underground glacier and on its north-eastern edge are ~17–18 m.

## REFERENCES

- BELLA, P. – TULIS, J. – ZELINKA, J. – PAPÁČ, V. – VIŠŇOVSKÁ, Z. – HAVIAROVÁ, D. (2020). Dobšiná Ice Cave (Slovakia, Central Europe) and its unique underground glacier originated in the mid-mountain position of the moderate climate zone. *Aragonit*, 25, 1, 4–16.
- BELLA, P. – ZELINKA, J. 2018. Ice caves in Slovakia. In Perşoiu, A. – Lauritzen, S.-E. (Eds.): *Ice caves*. Elsevier, Amsterdam – Oxford – Cambridge, 657–689.
- CLAUSEN, H. B. – VRANA, K. – HANSEN, S. B. – LARSEN, L. B. – BAKER, J. – SIGGAARD-ANDERSEN, M.-L. – SJOETE, J. – LUNDHOLM, S. C. 2007. Continental ice body in Dobšinská Ice Cave (Slovakia) – Part II. – Results of chemical and isotopic study. In Zelinka, J. (Ed.): *Proceedings of the 2nd International Workshop on Ice Caves, Demänovská Dolina, Slovak Republic, May 8–12, 2006*. SSI, Liptovský Mikuláš, 29–37.
- FORD, D. C. – WILLIAMS, P. W. 2007. *Karst Hydrogeology and Geomorphology*. Wiley, Chichester, 562 p.
- GRADZIŃSKI, M. – HERCZMAN, H. – PERESVIET-SOLTAN, A. – ZELINKA, J. – JELONEK, M. 2016. Radiocarbon dating of fossil bats from Dobšina Ice Cave (Slovakia) and potential palaeoclimatic implications. *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 86, 3, 341–350.
- KRENNER, J. 1873. A dobsinai jégbarlang. *Természettudományi Közlöny*, 5, 346–353.
- LALKOVIČ, M. 1995. On the problems of the ice filling in the Dobšiná Ice Cave. *Acta Carsologica*, 24, 313–322.
- MILOVSKÝ, R. – LI, HONG-CHUN – ORVOŠOVÁ, M. – ŠURKA, J. – MILOVSKÁ, S. – OČKAIK, Ľ. – HERICH, P. 2019. 2600-ročný záznam atmosférickej cirkulácie a klímy z Dobšinskej ľadovej jaskyne. In Jurkovič, Ľ. – Slaninka, I. – Kordík, J. (Eds.): *Geochémia 2019. Zborník vedeckých príspevkov z konferencie*, Bratislava 3. – 4. 12. 2019. ŠGÜDŠ, Bratislava, 137–138.
- MILOVSKÝ, R. – ŠURKA, J. – ORVOŠOVÁ, M. – LI, HONG-CHUN – HERICH, P. – OČKAIK, Ľ. – MILOVSKÁ, S. – LUHOVÁ, Ľ. 2020. 2300 years of ice. Abstracts, 9th International Workshop on Ice Caves (IWIC-IX), Liptovský Mikuláš, Slovakia, May 12–15, 2020 (postponed due to the COVID-19 pandemic). *Aragonit*, 25, 1, 49.
- TULIS, J. 1997. Pohyb ľadu v Dobšinskej ľadovej jaskyni. *Aragonit*, 2, 6–7.
- TULIS, J. – NOVOTNÝ, L. 2003. Zmeny zaľadnenia v Dobšinskej ľadovej jaskyni. *Aragonit*, 8, 7–9.

**TERRESTRIAL STRUCTURE FROM MOTION  
AND GROUND PENETRATING RADAR FOR ICE  
IN CAVES MONITORING**

**Andrea Securo<sup>1,2</sup> – Emanuele Forte<sup>3</sup> – Davide Martinucci<sup>3</sup>  
– Simone Pillon<sup>3</sup> – Renato R. Colucci<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> Institute of Polar Sciences, National Research Council, Trieste, Italy;  
andrea.securo@isp.cnr.it

<sup>2</sup> Alpine-Adriatic Meteorological Society, Udine, Italy

<sup>3</sup> Department of Mathematics and Geosciences, University of Trieste,  
Trieste, Italy

Permanent cave ice deposits are experiencing significant volume losses worldwide. The increasing melting rates threaten the preservation of these deposits that represent a valuable source of paleoclimatic information. Although the scientific community agrees on this, what is missing so far is a proper methodological approach to correctly quantify how much such ice masses are effectively reducing. This study investigates the application of a terrestrial structure from the motion multi-view stereo (SfM-MVS) approach combined with ground-penetrating radar (GPR) surveys for monitoring the surface topographic change of two permanent ice deposits in caves located in the Julian Alps (south-eastern European Alps). This method allows accurate calculation of both seasonal and annual mass balance, estimating the amount of ice inside caves. The ground-based SfM approach represents a low-cost workflow with very limited logistical problems of transportation and human resources and a fast acquisition time, all key factors in such extreme environments. Under optimal conditions, SfM-MVS allows sub-centimetric resolution results, comparable to more expensive and logistically demanding surveys such as terrestrial laser scanning (TLS). Eighteen SfM acquisitions were made between the 2017–2021 ablation seasons (i.e. July–October) while 2 GPR surveys were acquired in 2012. The obtained dense point clouds and digital terrain models (DTMs) made possible a reliable calculation of topographic

changes and mass balance rates during the analysed period. The integration of SfM-MVS products with GPR surveys provided comprehensive imaging of the ice thickness and the total ice volume present in each of the caves, proving to be a reliable, low cost and multipurpose methodology ideal for long-term monitoring.

## REFERENCES

SECURO A. – FORTE E. – PILLON S. – MARTINUCCI D. – COLUCCI R. R. 2022. Long term mass balance monitoring and evolution of ice in caves through Structure from Motion – Multi View Stereo and Ground Penetrating Radar techniques. *Progress in Physical Geography*, <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/03091333211065123>

## MULTI-YEAR EVOLUTION OF SNOW AND ICE DEPOSITS IN SCHACHTDOLINES AND SHAFTS AFTER MORE THAN A DECADE OF INCREASED SNOWFALLS IN THE JULIAN ALPS, EUROPE

Andrea Securo<sup>1,2</sup> – Costanza del Gobbo<sup>2</sup> – Renato R. Colucci<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Institute of Polar Sciences, National Research Council, Trieste, Italy; [andrea.securo@isp.cnr.it](mailto:andrea.securo@isp.cnr.it)

<sup>2</sup> Alpine-Adriatic Meteorological Society, Udine, Italy

Dolines and shafts are common geomorphologies in karstic environments. When affected by glacial processes, such features are considered glaciokarstic landforms. In high alpine karstic areas, typical vertical depression-shaped lends itself particularly well to the formation of snow and ice deposits. High altitude karstic plateaus can host many of such features in their active form, that is with a permanent snow-ice deposit at the bottom. This study analyses 75 of such active glaciokarstic cavities and compares the 12-years-evolution of their hosting frozen bodies with those of the ice patches existing in the surrounding external areas. According to recent studies, ice patches and very small glaciers are showing in the Julian Alps a certain resilience to global warming when comparing them with the rest of the Alps. The 75 selected depressions are all in the Mount Canin-Kanin massif, 45 on the Italian northern slope and 35 on the Slovenian southern slope. In this area, the highest alpine Mean Annual Precipitation (3300 mm yr<sup>-1</sup>) led to an average winter snow accumulation of 6.8 m yr<sup>-1</sup> in the last 30 years. The presence of monitored small ice bodies sharing similar elevations and climatic conditions with the selected glaciokarstic shafts provides an excellent basis for a robust comparison. Seven aerial LiDAR surveys have been performed at the end of the ablation season from 2006 to 2018, allowing the calculation of height and volume differences with great detail.

## CHEMOTROPIC AND PHOTOTROPIC MICROBIOTA FROM TWO ICE CAVES IN SLOVAKIA

Milan Seman<sup>1,2</sup> – Lenka Hutárová<sup>2</sup> – Dagmar Haviarová<sup>3</sup> – Renáta Flaková<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Comenius University Bratislava, Faculty of Natural Sciences, Ilkovičova 6, 842 15 Bratislava 4, Slovakia; [milan.seman@uniba.sk](mailto:milan.seman@uniba.sk), [renata.flakova@uniba.sk](mailto:renata.flakova@uniba.sk)

<sup>2</sup> University of Ss. Cyril and Methodius in Trnava, Námestie Jozefa Herdu 577/2, 917 01 Trnava; [lenka.hutarova@ucm.sk](mailto:lenka.hutarova@ucm.sk)

<sup>3</sup> State Nature Conservancy of the Slovak Republic, Slovak Caves Administration, Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš, Slovakia; [dagmar.haviarova@ssj.sk](mailto:dagmar.haviarova@ssj.sk)

Slovakia is a country with a large number of caves (more than 7,500 caves are registered). The Dobšiná Ice Cave and the Demänová Ice Cave belong to the most valuable, but also the most endangered caves in Slovakia. Both represent national natural monuments and the most visited show caves in Slovakia.

The Dobšiná Ice Cave is located in the southern part of the Slovak Paradise National Park in the Spiš-Gemer Karst, north of the town of Dobšiná. The cave was formed by sinking allochthonous palaeo-river Hniliec in the Middle Triassic Steinalm and Wetterstein limestones of Stranená Nappe. The parts of the cave (Malá sieň (Small Hall), Veľká sieň (Great Hall), Ruffínyho koridor (Ruffiny' Corridor), Prízemie (Ground Floor)) are permanently filled by ice with a volume more than 110,000 m<sup>3</sup>.

The Demänová Ice Cave is located in the Demänová Valley, on the northern side of the Low Tatras Mts., southerly from the town of Liptovský Mikuláš, in the territory of the Low Tatras National Park. The cave was formed in the middle Triassic Guttstein limestones of the Krížna Nappe,

along tectonic faults by the previous ponor flow of the Demänovka River. The ice fill is only in the lower part of the cave in the Kmeťov dóm (Kmeťov Dome). The present state of climate change is causing the volume of ice fill to decline.

In both caves, the total cultivable chemotrophic psychrophilic microbiota was quantified in ice samples by standard microbiological methods. Ice samples were taken from 10 sampling points of both caves during 2019 (March, June, September, November). The abundance of the total microbiota ranged from 10<sup>1</sup> to 10<sup>2</sup> CTU/ml. No faecal contamination (coliforms and enterococci) was detected in any of the samples. The qualitative analysis was focused on the presumed group of taxa that is obligatorily present in cold environments, namely non-fermenting bacteria (gramnegative, aerobic, chemoorganotrophic bacteria). The taxonomic spectrum of non-fermenting bacteria was determined by the commercial biochemical test NE-FERMtest 24 (*Erba Lachema*). Three genera: *Pseudomonas*, *Brevundimonas*, and *Comamonas*; and 5 species: *Pseudomonas fluorescens*, *P. aeruginosa*, *P. putida*, *Brevundimonas diminuta*, and *B. vesicularis* were identified in the ice samples.

Ice caves represent a unique biotope for phototrophic microbiota. Relatively low temperatures, humidity, and low light intensity, as well as a porous substrate, provide stable conditions for the growth of these organisms. At six of ten sampling sites, phototrophic microbiota was observed. In total, 36 species were identified. The most abundant genera were *Muriella*, *Klebsormidium*, *Coccomyxa*, and *Bracteacoccus*. Both caves have a similar species composition, but in the Demänová Ice Cave, the Cyanobacteria were more abundant. Also, the class Eustigmatophyceae is absent in the Demänová Ice Cave. The studies of the communities show a change during the touristic season. At the start of the season, samples were dominated by Cyanobacteria and Chlorophyta; during the mid-season, Bacillariophyta was observed; and after the season in the Dobšiná Ice Cave, samples contained Charophyta. The communities were also greatly impacted by the manual removal of visible biomass from cave walls.

This work is a pilot study for further analyzes of microbiota ice caves in Slovakia.

## THE INFLUENCE OF EXTERNAL CLIMATIC CHANGES ON SIGNIFICANT LOSS OF ICE IN THE DEMÄNOVÁ ICE CAVE

Peter Zelinka<sup>1</sup> – Ján Zelinka<sup>1</sup> – Katarína Mikulová<sup>2</sup> – Ivana Krčová<sup>2</sup>

<sup>1</sup> State Nature Conservancy of the Slovak Republic, Slovak Caves Administration, Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš, Slovakia; [peter.zelinka@ssj.sk](mailto:peter.zelinka@ssj.sk), [jan.zelinka@ssj.sk](mailto:jan.zelinka@ssj.sk)

<sup>2</sup> Slovak Hydrometeorological Institute, Jeséniova 17, 833 15 Bratislava 37, Slovakia; [katarina.mikulova@shmu.sk](mailto:katarina.mikulova@shmu.sk), [ivana.krcova@shmu.sk](mailto:ivana.krcova@shmu.sk)

Based on the historical observations, we did notice multiple periods when the ice volume in the Demänová Ice Cave was at the minimum. This was caused not only anthropogenically but also by external climatic conditions. The presence of ice in the cave is conditioned by favorable morphology and air circulation, which allows the cold air to be trapped inside the cave in its lowest parts, cooling the bedrock and creating ice forms thanks to the seepage water in wintertime. Nowadays, we again do observe an evident minimum of not only floor ice level but also a decrease in total ice volume and vertical ice forms (Fig. 1 and 2). The latest similar situation, when Demänová Ice Cave lost almost all of the ice, dates back to the 1950 when the opening of multiple cave entrances changed the air circulation. This new artificial exit leading out from Kmeťov Dome was created after the reconstruction of the tour path and was closed later on. Ice loss is also causing deformation of the new path and therefore presents a risk for the safety of the tourists. However, in this case, we can exclude an anthropogenic impact. In our study, we analyzed the influence of external climatological values obtained by contract with the Slovak Hydrometeorological Institute (SHI) and compared them with our own data from integrated monitoring system (IMS) installed in and outside the cave in 2007. We have focused on the air and bedrock temperature (different depths: bedrock surface, 20 cm deep, 120 cm deep) in the icy parts: Kmeťov Dome and Veľký Dome. Because of the data consistency, we evaluated even years 2008 – 2020 for our study, where the extremes were covered. Gaps in the data were found also in the data obtained from SHI, therefore we worked with multiple stations: Liptovský Mikuláš, Liptovský Hrádok, Demänovská dolina, Jasná – Luková, and Chopok. Of interest for our study were the values of precipitation (daily sum) and air temperature (daily average).

Analyzing the data from the IMS, we can claim that the most favorable conditions for ice creation were measured in the winter of 2011/2012, when the average temperature in February reached almost –9 °C outside the cave and –3.5 °C in Kmeťov Dome. Together with sufficient precipita-



Fig. 1. Ice fill changes in the Demänová Ice Cave, Kmeťov Dome. Photos: K. Strug (2007), P. Zelinka (2021)



Fig. 2. Ice fill changes in the Demänová Ice Cave, Veľký Dome. Photos: J. Zelinka (2006), P. Zelinka (2021)

tion (462 mm) measured on the station Demänovská dolina Valley during this winter, rich ice fill was created. This was also confirmed by the photo and video documentation from this period, and we considered this winter exemplary. Cave behaves more statically in the summertime when it comes to the inside temperature, culminating the heat on average between 0 °C and 0.5 °C in Kmeťov Dome, which is also the most stable part of the cave with minimum temperature amplitude. However, by 2016, the air temperature here started to exceed 0.5 °C to the maximum measured temperature so far: 1.2 °C in 2021.

Right after the air temperature inside the cave reaches 0 °C, the bedrock starts to accumulate transferred heat from the air. In all of the stations, bedrock surface temperature pretty much correlated with the air temperature. In the depth of 120 cm, it took longer for the bedrock to be cooled, but it has also has the ability to store the heat longer thanks to its heat capacity. Both stations Kmeťov Dome and Veľký Dome reported an average difference of 0.2 °C between the air temperature and bedrock temperature in the depth of 120 cm, while the air temperature was slowly rising. In the lowest temperature extreme (February 2012), the difference between these two temperatures was 1.9 °C since the bedrock did not have enough time to get cooled before the air temperature started to rise again. Results do confirm that Veľký Dome reaches the lowest air temperatures, being located closest to the exit, where the cold air is getting in during the winter period of the year. However, the air temperature here can rise to 3 °C.

Combining the external climatic values, we calculated a trend of external climatic changes from 1987, related to the start of temperature measuring on the closest SHI station Liptovský Mikuláš. Comparing these temperatures with our data from the meteorological station situated on the cave's administration building resulted in a -2 °C average outside temperature difference. We have focused on the average outside air temperature and the sum of the precipitation in the winter period of these years. There were nine winters observed when the average outside air temperature was above 0 °C and five of those in the last decade; however, precipitation seems to vary from year to year. There might be enough precipitation in a certain winter, but if the outside air temperature is above 0 °C, it causes ice ablation inside the cave. Outside air temperature is the main factor influencing ice creation or its decrease. We calculated the rising trend of air temperature by 1 °C and also precipitation rising trend by 100 mm in the winter period of the year. These trends might be directly related to the ice loss inside the cave.

## LONG-TERM INFLUENCE OF EXTERNAL CLIMATIC CHARACTERISTICS ON THE MICROCLIMATE OF DOBŠINÁ ICE CAVE

Peter Zelinka<sup>1</sup> – Ján Zelinka<sup>1</sup> – Katarína Mikulová<sup>2</sup>  
– Ivana Krčová<sup>2</sup>

<sup>1</sup> State Nature Conservancy of the Slovak Republic, Slovak Caves Administration, Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš, Slovakia;  
peter.zelinka@ssj.sk, jan.zelinka@ssj.sk

<sup>2</sup> Slovak Hydro Meteorological Institute, Jeseniňova 17,  
833 15 Bratislava 37, Slovakia;  
katarina.mikulova@shmu.sk,  
ivana.krcova@shmu.sk

Dobšiná Ice Cave is another example of the visible decrease of ice fill. In comparison to the past, the cave was richer in forms of floor ice, icefalls, ice stalagmites, draperies and stalactites, ice columns and sublimation ice crystals than nowadays. The differences are most visible in the upper parts, where the floor ice decreased by approximately about 1 m. This is evident, for example, on the tour route, which began to decline and deform and the missing ice is also uncovering the wooden remains of an old tour path. Melted water from the upper parts flows into the lower ones, for example, Ľadopád or Peklo, where the annual average temperature is lower and causes increments of ice fill. The main cause of ice decrease is the influence of external climatic conditions such as the exchange of air between the external atmosphere and the cave, as well as between the individual parts of the cave system. Deeper in the cave, we also do observe weaker freezing of bedrock. This is happening due to intensive summer storms and accelerated seepage of atmospheric water into the cave system, resulting in an increased supply of warmth and the creation of ablation forms on ice. In recent years, we have also observed the gradual thawing of permafrost in the entrance part of the cave, where the upper part of the debris cone is seasonally moving downwards. Especially in this transitional thermodynamic zone, we were lacking long-term data; therefore, we have started the collaboration with the Slovak Hydro Meteorological Institute (SHI) to enrich and compare the data collected by Slovak Caves Administration. Obtained external data are from the closest climatological and precipitation stations Dobšiná and Telgárt, and go back to the year 1951. We analyzed the external air temperature and precipitation while also focusing on the monthly

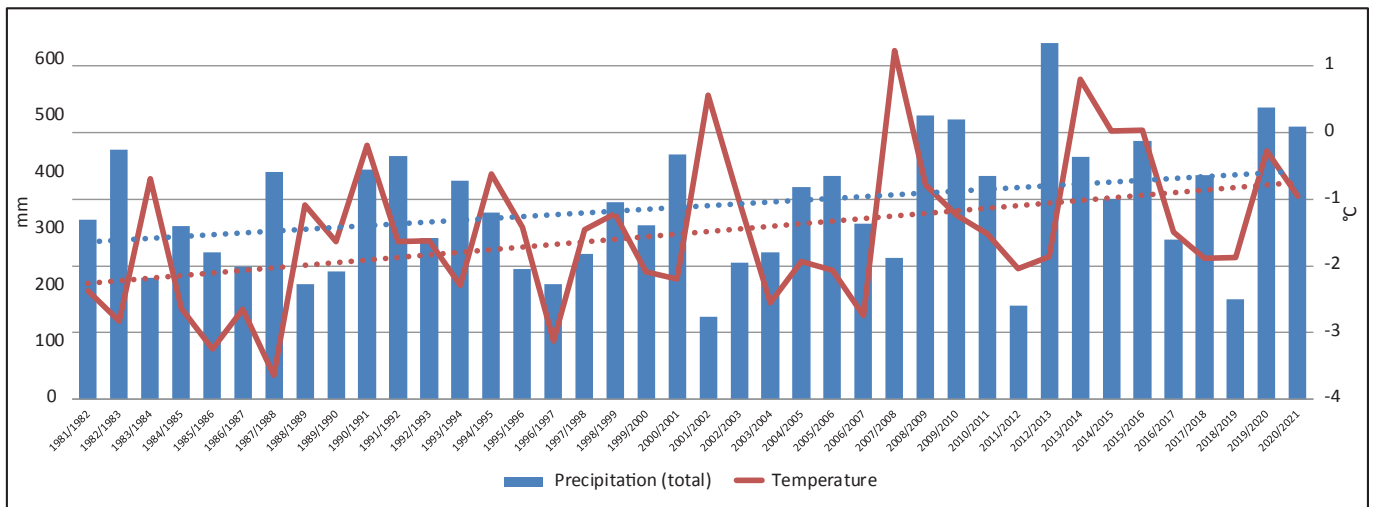


Fig. 1. Long-term trend of winter conditions change in the vicinity of Dobšiná Ice Cave from winter 1981/1982.

maximums of each value. Inside the cave, our focus was on the upper floor parts: Entrance, Small Hall, Great Hall and Collapsed Chamber; but also on the Dripstone Cellar from the lower parts.

Analyzing the data series of air temperature and bedrock temperature in different depths (bedrock surface, 20 cm deep, 120 cm deep) from the Internal monitoring system (IMS), which was installed here in 2007, the coolest winter was in 2011/12 when the air temperature in the Great Hall reached  $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$  (February). Bedrock had enough time to be cooled to almost  $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$  (February); however, this winter was not rich in precipitation (total of  $\sim 100\text{ mm}$ ) so we assume the vertical forms did not form, floor ice was not growing, but sublimation effect caused a total decrease of ice. This winter was also an example of how the bedrock is able to keep the warmth after being properly cooled. Bedrock temperature in the Great Hall in the depth of 120 cm was still lower than the bedrock surface or inside air temperature till September. Among the selected stations, Great Hall is the coldest one in contrast with the others, being either closer to the entrance (Small Hall) of the cave, or in contact with the Duča collapsed doline where the transformed air communicates with the external environment by the chimney effect (Collapsed Dome). Air temperature in the Great Hall does not rise much above  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  throughout the whole year. The biggest air temperature amplitude is naturally visible in the Entrance part in a range from  $-9\text{ }^{\circ}\text{C}$  (February 2012) to  $+3\text{ }^{\circ}\text{C}$  (October 2020), followed by Small Hall, where the temperatures rarely go below  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  during the summer period of the year.

For a better understanding of how the external climatologic characteristics influence the cave's microclimate, we calculated 2 trends of the outside temperature and the monthly sum of precipitation changes in the winter period of the monitored years. The first one reaches back to 1951, with the precipitation supplemented from the Telgárt meteorological station and the temperature derived from the same station (cave has an average of  $1.1\text{ }^{\circ}\text{C}$  lower temperature outside). The second trend covers a shorter period from 1981 but should be more accurate as the precipitation is supplemented from Dobšiná meteorological station (130 m lower) and the temperatures derived from Telgárt station (Fig. 1). Both trends correlate with the temperatures measured inside the cave and report  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$  rising temperature trend together with  $\sim 100\text{ mm}$  precipitation rising trend outside the cave. The average outside temperature started to reach and rise above  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  only in the winter of 2001/2002 and 4 other winters till 2020/2021. Therefore we consider the outside temperature again to be the main factor for the recent ice loss in Dobšiná Ice Cave.

