

# 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. RNDr. Peter Gažík, prof. dr. hab. Michal 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 26, číslo 2/ december 2021**

© 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) Gombasecká jaskyňa, Kaňon. Foto: P. Staník
- (2) Gombasecká jaskyňa, Brkový dóm. Foto: P. Staník
- (3) Domica, II. plavba. Foto: P. Staník
- (4) Domica, štátna hranica. Foto: P. Staník

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

D. Haviarová – J. Gavurník: Základné zhodnotenie výsledkov monitoringu hydrologického režimu v jaskyni Domica za obdobie 2016 – 2021 / The primary assessment of hydrological regime monitoring results in the Domica Cave, time period 2016 – 2021 .....	51
B. Pandula – J. Kondela – M. Konček – R. Farkašovský: Optimalizácia vplyvu trhacích prác v lome Gombasek na Gombaseckú jaskyňu / Optimization of the impact of blasting in the Gombasek quarry on the Gombasecká jaskyňa Cave .....	64

**DOKUMENTÁCIA, OCHRANA A VYUŽÍVANIE JASKÝŇ / DOCUMENTATION, PROTECTION AND USE OF CAVES**

P. Bella: Z histórie Mošnickej jaskyne / From the history of the Mošnická jaskyňa Cave .....	70
V. Papáč – Ľ. Gaál – D. Haviarová – P. Gažík: Nové ochranné pásma jaskýň / New buffer zones of caves .....	74
P. Herich: Mobilné laserové skenovanie jaskýň – prvé výsledky a skúsenosti / Mobile laser scanning of caves – first results and experiences .....	77
Ľ. Gaál: Projekt Interreg zameraný na prípravu speleoterapie v jaskynnom systéme Domica-Baradla / Interreg project focused on the preparation of speleotherapy in the Domica-Baradla cave system .....	79
P. Rendko: Nový vstupný areál Gombaseckej jaskyne / New entrance building of the Gombasecká jaskyňa Cave .....	83
I. Balciar – P. Staník: Uzatváranie a čistenie jaskýň v roku 2020 / Gating and cleaning of caves in 2020 .....	83

**SPRÁVY A AKTUALITY / REPORTS AND NEWS**

J. Zelinka: Kras, jeskyně a lidé – odborná konference, 17. – 18. september 2021, Blansko-Češkovice, Česká republika / Karst, Caves and People – scientific conference, September 17 - 18, 2021, Blansko-Češkovice, Czech Republic .....	84
P. Bella: 13. vedecká konferencia „Výskum, využívanie a ochrana jaskýň“ / 13th Scientific Conference “Research, Use and Protection of Caves” .....	85
P. Gažík: Slávnostné pripomenutie výročí jaskýň v roku 2021 / Ceremonial commemoration of the cave anniversaries in 2021 .....	86
P. Holúbek – M. Kudla: Výstava k storočnici Demänovskej jaskyne slobody / Exhibition to the centenary of the Demänovská Cave of Liberty .....	88
M. Kudla: Environmentálna výchova v roku 2020 / Environmental education in 2020 .....	88
Ľ. Nudziková – A. Laurincová: Návštevnosť sprístupnených jaskýň v roku 2020 / Show caves attendance in 2020 .....	89

**SPOLOČENSKÉ SPRÁVY / SOCIAL REPORTS**

P. Bella: 85-ročné jubileum doc. RNDr. Jozefa Jakála, DrSc. / 85th anniversary of assoc. prof. RNDr. Jozef Jakál, DrSc. ....	90
P. Bella: Životné jubileum Ing. Petra Gažíka / Life jubilee of Ing. Peter Gažík .....	91

# ZÁKLADNÉ ZHODNOTENIE VÝSLEDKOV MONITORINGU HYDROLOGICKÉHO REŽIMU V JASKYNI DOMICA ZA OBDOBIE 2016 – 2021

Dagmar Haviarová<sup>1</sup> – Ján Gavurník<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup> Slovenský hydrometeorologický ústav, Jeséniova 17, 833 15 Bratislava; jan.gavurnik@shmu.sk

**D. Haviarová, J. Gavurník: The primary assessment of hydrological regime monitoring results in the Domica Cave, time period 2016 – 2021**

**Abstract:** The article analyses descriptions of the hydrological situation over the period 2016 – 2021 in the Domica Cave based on the results of hydrological monitoring of Styx River and Domický potok Creek provided by the Slovak Caves Administration. The description is based on analyses and the basic assessment of 10-minute monitoring intervals of water levels and discharges. The average daily and monthly values were evaluated. Average daily discharges of both creeks were low during the monitoring period. 92 % of Styx River's average daily discharges values and 88 % of Domický potok Creek's average daily discharges values were below 1.4 L·s<sup>-1</sup>. The maximum average monthly discharges were in February, minimal average monthly discharges were in the autumn period (September and October) and the winter period (December, January). February was the month with the greatest monthly runoff volumes for Styx River and Domický potok Creek. The occurrence of the hydrological extremes (drought periods and floods) was identified in the cave. The flood situations, with a significant temporary increase of water level and discharge in the stream, which occurred in February 2016, May 2017, February, and July 2021 were evaluated in the article. The extreme discharges had a short time duration of only several hours. The extreme discharges ( $Q_{max}$ ) were higher after heavy rain in comparison to snowmelt. The most significant extreme of high discharges was documented in 2021. The driest season of the monitoring period was the year 2019. The cruise in the cave is artificial and its operation is dependent on the hydrological situation in the cave. The cruise for the visitors was realized only two times in the cave during the period of 2016 – 2021; 20. 4. 2016 – 31. 12. 2016, 8. 4. 2018 – 25. 7. 2018. The monitoring shows that the cruise can be realized in the cave when the water during high discharge will be used.

**Keywords:** Domica Cave, hydrological regime, monitoring, discharge, flood

## ÚVOD

Jaskyňa Domica reprezentuje jednu z dvoch podzemných mokradí na Slovensku, ktoré boli zapísané do medzinárodného zoznamu ramsarských lokalít. V rámci starostlivosti o jaskyňu realizuje Správa slovenských jaskýň na lokalite hydrologický monitoring, ktorý je zameraný na meranie prietokov podzemného toku Styx a Domického potoka ako dvoch hlavných tokov podieľajúcich sa na hydrologickom režime jaskyne. Povodie jaskyne Domica bolo z hľadiska odlišného významu pre dopĺňanie jej krasového systému rozdelené do troch čiastkových povodí: povodie podzemného toku Styx, povodie Domického potoka, čiastkového povodia I. a II. plavby (Klaučo et al., 1998) (obr. 1). V rámci tohto delenia chýba pri rozčlenení celého povodia jaskyne ešte vymedzenie čiastkového povodia podzemného toku Styx za priestorom nádrže II. plavby. Styx s plochou povodia 2,26 km<sup>2</sup> (Klaučo et al., 1998) patril v minulosti k hlavným zdrojom vody v jaskyni. V súčasnosti tečie len občasne, a to aj vďaka zmene charakteru pokryvných útvarov na povrchu, kde trvalé trávne porasty a ornú pôdu postupne strieda les a porasty, ktoré zvyšujú podiel evapotranspirácie. Styx sa prvýkrát v sprístupnenej časti jaskyne objavuje v Panenskej chodbe, odkiaľ tečie smerom do Majkovho domu a ďalej celým jaskynným systémom až do Maďarska. Na slovenskej strane má len niekoľko menších občasných prítokov, z nich najväčším je Domický potok. Povodie Domického potoka má podľa Klauču et al. (1998) plochu 1,38 km<sup>2</sup>, jeho územie zahŕňa hlavne ornú pôdu a trvalé trávne porasty. Prívalové vody Domického potoka vznikajú vďaka existencii