## EXAMPLE OF STALAGMITE GROWTH DURING AND AT THE END OF THE LAST GLACIATION, SLOVENIAN SOUTHERN ALPS AND DINARIDES

Nadja Zupan Hajna<sup>1</sup> – Jiaoyang Ruan<sup>2,3</sup> – Dominique Genty<sup>2</sup>  
– Edouard Regnier<sup>2</sup> – Monique Pierre<sup>2</sup> – Edwige Pons<sup>2</sup>  
– Franci Gabrovšek<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Karst Research Institute ZRC SAZU, Titov trg 2, SI-6230 Postojna, Slovenia; zupan@zrc-sazu.si, gabrovsek@zrc-sazu.si

<sup>2</sup> Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, UMR 8212 CNRS-CEA-UVSQ, France; Dominique.Genty@lsce.ipsl.fr, edouard.regnier@lsce.ipsl.fr, monique.pierre@lsce.ipsl.fr, edwige.pons-branhu@lsce.ipsl.fr

<sup>3</sup> Center for Climate Physics, Institute for Basic Science; Busan, South Korea; jiaoyangruan@pusan.ac.kr

The area of the southeastern part of the Alps and the adjacent northern Dinarides is known as a glaciated area, but despite its exploration since the end of the nineteenth century, it is not very well known. Speleothems are paleoclimate archives with multiple proxies for past climate, and most paleoclimate research conducted with speleothems has focused on interpreting proxies for stable isotopes and trace elements. However, speleothems require certain conditions to grow continuously, such as the presence of liquid water,  $\text{CO}_2$ , and high Ca concentrations in the dripping water. This generally requires relatively wet climate conditions, a surface temperature above  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , and a well-developed soil above the cave. The growth of speleothems in permafrost or glacier-dominated environments is therefore often associated with a temporal disruption of cold conditions. Based on these considerations and preliminary studies of selected stalagmites, we have established the end of the LGM in the southern Alpine cave and the end of cryoclastic processes in the low-lying Dinaric cave. For example, U/Th dating of the base parts of stalagmites in part of the Postojna cave system (northwestern Dinaric karst; entrance at 520 m a.s.l.) can constrain the youngest age of the last glacial deposit in the cave to about  $12 \pm 0.733\text{ ka}$ . In addition, U/Th data from stalagmites from Gorjanska jama (high alpine karst, entrance at 797 m a.s.l.) suggest that they began to grow from about  $18 \pm 0.176\text{ ka}$ , which could provide a very valuable paleoclimatic record of the last deglaciation in the region, even if the terrain was not directly covered by glaciers.

## ABSTRAKTY / ABSTRACTS

14. VEDECKÁ KONFERENCIA „VÝSKUM, VYUŽÍVANIE A OCHRANA JASKÝŇ“  
14th SCIENTIFIC CONFERENCE „RESEARCH, USE AND PROTECTION OF CAVES“

Liptovský Mikuláš, 6. – 8. 9. 2022

GEOLÓGIA, GEOMORFOLÓGIA  
A PALEONTOLÓGIAJASKYNNÉ ÚROVNE V PLAVECKOM HRADNOM  
VRCHU A VÝVOJ RELIÉFU NA TEKTONICKOM  
ROZHRAŇÍ MALÝCH KARPÁT A VIEDENSKEJ  
PANVYPavel Bella<sup>1,2</sup> – Pavel Bosák<sup>3</sup> – Helena Hercman<sup>4</sup> – Šimon Kdýr<sup>3</sup>  
– Petr Mikysek<sup>3</sup> – Petr Pruner<sup>3</sup> – Juraj Littva<sup>1</sup> – Jozef Minár<sup>5</sup>  
– Michał Gradziński<sup>6</sup> – Wojciech Wróblewski<sup>6</sup> – Marek Velšmid<sup>7</sup><sup>1</sup> Štátna ochrana prírody Slovenskej republiky, Správa slovenských jaskýň,  
Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš, Slovenská republika;  
pavel.bella@ssj.sk, juraj.littva@ssj.sk<sup>2</sup> Katedra geografie, Pedagogická fakulta, Katolícka univerzita v Ružomberku,  
Hrabovská cesta 1, 034 01 Ružomberok, Slovenská republika;  
pavel.bella@ku.sk<sup>3</sup> Geologický ústav AV ČR, v. v. i., Rozvojová 135, 165 00 Praha 6-Lysolaje,  
Česká republika; bosak@gli.cas.cz, kdyr@gli.cas.cz, pruner@gli.cas.cz,  
mikysek@gli.cas.cz<sup>4</sup> Institute of Geological Sciences, Polish Academy of Sciences,  
ul. Twarda 51/55, 00 818 Warszawa, Poland; hhercman@twarda.pan.pl<sup>5</sup> Katedra fyzickej geografie a geoinformatiky, Prírodovedecká fakulta,  
Univerzita Komenského, Mlynská dolina, Ilkovičova 6, 842 15 Bratislava 4,  
Slovenská republika; jozef.minar@uniba.sk<sup>6</sup> Institute of Geological Sciences, Jagiellonian University in Kraków,  
Gronostajowa 3a, 30-387 Kraków, Poland; michal.gradzinski@uj.edu.pl,  
wojciech.wroblewski@uj.edu.pl<sup>7</sup> Jaskyniari Plavecké Podhradie, o. z., 906 36 Plavecké Podhradie 284,  
Slovenská republika

Plavecká jaskyňa a jaskyňa Pec v Plaveckom hradnom vrchu (Malé Karpaty, Plavecké predhorie) predstavujú hypogénne jaskyne so sulfúrickými fázami vývoja (Bella et al., 2019a, b, 2020, 2021, 2022). Morfológicky pozostávajú prevažne z chodieb a dŕomov, ktoré majú ploché korózne podlahy s prívodnými štrbinami (*fissure discharge feeders, feeding fissures*). Výškovo sú usporiadané do niekoľkých vývojových úrovní (v jaskyni Pec vo výške 295, 287 a 283 m n. m., v Plaveckej jaskyni vo výške 225, 223, 220, 216 a 214 m n. m.), ktoré zaznamenávajú skoro- a strednopleistocénny viacfázový vývoj reliéfu na tektonickom rozhraní Malých Karpát a Viedenskej panvy (Bella et al., 2021, 2022). Minimálny vek jaskynných úrovní sme určili U/Th datovaním podlahových sintrových kôr a paleomagnetickou analýzou sedimentov.

Jaskynné úrovně sa vytvorili v obdobiach výrazne spomaleného a/alebo prerušovaného poklesu v príľahlej časti Viedenskej panvy, avšak úrovně oddelené vertikálnymi rozdielmi len niekoľko metrov môžu súvisieť aj s pleistocénnymi klimatickými cyklami. Tri vývojové úrovně jaskyne Pec sa pravdepodobne vyvinuli koncom skorého pleistocénu a predstavujú denudačný zvyšok pôvodnej väčšej jaskyne. Plochú koróznú podlahu vo výške 283 m n. m. pokrýva sintrová kôra staršia ako 600-tisíc rokov a mladšia ako 1,2 mil. rokov s normálnou magnetickou polaritou a prislúchajúca chronu Brunhes alebo subchronu Jaramillo. Dve najvyššie položené úrovně Plaveckej jaskyne vznikli začiatkom stredného pleistocénu. Jemnozrné sedimenty v chodbe vo výške 225 m n. m., ktoré obsahujú jarosit, majú normálnu magnetickú polaritu. Sintrová kôra, vyzrážaná na plochej korózne podlahe chodby vo výške 223 m n. m., je staršia ako 600-tisíc rokov a mladšia ako 1,2 mil. rokov. Tieto výplne sa mohli uložiť počas chronu Brunhes alebo skôr. Uvedené dve horné úrovně Plaveckej jaskyne boli tektonicky vyzdvihnuté, nachádzajú sa približne v rovnakej nadmorskej výške ako zvyšky poriečnej rovne na Lakšárskej elevácii (na opačnom okraji Podmalokarpatskej znížiny) pokryté spodnopleistocénnymi fluvialnými sedimentmi a následne vrchnopleistocénnymi eolickými uloženinami. Rozdielna nadmorská výška poriečnej rovne v Malých Karpatoch a na Lakšárskej pahorkatine (Záhorská nížina) je pravdepodobne výsledkom rozdielnych vertikálnych tektonických pohybov (zatiaľ nie sú známe jaskynné úrovně medzi jaskyňou Pec a Plaveckou jaskyňou, pravdepodobne ani nevznikli). Zdá sa, že tento tektonický pohyb je synchronný so začiatkom neskorého kvartérneho neotektonického štádia vývoja Západ-

ných Karpát (Vitovič et al., 2021). Sulfúrická fáza najnižšie položených vývojových úrovní Plaveckej jaskyne (214 m n. m.) predchádzala vyzrážaniu bazálnej časti hráškovitého sintra na okraji plochej korózne podlahy v subaerických (vadóznych) podmienkach (potvrdené zložením stabilných izotopov; Bella et al., 2019b), ktorého vek sa datoval na 270-tisíc rokov.

Podmalokarpatská znížina sa začala formovať poklesom po vytvorení najspodnejšej úrovně Plaveckej jaskyne koncom stredného pleistocénu v dôsledku reaktivácie tektonickej aktivity Viedenskej panvy, ktorá sa podľa Salchera et al., (2012) začala asi pred 250- až 300- tisíc rokmi. Hydrograficky finálna fáza vývoja najnižšej úrovně v Plaveckej jaskyni s najväčšou pravdepodobnosťou súvisí s vyzrážaním jaskynných raftov z atmosférickej vody na hladine jaskynného jazera, ktorých datovaný vek je 228-tisíc rokov (Bella et al., 2021, 2022). Poklesávanie Podmalokarpatskej depresie a jej vyplňovanie sedimentmi pokračovalo v neskorom pleistocéne.

Táto práca bola podporená Vedeckou grantovou agentúrou VEGA (grant č. 1/0146/19) a inštitucionálnym financovaním Štátnej ochrany prírody SR, Správy slovenských jaskýň a Českej akadémie vied, Geologického ústavu (č. RVO67985831).

## Literatúra

- BELLA, P. – BOSÁK, P. – LITVA, J. 2019a. Hypogénny pôvod jaskyne Pec (Plavecký kras, Malé Karpaty): tektonická predispozícia a morfológické znaky. *Slovenský kras*, 57, 2, 133–146.
- BELLA, P. – BOSÁK, P. – MIKÝSEK, P. – HERCMAN, H. – LITVA, J. – PAWLAK, J. – PRUNER, P. – KDÝR, Š. – GRADZIŇSKI, M. – WRÓBLEWSKI, W. 2021. Speleogenéza účinkom kyseliny sírovej – prvé indicie, dôkazy a datovanie zo Slovenska: Plavecké predhorie Malých Karpát. *Abstrakty, 13. vedecká konferencia „Výskum, využívanie a ochrana jaskýň“*, Liptovský Mikuláš, 7. – 9. 9. 2021. *Aragonit*, 26, 1, 33–34.
- BELLA, P. – BOSÁK, P. – MIKÝSEK, P. – LITVA, J. – HERCMAN, H. – PAWLAK, J. 2019b. Multi-phased hypogene speleogenesis in a marginal horst structure of the Malé Karpaty Mountains, Slovakia. *International Journal of Speleology*, 48, 2, 203–220. <https://doi.org/10.5038/1827-806X.48.2.2265>
- BELLA, P. – BOSÁK, P. – MIKÝSEK, P. – LITVA, J. – HERCMAN, H. – PAWLAK, J. 2020. Sulfuric acid speleogenesis in the Plavecké predhorie Foothill of the Malé Karpaty Mountains, Western Slovakia. *Abstracts, 12th Scientific Conference „Research, Use and Protection of Caves“*, Liptovský Mikuláš, September 8–9, 2020. *Aragonit*, 25, 1, 57.
- BELLA, P. – HERCMAN, H. – KDÝR, Š. – MIKÝSEK, P. – PRUNER, P. – LITVA, J. – MINÁR, J. – GRADZIŇSKI, M. – WRÓBLEWSKI, W. – VELŠMID, M. – BOSÁK, P. 2022. Sulfuric acid speleogenesis and surface landform evolution along the Vienna Basin Transfer Fault: Plavecký Karst, Slovakia. *International Journal of Speleology*, 51, 2, 105–122. <https://doi.org/10.5038/1827-806X.51.2.220>
- SALCHER, B. C. – MEURERS, B. – SMIT, J. – DECKER, K. – HÖLZEL, M. – WAGREICH, M. 2012. Strike-slip tectonics and Quaternary basin formation along the Vienna Basin fault system inferred from Bouguer gravity derivatives. *Tectonics*, 31, 3, TC3004. <https://doi.org/10.1029/2011TC002979>
- VITOVÍČ, L. – MINÁR, J. – PÁNEK, T. 2021. Morphotectonic configuration of the Podtatranská kotlina Basin and its relationship to the origin of the Western Carpathians. *Geomorphology*, 394, 107963. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2021.107963>

PARAGENETICKÝ VÝVOJ HLAVNEJ ÚROVNĚ  
STRATENSKEJ JASKYNEPavel Bella<sup>1,2</sup> – Ján Tulis<sup>3</sup><sup>1</sup> Štátna ochrana prírody Slovenskej republiky, Správa slovenských jaskýň,  
Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš, Slovenská republika;  
pavel.bella@ssj.sk<sup>2</sup> Katedra geografie, Pedagogická fakulta, Katolícka univerzita v Ružomberku,  
Hrabovská cesta 1, 034 01 Ružomberok, Slovenská republika; pavel.bella@ku.sk<sup>3</sup> Speleologický klub Slovenský raj, Brezová 9, 052 01 Spišská Nová Ves,  
Slovenská republika

Najvýraznejšia IV. vývojová úroveň systému Stratenskej jaskyne leží vo výške 930 – 950 m n. m., ťahne sa od horných častí Dobsínskej ľadovej jaskyne cez spodnú časť jaskyne Duča do Stratenskej jaskyne. Vytvorili ju ponorné vody Hnilca a jeho pravostranného prítoku Tiesňavy v neskorom pliocéne (Tulis a Novotný, 1989; Novotný, 1992, 1993; Novotný a Tulis, 2002, 2005; Pruner et al., 2002; Bella et al., 2014). Jej mohutné chodby sú pozoruhodné

širokým zarovnaným stropom a výraznými bočnými korytami. Chodby hnieleckého koridoru sú široké do 46 m a vysoké do 18,7 m, v pozdĺžnom smere je sklon stropov iba 3 ‰ (Tulis a Novotný, 1989; Novotný, 1992, 1993). Zarovnaný strop kontrastuje s nepravidelnou podlahou, prehĺbenou v úsekoch prvotných, nadol ohnutých freatických kolenovitých ohybov. Miestami z podlahy nadol vedú šikmé kanály či špirálovité a studňovité priepasti, ktoré sú v dolných častiach zväčša vyplnené sedimentmi.

Predmetná vývojová úroveň sa vytvorila eróziou stropu odspodu nahor (paragenéza), ktorú zavŕšila bočná erózia stropu (podľa modelu Pasiniho, 1967, 1975, 2012). Piezometrický povrch podzemných vôd siahal nad horné okraje slučkovitých chodieb, do jaskyne sa dlhodobo transportovali alochtónne fluvialné sedimenty. V čase vyplňovania drenážnych ciest alochtónnymi fluvialnými sedimentmi sa miestami medzi hornými okrajmi zaplnených slučkovitých chodieb vytvorili prepojovacie *bypass* kanály (Ford, 1965, 2000; Renault, 1968; Ford and Ewers, 1978). Pôvodné kolenovité (slučkovité) chodby sa remodelovali a pretvorili na subhorizontálnu chodbu so stropným korytom, pričom na podlahe miestami zostali pôvodné znížené kolenovité ohyby vyplnené sedimentmi. Nakoniec pozdĺžne zrovnávaný stropný kanál dosiahol výškovú pozíciu piezometrického povrchu, stropné koryto sa postranne rozšírilo do podoby zarovnaného stropu (pozri Pasini, 2012).

Po znížení lokálnej eróznej bázy na povrchu sa z úrovňovej chodby alochtónne sedimenty začali vyplavovať. Odtokovými vodami sa prítom najmä z dolných ohybov prvotných freatických slučkovitých kanálov vytvárali nadol klesajúce šikmé až strmé odvodňovacie kanály *zv. undercutures*, resp. *soutirages* (Ford, 1965, 1971; Jeannin et al., 2000; Häuselmann et al., 2003; Worthington, 2005; Ford and Williams, 2007). Tieto odvodňovacie chodby vznikali od výverovej časti jaskyne smerom proti prítoku vody cez hlavnú IV. vývojovú úroveň. Klesajúce odvodňovacie chodby sú prevažne sklonené v smere odtoku do centrálnej a výverovej časti jaskyne, miestami sa navzájom poprepájali. V dôsledku postupovania spätnej erózie, nadväzujúcej na stagnáciu eróznej bázy na povrchu po jej znížení, spodné sčasti týchto odvodňovacích chodieb sa vytvárali prevažne subhorizontálne. Sú výrazne kratšie ako hlavná vývojová úroveň so zarovnaným stropom. Tulis a Novotný (1989) ich vyčlenili ako nižšie jaskynné úrovne.

Táto práca bola podporená Vedeckou grantovou agentúrou VEGA (grant č. 1/0146/19).

#### Literatúra

- BELLA, P. – BRAUCHER, R. – HOLEC, J. – VESELSKÝ, M. 2014. Datovanie pochovania alochtónnych fluvialných sedimentov v hornej časti Dobšinskej ľadovej jaskyne (IV. vývojová úroveň systému Stratskej jaskyne) pomocou kozmogénnych nuklidov. *Slovenský kras*, 52, 2, 101–110.
- FORD, D. C. 1965. The origin of limestone caverns: a model from the central Mendips Hills, England. *Bulletin of the National Speleological Society*, 27, 4, 109–132.
- FORD, D. C. 1971. Geologic structure and a new explanation of limestone cavern genesis. *Transactions of the Cave Research Group of Great Britain*, 13, 2, 81–94.
- FORD, D. C. 2000. Speleogenesis Under Unconfined Settings. In Klimchouk, A. B. – Ford, D. C. – Palmer, A. N. – Dreybrodt, W. (Eds.): *Speleogenesis. Evolution of Karst Aquifers*. National Speleological Society, Huntsville, Alabama, U. S. A., 319–324.
- FORD, D. C. – EWERS, R. O. 1978. The development of limestone cave systems in the dimensions of length and depth. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 15, 1783–1798.
- FORD, D. C. – WILLIAMS, P. W. 2007. *Karst Hydrogeology and Geomorphology*. Wiley, Chichester, 562 s.
- HÄUSELMANN, P. – JEANNIN, P. Y. – MONBARON, M. 2003. Role of the epiphreatic zone and soutirages in conduit morphogenesis: the Bärenschacht example (BE, Switzerland). *Zeitschrift für Geomorphologie*, NF, 42, 2, 171–190.
- JEANNIN, P. Y. – BITTERLI, T. – HÄUSELMANN, P. 2000. Genesis of a large cave system: case study of the North of Lake Thun System (Canton Bern, Switzerland). In Klimchouk, A. B. – Ford, D. C. – Palmer, A. N. – Dreybrodt, W. (Eds.): *Speleogenesis. Evolution of Karst Aquifers*. National Speleological Society, Huntsville, Alabama, U. S. A., 338–347.
- NOVOTNÝ, L. 1992. Terciérne sedimenty v jaskynnom systéme Stratskej jaskyne. *Slovenský kras*, 30, 103–108.
- NOVOTNÝ, L. 1993. Trefohorné jaskynné úrovne a zarovnané povrchy v Slovenskom raji. *Slovenský kras*, 31, 55–59.

NOVOTNÝ, L. – TULIS, J. 2005. *Kras Slovenského raja*. Správa slovenských jaskýň, Liptovský Mikuláš – Slovenská speleologická spoločnosť – Knižné centrum, Žilina, 175 s.

PASINI, G. 1967. Nota preliminare sul ruolo speleogenetico dell'erosione "antigravitativa". *Le Grotte d'Italia*, 4, 1, 75–90.

PASINI, G. 1975. Sull'importanza speleogenetica dell' "Erosione antigravitativa". *Atti del Seminario Internazionale di Speleogenesi*, Varenna (Como, Italy), 1972. *Le Grotte d'Italia*, 4, 4, 297–322.

PASINI, G. 2012. Speleogenesis of the "Buco dei Vinchi" inactive swallow hole (Monte Croara karst sub-area, Bologna, Italy), an outstanding example of antigravitative erosion (or "paragenesis") in selenitic gypsum. An outline of the "post-antigravitative erosion". *Acta Carsologica*, 41, 1, 15–34.

PRUNER, P. – BOŠÁK, P. – KADLEC, J. – MAN, O. – TULIS, J. – NOVOTNÝ, L. 2002. Mag-netostratigrafie sedimentární výplně IV. jaskynných úrovní ve Stratské jaskyni. In Bella, P. (Ed.): *Výskum, ochrana a využívanie jaskýň*. Zborník referátov z 3. vedeckej konferencie (Stará Lesná, 14. – 16. 11. 2001). SSJ, Liptovský Mikuláš, 50–57.

RENAULT, P. 1968. Contribution à l'étude des actions mécaniques et sédimentologiques dans la spéléogénèse. *Annales de Spéléologie*, 23, 259–307, 529–596.

TULIS, J. – NOVOTNÝ, L. 1989. *Jaskynný systém Stratskej jaskyne*. Osveta, Martin, 464 s.

WORTHINGTON, S. R. H. 2005. Evolution of caves in response to base-level lowering. *Cave and Karst Science*, 32, 1, 3–12.

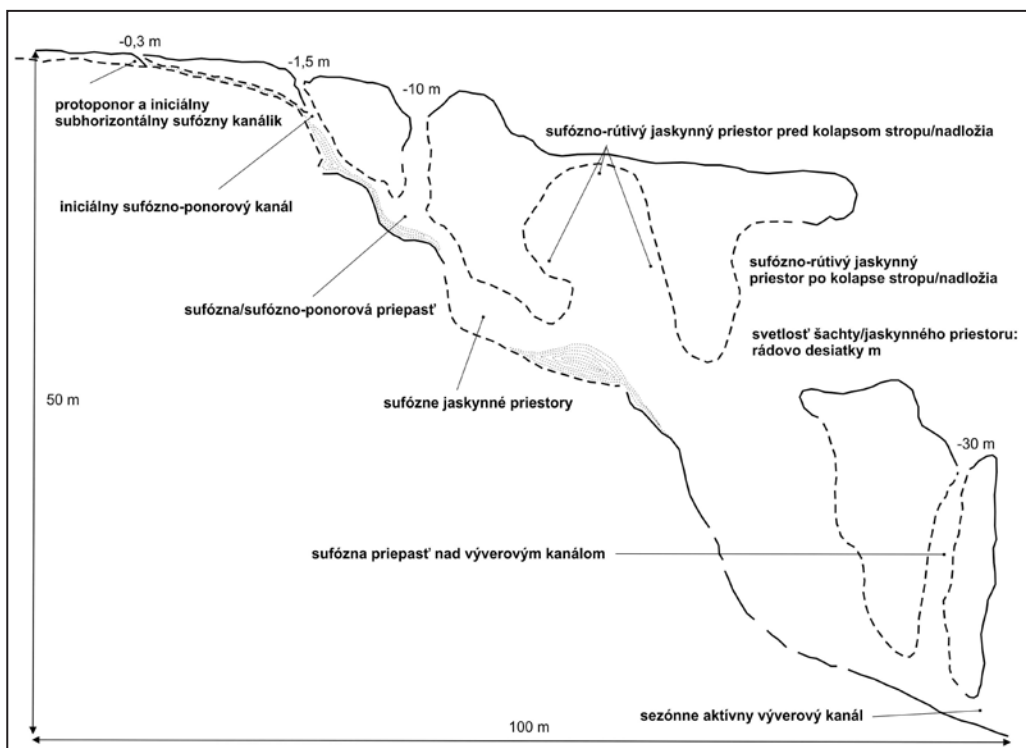
## SUFÓZNE JASKYNE V MASÍVE ŽIRAKUDUK, KYZYLKUM, UZBEKISTAN

Gabriel Lešínský

Slovenské múzeum ochrany prírody a jaskyniarstva, Liptovský Mikuláš  
– pracovisko Košice; gabishark@gmail.com

V doterajšej literatúre nebolo o jaskyniach v pieskovcovo-ílovcovo-prachovcovom masíve *Žirakuduk* v centrálnej časti púšte Kyzylkum v Uzbekistane nijakej zmienky. Preto bolo pre nás počas paleontologickej expedície (jar 2022) veľkým prekvapením, že okrem eolicky modelovaných podzemných priestorov sa tu nachádzajú aj ponory, ponorové jaskyne/priepasti i mohutné sufózne jaskyne, ktoré svojimi rozmermi patria možno k najväčším na svete. Avšak ich prieskum nie je jednoduchý, vzhľadom na povahu materskej horniny – nestabilného a nesúdržného vrchnokriedového prachovca – dokonca v niektorých miestach až životu nebezpečný. Práve z týchto dôvodov majú tieto jaskyne v porovnaní s jaskyňami vyvinutými v odolnejších horninách len dočasné trvanie, keďže sa vyvíjajú, ale aj zanikajú pomerne rýchlo.