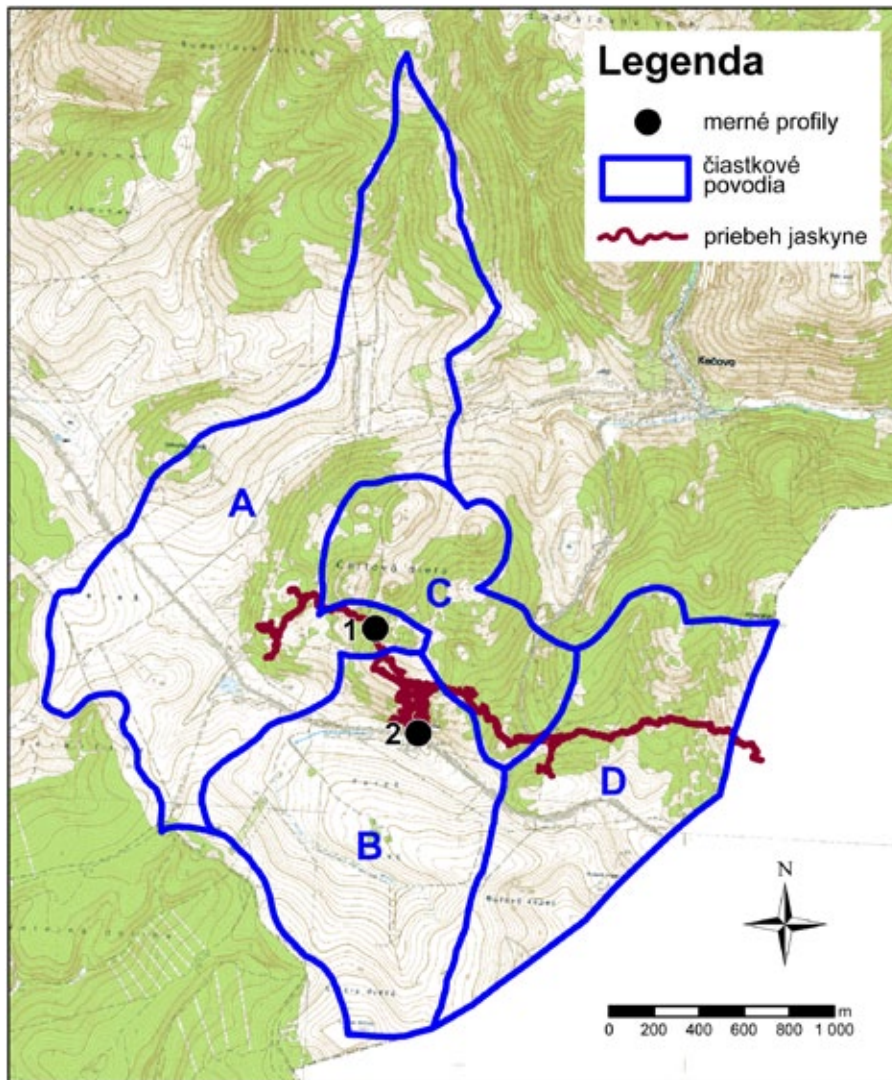
kanalizačných systémov poldrov (veľký a malý polder predstavujúce hydrotechnické zariadenia postavené na povrchu ešte v roku 1968 s cieľom protipovodňovej ochrany jaskyne) umožňujúcich bezbariérový prechod koncentrovaných dažďových vôd do ponoru Domického potoka. Podrobnejší opis povodia obidvoch tokov a hydrologického režimu jaskyne je súčasťou viacerých prác, napr. Peško (1996), Klaučo a Filová (1996), Klaučo et al. (1998), Klaučo et al. (1999), Peško (2003), Haviarová (2004), Haviarová a Gruber (2006), Gruber a Haviarová (2014), Hochmuth a Gesert (2016), Ujlakiová (2021).