Sfotodokumentovali sme niekoľko foriem, ktoré súvisia so špecifickou sufóznou speleogénézou v sedimentoch džairantuiského súvrstvia v podloží bissektynského súvrstvia (pozri Archibald et al., 1998; Redman a Leighton,



Obr. 1. Schéma pozorovaných a predpokladaných foriem sufóznej speleogénézy v prachovcoch džairantuiského súvrstvia. Žirakuduk, Uzbekistan. Autor: G. Lešínský, 5/2022



2009) a zostavili predbežnú schému sufózneho speleogenézy v tamajších podmienkach (obr. 1). Sufózny proces sa tu začína bezprostredne pod hranicou bissektynského a džeirantuiského súvrstvia, t. j. kde sa na povrchu zjaví prachovce (vo výške cca 120 – 160 m n. m.). Zmena litológie v mieste prechodu z bissektynského (pieskovce, intraformačné zlepenice, ílovcy, prachovce) do džeirantuiského súvrstvia (prachovce, intraformačné zlepenice) podmieňuje iniciálnu sufóznou speleogenézu. Od vtoku po výver sa tu pri prevýšení až 50 m môžu tvoriť jaskyne s dĺžkou vyše 100 m.

Formy vznikajúce sufóznou speleogenézou v Žirakuduku (obr. 1 až 4):

#### I. štádium vzniku sufózných jaskýň

- protoponor sústredeného vtoku vody a iniciálny subhorizontálny sufózny kanálik
- iniciálny sufóžno-ponorový kanál
- sufózna/sufóžno-ponorová priepasť
- sezónne aktívne subhorizontálne jaskynné priestory
- aktívny výverový kanál

#### II. pokročilé štádium vývoja sufózných jaskýň

- sufóžno-rútivý jaskynný priestor pred kolapsom stropu
- sufóžno-rútivý jaskynný priestor po kolapse stropu
- sufózna priepasť pred výverovým kanálom

#### III. štádium zániku sufózných jaskýň

- relikť sufózneho jaskyne/jaskynnej sústavy v dôsledku postupného rútenia a oderodovania

Za istých okolností (dôkladné zväzanie podmienok bezpečnosti, stanovenie spoľahlivého technického postupu) bolo možné aspoň niektoré z vyššie spomenutých foriem preskúmať. V každom prípade ide o pozoruhodný fenomén tvorby jaskynných priestorov v málo spevnených nekrasových horninách.

#### Literatúra

- ARCHIBALD, J. D. – SUES, H.-D. – AVERIANOV, A. O. – KING, C. – WARD, D. J. – TSARUK, O. A. – DALINOV, I. G. – REZVIYI, A. S. – VERETENNIKOV, B. G. – KHODJAEV, A. 1998. Précis of the Cretaceous paleontology, biostratigraphy, and sedimentology at Dzharakuduk (Turonian? – Santonian), Kyzylkum desert, Uzbekistan. In Lucas, S. G. – Kirkland, J. I. – Estep, J. W. (Eds.): Lower and Middle Cretaceous Terrestrial Ecosystems. New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin, 14, 21–27.
- REDMAN, C. M. – LEIGHTON, L. R. 2009. Multivariate faunal analysis of the turonian Bissekty formation: Variation in the degree of marine influence in temporally and spatially averaged fossil assemblages. Palaios, 24, 18–26.



Obr. 2. Celkový pohľad prachovce džeirantuiského súvrstvia, Žirakuduk, Uzbekistan: 1 – intraformačné konglomeráty, v podloží džeirantuiské súvrstvia; 2 – erózna rýha s ponormi, resp. sufóžno-ponorovými priepasťami; 3 – lievčovitá priehľbo so sufóžno-ponorovou priepasťou; 4 a 5 – ústia sufózných priepasť nad výverovým kanálom; 6 – sezónne aktívny podzemný výverový kanál. Foto: G. Lešínský, 4/2022



Obr. 3. Obrovské sufózne jaskynné priestory v polohách prachovcov džeirantuiského súvrstvia, Žirakuduk, Uzbekistan: 1 – obrovská sufóžno-rútivá jaskyňa; 2 – mohutná sufózna priepasť s priemerom ústia v desiatkach m; 3 – sufózna priepasť nad výverovým kanálom (priemer ústia cca 5 m); 4 – sezónne aktívny podzemný výverový kanál. Foto: G. Lešínský, 4/2022



Obr. 4. Ústie sufóžno-ponorovej priepasti. Žirakuduk, Uzbekistan. Foto: G. Lešínský, 4/2022

## LITHOLOGY AND BRITTLE STRUCTURES OF THE OKNO CAVE – PRELIMINARY RESULTS AND IMPLICATIONS

Juraj Littva<sup>1</sup> – Ľudovít Gaál<sup>1</sup> – Laura Dušeková<sup>1</sup> – Pavel Herich<sup>1</sup> – Pavel Bella<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> State Nature Conservancy of the Slovak Republic, Slovak Caves Administration, Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš, Slovakia; juraj.littva@ssj.sk, ludovit.gaal@outlook.sk, dusekova.laura@soprs.sk, pavel.herich@ssj.sk, pavel.bella@ssj.sk

<sup>2</sup> Department of Geography, Faculty of Education, Catholic University in Ružomberok, Hrabovská cesta 1, 031 04 Ružomberok, Slovakia; pavel.bella@ku.sk

The Okno Cave, one of the highest-situated horizontal caves on the right side of the Demänová Valley, is a site of several distinctive geological phenomena. After being first studied nearly one hundred years ago (Volko-Starohorský, 1925, 1926), it was subsequently investigated by Droppa (1957, 1966, 1972). After the break of the millennia, there was a renewed interest in the cave, with studies focused on magnetostratigraphy of cave sediments (Kadlec et al., 2004), paleokarst features (Osborne, 2006, 2007), fluvial sediments (Psočka, 2008), cave morphology (Bella et al., 2014), and lithology (Holúbek et al., 2006; Gaál and Michalík, 2017). This study follows up on the cave lithology, presenting additional data and putting it into a broader Carpathian and Alpine geological context. It also presents data on the brittle tectonic structures and further details about cave sediments.

Although the Middle Triassic carbonates in the Demänová Valley are routinely referred to as the Gutenstein limestones and the Ramsau dolomites, the earliest works (Štúr, 1868) already recognised their atypical character. More recent works (e. g., Biely et al., 1997) mention the presence of atypical beds; however, until recently (Gaál, 2016; Gaál and Michalík, 2017), no comprehensive research and systematisation of the atypical beds have been attempted in the caves of Demänová Valley. In the latter work, the authors recognised: (1) „Gutenstein limestones“ deposited in hypersaline oxygen-poor stagnant seawater; (2) „Annaberg limestones“ deposited in a more open-marine environment; (3) fossil-rich „Demänová limestones“ deposited in the well-oxygenated wave-dominated sea; and (4) sparry „Ramsau dolomites“.

Building upon the original work, further research revealed additional details. Reported findings of conodont and holothurian remnants (Havrila, 1992 in Biely et al., 1997), carbonates with chert nodules, and beds with abundant intraclasts (Gaál and Michalík, 2017) prompted further study of the „Demänová limestones“. Above the fossil-rich beds, rocks comprising the following succession were found: (a) thin-bedded bituminous limestones with chert nodules; (b) beds with mm to cm-sized carbonate intraclasts; (c) dolomitic limestones to dolomites with chert nodules; and (d) dolomites containing pseudomorphoses after anhydrite or gypsum. The rocks belonging to a, b, and c are reinterpreted as basin deposits with occasional re-deposits, and their uppermost section is partially dolomitised, while d is considered a part of „Ramsau dolomite“. Based on the Pelsonian-Illyrian age of the fossil assemblage from the rocks (Havrila, 1992 in Biely et al., 1997), a correlation with rocks of the Hronic Unit is possible. The „Demänová limestones“ lower part could be equated to the shallow-water Steinalm or Gader Limestones, while the upper part could correspond to the Zámstie or Reifling Formations as defined by Havrila (2011). In a broader context, the deepening is synchronous with the drowning observed in the Eastern Alps at the Pelsonian/Illyrian boundary as one of the precursor events to the final break-up of the Neo-Tethys (Gawlick et al., 2020 and references therein). In any case, given their position in the Demänová Valley, both horizons of the „Demänová limestones“.

The cave passages follow or pass across a number of faults or joints striking predominantly SW-NE predisposing mainly narrow descending passages, with less frequent SE-NW and N-S striking fractures. Some passages formed at the intersection of the fractures and the bedding (dipping 25° – 50° towards NE). The internal architecture of some faults is observable in the exposed bedrock, where transitions from the dm-wide brecciated zones to much narrower cm-sized zones can be observed, causing about m to cm-sized offsets of the bedding planes. Considering the lack of speleothems near the brecciated zones, it is likely that the narrower nonbrecciated zones presented a much more viable pathway for the seepage of the meteoric waters into the cave. Given the excellent exposure of the faults, they represent an excellent opportunity for the further study of the internal structure and conductivity of the faults in carbonate rocks.

#### References

- BELLA, P. – HAVIAROVÁ, D. – KOVÁČ, Ľ. – LALKOVIČ, M. – SABOL, M. – SOJÁK, M. – STRUHÁR, V. – VIŠŇOVSKÁ, Z. 2014. Jaskyne Demänovskej doliny. Ramsarská lokalita stredohorského alogénneho krasu Západných Karpát. Štátna ochrana prírody Slovenskej republiky, Správa slovenských jaskýň, Liptovský Mikuláš, 200 s.
- BIELY, A. – BEZÁK, V. – BUJNOVSKÝ, A. – VOZÁROVÁ, A. – KLÍNEC, A. – MIKO, O. – HALOUZKA, R. – VOZÁR, J. – BEŇUŠKA, P. – HANZEL, V. – KUBEŠ, P. – LIŠČÁK, P. – LUKÁČIK, E. – MAGLAY, J. – MOLÁK, B. – PULEC, M. – PUTIS, M. – SLAVKAY, M. 1997. Výsvedlivky ku geologickej mape Nízkych Tatier. Geologická služba Slovenskej republiky, Bratislava, 232 s.
- DROPPA, A. 1957. Demänovské jaskyne. Krasové zjavy Demänovskej doliny. Slovenská akadémia vied, Bratislava, 289 s.
- DROPPA, A. 1966. The correlation of some horizontal caves with river terraces. *Studies in Speleology*, 1, 186–192.
- DROPPA, A. 1972. Geomorfologické pomery Demänovskej doliny. *Slovenský kras*, 10, 9–46.
- GAÁL, Ľ. 2016. Litológia karbonatických hornín Demänovského jaskynného systému. *Slovenský kras*, 54, 2, 109–129.
- GAÁL, Ľ. – MICHALÍK, J. 2017. Litologické pomery jaskyne Okno v Nízkych Tatrách. *Slovenský kras*, 55, 2, 145–154.
- GAWLICK, H.-J. – LEIN, R. – BUCUR, I. I. 2020. Precursor extension to final Neo-Tethys break-up: flooding events and their significance for the correlation of shallow-water and deep-marine organisms (Anisian, Eastern Alps, Austria). *International Journal of Earth Sciences*, 1110, 419–446. <https://doi.org/10.1007/s00531-020-01959-w>
- HAVRILA, M. 2011. Hronikum: paleogeografia (vrchný pelsőň – tuval), štrukturalizácia príkrovu a stavba. *Geologické práce, Správy*, 117, 7–103.
- HOLUBEK, P. – STANIČ, P. – PSOTKA, J. 2006. Stručné zhrnutie poznatkov z jaskyne Okno. *Spravodaj Slovenskej speleologickej spoločnosti*, 37, 1, 56–59.
- KADLEC, J. – PRUNER, P. – HERCMAN, H. – SCHNABL, P. – ŠLECHTA, S. 2004. Magnetostratigrafia sedimentov zachovaných v jaskyniach Nízkych Tatier. In Bella, P. (Ed.): *Výskum, využívanie a ochrana jaskýň*. Zborník referátov z 4. vedeckej konferencie (Tále, 5. – 8. 10. 2003). SSJ, Liptovský Mikuláš, 15–19.
- OSBORNE, R. A. L. 2006. Lithified palaeokarst deposits in Okno Cave, Demänovská Valley, Slovakia: relicts of an ancient karst history. In Bella, P. (Ed.): *Výskum, využívanie a ochrana jaskýň*. Zborník referátov z 5. vedeckej konferencie (Demänovská Dolina, 26. – 29. 9. 2005). SSJ, Liptovský Mikuláš, 14–20.
- OSBORNE, R. A. L. 2007. Intensely lithified paleokarst deposits in Okno Cave, Demänovská Valley (Slovakia). *Geologica Carpathica*, 58, 6, 565–578.
- PSOTKA, J. 2008. Fluvial deposits and morphology of the Okno Cave, Demänová Valley – preliminary results of the study. *Slovenský kras*, 46, 1, 99–107.
- ŠTÚR, D. 1868. Bericht über die geologische Aufnahme im oberen Waag- und Gran-Thale. *Jahrbuch der k. k. Geologischen Reichsanstalt*, 18, 337–426.
- VOLKO-STAROHORSKÝ, J. 1925. Diluviálne náplavy v Jaskyni „Okne“ v Demänovskej doline (Liptov na Slovensku). *Věstník Státního geologického ústavu Československé republiky*, 1, 2, 1–11.
- VOLKO-STAROHORSKÝ, J. 1926. Výkopávky v jaskyni „Okne“ (Demänovská dolina, Liptov). *Zpráva o nálezisku*. *Sborník Muzeální slovenskej spoločnosti*, 21, 24–39.

## KRYOGÉNNÉ PRÁŠKY Z VYBRANÝCH ZAĽADNENÝCH JASKÝŇ – PRVÉ MINERALOGICKÉ A GEOCHEMICKÉ ŠTÚDIE

Monika Orvošová<sup>1</sup> – Stanislava Milovská<sup>2</sup> – Adrián Biroň<sup>2</sup> – Rastislav Milovský<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Slovenské múzeum ochrany prírody a jaskyniarstva, Školská 4, 031 01 Liptovský Mikuláš; monika.orvosova@smopaj.sk

<sup>2</sup> Ústav vied o Zemi Slovenskej akadémie vied, pracovisko Banská Bystrica, Ďumbierska 1, 974 01 Banská Bystrica

Zamerali sme sa na identifikáciu náhodne pozorovaných práškových foriem karbonátov na ľade v dnešných trvalo alebo sezónne zamrznutých jaskyniach (Suchej jaskyni, Demänovskej ľadovej jaskyni a Dobšinskej ľadovej jaskyni). Výsledky meraní sezónnych jemných kryogénnych jaskynných karbonátov (CCCfine) prezentujeme ako špecifický typ speleotém, ktorých zrážanie sa spúšťa zamrznutím mineralizovanej krasovej vody priamo v jaskyni. Ich vznik ovplyvňuje kinetická izotopová frakcionácia pri rýchlym zmrazení. Identifikovali sme vzácné asociácie metastabilných karbonátov: i) ikait ( $\text{CaCO}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) + kalcit ± lansfordit ( $\text{MgCO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ), viazaná na sezónne zaľadnenie vstupných priestorov jaskýň; ii) lansfordit + ikait ± nesquehonit ( $\text{Mg}(\text{HCO}_3)(\text{OH}) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) ± kalcit; iii) kalcit + monohydrokalcit ( $\text{CaCO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) a prechodný genetický typ speleotémy – jaskynné kryogénne perly, všetky sa vyskytujú v periglaciálnych zónach vo vnútri jaskynných siení. V stratigrafii ľadových vrstiev monolitu v Dobšinskej ľadovej jaskyni sa často nachádzajú vrstvičky karbonátového prášku, ktorý tvorí minerál kalcit, metastabilné minerály sa tu zatiaľ nepodarilo identifikovať. Doterajšie výsledky náhodných pozorovaní karbonátových práškov na ľade sa budú študovať systematicky s cieľom zistiť špecifické podmienky ich vzniku.

## PERIODICKÉ ZMENY OBJEMOVEJ AKTIVITY RADÓNU VO VAŽECKEJ JASKYNI

Iveta Smetanová<sup>1</sup> – Dagmar Haviarová<sup>2</sup> – Lucia Pristašová<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ústav vied o Zemi, Slovenská akadémia vied, v. v. i., Dúbravská cesta 9, 840 05 Bratislava; geofivas@savba.sk

<sup>2</sup> Štátna ochrana prírody Slovenskej republiky, Správa slovenských jaskýň, Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš; dagmar.haviarova@ssjk.sk, lucia.pristasova@ssjk.sk

Važecká jaskyňa sa nachádza na severnom okraji Važeckého krasu na styku Kozích chrbtov s Podtatranskou kotlinou. Je vytvorená v strednotriasových tmavosivých vápencoch gutensteinského sústria. Jaskyňa má horizontálny charakter, tvorí ju súbor rozvetvených a miestami poprepájaných chodieb, v miestach ich križovania sú podzemné priestory zväčšené do podoby siení. Značná časť jaskyne je pokrytá hliníťmi (kalovými) sedimentmi napravenými povodňovými vodami, pod ktorými sa nachádzajú nedokonale zaoblené štrky, najmä vápencov a dolomitov, paleogénnych pieskocov a zvetraných žulových okruhlíakov. Jaskyňa je uložená plytko pod povrchom v hĺbke 15 až 20 m (Bella et al., 2016).

V jaskyni sa nachádzajú tri mikroklimatické monitorovacie stanice, na ktorých prebieha dlhodobý kontinuálny monitoring objemovej aktivity radónu v ovzduší: Galéria (od mája 2012), Jazierková sieň (od novembra 2015) a Vstupná sieň (od novembra 2015 do marca 2018, znovu v prevádzke od septembra 2019). Okrem radónu sa na každej zo staníc meria koncentrácia  $\text{CO}_2$  v ovzduší, teplota ovzdušia a relatívna vlhkosť. Všetky údaje sú registrované v 10-minútových intervaloch. Radón sa zaznamenáva pomocou pasívneho detektora alfa častíc Barasol BMC2 (Algade, Francúzsko). Jaskyňa je vybavená aj vonkajšou meteorologickou stanicou. Údaje o atmosférickom tlaku sa získavajú z meteorologickej stanice v Starej Lesnej.

Časové rady objemovej aktivity radónu vykazujú periodické (denné a ročné) a neperiodické variácie (do 15 dní) na všetkých troch staniách v jaskyni. Najvyššia objemová aktivita sa zistila na stanici Galéria, kde sa priemerné denné hodnoty pohybujú v rozsahu 3600 až 42 400 Bq/m<sup>3</sup>. V Jazierkovej sieni sa namerali hodnoty od 1300 do 27 700 Bq/m<sup>3</sup>. Najnižšie hodnoty boli zaregistrované vo Vstupnej sieni, v intervale od 400 do 10 000 Bq/m<sup>3</sup>. Na všetkých staniách sa pozorovalo ročné maximum v letných mesiacoch jún až september. Sezónna zmena objemovej aktivity radónu je pravdepodobne riadená sezónnou zmenou ventilačného režimu spojeného so zmenou rozdielu teploty vnútri jaskyne a vo vonkajšom ovzduší (Smetanová et al., 2020).

Denné zmeny objemovej aktivity radónu sú registrované na všetkých troch staniách v jaskyni, poloha denného maxima a minima však nie je rovnaká. Najvyššia amplitúda denných zmien objemovej aktivity radónu bola na všetkých staniách zaznamenaná v mesiacoch máj až september, v zimných mesiacoch sa pozorovali len nevýrazné denné zmeny.

Výskum bol podporený vedeckou grantovou agentúrou VEGA MŠ SR a SAV v rámci projektu 02/0015/21.

## Literatúra

- BELLA, P. – LITVA, J. – PRUNER, P. – BOSÁK, P. – ŠLECHTA, S. – HERCMAN, H. – ČIŽKOVÁ, K. 2016. Geologická stavba, morfológia a vývoj Važeckej jaskyne. Slovenský kras, 54, 1, 5–32.
- SMETANOVÁ, I. – HOLÝ, K. – LUHOVÁ, L. – CSICSAY, K. – HAVIAROVÁ, D. – KUNÁKOVÁ, L. 2020. Seasonal variation of radon and CO<sub>2</sub> in the Važecká Cave, Slovakia. Nukleonika, 65, 2, 153–157.

## DISSOLUTION OF CARBONATE ROCKS IN ZONES OF ENDOGENOUS CO<sub>2</sub> EXHALATIONS

Wojciech Wróblewski<sup>1</sup> – Pavel Bella<sup>2,3</sup> – Marek Drewnik<sup>4</sup>  
– Marek Duliński<sup>5</sup> – Michał Gradziński<sup>1</sup> – Jacek Motyka<sup>6</sup>  
– Jarosław Nećki<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Institute of Geological Sciences, Jagiellonian University, Kraków, Poland; wojciech.wroblewski@uj.edu.pl

<sup>2</sup>State Nature Conservancy of the Slovak Republic, Slovak Caves Administration, Liptovský Mikuláš, Slovakia

<sup>3</sup>Department of Geography, Faculty of Education, Catholic University in Ružomberok, Slovakia

<sup>4</sup>Institute of Geography and Spatial Management, Jagiellonian University, Kraków, Poland

<sup>5</sup>Faculty of Physics and Applied Computer Science, AGH University of Science and Technology, Kraków, Poland

<sup>6</sup>Faculty of Geology, Geophysics and Environmental Protection, AGH University of Science and Technology, Kraków, Poland

The dissolution of carbonate rocks is the main process forming subsurface and surface karst landforms. The process occurs as a result of mixing of rain or groundwaters with CO<sub>2</sub> at the surface or inside of carbonate rocks. The rate and character of this process strictly depend on the properties of the base rock, physicochemical properties of waters, and the volume of soil/atmospheric CO<sub>2</sub>. Modern studies show that the chemical dissolution of carbonate rocks is also related to the deep circulation of waters significantly enriched in endogenous CO<sub>2</sub>.

Geological, hydrochemical and geomorphological study of travertine buildups in northern Slovakia has revealed that chemical dissolution of carbonate rocks may take place as an effect of the process undescribed so far in literature. In northern Slovakia travertines form various buildups located over faults. Most of those buildups are recently inactive due to the lowering of the local groundwater table and the only evidence of its past activity (except for formed travertines) are natural CO<sub>2</sub> exhalations located within some of them.

The study has shown that waters of meteoric origin (rainwaters) are mixing with endogenous CO<sub>2</sub>, migrating along tectonic fissures which previously constituted a migrating path for spring waters. This phenomenon occurs in the zones of endogenous CO<sub>2</sub> exhalations at or near the surface of travertine buildups over the local water table. This results in dissolution of carbonate basement near the surface of travertine in an epikarst zone.

Hydrochemical data collected in the Sivá brada travertine buildup near Spišské Podhradie showed that the dissolution process is extremely efficient. The total mineralization of meteoric waters, which express the degree of dissolution, may exceed 3.5 g/L. Each liter of rainwater collected at the travertine surface after 80 minutes can attain the content of Ca ions of ca. 800 mg. This is in line with a mass decrease equal to 0.2 mg/cm<sup>2</sup> per day of carbonate plates installed to check the dissolution rate in the most efficient CO<sub>2</sub> exhalation at the top of the travertine buildup. The process has seasonal nature (it strictly depends on the seasonal amount of precipitation) and its physical effect results in numerous corrosive structures on the travertine surface. Individual structures are up to a few metres in lateral extent and at least more than one meter in depth. They are similar in shape to subaerial karren and kamenitzas developed along fissures and cracks. Moreover, corrosive structures are found in most inactive travertine buildups in the region, suggesting that in many sites active zones of natural CO<sub>2</sub> exhalation occurred in the past, which resulted in specific dissolution of carbonate rocks.

The study was financed by Polish National Science Center grant no. S2017/01/X/ST10/01968 and Initiative of Excellence – Research University fund at Faculty of Geography and Geology, Jagiellonian University in Kraków, Poland.

## HISTORICKÝ PREHĽAD A NOVÉ NÁLEZY FOŠILNÝCH CHOBOTNATCOV (PROBOSCIDEA, MAMMALIA) Z JASKYNE DOMICA (SLOVENSKÝ KRAS)

Csaba Tóth<sup>1</sup> – Tomáš Čeklovský<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ústav vied o Zemi SAV, v. v. i., Dúbravská cesta 9, 840 05 Bratislava; geoltoth@savba.sk

<sup>2</sup> Slovenské múzeum ochrany prírody a jaskyniarstva, Školská 4, 031 01 Liptovský Mikuláš; tomas.ceklovsky@smopaj.sk

Paleontologické nálezy z jaskyne Domica (Slovenský kras, juhovýchodné Slovensko) sú známe už od obdobia jej objavenia v roku 1926 (Bárta, 1965; Gaál et al., 2013). Zvyšky fosilných chobotnatcov sú však mimoriadne vzácne. Benický (1935) zo Suchej chodby spomína nález 20 cm dlhého zuba, ktorý priradil deinotériu. Tento senzačný nález mal dokazovať prítomnosť treťohorných sedimentov v jaskyni. Na základe uvedeného rozmeru je však isté, že tento zub nemohol patriť deinotériu (ich najväčšie zuby nepresahujú dĺžku 12 cm). Kettner (1936) rovnako zo Suchej chodby sa zmieňuje o „úlomku veľkého sloního zuba“, ktorý predbežne priradil starodiluvialnému (tj. spodnopleistocénemu) druhu *Elephas meridionalis* (= *Mammuthus meridionalis*). Bárta (1965) s odkazom na Kettnera uvádza rovnaký druh, avšak namiesto zuba píše o kle a nález vekovo radí do stredného pleistocénu. Žiaľ, žiadne bližšie informácie o predmetných nálezoch nie sú známe. S najväčšou pravdepodobnosťou sa tento materiál dodnes nezachoval. Prítomnosť zvyškov treťohorných ani spodno-strednopleistocénnych chobotnatcov tak zatiaľ v jaskyni nebola potvrdená.

V roku 2020 bol v novoobjavenej časti jaskyne pomenovanej *Kľúčová dierka* objavený fragment panvovej kosti mamuta srstnatého (*Mammuthus primigenius*) (Hochmuth, 2020). Pokračujúcim výskumom boli v západnom aj východnom komíne nájdené úlomky lamiel, väčšie fragmenty, ako aj celý zub. Dentálny materiál patrila 2 – 3 jedincom. Na základe morfometrie a stupňa abrázie je možné identifikovať dospelého jedinca (<25 rokov) a mláďa do veku 1,5 roka.

Okrem mamutov sa na rovnakom mieste jaskyne našli fosilné zvyšky minimálne 13 druhov stavovcov (s dominanciou veľkých až stredne veľkých cicavcov), reprezentujúcich spoločenstvo stepnej až lesostepnej fauny (Čeklovský a kol., nepubl.). Rádiometrický vek nálezov (kôň a mamut) bol stanovený na 40 863 až 37 479 calBC (interštádiál Hengelo). Cieľom pokračujúceho výskumu je zistiť, či mikroklimatické podmienky Slovenského krasu a jeho okolia umožňovali prítomnosť megafauny posledného glaciálu dlhodobo alebo sporadicky, resp. či bol len sezónnym tranzitným územím, a overiť potenciálnu interakciu paleolitického človeka (*Homo neanderthalensis?* *H. sapiens?*) s mamutmi v danom regióne.

**Podakovanie.** S úctou ďakujeme jaskyniarom (Z. Hochmuth, J. Mikloš, S. Danko, N. Lacko, P. Ferko, J. Šupinský), bez ktorých by tento výskum nebol možný. Ďakujeme aj vedeniu SMOPaj za umožnenie terénneho výskumu. Rádiokarbónové a izotopové analýzy sa realizovali vďaka finančnej podpore Archeologického ústavu SAV v Nitre (M. Soják).

## Literatúra

- BÁRTA, J. 1965. Príspevok k pravekému osídleniu jaskýň Domickej sústavy. Slovenský kras 1963-1964, 5 (1963–1964), 58–73.
- BENICKÝ, V. 1935. Nové výzkumy v jaskyni Domici. Letem světem, 9, 14, 15. 1935, 14.
- GAÁL, L. – ŠABOL, M. – VLČEK, M. – KOVÁČOVÁ, M. 2013. Fosílie slovenských jaskýň. Aragonit, 18, 1, 3–17.
- HOCHMUTH, Z. 2020. Mamut v Domici. Spravodaj Slovenskej speleologickej spoločnosti, 51, 3, 68–71.
- KETTNER, R. 1936. Přehled dosavadní výzkumné činnosti Krasové komise KČST. Krásky Slovenska, 15, 71–79.

## HYDROGEOLOGIA A HYDROGEOCHEMIA

### MONITORING CHEMICKÉHO ZLOŽENIA A KVALITY VÔD OCHTINSKEJ ARAGONITOVEJ JASKYNE A VYBRANÝCH JASKÝŇ ŠTOLNE KAPUSTA (2017 – 2018)

Dagmar Haviarová

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

Ochtinská aragonitová jaskyňa a štôlna Kapusta sú súčasťou Ochtinského kryptokrasu, ktorý je situovaný vo východnej časti Revúckej vrchoviny, medzi Jelšavou a Štítnikom, na severozápadnom svahu Hrádku (Jakál, 1993). Na geologickej stavbe predmetného územia sa podieľajú dve stratigrafické jednotky gemerika: drnavské súvrstvie gelnickej skupiny spodnodevónskeho veku (sericiticko-grafitické fylity, chloriticko-sericitické a piesčité fylity, karbonátové šošovky zastúpené okrami, kremencami, limonitovými zvyškami a ojedinele vápencami) a nadložné rožňavské súvrstvie gočaltovskej skupiny permského veku (droby, metamorfované konglomeráty) (Gaál, 2004). Časť vápencov je metasomaticky zmenená na siderit a ankerit, ktoré sú miestami následkom oxidácie rozpadnuté na oker (Gaál a Ženiš, 1986; Gaál, 1996). Priestory Ochtinskej aragonitovej jaskyne a jaskýň štôlna Kapusta sú vytvorené v šošovkách kryštalických vápencov (mramorov).

Monitorovacie práce, ktorých výsledky sú predmetom prezentovaného príspevku, nadviazali na hydrochemický výskum vôd realizovaný v Ochtinskej aragonitovej jaskyni v rokoch 1999 a 2002 (Peško, 2002; Haviarová a Peško, 2004). Cieľom prác bolo spresniť niektoré vlastnosti chemického a mikrobiologického zloženia jaskynných vôd, posúdiť ich aktuálnu kvalitu a zhodnotiť trend vývoja od roku 2002. Monitoring bol rozšírený aj o odbery vôd z vybraných jaskýň v štôlni Kapusta, kde doteraz absentovali podrobnej-

šie chemické analýzy. Porovnaním chemického zloženia vôd jaskýň zo štólne Kapusta s vodami v Ochtinskej aragonitovej jaskyni prinášame komplexnejší pohľad na chemické zloženie vôd jaskýň situovaných na severovýchodnom svahu Hrádku.

Počas monitorovacieho obdobia (2017 – 2018) sa postupne odobralo 23 vzoriek jaskynných vôd. V roku 2017 boli odbery sústredené len na Ochtinskú aragonitovú jaskyňu, v roku 2018 sa odbery rozšírili o vody z troch jaskýň v štólne Kapusta – zo Suchej festivalovej jaskyne, Jazernej jaskyne a Vodopádovej jaskyne. Zo všetkých odobratých vzoriek boli spracované základné fyzikálno-chemické analýzy (teplota vody, pH, elektrolytická vodivosť, oxidačno-redukčný potenciál,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Fe}$ ,  $\text{Mn}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CHSK}_{\text{Mn}}$ , voľný a agresívny  $\text{CO}_2$ ), ktoré sa v 18 prípadoch doplnili analýzami vybraných kovov (Cu, Hg, Sb, Pb, Zn, Ni, Ag) a v 12 prípadoch aj mikrobiologickými analýzami (*Escherichia coli*, koliformné baktérie, kultivovateľné mikroorganizmy pri 22 a 36 °C, enterokoky).

Vody Ochtinskej aragonitovej jaskyne aj štólne Kapusta boli stredne mineralizované, s mineralizáciou od 201 do 340  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ . Priemerná hodnota pH vôd (7,7 – 7,9) zodpovedala ich alkalickému charakteru. Ani v jednej z monitorovaných jaskýň štólne Kapusta sa nepreukázala prítomnosť kyslých, silne mineralizovaných chloridovo-síranových vôd, ktoré boli podľa Rajmana et al. (1990) dokumentované v niektorých častiach masívu Hrádku. V jaskyniach bol potvrdený výskyt vôd s karbonátogénnou mineralizáciou Ca-Mg-HCO<sub>3</sub> typu (prevládajúci chemický typ na princípe prevládajúcich iónov s kritériom ekvivalentného podielu zložiek nad 20 c-z %), respektíve Ca-HCO<sub>3</sub> typu. Ca-HCO<sub>3</sub> typ dominoval v jaskyniach štólne Kapusta, ktorých priesakové vody mali v rámci všetkých odborných miest najnižšie hodnoty rMg/rCa (do 0,3). Všetky odborné miesta sa vyznačovali pomerne vysokou mierou korelácie chemického zloženia vôd. Na miernu diverzifikáciu poukázali výsledky klastrovej analýzy. V rámci Ochtinskej aragonitovej jaskyne mali priesakové vody porovnateľnú mineralizáciu (269 – 301  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ) s predikciou vyššej mineralizácie pri menej intenzívnom priesaku. Vyššie mineralizované boli vody sintrového jazierka (336 – 340  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ), najnižšia mineralizácia bola pri vodách jazera v Hlbokom dome (226 – 242  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ). Vody v jaskyniach štólne Kapusta mali nižšiu mineralizáciu (201 – 240  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ). Chemické zloženie vôd v jazerách Jazernej jaskyne koreluje s chemickým zložením vôd jazierka Hlbokého domu, čo môže indikovať ich rovnaký pôvod. Priemerné zastúpenie hlavných kationtov na všetkých sledovaných lokalitách bolo v poradí  $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{K}^+ > \text{NH}_4^+$ , pri aniónoch platí  $\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{NO}_3^- > \text{Cl}^-$ . Koncentrácie stanovených kovov boli vo vodách Ochtinskej aragonitovej jaskyne aj štólne Kapusta nízke. Výnimkou boli len vody sintrového jazierka na okraji Hviezdnjej siene v Ochtinskej aragonitovej jaskyni, kde sa zistili oproti ostatným lokalitám vyššie hodnoty Cu, Ni a čiastočne Zn. Ich zdroj predstavujú pravdepodobne mince, ktoré sa v jazierku nachádzajú.

Z hľadiska nasýtenia jaskynných vôd voči kalcitu a dolomitu platí istá priestorová aj časová heterogenita. Pri kalcite a dolomite prevládala pri vodách Ochtinskej aragonitovej jaskyne rovnovážny stav s najnižšími hodnotami pri podzemnom jazierku v Hlbokom dome. Vody z jaskýň štólne Kapusta boli voči dolomitu viac nedosýtené. Nedosýtenie voči sadrovcu a sideritu bolo znakom všetkých sledovaných vôd.

Kvalitatívne vlastnosti vôd Ochtinskej aragonitovej jaskyne v rozsahu sledovaných parametrov ostávajú v porovnaní s analýzami z rokov 1999 až 2002 viac-menej zachované, s koncentraciami bežných polutantov pod hranicou medzných hodnôt stanovených vyhláškou MZ SR č. 247/2017 Z. z. (s výnimkou prekročenia najvyššej medznej hodnoty Ni pri anorganických ukazovateľoch v krasovom jazierku).

Z mikrobiologickej stránky boli sledované vody pomerne dobrej kvality, občasne prekračujúce medzné hodnoty vyhlášky. Z mikrobiologických ukazovateľov sa zistila najmä prítomnosť psychrofilnej mikrobioty. Kultivovateľné mikroorganizmy pri 22 °C boli potvrdené hlavne vo vodách jazera Hlbokého domu s počťnosťou od 86 do 3300 KJ na 1 ml. V priesakových vodách sa vyskytovali predovšetkým v jaskyniach štólne Kapusta. Vody jazera Hlbokého domu mali preukázanú aj nízku prítomnosť kultivovateľných mikroorganizmov pri 36 °C (do 10 KJ/1 ml). Ostatné stanovené mikrobiálne ukazovatele sa v jaskynných vodách nevyskytovali vôbec alebo len v minimálnej početnosti.

Vyhlásenie ochranného pásma Ochtinskej aragonitovej jaskyne v roku 2009 a napĺňanie jeho legislatívnych podmienok sa tak javí ako vhodný nástroj na ochranu kvality jaskynných vôd tejto unikátnej lokality.

#### Literatúra

- Gaál, L. 1996. Prieskum a ochrana aragonitových jaskýň v okolí Hrádku. In Bella, P. (Ed.): Sprístupnené jaskyne – výskum, ochrana a využívanie. Zborník referátov z odborného seminára (Medzev 18. – 20. 9. 1996). SŠJ, Liptovský Mikuláš, 130–133.
- Gaál, L. 2004. Geológia Ochtinskej aragonitovej jaskyne. Slovenský kras, 42, 37–56.
- Gaál, L. – Ženíš, P. 1986. Kras Revúckej vrchoviny. Slovenský kras, 24, 27–60.
- Haviarová, D. – Peško, M. 2004. Základná charakteristika vôd Ochtinskej aragonitovej jaskyne. Slovenský kras, 42, 99–107.
- Jakál, J. 1993. Geomorfológia krasu Slovenska. Mapa 1 : 500 000. Slovenský kras, 31, 13–28.
- Peško, M. 2002. Fyzikálno-chemické vlastnosti priesakových vôd v Ochtinskej aragonitovej jaskyni. In Bella, P. (Ed.): Výskum, využívanie a ochrana jaskýň. Zborník referátov z 3. vedeckej konferencie (Stará Lesná 14. – 16. 11. 2001). SŠJ, Liptovský Mikuláš, 108–111.

Rajman, L. – Roda, Š. – Roda, Š. ml. – Ščuka J. 1990. Fyzikálno-chemický výskum krasového fenoménu Ochtinskej aragonitovej jaskyne. Závěrečná správa úlohy 2.3.3. SMOPaJ, Liptovský Mikuláš, 47 s. + prílohy

## HYDROLOGIE KRASOVÝCH VOD V OBLASTI NANZHENG, PROVINCIE SHAANXI, STŘEDNÍ ČÍNA

David Havlíček<sup>1</sup> – Michal Filippi<sup>2</sup> – Zdeněk Motyčka<sup>3</sup>  
– Kateřina Havlíčková<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Department of Inorganic Chemistry, Faculty of Science, Charles University, Albertov 6, 12 843 Praha 2; havlicek@natur.cuni.cz

<sup>2</sup>Institute of Geology of the Czech Academy of Science, Rozvojová 269, 165 00 Praha 6; filippi@gli.cas.cz

<sup>3</sup>Czech Speleological Society, Na Březince 1513/14, 150 00 Praha 5; z.motycka@mediiform.cz

<sup>4</sup>Forestry and Game Management Research Institute, Strnadý 136, 252 02 Jiloviště; havlickova@vulhm.cz

Speleologický projekt „Shaanxi“ byl založen v květnu 2016 a na základě studia satelitních snímků, následného průzkumu a dokumentace byly objeveny čtyři nové slibné krasové oblasti jižně od Hanzhong City v provincii Shaanxi. Uvedené oblasti byly pojmenovány podle názvů okresů, v nichž se nacházely. Krasová oblast Nanzheng byla studována nejpodrobněji včetně analýz krasových vod a mineralogického složení hornin. Na základě dat z oblasti Nanzhengu bylo lokalizováno přes 50 otevřených závrtů a bylo objeveno více než 20 jeskyní, některé s obrovskými podzemními domy a s potenciálem desítek kilometrů délky. Zatím nejdelší jeskyně v oblasti je zatím třináctikilometrová Tianxingyan Cave. Sestává z koridoru tvořeného několika obrovskými domy, přičemž nejméně dva z nich přesahují 200 m délky, 100 m šířky a 70 m výšky (obr. 1). Systém obsahuje i několik bočních chodeb různé stáří a charakteru. Na základě dosavadního průzkumu lze jednoznačně říci, že uvedená oblast nabízí velký potenciál ke krasologickým, paleontologickým i archeologickým studiím a bezesporu také k turistickému využití.

Součástí výzkumu oblasti bylo hydrologické studium s využitím stopovacích zkoušek a analýz podzemních vod. Z hydrografického hlediska jsme v oblasti studovali celkem čtyři hydrografické systémy (obr. 2): 1) SkyStar, R1, Boniukeng, Guanyindong à Baishui Dong (vzorky 20, 27, 28, 11, 5, 6, 7 a 8 à 15); 2) Dafodong à Guanyin Temple (elektrárna) (vzorky 18, 19, 23 a 24 à 13); 3) Guanyin Temple (vzorky 16, 21, 25 a 26); 4) Diaodong, Res. 2 (vzorky 9 a 10) a dále vody z izolovaných pramenů bez potvrzených hydrografických souvislostí: Vývěr „V dědině“ (Yudong res., vzorek 2), Vývěr R4 „Long Wand Miao Dong“ (vzorek 14), Vývěr „U mloků“ (Salamander res., vzorek 12) a Vývěr „Drak“ (vzorek 17).

Stopovací zkoušky a analýzy vod. Na odtoku jeskyně Boniukeng (asi 100 m od vchodu) jsme v květnu 2018 vylili roztok 2 kg fluoresceinu rozpuštěného v minimálním množství 40 % alkoholu a zředěného vodou na 10 l. Kapsle naplněné aktivním uhlím byly umístěny do čtyř hlavních vývěrů podél masívu Daya Mt. (Guanyin Temple, Dafodong, Baishuidong a Longwangmiaodong). Kapsle byly vybrány 7 dnů po obarvení a odvezeny k analýze do laboratoře. V srpnu 2018 použil čínský tým vedený Shen Haoyungem (Shen et al., 2019) různá barviva (sodná sůl fluoresceinu, rhodamin B a molybdenan amonný) k injektáži do Boniukengu, SkyStaru, Guanyindongu a Xiaoshuidongu. Detekce byla prováděna vysoce citlivými automatickými fluorimetrii umístěnými v Guanyin Temple, Baishuidongu, Longwangmiaodongu a Yudong res. Údaje z automatických fluorimetrů byly sledovány v období od 16. srpna do 17. října.

Další stopovací zkoušku jsme provedli v hydrografickém systému 4. Do „Malého ponoru“ nad jeskyní Diaodong jsme nalili 20 litrů nasyceného vodného roztoku soli kuchyňské (NaCl) 7. května 2018 v 9:20. Od 9:40 jsme sledovali vodivost vody ve vývěru R2 konduktometrem každých 15 minut až do 17:00.

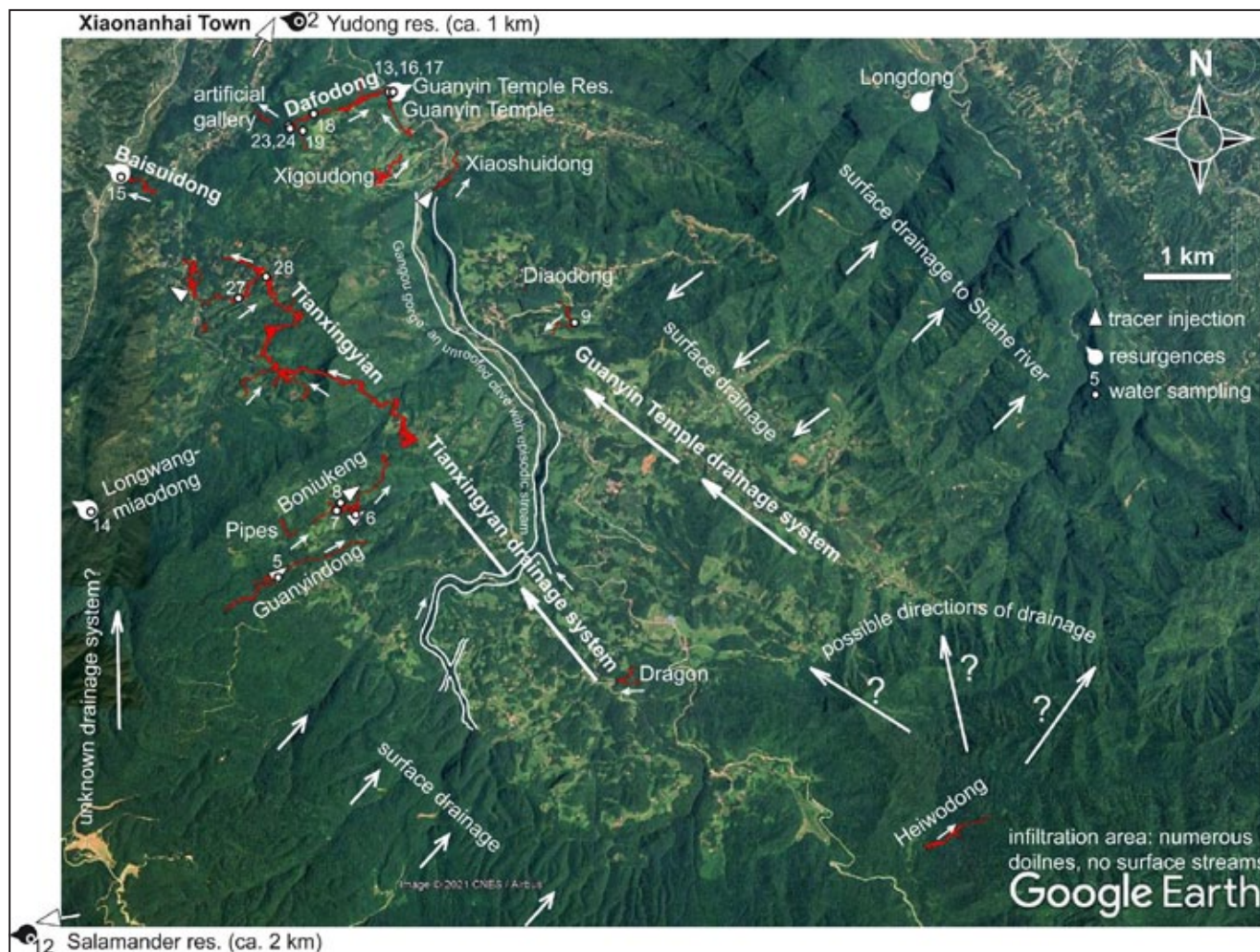
K objasnění komunikace podzemních vod ve výše zmíněných hydrografických systémech jsme po ukončení období dešťů v dubnu 2018 odebrali v období od 29. 4. do 5. 5. vzorky vod ze 21 odběrných míst. V uvedené době panovalo stabilní počasí téměř beze srážek a nedocházelo ke změně průtoků na odběrných místech. Většina odběrných míst je vyznačena v obr. 2, výsledky analýz jsou uvedeny v tab. 1.

Vodivost byla měřena na přístroji Orion 3 star (013005 MD) a pH na přístroji Orion 4 star, anionty byly stanoveny iontovou chromatografií na koloně PRP-X110S (Hamilton), kationty byly analyzovány ICP na přístroji Agilent 5110 VDV ICP-OES a celková alkalita byla stanovena na přístroji 798 MPT Titrino (Metrohm).