Monitoring hydrologického režimu v jaskynných podmienkach je v porovnaní s meraniami na povrchových lokalitách komplikovanejší, veľakrát limitovaný technickými podmienkami a možnosťami, ochranárskym aspektom (ochrana podzemných biotopov) a niektorými ďalšími sekundárnymi vplyvmi. Platí to aj pre jaskyňu Domica, kde sa hydrologický monitoring pod hlavičkou Správy slovenských jaskýň priebežne formoval a realizoval od roku 1999. Výsledky meraní do roku 2016 boli značne nekompletné, poznačené častými poruchami monitorovacej techniky aj skreslenými údajmi počas vyšších vodných stavov vzhľadom na charakter samotných merných profilov. Vďaka postupnej úprave merných priepadov tak, aby nedochádzalo k ich poškodeniu počas vysokých vodných stavov, a po výmene a doplnení vybranej monitorovacej techniky sa podarilo v jaskyni po dlhom čase zaviesť pomerne spoľahlivý monitorovací systém. Príspevok na základe analýz vodných stavov, veľkostí a režimových zmien prietokov podzemného toku Styx

a Domického potoka získaných z výsledkov monitoringu hodnotí hydrologický režim v sprístupnenej časti jaskyne Domica za obdobie rokov 2016 až 2021.

## METODIKA

Na podzemnom toku Styx v Panenskej chodbe sa pred uzáverom do Čertovej diery v októbri 2014 vybudoval nový merný priepad (obr. 1, obr. 2). Dovtedy existujúci priepad na Styxe inštalovaný v roku 1999 o niekoľko desiatok metrov nižšie v smere toku oproti novému stanovisku tvoril len plech merného priepadu zarazený v sedimentoch, ktoré postupne strácali svoju stabilitu a pri väčších prietokoch dochádzalo k podplavovaniu profilu. Limitujúca pre meranie prietokov bola vzhľadom na jeho umiestnenie aj výška, keďže pri väčších prietokoch sa voda prelievala mimo hlavného koryta podzemného toku Styx a priepadom tak nepretekali všetky vody. V roku 2013 došlo pri mernom profile k takému rozsiahlemu poškodeniu sedimentov, že bolo nutné uvažovať o výraznejšej rekonštrukcii objektu. Nakoniec sme sa rozhodli vybudovať nový priepad s vhodnejším umiestnením, optimalizáciou prietocnej kapacity a funkčnosťou pri povodňových situáciách. Nový priepad bol dimenzovaný na maximálny prietok 602 l·s<sup>-1</sup>. K priepadu bola umiestnená hlbková sonda (typ TSIP) napojená na dataloger firmy MicroStep-MIS, ktorý bol súčasťou integrovaného monitorovacieho systému jaskyne s on-line prenosom dát do Liptovského Mikuláša. Tento systém bol v jaskyni inštalovaný v roku 2006. Časté poruchy systému spôsobené elektrickými výbojmi bleskov a následnými výpadkami meraní na vzájomne zosieťovaných zariade-



Obr. 1. Povodie jaskyne Domica s vyznačením čiastkových povodií a lokalizáciou merných profilov (A – čiastkové povodie podzemného toku Styx, B – čiastkové povodie Domického potoka, C – čiastkové povodie I. a II. plavby, D – čiastkové povodie podzemného toku Styx za II. plavbou, 1 – merný profil na Styxe (Panenská chodba), 2 – merný profil v ponore Domického potoka. Spracovali a upravili D. Haviarová a P. Gažík  
Fig. 1. Domica Cave catchment area with marking of the partial catchment areas and localization of the measuring profiles (A – partial catchment area of the underground Styx River, B – partial catchment area of the Domický potok Creek, C – partial catchment area of the "First" and "Second cruise", D – partial catchment area of the underground Styx River behind "Second cruise", 1 – measuring profile on the Styx (Panenská chodba Passage), 2 – measuring profile in the ponor of the Domický potok Creek. Compiled and modified by D. Haviarová and P. Gažík



Obr. 2. Merný priepad na Styxe v Panenskej chodbe. Foto: D. Haviarová  
Fig. 2. The water-gauging station on the Styx River in the Panenská chodba Passage. Photo: D. Haviarová

Takto vytvorená účelová vodomerná stanica v podzemí zabezpečila monitoring teploty vody a výšky prepadového lúča na priepade, z ktorej bol následne prepočítaný prietok. Získané údaje sa použili na základnú analýzu priemernej vodnosti toku. Prietoky boli odvodené z vodného stavu pomocou mernej krivky prepočítanej na príslušný priepad (kombinovaný Thomsonov/Ponceletov priepad).