Výsledky a diskuse. Provedené stopovací zkoušky v 1. hydrografickém systému ukázaly, že krasové vody z Boniukengu, SkyStaru a Guanyindongu vyvěrají ve vývěru Baishuidong. Kromě vyhodnocení automatickými fluorimetrii a laboratorní detekcí na kapslích s aktivním uhlím bylo možné sledovat fluoresceinové barvivo z Boniukengu i vizuálně v hlavním kridoru Tianxingyan Cave. Poněkud překvapivá je však interpretace čínských kolegů (Shen et al., 2019), že za vysokých vodních stavů je horní část SkyStaru částečně odvodňována také do Longwangmiaodongu. O něco méně překvapivá je i prítomnosť vody z Guanyindongu v horních partiách jižně větve Boniukengu. Obě jeskyně běží



Obr. 1. Hlavní koridor jeskyně Tianxingyan. Foto: J. Sirotek



Obr. 2. Mapa oblasti Nanzheng

Tab. 1. Výsledky analýz

Sample No.	pH	Total alkalinity	Calculated corrected conductivity	Measured corrected conductivity	Ca <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	S-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Al	Fe	Cu	Mn	Zn
			μS cm <sup>-1</sup> 25°C	μS cm <sup>-1</sup> 25°C												
		Mmol.L <sup>-1</sup>	μS cm <sup>-1</sup> 25°C	μS cm <sup>-1</sup> 25°C	mg.L <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	mg.L <sup>-1</sup>
2	7.76	2.861	286	312	50.09	0.41	6.47	1.13	0.45	1.348	2.98	0.044	0.011	<0.005	<0.002	<0.006
5	8.01	1.792	172	184	32.54	0.33	1.24	0.83	0.08	0.380	1.25	0.026	<0.007	<0.005	<0.002	<0.006
6	7.91	2.145	217	230	40.82	0.41	2.37	1.40	0.38	1.425	1.45	0.029	<0.007	0.008	<0.002	<0.006
7	7.80	1.830	182	191	34.21	0.31	1.78	1.07	0.14	0.673	1.28	0.030	<0.007	<0.005	<0.002	<0.006
8	7.90	1.869	192	200	34.41	0.72	2.52	1.08	0.36	1.135	2.00	0.049	0.011	<0.005	<0.002	0.006
9	8.04	2.404	240	252	43.29	0.60	3.11	1.50	0.51	1.595	2.22	0.031	<0.007	<0.005	<0.002	<0.006
10	8.12	2.677	262	268	48.61	0.62	2.82	1.62	0.68	1.706	2.01	0.037	<0.007	<0.005	<0.002	<0.006
11	8.15	3.852	356	374	58.27	0.59	10.73	1.19	1.01	1.043	3.14	0.025	<0.007	<0.005	<0.002	<0.006
12	7.21	1.212	140	144	21.89	0.59	2.98	1.34	0.17	0.900	2.92	0.032	<0.007	<0.005	<0.002	<0.006
13	7.66	2.393	237	244	41.81	0.38	4.34	0.83	0.38	0.931	2.45	0.168	0.105	<0.005	0.002	<0.006
14	7.74	1.599	167	173	30.76	0.30	1.39	0.73	0.25	1.350	1.70	0.093	0.038	<0.005	<0.002	<0.006
15	7.34	2.321	233	245	40.52	0.54	4.82	0.98	0.60	0.922	2.40	0.074	0.029	<0.005	<0.002	<0.006
16	7.62	1.948	203	210	34.90	0.41	3.96	0.77	0.23	0.954	2.74	0.052	0.017	<0.005	<0.002	<0.006
17	7.94	2.876	275	290	49.89	0.28	5.04	1.09	0.35	0.587	2.53	0.070	0.033	0.009	<0.002	0.007
18	8.12	3.171	293	310	52.95	0.29	5.27	0.98	0.33	0.724	2.23	0.049	0.019	<0.005	<0.002	<0.006
19	7.85	2.027	211	220	36.09	0.53	4.30	0.85	0.31	1.246	2.59	0.175	0.108	<0.005	<0.002	<0.006
20	8.03	3.065	302	318	51.77	0.74	6.74	1.44	1.03	1.312	3.52	0.025	<0.007	<0.005	<0.002	<0.006
23	7.92	2.343	238	251	38.85	0.32	6.57	0.83	0.16	1.554	2.46	0.140	0.076	<0.005	<0.002	<0.006
24	7.83	3.178	299	317	55.71	0.28	4.94	1.04	0.19	0.703	2.20	0.048	0.017	0.008	<0.002	0.006
27	8.16	3.307	321	339	54.33	0.78	7.64	1.78	1.46	1.178	3.64	0.030	<0.007	<0.005	<0.002	<0.006
28	8.00	2.339	232	240	38.65	0.47	5.71	0.99	0.36	0.877	2.39	0.105	0.052	<0.005	<0.002	<0.006

paralelně a z jejich map vyplývá, že by se jejich vody měly spojit až na hlavním koridoru Tianxingyan Cave, poté, co dorazí do hlavního kolektoru směřujícího od jihovýchodu. Z mapy (obr. 2) také vyplývá, že obě jeskyně jsou pouze bočními přítoky hlavního kolektoru, kterým od jihovýchodu přitéká značné množství vody. Nicméně chemické složení vody v obou jeskyních se skutečně příliš neliší a z tohoto pohledu může voda v jižní větvi Boniukengu pocházet z Guanyindongu. Ale aby voda v Tianxingyan Cave mohla pocházet z Boniukengu a Guanyindongu, je třeba, aby přijala přítoky s vyšší mineralizací. Jímí mohou být např. levostranné přítoky o podobném složení jako má jediný analyzovaný vodní zdroj v uvedené oblasti (R1) a/nebo je více mineralizovaná i voda přitékající hlavním kolektorem od jihovýchodu, jejíž složení bohužel neznáme. Pokud se zaměříme na komunikaci mezi Tianxingyan Cave a vývěrem R3 (Baishuidong), musí kromě vody ze SkyStaru za odtokovým sifonem přijmout i neznámý přítok s nižší mineralizací.

Třetí hydrografický systém na základě obarvení molybdenem amonným jednoznačně ukazuje na spojení Xiaoshuidongu s vývěrem Guanyin Temple. Hydrologické spojení je nicméně relativně slabé, pokud nepříší. Xiaoshuidong je totiž převážně suchý závrt na konci krasového údolí Gangou.

Stopovací zkouška chloridem sodným ve 4. hydrografickém systému jednoznačně potvrdila, že voda z „Malého ponoru“ nevytéká ve vývěru R2, ale teče do horních partií jeskyně Diaodong, což je jediný další známý vodní tok v oblasti.

Závěrem ještě shrňme základní poznatky o chemii krasových vod v celé oblasti: Srovnáním změřené celkové alkalinity s alkalinitou vypočtenou ze stanovených obsahů vápníku a hořčíku lze jednoznačně říci, že všechny sledované vody jsou autochtonní. V několika málo vzorcích je vypočtená alkalinita o něco málo vyšší, což svědčí o nekarbonátovém původu vápníku a hořčíku. Jejich zdrojem jsou v těchto případech nejspíš síraný. Vzorky s nejvyšším molárním poměrem hořčíku a vápníku (nejvíce dolomitizované) pocházejí ze SkyStaru a vzorky nejméně dolomitizované z Guanyindongu a Boniukengu. Podobně nalezneme nejvyšší obsahy síranů v oblasti SkyStaru a nejnižší v Guanyindongu a Boniukengu. V posledních uvedených příkladech je jejich přítomnost nejspíše způsobena pouze kyselými dešti. To je ostatně v souladu s faktem, že obě zmíněné jeskyně tvoří nejvyšší část celého systému. Obsahy síranů v kyselých dešťových vodách ve střední Evropě ostatně dosahují podobných hodnot – cca 2 mg.L<sup>-1</sup> (Hůnová et al., 2004). Pokud jde o dusičnan, jejich obsah leží pod hodnotami, které ve střední Evropě odpovídají kyselým deštům. Jejich případný vyšší obsah může být způsoben oxidací amonných iontů pocházejících z hnojení obdělávané půdy (zejména oblast Boniukengu a Diaodongu). Druhý hydrografický systém (oblast Dafodongu) je charakteristický vysokou alkalinitou a vysokým molárním poměrem Mg/Ca způsobeným vysokým obsahem dolomitu v hornině. Vzhledem k vyššímu obsahu hliníku, železa a také dusičnanů lze předpokládat, že voda protékající Dafodongem prošla silnou vrstvou (hnojené) půdy, nežli se dostala do vápenců. Ostatně podle množství vody protékající Dafodongem, morfologie terénu i distribuce jeskyní se zdá, že Dafodong není aktivní vývěrovou jeskyní, ale spíše fosilní částí odvodnění jeskyně Tianxingyan.

#### Literatura

- SHEN, H. – ZHAI, X. – ZHANG, Y. 2019. Report on Hydrogeological and Environmental Geological Survey of Karst Area in South Central Shaanxi. Institute of Karst Geology of Chinese Academy of Geological Sciences, unpubl. rep., pp. 165–179. [in Chinese]
- HŮNOVÁ, I. – ŠANTROCH, J. – OSTANICKÁ, J. 2004. Ambient air quality and deposition trends at rural stations in the Czech Republic during 1993 – 2001. *Atmospheric Environment*, 38, 6, 887–898.

## CONTINUOUS MONITORING OF THE HYDROGEOCHEMICAL PROPERTIES OF THE AMATÉRSKÁ CAVE WATERS

Pavel Pracný<sup>1</sup> – Veronika Synková<sup>1</sup> – Zdeněk Roubal<sup>2</sup>  
– Marek Lang<sup>1</sup> – Zoltán Szabó<sup>2</sup> – Radim Kadlec<sup>2</sup> – Jiří Faimon<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Geological Sciences, Faculty of Science, Masaryk University, Kotlářská 267/2, 611 37, Brno, Czech Republic; pracny@sci.muni.cz

<sup>2</sup>Department of Theoretical and Experimental Electrical Engineering, Brno University of Technology, Technická 3082/12, 616 00 Brno, Czech Republic

In the period from June 2020 to June 2022, continuous monitoring of the cave environment parameters was carried out in the Amatérská Cave (Moravian Karst, Czech Republic) to assess the risk factors associated mainly with the surface above the cave. The research was carried out both by monthly sampling of the cave water, but also in the period from May 2021 using instruments specially designed to monitor the hydrogeochemical properties of drip waters (discharge, conductivity, pH, temperature). The obtained data were compared with microclimatic parameters (air temperature, air CO<sub>2</sub>) and surface parameters (precipitation, temperature, soil CO<sub>2</sub>). Monitored drips were selected with respect to their position in the cave system and the situation on the surface above the cave at four sites – E (under mixed forest), K (transition between forest and grassed area), M (grassed area) and N (former arable land).

A comparison of the monthly and continuous discharge monitoring shows that the repetitive measurements usually register the main trends, nevertheless, very large variations can occur in the intermediate period. Continuous monitoring also registers seasonal variations in parameters showing differences between the monitored sites.

In terms of discharge, most drip waters showed a relatively high variability – while the discharge was high at the beginning (1 – 2.5 l/hr), the overall trend was diminishing, with values between 0.01–1 l/hr towards the end. While E showed the highest and most stable values, while M (which temporarily completely dried up) and N the greatest decline. The situation is probably influ-

enced by the above-average rainfall/infiltration year 2020 (in the context of recent droughts). In addition, there is a clear trend in conductivity (with max. in summer and min. in winter), which is also usually positively correlated with discharge. The pH is very stable in some waters (e.g., E), while in others it shows strong seasonality (e.g., M shows difference of up to 0.6 between summer and winter), which is most probably tied to CO<sub>2</sub> variations. In terms of the response of water properties to surface conditions, most drips show no direct correlation with precipitation, with only one (N) showing a very weak correlation (corr. coeff. 0.11). It can be inferred from cross-correlations that the hydrological response in drips lags 2 – 3 days after rainfall. All drip-sites show seasonal variations in supersaturation with respect to calcite (max. in winter, min. in summer). Sites K and M showed long periods when water can be significantly aggressive.

The authors would like to thank the Administration of Protected Landscape Area Moravian Karst for their cooperation in the research and the Moravian Karst Caves Administration for providing data from a weather station. This project is co-financed from the state budget by the Technology agency of the Czech Republic.

## VÝHODY PŘÍSTROJE KAPKOMETR S KONTINUÁLNÍM JESKYNNÍM MONITORINGEM PŘI ZJIŠŤOVÁNÍ VZTAHŮ MEZI KONCENTRACÍ CO<sub>2</sub> VE VZDUCHU A PH SKAPOVÉ VODY

Zdeněk Roubal<sup>1</sup> – Zoltán Szabó<sup>1</sup> – Radim Kadlec<sup>1</sup>  
– Pavel Pracný<sup>2</sup> – Marek Lang<sup>2</sup>  
– Jiří Faimon<sup>2</sup> – Veronika Synková<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ústav teoretické a experimentální elektrotechniky, Vysoké Učení technické v Brně, Technická 3082/12, 616 00 Brno, Česká republika; roubalz@vutbr.cz

<sup>2</sup> Ústav geologických věd, Přírodovědecká fakulta, Masarykova Univerzita, Kotlářská 267/2, 611 37 Brno, Česká republika

Zjišťování vzájemných korelací mezi souvisejícími veličinami v prostředí jeskyní se v případě využití metody trasování potýká s mnoha problémy. Je ovlivněno pobytem vědeckého pracovníka a jeho vlivem na jeskynní mikroklima, dále je často třeba provést kompromis u doby měření vzhledem k ustalování měřícího senzoru. Při hledání vzájemných souvislostí mezi koncentrací CO<sub>2</sub> jeskynní atmosféry a pH skapové vody je u měření CO<sub>2</sub> rozhodující rychlé měření při příchodu na měřící místo, u měření pH se projevuje pomalé ustalování difúzních potenciálů pH sondy. Proto lze získat daleko lepší data využitím kontinuálního monitoringu. Byla sestavena měřící aparatura Kapkometru postavená na platformě Arduino umožňující získat výrazným způsobem lepší vzhled do vzájemné souvislosti CO<sub>2</sub> a pH. Při jeho návrhu bylo upraveno správné pořadí měření sledovaných veličin skapové vody a přidána možnost pravidelného odběru skapové vody pro hydrochemickou analýzu. Senzor CO<sub>2</sub> je umístěn v samostatné meteostanici a je nutné v něm pravidelně vyměňovat silikagel. V Amatérské jeskyni byl tento Kapkometr instalován a získaná data pravidelně analyzována. Zároveň s kontinuálním měřením probíhalo i trasování CO<sub>2</sub> a pH. Porovnáním obou metod bylo možné určit limity metody trasování při zjišťování trendů obou veličin, zároveň trasování pH sloužilo ke korekci kontinuálního měření pH v Kapkometru. U měření pH byla navržena metodika správné kalibrace a v časových intervalech 6 měsíců docházelo k nutnému odstraňování sintrů na speciální pH sondě a její rekalibraci. Získané výsledky ukazují na detekci velmi malých denních variací hodnot pH (méně jak 0,05) i CO<sub>2</sub> (méně jak 500 ppm) v měřicím bodě. Bez využití technik snižujících šum a zvyšující stabilitu naměřené hodnoty pH by se vzhledem k malým změnám hodnoty pH nedošlo k zajímavým závěrům. Budou prezentována měření od dubna 2021 do června 2022.

## CHEMISTRY OF DRIPWATER IN CAVES LOCATED IN A NATIONAL PARK AND URBAN AREA – CASE STUDY FROM THE SOUTHERN PART OF THE KRAKÓW-CZĘSTOCHOWA UPLAND, POLAND

Jakub Wcisło<sup>1</sup> – Michał Gradziński<sup>1</sup> – Łukasz Jelonkiewicz<sup>2</sup>  
– Jacek Motyka<sup>3</sup> – Mirosław Żelazny<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Institute of Geological Sciences, Jagiellonian University, Gronostajowa 3a, 30-387 Kraków, Poland

<sup>2</sup> Institute of Geography and Spatial Management, Jagiellonian University, Gronostajowa 7, 30-387 Kraków, Poland

<sup>3</sup> Faculty of Geology, Geophysics and Environmental Protection, AGH University of Science and Technology, Aleja Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Poland

Pollutants spread much easier and faster in relatively large karst voids and fractures than in non-karstic aquifers (Kačaroğlu, 1999). Therefore, it is necessary to investigate and monitor anthropogenic impact on karst water chemistry.

The study area is located in southern Poland, within the southern part of Kraków-Częstochowa Upland. The upland is built of Upper Jurassic carbonates within which karst caves are developed. Based on the land use, size of the caves and accessibility of archival data on dripwater chemistry four caves were selected to investigate: two in the protected area (Ojców National Park; Jaskinia Łokietka – Łokietek's Cave and Jaskinia Ciemna – Ciemna Cave) and two in the urban area (Kraków city; Jaskinia Twardowskiego – Twardowski's Cave and Smocza Jama – Dragon's Den).

In order to collect vadose zone water samples in the caves, the polyethylene bottles were placed under each determined drip site. Field measurements of pH, conductivity and HCO<sub>3</sub> concentration were performed. Collected water samples were analyzed in the Hydro-Chemical Laboratory of Institute of Geography and Spatial Management of Jagiellonian University. Ion chromatography method was used to analyze concentration of Ca, Mg, K, Na, SO<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub> and Cl. Collecting of water samples started in May 2022 and is still in progress.

K, Na, SO<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub> and Cl are ions especially considered as inorganic indicators of anthropogenic pollution (Almasri & Kaluarachchi, 2004; Schmidt et al., 2013; Torres-Martinez et al., 2020). Increased concentration of all these ions was noted in water samples from Dragon's Den. This indicates that chemistry of these waters is under a substantial influence of anthropogenic factor. In Dragon's Den these ions can be delivered from point sources such as old landfills (documented in the center of Kraków) or sewages. Non-point sources also should be taken into account: air pollution or salting roads in cold seasons can contaminate these waters.

Water samples from other investigated caves are characterized by lower concentration of anthropogenic pollution indicators. Na concentrations are at low and K are at extremely low levels, but SO<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub> and Cl are at higher levels. This suggests that chemistry of these waters also are shaped by anthropogenic activity, but to a lesser extent. SO<sub>4</sub> and Cl ions can originate directly from polluted atmosphere or from porous limestone matrix (contaminants can be stored there; Einsiedl, 2005) that has connection with active porosity. NO<sub>3</sub> in Łokietek's Cave is almost absent, but in the Ciemna and Twardowski's caves its concentration is slightly increased. NO<sub>3</sub> in these caves can originate from decaying organic matter, from the atmosphere or also from the porous rock matrix. Additionally, history of the Zakrzówek horst (there was a fortress during the First World War and then a limestone quarry) suggests that in Twardowski's cave NO<sub>3</sub> might originate from some abandoned explosive or ammunition depot (Motyka et al., 1999).

Natural (geogenic) sources of the above mentioned inorganic indicators is not taken into account, because well-known geology of this area disqualifies such a possibility. There are no rocks that could be sources of these ions, such as salt or sulfur minerals.

Almost 25 years ago a team of scientists investigated water chemistry from the same caves (Motyka et al., 1999; Kłojzy-Kaczmarczyk et al., 1999; Górny et al., 2001; Motyka et al., 2002; Rózkowski et al., 2005; Motyka et al., 2005). Comparison between modern and past data shows that investigated waters are characterized by lower concentration of ions. Na, K, SO<sub>4</sub> and Cl concentration decreased in water samples from all the selected caves. However, water chemistry changes are not drastic (for Na – max. ~ 10 mg/dm<sup>3</sup>, for K – max. ~ 25mg/dm<sup>3</sup>, for SO<sub>4</sub> – max. ~ 450 mg/dm<sup>3</sup>, for Cl – max. ~ 35 mg/dm<sup>3</sup>). The greatest changes of water chemistry are from Dragon's Den, especially SO<sub>4</sub> concentration changes. NO<sub>3</sub> concentrations also tend to decrease in all the caves except for Ciemna Cave.

Decreasing of pollution indicators is probably an effect of self-cleaning of karst system from contaminants that are stored in rock matrix and washing out of old landfills and other point source pollutants. The observed process of self-cleaning shallow karst systems indicates that the vadose zone water quality in the investigated caves should improve in the future.

The research was partially funded by The Philip M. Smith Graduate Research Grant for Cave and Karst Research provided by The Cave Research Foundation.

### References

- ALMASRI, N. M. – KALUARACHCHI, J. J. 2004. Assessment and management of long-term nitrate pollution of ground water in agriculture-dominated watersheds. *Journal of Hydrology*, 295, 225–245.
- EINSIEDL, F. 2005. Flow system dynamics and water storage of a fissured-porous karst aquifer characterized by artificial and environmental tracers. *Journal of Hydrology*, 312, 312–321.
- GÓRNY, A. – MOTYKA, J. – PARTYKA, J. – RÓZKOWSKI, K. 2001. Water quality in vadose zone in Jurassic limestones in Ojców National Park. In Partyka J. (Ed.): *Badania naukowe w południowej części Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej*, Ojców, 10–11 May 2001. Ojcowski Park Narodowy, Ojców, pp. 35–39.
- KAČAROĞLU, F. 1999. Review of groundwater pollution and protection in karst areas. *Water, Air, and Soil Pollution*, 113, 337–356.
- KŁOJZY-KACZMARCZYK, B. – KRAWCZYK, M. – MOTYKA, J. – RÓZKOWSKI, K. 1999. Concentration of selected anions in water from Łokietek's cave (Ojców National Park). In Krajewski, S. – Sadurski, A. (Eds.): *Współczesne problemy hydrogeologii IX*, Warszawa-Kielce, 15–17 September 1999. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa, pp. 439–442.
- MOTYKA, J. – BORCZAK, S. – GÓRNY, A. – KŁOJZY-KACZMARCZYK, B. – KNAP, W. – RÓZKOWSKI, K. 1999. Contaminant transport velocity through unsaturated zone of fissured-karstic formation of the Zakrzówek horst. In Kleczkowski, A. S. (Ed.): *The velocity of contaminant transport through unsaturated zone from field and laboratory experiments*. AGH University of Science and Technology, Kraków, p. 69–108.

- MOTYKA, J. – GRADZIŃSKI, M. – RÓZKOWSKI, K. – GÓRNY, A. 2005. Chemistry of cave water in Smocza Jama, City of Kraków, Poland. *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 75, 189–198.
- MOTYKA, J. – RÓZKOWSKI, K. – SIKORA, W. – GOC, J. 2002. Influence of the unsaturated zone in Upper Jurassic limestones on the chemistry of groundwater (Ojców National Park, Southern Poland). *Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego*, 404, 123–144.
- RÓZKOWSKI, J. – MOTYKA, J. – RÓZKOWSKI, K. 2005. Nitrates in water of the vadose and phreatic zones, Cracow Jurassic – Poland. In Razowska-Jaworek, L. – Sadurski, A. (Eds.): *Nitrates in Groundwater, IAH Selected Papers on Hydrology 5, Chapter 18*, Taylor & Francis Group, London, United Kingdom, 2005, pp. 177–186.
- SCHMIDT, S. – GEYER, T. – MAREI, A. – GUTTMAN, J. – SAUTER, M. 2013. Quantification of long-term wastewater impacts on karst groundwater resources in a semi-arid environment by chloride mass balance methods. *Journal of Hydrology*, 502, 177–190.
- TORRES-MARTINEZ, J. A. – MORA, A. – KNAPPET, P. S. K. – ORNELAS-SOTO, N. – MAHLKNECHT, J. 2020. Tracking nitrate and sulfate sources in groundwater of an urbanized valley using a multi-tracer approach combined with a Bayesian isotope mixing model. *Water Research*, 182, 115962.

V zime 2021/2022 sme sa lepšie pripravili na technické zlyhania. Okrem stanice pri zemi a na stĺpe sme umiestnili 1 stanicu aj vnútri jaskyne, v Rožňavskej chodbe, kde panovalo podozrenie na vývery teplého vzduchu. Podarilo sa získať dáta zo všetkých prístrojov iba s malými výpadkami. Potvrdila sa väzba na pokles povrchovej teploty pod hodnotu priemernej teploty v jaskyni (obr. 1). V Rožňavskej chodbe je intenzita prúdenia pri eventoch teploty rádoovo nižšia, reverzný tok vzduchu je zriedkavý. Dymovými skúškami sme zistili, že studený vzduch pri dynamických eventoch mizne v závale, oddeľujúcom zaľadené priestory od nezaľadených, čiastočne sa mieša so vzduchom neznámeho pôvodu a ohriaty vychádza na mieste skalného odtrhu a smeruje v stúpajúcej elevácii stropu k povrchu.

#### Literatúra

- HOCHMUTH, Z. – STANKOVIČ, J. – KRCHOVÁ, M. 2017. 3D monitoring klímy v Silickej ľadnici. *Aragonit*, 22, 2, 77.
- HOCHMUTH, Z. 2019. Využitie meteorologickej stanice WH 1090 v speleológii. *Spravodaj Slovenskej speleologickej spoločnosti*, 50, 4, 22–26.
- HOCHMUTH, Z. – ŠUPINSKÝ, J. – STANKOVIČ, J. – HALAMA, J. – KAŇUK, J. 2020. Dynamics of temperature changes in the Silická ľadnica Cave (Slovak Karst) and its influence on the ice accumulations. *Aragonit*, 25, 1, 42–43.

## SPELEOKLIMATOLÓGIA

### SLEDOVANIE CIRKULAČNÝCH POMEROV SILICKEJ ĽADNICE

Zdenko Hochmuth

*Speleoklub Univerzity P. J. Šafárika, Košice; zdenko.hochmuth@upjs.sk*

Fenomén Silickej ľadnice je v pozornosti speleologickej komunity najmä v súvislosti s úbytkom ľadovej výplne. Predchádzajúce výskumy Speleolaboratória v Gombaseku boli založené na expedičnom meraní teploty, napr. 1 x mesačne, čo nezachytávalo skutočnú dynamiku procesov otepladzovania či otepľovania vzduchovej hmoty v jaskyni.

Klimatologický a glaciologický výskum sa obnovil aktivitou speleoklubu *Minotaurus* v Rožňave a takmer súčasne aj členmi Speleoklubu UPJŠ v roku 2014. Podstatou obnovených výskumov bolo vytvoriť hustú sieť automatických záznamníkov teploty (loggerov) s krátkym intervalom ukladania dát a vytvorenie 3D dynamických modelov, umožňujúcich sledovať zmeny teploty v čase a priestore. To malo viesť k pochopeniu procesov vedúcich k oteplovaniu jaskyne a úbytku ľadu.

Konštatovali sme zaujímavé výsledky (Hochmuth et al., 2017, 2020). Boli registrované „vpády“ studeného vzduchu v zimnej dynamickej fáze. Zaujal rýchly pokles a rovnako či ešte strmší výstup rádoovo až 10 °C v priebehu niekoľkých hodín. Nedalo sa to vysvetliť ohriatím a ochladením, iba rýchlou výmenou, pohybom vzduchu. Napriek exaktnému spracovaniu a pokusom o animáciu týchto procesov v pôdoryse i profiloch boli výsledky nepresvedčivé. Preto sme realizovali v jaskyni umiestnenie anemometrov a sledovanie pohybu cirkulačných pomerov priamym kontinuálnym meraním.

Anemometer z meteorologickej stanice WH1090 (Hochmuth, 2019) sme dňa 30. 12. 2019 umiestnili na plošine vľavo od Skaly Mateja Bela. Do 10. 3. sa podarilo zaregistrovať neprerušovaný rad takmer 2,5 mesiaca.

V zime 2019/2020 sme rozvinuli výraznejšiu aktivitu s 3 prístrojmi: 1. na lúke (povrch planiny), 2. na plošine pri zemi v jaskyni, 3. pri stropě. Použili sme duralový skladací stĺp, používaný na zdolávanie komínov, vysoký cca 12 m, na vrchole ktorého bola zostava anemometra. Z rôznych technických príčin sme mali iba 1 úspešné stiahnutie dát – od 29. 3. do 1. 4. Zistili sme, že prúdenie v závislosti od zmeny teploty tu funguje analogicky ako pri zemi, samozrejme s opačným smerom prúdenia.

## BIOSPELEOLÓGIA

### ZPŘÍSTUPNĚNÉ JESKYNĚ V ČESKÉ REPUBLICE JAKO VÝZNAMNÁ ZIMOVĚŠTĚ LETOUNŮ (CHIROPTERA)

Martin Koudelka

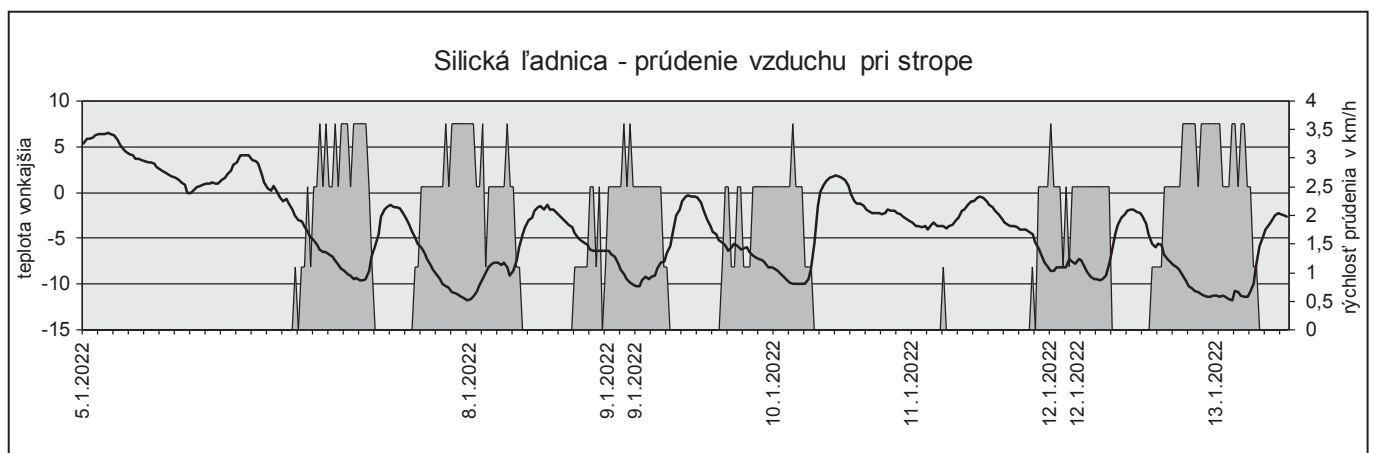
*Správa jeskyní České republiky, Květnové nám. 3, 252 43 Průhonice, Česká republika; koudelka@caves.cz*

*Česká společnost pro ochranu netopýrů, Katedra zoologie PřF UK, Viničná 7, 128 00 Praha 2, Česká republika*

Z více než 2460 jeskyní v České republice je 14 zpřístupněno veřejnosti. Všem je poskytována zákonná ochrana a většina z nich je navíc také chráněna jako evropsky významná zimoviště letounů.

Pravidelné sledování výskytu zvláště chráněných druhů živočichů patří k nejdůležitějším pilířům ochrany přírody. Dlouhodobý monitoring letounů – netopýrů a vrápenců – probíhá jednotnou metodikou na všech známých významnějších zimovištích, a to s akcentem na minimální rušení zimujících zvířat, již od 90. let 20. století. Získaná data přispívají podstatnou měrou k určení změn v rozšíření a početnosti letounů, včetně možného objasnění příčin těchto změn. Právě zpřístupněné jeskyně patří k největším zimovištím letounů v České republice vůbec.

Jedná se o tyto jeskyně (seřazeno sestupně podle počtu zimujících jedinců, průměr z posledních deseti let): Javoříčské j. 5417 ks, Sloupsko-šošůvské j. 2282 ks, Na Pomezí 902 ks, Na Turoldu 638 ks, Balcarka 268 ks, Koněpruské j. 260 ks, Kateřinská j. 242 ks, Pungevní j. 149 ks, Výpustek 148 ks, Na Špičáku 137 ks, Chýnovská j. 99 ks, Mladečské j. 50 ks a Bozkovské dolomitové j. 25 ks. Největší druhová pestrost (15 druhů) byla celkově zaznamenána ve Sloupsko-šošůvských jeskyních. Vzhledem k velmi podobné teplotě (většinou 7 – 9 °C) i vlhkosti vzduchu ve všech jeskyních není velkým překvapením skutečnost, že jsou v nich dominantní tři druhy, a to vrápenec malý (*Rhinolophus hipposideros*), netopýr velký (*Myotis myotis*) a netopýr brvitý (*Myotis emarginatus*), typické jeskynní druhy letounů. A jaký je podíl zvířat ze zimovišť ve zpřístupněných jeskyních ve srovnání s dalšími lokalitami s pravidelným monitoringem? Lze konstatovat, že zejména u druhů výše uvedených



Obr. 1. Prúdenie vzduchu pri stropě Silickej ľadnice a vonkajšia teplota vzduchu



velmi významný. Více než třetina (35,6 %) vrápců malých a téměř třetina (30,4 %) netopýřů brvitých zimuje v pouhých 14 lokalitách!

Počet hibernujících letounů ovlivňuje celá řada faktorů. K nejdůležitějším patří nevhodné zásahy do mateřských kolonií. Všechny tři při zimování nejpočetnější druhy je obvykle vytvářejí na půdách budov. Při ochraně zimovišť je tedy nutné znát a sledovat letní kolonie v dosahu. Neméně důležitým faktorem mohou být regionální klimatické podmínky, které významně ovlivňují potravní nabídku v době porodu a odchovu mláďat, jejich vitalitu a mortalitu.

Obdobně nelze jednoznačně hodnotit vliv návštěvnosti na populaci letounů v zimním období, protože podmínky jsou v jednotlivých jeskyních různé. V Javoříčských jeskyních zůstávají i při zimním provozu asi dvě třetiny jedinců na návštěvnické trase (15 % délky jeskyně), i když by si zvířata mohla zvolit i stanoviště mimo ni. Má tedy případný provoz jeskyně v zimním období vliv na početnost populací netopýřů? Může mít, někde více, někde méně. Je nutné zcela uzavírat jeskyně v zimním období pro návštěvníky? Některé ano, jiné ne. Každou lokalitu je třeba hodnotit individuálně, podle její velikosti, potenciálního počtu návštěvníků v období hibernace letounů, možnosti využití alternativních úkrytů. Jen v zimním období se mohou běžní návštěvníci k těmto zajímavým živočichům přiblížit v jeskyních „na dosah“, s pomocí průvodců si k nim vytvořit kladný vztah a pochopit jejich důležitou roli v ekosystému. Tím pomoci chránit nejen je, ale i lokality, na kterých se s nimi mohou setkat.

## PREDBEŽNÁ FAUNISTICKÁ A BIOGEOGRAFICKÁ ANALÝZA JASKÝŇ MALÝCH KARPÁT

Andrej Mock<sup>1</sup> – Andrea Parimuchová<sup>1</sup> – Natália Raschmanová<sup>1</sup>  
– Peter Luptáčik<sup>1</sup> – Vladimír Papáč<sup>2</sup> – Miloš Melega<sup>2</sup>  
– Michal Rendoš<sup>3</sup> – Zuzana Višňovská<sup>2</sup> – Vladimír Košel<sup>4</sup>  
– Peter Fendá<sup>5</sup> – Tomáš Jászay<sup>6</sup> – Zuzana Krumpálová<sup>7</sup>  
– Lubomír Kováč<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Katedra zoológie, Ústav biologických a ekologických vied, Prírodovedecká fakulta, Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach, Šrobárova 2, 041 54 Košice; andrej.mock@upjs.sk

andrea.parimuchova@upjs.sk, natalia.raschmanova@upjs.sk, peter.luptacik@upjs.sk, lubomir.kovac@upjs.sk

<sup>2</sup>Štátna ochrana prírody Slovenskej republiky, Správa slovenských jaskýň, Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš; vladimir.papac@ssj.sk, milos.melega@ssj.sk, zuzana.visnovska@ssj.sk

<sup>3</sup>Katedra ekológie, Fakulta humanitných a prírodných vied, Prešovská univerzita v Prešove, Ul. 17. novembra 1, 081 16 Prešov; michal.rendos@unipos.sk

<sup>4</sup>Nad lúčkami 53, 841 55 Bratislava; kosel2@azet.sk

<sup>5</sup>Katedra zoológie, Prírodovedecká fakulta, Univerzita Komenského v Bratislave, Ilkovičova 16, 842 15 Bratislava; peter.fenda@fns.uniba.sk

<sup>6</sup>Šarišské múzeum, Radničné námestie 13, 085 01 Bardejov; tomasjaszay@nextra.sk

<sup>7</sup>Katedra ekológie a environmentalistiky, Fakulta prírodných vied a informatiky, Univerzita Konštantína Filozofa v Nitre, Tr. A. Hlinku 1, 949 01, Nitra; zkrumpalova@ukf.sk

Malé Karpaty sú v rámci Západných Karpát osobitě svojou polohou na ich juhozápadnom okraji; navyše predstavujú výbežok obkolesený odlesnenými nížinami, ktoré živú prírodu Malých Karpát značne izolujú od ďalších pohorí. Predstavujú akýsi predĺžený prst Karpát dotýkajúci sa predhorí Álp. Táto predispozícia podmieňuje aj špecifickú recentnej fauny v rámci Západných Karpát. Živočíchové citlivé na výrazné klimatické zmeny počas sezóny i dlhších období sú nútené migrovať alebo dočasne či natrvalo sa presídliť do podzemia. V Malých Karpatoch je dosiaľ zdokumentovaných vyše 320 jaskynných lokalít rôzneho pôvodu, typológie, rozmerov (5 z nich na slovenskom území presahuje dĺžku 1 km; v rakúskom výbežku M. Karpát má najdlhšia z nich okolo 200 m) a hypsometrie. Sú vytvorené v rôznom podloží, no najmä v krasových regiónoch distribuovaných nesúvisle pozdĺž celého pohoria dlhého zhruba 100 km, v širokom rozsahu klimatických podmienok a vzhľadom aj na ďalšie prítomné charakteristiky podzemia (pukliny, akumulácie sedimentov, podzemné vody, antropogénne podzemné priestory) tu možno očakávať pestré zastúpenie subteránnej fauny. Intenzívnym chiropterologickým výskumom, realizovaným najmä B. a R. Lehotskými, sa v podzemných biotopoch M. Karpát zdokumentoval výskyt 18 druhov netopierov a boli preukázané významné lokality s ich letným a/alebo zimným početným výskytom (napr. Plavecká jaskyňa, Pec, Haviareň, Roštúnska priepasť, Klenová, Driny, Zbojnická jaskyňa, štôľňa Medené Hámre). Podstatne menej kompletnej a komplexnej je poznanie spoločenských bezstavovcov v tunajšom podzemí. Pozornosť sa v minulosti sústredila iba na niektoré lokality Borinského krasu (Zbojnická jaskyňa, Trojuholník) a Plaveckého krasu (Plavecká jaskyňa, Deravá skala, Tmavá skala, Haviareň, Roštúnska priepasť), aj to len na vybrané aspekty spoločenských, napr. na sezónny výskyt dvojkrídlovcov (V. Košel

alebo na druhové spektrum chvostoskokov (J. Nosek, J. Paclt). Aj preto doterajšia biogeografická charakteristika založená na poznaní subteránnej fauny bola skôr negatívna, založená na absencii druhov typických pre iné západokarpatské pohoria. Novšie výskumné aktivity viedli k nálezu jaskynného druhu chvostoskoka *Oligaphorura schoetti* (Lie-Pettersen, 1896) a opisu prvého malokarpatského endemického podzemného živočícha, chvostoskoka *Protaphorura borinensis* Parimuchová & Kováč, 2016; v oboch prípadoch v Borinskom krase. V nedávnej dobe sa okrem jaskýň skúmali aj bezstavovce v svahevej sutine lokality Strmina a hydrobiológia viacerých prameňov, kde bola zaznamenaná prítomnosť podzemných kôrovcov rodu *Niphargus*. Písomne bol dosiaľ na predmetnom území zdokumentovaný výskyt najmenej 250 druhov bezstavovcov v subteránnom prostredí. Od roku 2021 realizujeme komplexný výskum terestrických a akvatických bezstavovcov vo viacerých jaskynných lokalitách v rámci územia Malých Karpát (prioritne Plavecká jaskyňa, Pec, Plavecká priepasť, Sedmička, Borinský jaskynný systém, Driny, ale aj mnohé ďalšie). V príspevku odprezentujeme súhrn poznatkov z doterajšieho bádania a pokúsime sa o aktualizovanú biogeografickú analýzu územia na základe nových nálezov subteránnej fauny.

Výskum prebieha vďaka finančnej podpore zo štrukturálnych fondov EÚ v rámci projektu „Ochrana a starostlivosť o jaskyne Slovenska I.“, ITMS kód projektu: 310011P445 (2021–2023) a vďaka projektom APVV-17-0477: Molekulárna fylogénza unikátnej jaskynnej fauny (2018–2022) a VEGA 1/0346/18: Reliktne formy článkonožcov (Arthropoda) v Západných Karpatoch – morfológia, ekológia a fylogénza (2018–2021).

## FIRST INSIGHT INTO INVERTEBRATE DIVERSITY OF THE DEMÄNOVÁ EPIKARST: AN INTEGRATIVE APPROACH

Michal Rendoš<sup>1</sup> – Maciej Karpowicz<sup>2</sup>  
– Dana Klímová Hřívová<sup>3</sup> – Andrea Parimuchová<sup>4</sup>  
– Vladimír Papáč<sup>5</sup> – Aleksandra Jabłońska<sup>6</sup>  
– Mateusz Płóciennik<sup>6</sup> – Dagmar Haviarova<sup>5</sup>  
– Andrea Desiderato<sup>6</sup> – Michał Grabowski<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Department of Ecology, Faculty of Humanities and Natural Sciences, University of Prešov, Ul. 17. novembra 1, 080 01 Prešov, Slovakia; michal.rendos@unipo.sk

<sup>2</sup>Department of Hydrobiology, Faculty of Biology, University of Białystok, Ciołkowskiego 1J, 15-245 Białystok, Poland; m.karpowicz@uwb.edu.pl

<sup>3</sup>Department of Botany and Zoology, Faculty of Science, Masaryk University, Kotlářská 267/2, 611 37 Brno, Czech Republic; 323984@mail.muni.cz

<sup>4</sup>Institute of Biology and Ecology, Faculty of Science, P. J. Šafárik University, Šrobárova 2, 041 54 Košice, Slovakia; andrea.parimuchova@upjs.sk

<sup>5</sup>Štátna ochrana prírody Slovenskej republiky, Správa slovenských jaskýň, Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš; dagmar.haviarova@ssj.sk, vladimir.papac@ssj.sk

<sup>6</sup>Department of Invertebrate Zoology and Hydrobiology, Faculty of Biology and Environmental Protection, University of Łódź, Banacha 12/16, 90-237 Łódź, Poland; aleksandra.jablonska@biol.uni.lodz.pl, andrea.desiderato@biol.uni.lodz.pl, michal.grabowski@biol.uni.lodz.pl

The uppermost part of the karst landscape, lying at the interface between soil and karstified rocks, is referred to as epikarst. It comprises a complex of fractures retaining water coming from precipitation. Epikarst water drains gradually downwards through the adjacent infiltration fissure zone and drips into underlying cave corridors. In addition to being a water reservoir, epikarst represents a unique aquatic subterranean habitat characterized by occurrence of minute organisms commonly drifted into caves. Between 2019 and 2020, we sampled epikarst invertebrates using 27 filtering devices from water permanently dripping into 4 caves of the Demänová Cave System in northern Slovakia. To evaluate invertebrate diversity of this understudied subterranean environment in Slovakia, we employed an integrative approach combining both conventional morphological and molecular tools – DNA barcoding. The standard barcoding marker i. e., approximately 650bp long fragment of the mitochondrial cytochrome oxidase subunit I (COI) gene, was amplified, sequenced, and compared with the public sequences in the online Barcode of Life Data system (BOLD) repository. Morphologically, we identified 26 invertebrate species (4 spp. of Copepoda, 1 sp. of Syncarida, 2 spp. of Amphipoda, 9 spp. of Collembola and 11 spp. of Diptera) including several subterranean forms such as copepod *Ellaphoidella phreatica*, syncarid *Bathynella cf. nantans*, amphipod *Niphargus tatrensis*, collembolans *Megalothorax hipmani* and *Megalothorax tatrensis*. So far, we have obtained a total of 744 COI barcode sequences of invertebrates divided into 34 molecular operational taxonomic units (MOTUs, equivalent to species). Copepods displayed high number of cryptic diversity (8 MOTUs out of 4 morphospecies), while the other taxa each represented at least one putative cryptic species. High genetic diversity recorded in some invertebrate taxa could indicate

the existence of morphologically indistinguishable species which requires further analysis to be confirmed. Our results underline the importance of studying epikarst and its potential hidden diversity. The study has been supported by FAN B grant.

## ZHRNUTIE POZNATKOV O RECENTNEJ FAUNE VAŽECKEJ JASKYNE (KOZIE CHRBTY)

Zuzana Višňovská<sup>1</sup> – Ľubomír Kováč<sup>2</sup> – Peter Ľuptáčik<sup>2</sup>  
– Andrea Parimuchová<sup>2</sup> – Vladimír Papáč<sup>1</sup> – Andrej Mock<sup>2</sup>  
– Vladimír Košel<sup>3</sup> – Peter Fendá<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Štátna ochrana prírody Slovenskej republiky, Správa slovenských jaskýň, Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš; zuzana.visnovska@ssj.sk, vladimir.papac@ssj.sk

<sup>2</sup> Katedra zoológie, Ústav biologických a ekologických vied, Prírodovedecká fakulta, Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach, Šrobárova 2, 041 54 Košice; lubomir.kovac@upjs.sk, peter.luptacik@upjs.sk, andrea.parimuchova@upjs.sk, andrej.mock@upjs.sk

<sup>3</sup> Nad lúčkami 53, 841 55 Bratislava; kosel2@azet.sk

<sup>4</sup> Katedra zoológie, Prírodovedecká fakulta, Univerzita Komenského v Bratislave, Ilkovičova 16, 842 15 Bratislava; peter.fenda@fns.uniba.sk

Príspevok prezentuje súhrn faunistických nálezov a údaje o celkovej štruktúre a priestorovej distribúcii recentných spoločenstiev fauny vo Važeckej jaskyni vrátane výsledkov najnovšieho, komplexne zameraného biospeleologického výskumu z roku 2015, realizovaného v rámci projektu *Vypracovanie programov starostlivosti o vybrané jaskyne*, ITMS kód projektu: 24150120046 (financovanie zo štrukturálnych fondov EÚ).

Važecká jaskyňa sa nachádza na severnom okraji Važeckého krasu, v katastri obce Važec. Je vytvorená v strednotriasových vápencoch gutensteinského súvrstvia (Bella et al., 2016). Vchod do jaskyne je 8 m nad údolnou nivou Bieleho Váhu, v nadmorskej výške 784 m. Celková dĺžka známych priestorov jaskyne je 530 m. Časť jaskyne v dĺžke 235 m je sprístupnená verejnosti. Z hľadiska mikroklimatického (Zelinka, 2002) vstupná časť jaskyne je významne ovplyvňovaná podmienkami povrchového prostredia, vnútorné priestory ďalej od vchodu (za Zrúteným dómom) sa vyznačujú relatívne stálou mikroklimou (priemerná teplota vzduchu spravidla v rozmedzí 6,5–6,8 °C a relatívna vlhkosť vzduchu nad 94 %).