Zmeny merania prietokov sa vykonali aj v ponore Domického potoka (obr. 1, 3). Stanica integrovaného monitorovacieho systému s vysokou poruchovosťou bola v máji 2014 najskôr nahradená len meraniami pozorovateľa 1-krát denne formou odpočtu vodného stavu na vodočetine late, čo však na podrobné hodnotenie režimu nebolo vyhovujúce. 20. 2. 2015 sme v ponore osadili novú hĺbkovú sondu Mars 4i v. č. 1688 s nastaveným intervalom merania 10 minút (bez on-line prenosu) a následne 5. 6. 2015 sme rovnako ako v prípade podzemného toku Styx zrekonštruovali v ponore Domického potoka (v ústí odvodňovacej štólne ponoru) merný profil s dimenzovaním na maximálny prietok  $1284 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$  (obr. 3). Pôvodný merný profil sa na tomto mieste nachádzal od roku 1999. Rovnako ako na Styxe sa aj tu monitorované dáta (teplota vody a výška prepadového lúča na priepade) priebežne odčítavali, vkladali do databázy a vyhodnocovali.

Pri štatistickom, tabuľkovom a grafickom vyhodnocovaní dát sa využil program MS Excel a Statgraphics (version XV). V rámci základného spracovania získaných dát sme pracovali s okamžitými 10-minútovými dátami, resp. prepočítanými priemernými dennými údajmi. Podrobnejšie okamžité dáta sme využili hlavne pri analýze povodňových situácií a chronologických čiar prietokov pre hydrologické roky, priemerné denné prietoky boli využité napr. na stanovenie priemerných mesačných a ročných prietokov, hydrogramov, čiar prekročenia a čiar nedosiahnutia priemerných denných prietokov. Pre potreby prevádzky a fungovania plavby z hľadiska budúcich analýz sme sa viac sústredili na maximálne prietoky namerané na profiloch. Vytvorili sme prehľad dní, pri ktorých okamžité prietoky prekročili hranice  $500 (450, 200, 100 \text{ a } 50 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1})$ . Údaje o prevádzke plavby boli použité z denníka jaskyne a z dokladov poskytnutých referátom prevádzky jaskýň a obchodnej činnosti na Správe slovenských jaskýň. Údaje o zrážkach sme použili z vlastnej prevádzkovej zrážkomernej stanice umiestnenej na streche budovy jaskyne a z najbližšej zrážkomernej stanice zaradenej do siete staníc SHMÚ (zrážkomerná stanica Silica IND 55180 na Silickej planine). Dáta nám na tento účel poskytl SHMÚ. Údaje o zrážkach zo stanice Domica vykazovali v niektorých prípadoch nekorrektné poddimenzované hodnoty, preto ich pre možné chyby neuvádzame ako relevantné dáta v rámci ročných zrážkových úhrnov. Údaje zo zrážkomernej stanice Silica zasa nezachytávali podľa nášho porovnania všetky lokálne zrážkové udalosti v povodí jaskyne. Napriek tomu sme ich využili na získanie globálneho obrazu o zrážkových pomeroch širšieho územia. Z meteorologickej stanice na Domici sme využili aj dáta o vonkajšej teplote vzduchu.

niach nás viedli k rozhodnutiu umiestniť novú hĺbkovú sondu na profile s vlastným batériovým zdrojom napájania. Nevýhodou tejto zmeny bola strata možnosti on-line sledovania hydrologickej situácie v jaskyni. Benefitom mala byť nižšia poruchovosť monitorovacieho systému. Nová hĺbková sonda Mars 4i v. č. 2852 bola na profile osadená 3. 2. 2016. Interval merania ostal zachovaný na 10 minút. Dáta sa zo sondy pravidelne manuálne sťahovali.