O recentnej faune Važeckej jaskyne boli do polovice 20. storočia publikované len kusé informácie (Havráněk, 1935; Šterba, 1955). Systematický výskum bezstavovcov sa tu začal realizovať až po roku 2000 (Mock et al., 2002, 2004). Pri najnovšom výskume v roku 2015 zemné pasce a návnady na zber terestrických bezstavovcov boli exponované na piatich stanovištiach v jednotlivých častiach jaskyne a zároveň sa na viacerých miestach vykonával priamy zber jedincov s cieľom faunisticky podchytiť rôzne typy mikrohabitátov (štrkové, balvanité a fľovito-hlinité depozity, sintrové plochy, hladina jazierok, organický materiál, vodné prostredie), doložiť výskyt faunisticky a ekologicky významných druhov (prioritne troglobiontov a stygobiontov) a stanoviť typických zástupcov pre túto jaskynnú lokalitu.

Minimálna prítomnosť guäna v jaskyni z dôvodu zriedkavého výskytu netopierov ovplyvňuje do istej miery celkovú štruktúru miestnych spoločenstiev invertibrátnej fauny (absencia guänobiontov/guänofilov). Aj napriek tomu sa v jaskyni dosiaľ potvrdil výskyt najmenej 70 druhov bezstavovcov. Druhovú diverzitu a kvantitatívne zastúpenie terestrických spoločenstiev sú najvyššie vo vchodových častiach jaskyne (Vstupná sieň, Kamenný dóm). Zdržiavajú sa tu viaceré vlhkomilné, tieňomilné a chladnomilné druhy dvojkrídlovcov (Diptera), chrobákov (Coleoptera), motýľov (Lepidoptera), viacnôžok (Myriapoda), pavúkov (Araneae), potočníkov (Trichoptera) a ďalších, ktoré sem v určitých fázach roka aktívne prenikajú z vonkajšieho prostredia s cieľom dočasného úkrytu alebo získania potravy (Mock et al., 2002, 2004). Hlbšie v jaskyni je fauna oveľa chudobnejšia a tvoria ju prevažne chvostoskoky (Collembola), dvojkrídlovce (Diptera) a roztoče (Acari). Tie sa sústreďujú najmä na zvyškoch dreva a hladine jazierok. Frekvencované sú tu dva troglobiontné druhy chvostoskokov – *Deuteraphorura kratochvili* a *Pseudosinella paclti*, oba sú endemitmi Západných Karpát (Mock et al., 2002). Važecká jaskyňa je typovou lokalitou jaskynného chvostoskoka *Megalothorax hipmani*, ktorý bol vôbec prvýkrát objavený a ako nový druh pre vedu opísaný na základe jedincov odchytených z hladiny jazierka v časti Krizovatka pri Jazierkovej sieni (Papáč a Kováč, 2013). Pozoruhodnosťou je výskyt stabilnej populácie vzácného archaického pavúkovca, jaskynnej štúrovky *Eukoenia spelaeae*, pričom Važecká jaskyňa je dosiaľ najsevernejším známym náleziskom zástupcov radu Palpigradi na svete (Kováč et al., 2002). Akvatická fauna je vo Važeckej jaskyni chudobne zastúpená. Jej najvýznamnejšiu zložku predstavuje podzemný kôrovec *Bathynella natans* (Syncarida), ktorý obýva jazierka v strednej časti jaskyne (Višňovská, nepubl.).

Jaskyňu ako príležitostné zimovisko alebo denný úkryt využíva najmenej 7 druhov netopierov (Gaisler a Hanák, 1973; Bernadovič, 2000; Višňovská a Orfánus, nepubl.). Vo Vstupnej sieni ide najčastejšie o večernicu severskú (*Eptesicus nilssonii*), v teplejších priestoroch ďalej od vchodu sú to napríklad

podkovár malý (*Rhinolophus hipposideros*) alebo netopier veľký (*Myotis myotis*).

Ukazuje sa, že napriek relatívne malým rozmerom a dlhoročnému sprístupneniu pre verejnosť je Važecká jaskyňa faunisticky pozoruhodnou lokalitou s pestrou skladbou a relatívne bohatým zastúpením terestrické fauny, vrátane prítomnosti špecializovaných jaskynných a endemických druhov. Viaceré z nich tu dosahujú severnú hranicu svojho areálu rozšírenia.

### Literatúra

- BELLA, P. – LITVA, J. – PRUNER, P. – BOSÁK, P. – ŠLECHTA, S. – HERCMAN, H. – ČÍŽKOVÁ, K. 2016. Geologická stavba, morfológia a vývoj Važeckej jaskyne. Slovenský kras, 54, 1, 5–31.
- BERNADOVIČ, F. 2000. Netopiere – tajomní obyvatelia jaskýň. Správa slovenských jaskýň, Liptovský Mikuláš, 120 s.
- GAISLER, J. – HANÁK, V. 1973. Aperçu de chauves-souris des grottes Slovaques. Slovenský kras, 11, 73–84.
- HAVRÁNEK, F. 1935. Važecká jaskyně a její kras (třetí vydání). Edice Tatranského a jaskynného múzea, Važec, 140 s.
- KOVÁČ, Ľ. – MOCK, A. – ĽUPTÁČIK, P. – PALACIOS-VARGAS, J. G. 2002. Distribution of *Eukoenia spelaeae* (Peyerimhoff, 1902) (Arachnida, Palpigradida) in the Western Carpathians with remarks on its biology and behaviour. In Tajovský, K. – Balík, V. – Pižl, V. (Eds.): Studies on Soil Fauna in Central Europe. Institute of Soil Biology, České Budějovice, 93–99.
- MOCK, A. – KOVÁČ, Ľ. – ĽUPTÁČIK, P. – KOŠEL, V. – HUDEC, I. – FENDÁ, P. 2002. Bezstavovce Važeckej jaskyne a vyvieracky Teplica (Kozie chrbyty). Aragonit, 7, 30–32.
- MOCK, A. – KOVÁČ, Ľ. – ĽUPTÁČIK, P. – MLEJNEK, R. – VIŠŇOVSKÁ, Z. – KOŠEL, V. – FENDÁ, P. 2004. Kavernikolné článkonožce (Arthropoda) Važeckého krasu. In Bella, P. (Ed.): Výskum, využívanie a ochrana jaskýň. Zborník referátov zo 4. vedeckej konferencie s medzinárodnou účasťou (Tále, 5. – 8. 10. 2003), SSJ, Liptovský Mikuláš, 145–154.
- PAPÁČ, V. – KOVÁČ, Ľ. 2013. Four new troglobiotic species of the genus *Megalothorax* Willem, 1900 (Collembola: Neelipleona) from the Carpathian Mountains (Slovakia, Romania). Zootaxa 3737, 5, 545–575.
- ŠTERBA, O. 1955. Príspevek k poznání některých krasových vod Slovenska. Spisy Přírodovědecké fakulty Masarykovy university v Brně, 364, 1–6.
- ZELINKA, J. 2002. Termodynamická charakteristika Važeckej jaskyne. In Bella, P. (Ed.): Výskum, využívanie a ochrana jaskýň. Zborník referátov zo 3. vedeckej konferencie (Stará Lesná 14. – 16. 11. 2001). SSJ, Liptovský Mikuláš, 123–131.

## PRVÉ POZNATKY O FAUNE BEZSTAVOVCOV JASKYNE DIABLOVA DIERA V POHORÍ BRANISKO

Daniela Pribišová<sup>1</sup> – Zuzana Višňovská<sup>2</sup> – Peter Manko<sup>1</sup>  
– Michal Rendos<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Katedra ekológie, Fakulta humanitných a prírodných vied, Prešovská univerzita v Prešove, Ul. 17. novembra 1, 080 01 Prešov; pribisovadaniela37@gmail.com, peter.manko@unipo.sk, michal.rendos@unipo.sk

<sup>2</sup> Štátna ochrana prírody Slovenskej republiky, Správa slovenských jaskýň, Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš; zuzana.visnovska@ssj.sk

Diablova diera predstavuje unikátny systém ponorovo-výverovej jaskyne situovaný v centrálnej časti pohoria Branisko, juhovýchodne nad obcou Poľanovce (východné Slovensko). Jaskyňou celoročne preteká časť vodného toku Veľkej Sviniky. Tok pramení pod vrcholom Smrekovice, tečie dolinou pozdĺž hlavného hrebeňa pohoria smerom ku vchodu (ponoru) do jaskyne Diablova diera ležiacemu v nadmorskej výške 748 m, kde sa jeho časť ponára do podzemia. Ponárajúce sa vody pretekajú celou 157 m dlhou ponorovou chodbou až k záverovému sífonu. Podzemný tok z ponorovej chodby sa neskôr objavuje vo výverovej chodbe Diablovej diery (jej dĺžka 250 m) na protiaľhlej strane hrebeňa (Hochmuth a Košč, 1985). V bezprostrednej blízkosti jaskyne sa nachádza aktívny lom, ktorý spolu s prístupovou komunikáciou predstavuje značné ohrozenie samotnej jaskyne, ako aj celého povrchovo-podzemného hydrologického systému. Vzhľadom na túto skutočnosť, s cieľom zistiť potenciálny výskyt vzácnej, na podzemie adaptovanej fauny bezstavovcov sme v jaskyni Diablova diera (v ponore aj vyvieracke) realizovali v období rokov 2014 – 2019 prvý podrobný biospeleologický prieskum prioritne so zameraním na akvatickú faunu. Bezstavovce boli zbierané počas piatich návštev kombináciou niekoľkých metód. Na odchyty vodných bezstavovcov, žijúcich pozdĺž podzemného toku, boli použité planktonné a bentické hydrobiologické sieťky. Jemný štetec a entomologická pinzeta sa použili na priamy zber jedincov z povrchu mláčok, naplaveného organického materiálu a zo stien jaskyne.

Celkovo sme odchytili vyše 850 jedincov bezstavovcov patriacich k najmenej 85 taxónom. Larvy pošvatiek (Plecoptera; predbežne potvrdených 10 druhov), larvy podeniiek (Ephemeroptera; minimálne 8 druhov), larvy dvojkrídlovcov (Diptera; predbežne determinovaných do 7 čeľadí) a ploskule (Turbellaria; min. 3 druhy) kvantitatívne prevládali nad ostatnými skupi-

nami akvatických bezstavovcov. Z terestrických bezstavovcov odchytených v bezprostrednom okolí vody, resp. priamo na vodnej hladine dominovali chvostoskoky (Collembola; min. 3 druhy). Na výskyt bezstavovcov bola najbohatšia ponorová chodba Diablovej diery, kde sme zaznamenali viac ako polovicu z celkového počtu odchytených jedincov, čo pravdepodobne súvisí s vyššou koncentráciou naplaveného organického materiálu a prítomnosťou úsekov toku s pomalším prúdením vody v tejto časti jaskynného systému. Uvedená časť jaskyne mala zároveň mierne pestrejšie spoločenstvo fauny bezstavovcov v porovnaní s výverovou chodbou. Poskula *Dugesia gonocephala*, krivák *Gammarus fossarum*, pošvatka *Brachyptera seticornis* a podenky *Baetis alpinus* a *B. muticus* predstavujú eudominantné, resp. dominantné druhy na skúmanej lokalite.

Na základe doterajších poznatkov možno konštatovať, že jaskyňu Diablovej diery osídľuje pestré spoločenstvo, v drvine väčšine povrchových foriem bezstavovcov. Výnimku tvorí eutroglofilný chvostoskok *Protaphorura armata*, zbieraný na povrchu mláčky a naplaveného organického materiálu v ponorovej aj výverovej časti jaskyne. Tento druh sa v slovenských jaskyniach vyskytuje relatívne bežne.

#### Literatúra

HOCHMUTH, Z. – KOŠČ, R. 1985. Jaskyne v centrálnej časti Braniska. Slovenský kras, 23, 5–14.

## VÝZKUM BEZOBRATLÝCH ŽIVOČICHŮ V JESKYNÍCH VE ZVLÁŠTĚ CHRÁNĚNÝCH ÚZEMÍCH ČR

Karel Tajovský<sup>1</sup> – Peter Čuchta<sup>1</sup> – Josef Starý<sup>1</sup> – Václav Pižl<sup>1</sup>  
– Miloslav Devetter<sup>1</sup> – Šárka Otáhalová<sup>1</sup> – Vlastimil Růžička<sup>2</sup>  
– Filip Chalupka<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Ústav půdní biologie a biogeochemie, Biologické centrum AV ČR, Na Sádkách 7, 370 05 České Budějovice, Česká republika

<sup>2</sup> Entomologický ústav, Biologické centrum AV ČR, Branišovská 31, 370 05 České Budějovice, Česká republika

<sup>3</sup> AOPK ČR, RP Jižní Morava, CHKO Moravský kras, Svitavská 29, 678 01 Blansko, Česká republika

Na podzim 2020 byl zahájen výzkum terestrických a vodních bezobratlých živočichů v souboru 58 jeskyní a jeskynních systémů, které se nacházejí ve zvláště chráněných územích ČR. K výzkumu bylo vybráno více než sto stacionárních ploch, přičemž řada jeskyní je z hlediska bezobratlých živočichů zkoumána poprvé.

Pro účely projektu je používána jednotná metodika, ke sběru terestrických bezobratlých jsou vedle individuálního sběru používány padací pastě, expozice návnad a odběry vhodných přirozených substrátů s následnou extrakcí živočichů v laboratoři. V případě vodních bezobratlých jsou kombinovány metody individuálního sběru, odběry planktonkou a kinking v případě bentických bezobratlých. Monitorování stacionárních ploch standardizovanými postupy umožňuje shromáždit data porovnatelná mezi jednotlivými stacionáry, jeskyněmi a jeskynními systémy.

Vzhledem k dramatickým změnám klimatu v průběhu čtvrtohorních zalednění žije v jeskyních střední Evropy poměrně málo specializovaných podzemních druhů. Přesto některé druhy, které jsou k životu v podzemí evidentně přizpůsobeny (depigmentované tělo, redukce očí, prodloužené končetiny), jsou v jeskyních Čech a Moravy zastoupeny.

Aktuální výzkumy například ukazují, že systémy s podzemními toky jsou daleko více oživeny zástupci žížalovitých (Lumbricidae), než se doposud předpokládalo. Celkem byl zjištěn výskyt deseti druhů s početnými populacemi *Allolobophora chlorotica*, *Aporrectodea rosea* a *Bimastos rubidus*. K zajímavým se řadí nálezy mnohonožek (Diplopoda) druhu *Brachychaeteuma bradeae* v řadě dalších jeskyní Moravského a nově i Českého krasu. Za významné považujeme ze skupiny roztočů – pancířníků (*Acari* – *Oribatida*) nové nálezy troglobiontního středoevropského druhu *Kunstitidamaeus lengersdorffii*, eutroglofilního druhu *Pantelozetes cavaticus* a rovněž nález velmi vzácného raritního euedafického zástupce *Gehyphochthonius rhadamathus*. Z chvostoskoků (Collembola) mezi nejčastější a nejpočetnější obyvatele dosud prozkoumaných jeskyní patří druh *Folsomia lawrencei*. Tři druhy pavouků (*Aranea*), *Porrothomma egeria*, *Porrothomma microps* a *Porrothomma rosenhaueri* jsou výrazně drobnoké, poslední dva mají výrazně prodloužené končetiny. Novým druhem pro Českou republiku je samice z rodu *Centromerus*, náležící pravděpodobně k druhu *Centromerus subcaecus*.

Výzkum bezobratlých je součástí široce pojatého projektu, který zahrnuje i sledování mikroklimatických poměrů, chemické rozborů skapových vod a dalších parametrů, dokumentaci a další podpůrné aktivity. Veškerá data poslouží pro analýzu vztahu jednotlivých druhů bezobratlých k parametrům jeskynního prostředí a údaje budou rovněž východiskem pro budoucí posuzování stavu a případných změn v podzemních prostorách i v jejich oživení.

Výzkum je realizován ve spolupráci s CHKO Moravský kras a AOPK ČR a finančně podpořený projektem Ochrana vybraných jeskyní a krasových jevů ve zvláště chráněných územích ČR (registrační číslo projektu EIS.CZ.05.4.27/0.0/0.0/19\_20/009904).

## GEOEKOLÓGIA

### GEOEKOLOGICKÝ VÝSKUM JASKYNE OKNO (DEMÄNOVSKÁ DOLINA) – PRVOTNÉ VÝSLEDKY

Laura Dušeková – Juraj Littva – Pavel Herich  
– Zuzana Višňovská – Miloš Melega

Štátna ochrana prírody Slovenskej republiky, Správa slovenských jaskýň,  
Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš; laura.dusekova@sopsr.sk,  
juraj.littva@ssj.sk, pavel.herich@ssj.sk, zuzana.visnovska@ssj.sk,  
milos.melega@ssj.sk

Pojem geoeológia sa v súčasnosti vo svete zaužíva vo viacerých disciplínach s mierne odlišným chápaním, v našom príspevku chápeme geoeologické mapovanie ako komplexné fyzickogeografické mapovanie. V systéme fyzickogeografických vied sa uplatňuje geoeológia ako integrujúce jadro poskytujúce syntézy a komplexnosť. Pozornosť upriamuje na komplexy topickej a chorickej dimenzie, výskum však neostáva len pri ich vyčleňovaní, ale zameriava sa aj na vzájomné vťahy a procesy prebiehajúce v nich a medzi nimi (Minár et al., 2001). Teoreticko-metodologické východiská geoeologického výskumu jaskýň ako prírodných geosystémov rozpracoval Bella (2008), ktorý na jaskyne ako súčasť krajiny uplatňuje v pôvodnej aj modifikovanej podobe koncepciu geoeologického výskumu na povrchu, resp. v „otvorenej“ krajine. Jaskyne sa považujú za subsystém krajinné sféry pozostávajúcej z geosystému zloženého z prírodných zložiek (litosféry, morfogeosféry, atmosféry, hydrosféry, pedosféry a biosféry), ktoré sú prepojené formou už prebehnutých alebo prebiehajúcich prírodných dejov (Minár et al., 2001; Miklós a Izakovičová, 1997 a ďalší). Priestorovú štruktúru jaskynných geosystémov je vhodné tak ako aj štruktúru povrchovej krajiny vnímať ako vertikálnu a horizontálnu, v rámci ktorých vyčleňujeme kvázihomogénne a relatívne homogénne priestorové jednotky – speleotopy a speleochoyry (Bella, 2008).

Jaskyňa Okno (k. ú. Demänovská Dolina) je podľa regionálneho geomorfologického členenia SR situovaná v Demänovských vrchoch, spadajúci do podcelku Dumbierske Tatry a celku Nízke Tatry. Vstupný portál jaskyne je v nadmorskej výške 915 m. Ide o národnú prírodnú pamiatku nachádzajúcu sa v Národnej prírodnej rezervácii Demänovská dolina s piatym stupňom ochrany. Geoeologické mapovanie (litologické a štruktúrno-tektonické pomery jaskyne, sedimentárne výplne, vodné plochy a priesaky, mikroklima, priestorová distribúcia jednotlivých zložiek fauny) tu prebieha od roku 2021 a zameriava sa najmä na hlavnú horizontálnu chodbu dlhú približne 700 m. Okrem toho sa vykonáva 3D laserové skenovanie jaskyne na získanie presného 3D modelu jaskynných priestorov, ktorý tvorí podklad pre morfometrické a rôzne priestorové analýzy v rámci GIS (geografické informačné systémy), ako aj podklad pre spresnenie 2D mapy jaskyne.

Z geologického hľadiska boli v horizontálnej chodbe vyčlenené parciálne priestorové jednotky – celkovo 23 areálov s kvázihomogénnymi litologickými vlastnosťami, ktoré zodpovedajú šiestim charakteristickým typom hornín, resp. ich kombinácií opakovane sa vyskytujúcich (1. tmavé vrstvenaté, čiastočne dolomitované vápence s občasným šikmým zvrstvením; 2. striedanie tmavých vrstvenatých vápencov s organodetrítickými vápencami, čiastočne dolomitované; 3. organodetrítické vápence; 4. vápence a dolomitické vápence s rohovcami a vrstvami krinoidových vápencov; 5. dolomity s občasnými očkami sadrovca a 6. tektonická brekcia). Tie boli následne zaradené do typov speleotopov podľa zastúpenia materskej horniny (monolitogénne/polylitogénne). Na základe mapovania štruktúrnych diskontinuit, ktoré sa naďalej spresňujú (smer, smer sklonu, sklon) a dopĺňajú na podklade 3D modelu jaskyne, budú vyčlenené litotopy podľa ich štruktúrno-tektonickej predisponovanosti (puklinové/zlomové/vrstvenaté, resp. ich kombinácie, alebo kontaktné). Pomocou priečných rezov zostrojených z 3D modelu sa vyčlenili speleotopy na základe ohraničenia materskou horninou, resp. sedimentárnou výplňou (speleogénne/speleogénno-speleotémne). V horizontálnej chodbe jaskyne nachádzame prevažne fluvioakrosé speleogénno-speleotémne litotopy s fluvialnými sedimentmi a sintrovou výplňou.

Pri klimatologickom mapovaní využívame údaje získané z meraní aktuálnej teploty vzduchu zo 14 miest pozdĺž celej hlavnej chodby realizovaných počas chiropterologických monitoríngov v zimných sezónach rokov 2005 – 2020 (Višňovská, 2021) a údaje z barologerov Solinst, ktoré boli rozmiestnené na siedmich stacionároch vnútri jaskyne za uzáverom na získanie kontinuálnych hodnôt teploty a tlaku vzduchu (Sieň smútočnej vrby, Priepasťová chodba, Pekelná chodba, Sieň pagod, Jazerná sieň, Nánosová chodba, Prepadlisko). Z dát získaných barologermi za obdobie 12. 8. 2021 – 14. 1. 2022 sa ukazuje postupné zvyšovanie priemernej teploty vzduchu smerom dnu do jaskyne – od Siene smútočnej vrby s priemernou teplotou 5,06 °C až po Prepadlisko, kde je priemerná teplota za uvedené obdobie najvyššia – 6,44 °C. Amplitúda hodnôt teploty, naopak, v tomto smere klesá, od 0,80 °C v Siene smútočnej vrby po Prepadlisko s hodnotou 0,07 °C. Pri grafickom znázornení stacionárne meraných hodnôt je vplyv vonkajších zmien teploty badateľný v Siene smútočnej vrby, Priepasťovej a Pekelnej

chodbe, veľmi jemne je naznačený aj v Sieni pagod, kde sa už teplotné výkyvy takmer neprejavujú. Od Jazernej siene po Prepadlisko teplotné výkyvy už nie sú zrejme a túto časť jaskyne možno považovať za relatívne stabilný speleoklimatop. Tlak vzduchu sa v priemere pohybuje od 91,0846 kPa v Jazernej sieni po 91,2368 kPa v Pekelnej chodbe, kde je najvyššia aj jeho amplitúda – 4,0184 kPa. Najnižšia amplitúda tlaku vzduchu je, podobne ako pri teplote, v Prepadlisku, kde má hodnotu 4,0114 kPa.

Vzhľadom na to, že jaskyňou Okno v súčasnosti nepreteká vodný tok, hydrologické mapovanie sa zameriava na sledovanie vertikálnych priesakov vody a ich záchytov na sledovanej trase jaskyne. Počas zimnej a jarnej sezóny sa sledoval výskyt stropných priesakov a takisto plochy stagnujúcej, resp. stekajúcej vody na jaskynnej podlahe. Mapovania budú doplnené o dáta z letného a jesenného obdobia na zachytenie variability hydrologických javov počas roka.

Biospeleologické mapovanie bezstavovcov je priebežne zamerané na zisťovanie podmienok prostredia, ktoré majú rozhodujúci vplyv na výskyt a distribúciu fauny: dosah snečného žiarenia (eufotická, dysfotická a afotická zóna), dostupnosť potravy (napr. organického materiálu) a výskyt hydrologických javov vhodných pre akvatickú faunu (terecké/akvatické prostredie). Na základe uvedených charakteristík sa vytvorí mapa potenciálne vhodných speleotopov pre výskyt jednotlivých skupín, resp. zástupcov bezstavovcov. Do mapy sa následne prenesú konkrétne výskytové dáta z reálneho terénneho výskumu, a tie budú extrapolované do priestoru. V rámci výskumu stavovcov na získanie relevantného obrazu o početnosti a rozmiestnení druhov netopierov pracujeme s výsledkami dlhodobého chiropterologického monitoringu, vykonaného počas 13 zimných sezón v období rokov 2005 – 2020 (Višňovská, 2021). Z výsledkov je zrejme, že najvyššie počty netopierov boli zaznamenané každoročne vo Výskumnej chodbe. V priemere ide o takmer 45 % všetkých jedincov v rámci hlavnej chodby jaskyne a evidujeme tu aj najvyššiu diverzitu druhov s prevažným kvantitatívnym zastúpením druhu *Eptesicus nilssonii* (zhruba 41 % zo všetkých nálezov netopierov v tejto časti jaskyne). V priestoroch jaskyne za Výskumnou chodbou (za uzáverom), aj keď boli evidované viaceré druhy, až 75 % všetkých nálezov tvorili zástupcovia *Myotis myotis/blythii* a najviac obsadzované netopiermi boli Sieň smútočnej vrby a Sieň pagod so Stlpovou sieňou.

Po skončení terénneho výskumu sa metódou nakladania máp čiastkových speleotopov vyčlenia komplexné speleotopy a na základe ich horizontálnych väzieb speleochory. Finálne výsledky prinesú prehľad o priestorovej štruktúre jaskyne a typológii speleotopov, ako aj komplexnú geoeologickú mapu jaskyne, ktorá vytvorí vhodný podklad pre ďalšie geoeologické analýzy, napr. zistenie stability, zraniteľnosti či narušenia jaskynného prostredia.

#### Literatúra

- BELLA, P. 2008. Jaskyne ako prírodné geosystémy. Geoeologický výskum a environmentálna ochrana. Speleologia Slovaca, 2, ŠOP SR, SSI, Liptovský Mikuláš, 168 s.
- MIKLÓS, L. – IZAKOVIČOVÁ, Z. 1997. Krajina ako geosystém. Veda, Bratislava, 152 s.
- MINÁR, J. (Ed.) – BARKA, I. – BONK, R. – BIZUBOVÁ, M. – ČERNÁNSKY, J. – FALŤAN, V. – GAŠPÁREK, J. – KOLÉNY, M. – KOŽUCH, M. – KUSENOVÁ, D. – MACHOVÁ, Z. – MIČIAN, Ľ. – MIČIETOVÁ, E. – MICHÁLK, R. – NOVOTNÝ, J. – RUŽEK, I. – ŠVEC, P. – TREMBOŠ, P. – TRIZNA, M. – ZAŤKO, M. 2001. Geoeologický (komplexný fyzickogeografický) výskum a mapovanie vo veľkých mierkach. Geografické spektrum, 3, Geografika, Bratislava, 209 s.
- VIŠŇOVSKÁ, Z. 2021. Zhrnutie poznatkov o zimovaní netopierov v jaskyni Okno (Demänovská dolina Nízkych Tatier). Slovenský kras, 59, 2, 203–228.

## ARCHEOLÓGIA A HISTÓRIA

### ZAÚJÍMAVÉ VÝSLEDKY SPELEOARCHEOLOGICKÝCH AKTIVÍT V ROKU 2022

Marián Soják

Archeologický ústav SAV, Oddelenie záchranných výskumov – Spiš,  
Mlynská 6, 052 01 Spišská Nová Ves; sojak@ta.3.sk

V roku 2022 sa vďaka aktivitám Archeologického ústavu SAV, v. v. i., podarilo zachytiť pozoruhodné archeologické nálezové situácie v dvoch jaskyniach Spiša. V Tatranskej Lomnici – jaskyni Hučivá diera pokračuje v spolupráci s Jagelovskou univerzitou v Krakove systematický interdisciplinárny výskum. Zameraný je na doskúmanie paleolitického ohniska, čiastočne odkrytého v roku 2019. Súčasťou je odber mikromorfologických, paleobotanických a mikropaleontologických vzoriek, využitých i na ďalšiu rádiokarbónovú analýzu. Osídlenie je datované do neskorej fázy mladého paleolitu (cca 12 150 pred Kr., interstadiál Bölling/GI-1e), podľa typickej štiepanej kamennej industrie (hroty s vrubom, trojuholníky, vrtáky/priebojníky a pod.) do náplne kultúry magdalénien. Podobné typy označujúcich artefaktov sú typické najmä pre západnú časť strednej Európy (Nemecko, Švajčiarsko a Poľsko). Analýza získaných zvieracích kostí doložila dominantný lov divých koní – tarpanov, ale aj medveďov hnedých, kozorozcov, zriedkavo rysa ostrovida.

V Spišských Tomášovciach sa tesne pod Tomášovským výhľadom – v jaskyni Diera jazvecov (Michalova diera) odhalila blízko pod povrchom jaskynných sedimentov kostra dospelého muža ležajúceho na chrbte, orientovaného J-S. Keďže bola bez hrobových príloh, jedine rádiokarbónová analýza môže osvetliť dobu pohrebu. Nemožno vylúčiť, že ide o novovekú vraždu a schovanie nebožtíka do jaskyne. V zásype hrobu sa našla zriedkavá novoveká i pravěká keramika.

## MATEJ BEL O JASKYNI ČERTOVA PEC

Peter Chrastina

Filozofická fakulta, Univerzita sv. Cyrila a Metoda v Trnave,  
Nám. J. Herdu č. 2, 917 01 Trnava;  
peter.chrastina@ucm.sk

Historická topografia M. Bela *Notitia Hungariae Novae historico-geographica* (skrátene *Vedomosti*) prezentuje pohľad na stav, význam, ohlas a vybrané reálie stolíc Uhorska v prvej polovici 18. storočia. Cieľom príspevku je interpretácia Belovho opisu jaskyne Čertova pec pri Radošine v Nitrianskej stolici, ktorá slúžila ako príležitostné útočisko pre pocestných, resp. priestor na krátkodobé ustajnenie hospodárskych zvierat (oviec). Táto téma je zahrnutá do § XII. prírodovedného oddielu (*Membrum primum physicum*) **všeobecnej časti Vedomostí** Nitrianskej stolice (1742). „Sondou“ do Belových charakteristík problematiky som realizoval prostredníctvom kritického komentára dobového textu doplnením o informácie z literatúry, starých máp a terénneho výskumu.

## SPELEOLOGICKÁ DOKUMENTÁCIA

### MOBILE LASER SCANNING IN ICE CAVES – FIRST RESULTS

Pavel Herich

State Nature Conservancy of the Slovak Republic, Slovak Caves Administration,  
Hodžova 11, 03101 Liptovský Mikuláš, Slovakia; pavel.herich@ssj.sk

Capturing the ice fills by lidar technology was until recently hardly possible due to reflection or absorption of the ice surface. The laser penetrates the ice, which breaks the direct line and reflects rays away from the lidar sensor, leaving empty space within the point cloud. The same behaviour is well known for water surfaces such as lakes or rivers, even shallow ones, which applies to our mobile laser scanner (MLS).

We possess Zeb Horizon GeoSlam with Velodyne Puck sensor (VLP-16). This 16 channels 30°/360° field of view sensor use a 905 nm wavelength laser and has a +/- 3 cm accuracy, 100 m range with 300 000 measurements per second. The point cloud thickness of any plain surface is approx. 6 cm.

The main difference between our MLS and stationary „terrestrial“ scanners appears when scanning the ice surface. During 15 scans in Dobšinská Ice Cave, Demänovská Ice Cave, and Silická ľadnica Cave, we have found out that (1) it's possible to scan these surfaces quite successfully, even those very transparent ones; (2) the laser penetrates the most transparent surfaces we have been able to find just a few centimetres, from -2 up to -12 cm under the natural surface; (3) most of the ice surfaces in Demänovská Ice Cave, Dobšinská Ice Cave, and Silická ľadnica Cave are soiled enough to get the right results (but we did just a few penetrating tests on the most transparent ice found yet). Measurements of the ice surface using MLS (at least those with Velodyne VLP-16 sensor) are possible and very effective due to the speed of „scanning by walking“. Volume measurements are becoming less precise because of laser penetration of the ice and can be used to observe large seasonal ice filling changes, but not to measure slow movements or surface, small-scale changes.

Using our MLS, we have estimated volume, calculated surface and observed changes in the ice body in Demänovská Ice Cave during one cold season in 2021/2022. On 15. December 2021, we scanned the ice body for the first time, calculated the ice surface to be 122 m<sup>2</sup> and based on five cross-sections, we have roughly estimated its volume at 80 to 90 m<sup>3</sup> (there are no precise data about the cave floor under the ice body). On 5. May 2022, after warm winter again, we scanned the same space with the result of a 145 m<sup>2</sup> ice surface. The difference between 122 and 145 m<sup>2</sup> of ice surface was represented by very thin, mostly 1 – 10 cm thick new ice. To calculate the volume change, we used a 2.5D Volume tool of Cloud Compare software at 0.02 resolution, with the result (should be taken as precise estimation) +3.31 m<sup>3</sup>. We observed an even slight decline of the main ice body on the northeast side by a few cm. The increase of ice body was represented by remnants of new (spring) stalagmites (the highest increase in Z value was by 49 cm). The vast majority of the increased surface didn't exceed 20 cm in Z value.

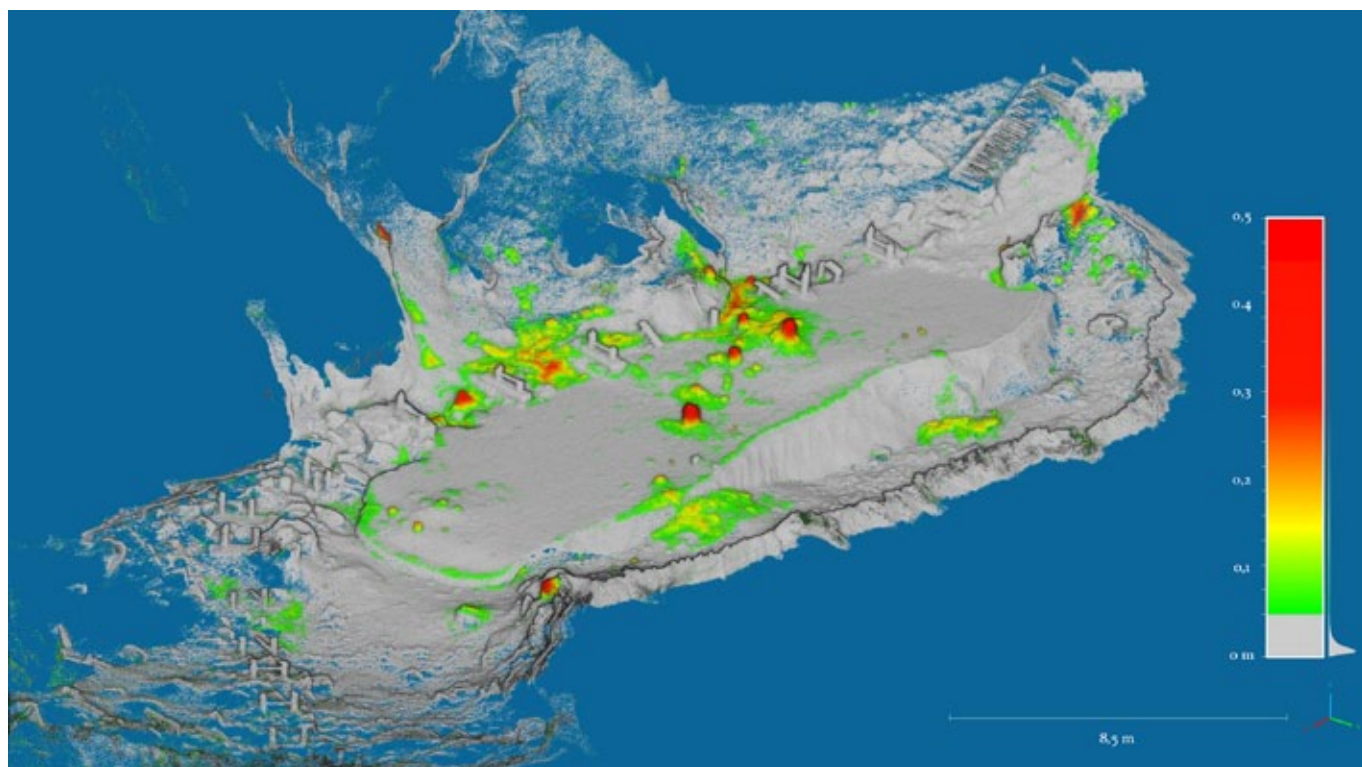


Fig. 1 Ice body changes in Demänovská Ice Cave during six months of cold period (from December 2021 to May 2022). There is no increase in the main ice body except for stalagmites. Changes above 5 cm are colored green, yellow to red with a maximum increase of 49 cm.

## NÁRODNÁ DATABÁZA JASKÝŇ

Dagmar Lepišová – Peter Holúbek

Slovenské múzeum ochrany prírody a jaskyniarstva, Školská 4,  
031 01 Liptovský Mikuláš; dagmar.lepisova@smopaj.sk,  
peter.holubek@smopaj.sk

Informačný systém určený na evidenciu a triedenie údajov o všetkých doteraz známych jaskyniach na Slovensku. Základné údaje v databáze sú: názov, registračné číslo, dĺžka, nadmorská výška, miestna lokalizácia (kataster), zemepisné súradnice, genetický typ a podobne. Obsahuje aj údaje odborného charakteru (výskyt archeologických i paleontologických nálezov, minerálov, vzácných živočíchov a pod.), fotografie vchodov, interiéru a okolia jaskýň, mapy, historické dokumenty a materiály publikované v literatúre.

K decembru 2021 bolo v databáze evidovaných 7723 jaskýň s celkovou dĺžkou jaskynných chodieb 476,7 km. V databáze bolo naplnených 4875 záznamov o literatúre a 9080 grafických záznamov. Do Národnej databázy v správe múzea prispievajú nielen vlastní profesionálni jaskyniari múzea a Správy slovenských jaskýň, ale aj dobrovoľní jaskyniari zo Slovenskej speleologickej spoločnosti.

## MAPOVÁNÍ SYSTÉMU AMATÉRSKÉ JESKYŇĚ

Jan Sirotek<sup>1</sup> – Josef Weigel<sup>2</sup> – Vratislav Ouhrabka<sup>3</sup>  
– František Kuda<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Česká speleologická společnost; jsirotek@gmail.com

<sup>2</sup> Ústav geodézie VUT v Brně; weigel.j@fce.vutbr.cz

<sup>3</sup> Správa jaskýň ČR; ouhrabka@caves.cz

<sup>4</sup> Ústav geoniky AV ČR; frantisek.kuda@ugn.cas.cz

Systém Amatérské jeskyňe je se svými více jak 50 km nejdelším jaskynným systémem v České republice. Zahrnuje celou řadu větších, samostatně pojmenovaných jaskýň. Na systém Amatérské jeskyňe se váže množství dalších krasových jevů v severní části Moravského krasu. Jeho součástí jsou kromě Staré a Nové Amatérské jeskyňe také jeskyňe Nová Rasovna, jeskyňe 13C, systém Piková dáma – Spirálka a rovněž dvě významné zpřístupněné jeskyňe Sloupsko-šošůvské a Punkevní (včetně jeskyň v propasti Macocha) a prostřednictvím Odvodňovací štolý také jeskyňe Malý výtok, Stovka a další jeskyňe ústící do štolý.

Jednotlivé části systému jsou předmětem výzkumů již po staletí. V průběhu času byly pořizovány mapy jednotlivých jaskýň nebo jejich částí, a to v nej-

různější kvalitě a přesnosti. Za zmínku stojí určitě jedna z vůbec nejstarších speleologických map na světě – mapa Sloupských jeskyň od Karla Sůsze z roku 1796, který ji zhotovil na popud hraběte Hugo Františka Salma (Musil, 2002).

Historicky nejvýznamnější postavou speleologie Moravském krasu byl bezesporu Karel Absolon. V rámci svých výzkumů pořídil celou řadu velmi detailních map. Svě životní dílo shrnul ve dvojsvazkové monografii Moravský kras, která vyšla posmrtně v redakci akademika Radima Kettnera (Absolon, 1970). Významným počinem poválečných let bylo vytvoření unikátní detailní mapy Sloupsko-šošůvských jeskyň v měřítku 1 : 500, zpracované J. Vodičkou a P. Ryšavým v letech 1948 – 1950 (Musil et al., 1993). Současně s postupným objevováním jeskyň na podzemním toku Bílé vody a s objevem samotné Amatérské jeskyňe (1969) pořizovali jaskyňáři mapovou dokumentaci i dalších částí systému. Po tragické nehodě v roce 1970 byli amatérští speleologové postupně ze započatých průzkumů takřka vyloučeni a výzkum Amatérské jeskyňe převzal Geografický ústav Akademie věd. V rámci jeho působení vznikla mapa Amatérské jeskyňe v měřítku 1 : 2 000 autorů J. Příbyla a P. Rejmana, která byla součástí vydané monografie (Příbyl a Rejman, 1980). V roce 1989 zahájila ZO ČSS 6-15 Holštejnská revizní mapování Staré Amatérské jeskyňe s využitím busolního teodolitu pro zaměření hlavních polygonových pořadů. Výsledkem je velmi detailní a přesná mapa této části systému (Zatloukal et al., 1996). Koncem roku 1992 se po dlouhých jednáních do Amatérské jeskyňe vracejí amatérští jaskyňáři. Jsou zahájeny intenzivní mapovací práce v dosud neúplně zdokumentovaných částech a dokumentace komínů a horních pater. V rámci měření byl totální stanicí nově zaměřen hlavní polygonový pořad a byl tak položen základ budoucí přesné mapy. Výsledky těchto prací až do roku 1999 byly publikovány v rámci souhrnné monografie (Motyčka et al., 2000). V roce 2013 byla v rámci společného projektu Českého hydrometeorologického úřadu a Ústavu geoniky Akademie věd zahájena dokumentace hlavních chodeb ve vybraných částech systému s využitím pozemního laserového skenování (Lejska et al., 2015). Veřejnosti zpřístupněné části systému byly předmětem několika mapových dokumentací, zpracovaných profesionály. Ty jsou dnes po doplnění a digitalizaci součástí důležitě měřické dokumentace vedené Správou jaskýň České republiky podle báňských předpisů (Ouhrabka, 2018).

I přes všechny výše popsané aktivity však doposud nikdy nebyla z existujících podkladů sestavena mapa celého systému a nemohla tak být přesně určena ani celková délka všech chodeb v systému. V roce 2017 se ZO ČSS 6-25 Pustý žleb pod vedením J. Sirotky pustila do nelehkého úkolu s cílem jednak dokončit plně digitální podrobnou mapu Nové Amatérské jeskyňe a sestavit komplexní mapu celého systému. Pro zpracování byl zvolen SW Therion. Základním pilířem sestavování mapy bylo shromáždění veškerých dostupných podkladů, map, starých měřických zápisníků a náčrtů a jejich postupná digitalizace. Vedle toho bylo nezbytné znovu kontrolně změřit mnohé části systému a doměřit chybějící chodby, chodbičky, komíny a sifony. Ve spolupráci s dalšími zde působícími ZO ČSS, Správou jaskýň ČR a řadou jednotlivců se během čtyřletého snažení podařilo s mapou celého systému výrazně pokročit. Jako první byla v roce 2018 dokončena mapa Nového Sloupského koridoru a následně v roce 2019 sestavena

kompletní mapa Amatérské jeskyně. V roce 2020 byla dokončena mapa Punkevních jeskyní včetně všech podvodních částí a spodního patra Skleněných domů. Postupně se daří dokončovat také mapu Sloupsko-šošůvských jeskyní, kde však některé práce komplikují přetrvávající nepříznivé vodní stavy. Dokončena byla revize kompletní mapy systému Piková dáma – Spirálka (Sirotek, 2021). Posledními zbylými lokalitami jsou jeskyně Nová Rasovna a jeskyně 13C. U nich v současnosti probíhá převádění dostupných podkladů a vektorizace v SW Therion. Na dokončení mapovacích prací ještě čekají spodní patra Šošůvských jeskyní, Křížovy jeskyně a horní patra Skleněných domů. Odhadujeme, že práce by mohly být dokončeny v průběhu roku 2022. Přehled postupu digitalizace představuje tabulka 1.

Všechny aktivity směřují k dokončení mapy celého systému a její vydání v podobě atlasu. Kromě zpracování půdorysů jednotlivých jeskynních chodeb byl v roce 2021 sestaven vůbec první rozvinutý podélný řez Amatérskou jeskyní od propasti Macocha až po konec Sloupského koridoru a Bělovodské větve (Lejska et al., 2021). Předpokládáme, že takovýto výstup bude postupně zpracován pro celý systém.

#### Literatura

- ABSOLON, K. 1970. Moravský kras 1 a 2. Academia, Praha, 418 s. a 348 s.
- LEJSKA, S. – KUDA, F. – KNĚŽÍNEK, K. – DIVÍŠEK, J. 2015. Hydrologický výzkum a 3D mapování laserovým skenerem soutokové oblasti Sloupského potoka a Bílé vody v Amatérské jeskyni. Speleofórum 2015, Česká speleologická společnost, Praha, 5–10.
- LEJSKA, S. – KUDA, F. – SIROTEK, J. – KNĚŽÍNEK, K. – BARTA, B. – BALDÍK, V. – NEJEZCHLEB, R. – TŮMA, T. – HADACZ, R. 2021. Velká říjnová povodeň 2020 aneb revoluce ve výškových poměrech v Amatérské jeskyni. Speleofórum 2021, Česká speleologická společnost, Praha, 33–48.
- MOTYČKA, Z. – POLÁK, P. – VÍŤ, J. – SIROTEK, J. et al. 2000. Amatérská jeskyně – 30 let od objevu největšího jeskynního systému České republiky. Vydavatelství Audy, Jedovnice, 232 s.
- MUSIL, R. 2002. Sloupsko-šošůvské jeskyně – Jeskynní bludiště pod Bradinami, jeho historie a význam. Gloria, Brno, 180 s.
- MUSIL, R. et al. 1993. Moravský kras labyrinty poznání. Jaromír Bližňák, Adamov, 336 s.
- OUHRABKA, V. 2018. O mapách a mapování jeskyní. Ochrana přírody, 1, AOPK ČR, Praha, 32–35.
- PŘIBYL, J. – REJMAN, P. 1980. Punkva a její jeskynní systém v Amatérské jeskyni. Studia Geographica, Brno, 68 s.
- SIROTEK, J. 2021. Mapování systému Amatérské jeskyně. In Zajíc, P. (Ed.): Sborník referátů z konference k mezinárodnímu roku jeskyní a krasu. Acta Speologica, vol. 10/2021, Správa jeskyní České republiky, Průhonice, 62–64.
- SIROTEK, J. – MOTYČKA, Z. – KAMAN, V. – MOKRÝ, T. – ONDROUHOVÁ, L. 2022. Na hraně žlebu, 30 let od založení základní organizace České speleologické společnosti 6-25 Pustý žleb. ZO ČSS 6-25 Pustý žleb, Brno, 188 s.
- ZATLOUKAL, R. et al. 1996. Speleologie na Holštejnsku. Výzkumy v letech 1966–1996. Knihovna české speleologické společnosti, Svazek 28, ZO ČSS 6-15 Holštejnská, Brno, 46 s.

Tabulka 1. Postup zpracování digitální mapy systému Amatérské jeskyně k 31. 12. 2021 (Sirotek et al., 2022)

Část	Digitální mapa	Zbývá (odhad)	Celkem
Stará Amatérská jeskyně	3 588 m	–	3 588 m
Nová Amatérská jeskyně	19 002 m	–	18 585 m
Nový Sloupský koridor – šachta Broušek	5 885 m	–	5 885 m
Punkevní jeskyně (včetně Předmacošského sifonu, Skleněných domů, Odvodňovací štoly a návazných jeskyní)	7 244 m	500 m	7 744 m
Sloupsko-šošůvské jeskyně (včetně Kůlny a Křížových jeskyní)	6 376 m	1 000 m	7 376 m
Jeskyně 13 C	1 153 m	–	1 153 m
Piková dáma – Spirálka	3 927 m	–	3 927 m
Nová Rasovna	1 952 m	200 m	2 152 m
Ostatní	121 m	–	121 m
<b>Celkem</b>	<b>49 248 m</b>	<b>1 700 m</b>	<b>50 948 m</b>