Obr. 3. Merný priepad v ponore Domického potoka. Foto: P. Staník  
Fig. 3. The water-gauging station in the ponor of the Domický potok Creek. Photo: P. Staník

## VÝSLEDKY

### HYDROLOGICKÝ ROK 2016

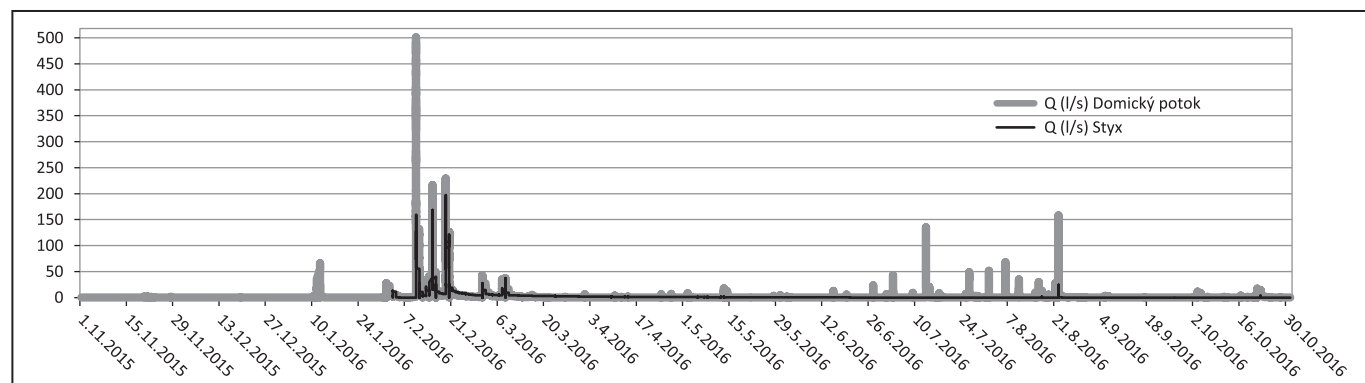
V roku 2016 sme mali k dispozícii dáta z meraní od 3. 2. 2016, keď sa v mieste merného profilu nainštalovala nová hĺbková son-

da. V čase inštalácie bola hodnota prietoku na podzemnom toku Styx v mieste profilu 2,4 l·s<sup>-1</sup>. Od februára do 14. 7. 2016 bol Styx v Panenskej chodbe v rámci hydrologického roka aktívny nepretržite. Rok 2016 bol na Slovensku veľmi až mimoriadne teplý, bohatý na atmosférické zrážky. V rámci roka relatívne najviac zrážok spadlo v zime 2015/2016, k čomu prispel zrážkovo extrémne vlhký február. Najmenej zrážok spadlo v decembri, v júni a v marci. Február sa vyznačoval rekordne vysokými teplotami (Pecho et al., 2017). Údaje zo stanice Domica a Silica evidovali najvyšší zrážkový úhrn v júli, až potom nasledoval mesiac február. Z dôvodu pomerne vysokého úhrnu zrážok práve vo februári sa prietok na podzemnom toku Styx niekoľko ráz po sebe výraznejšie zvýšil (10. 2. 2016, 15. 2. 2016, 19. 2. 2016) (obr. 4). Mierne zvýšenie prietokov v nadväznosti na zrážky bolo aj v prvej polovici marca, konkrétne 1. 3. 2016 a 8. 3. 2016. Od tohto dátumu nasledovalo už len rovnomerné ustálené prúdenie s postupným vyznievaním prietoku, a to aj napriek pomerne intenzívnym zrážkam v polovici júna. V auguste a októbri sa po zrážkach Styx aktivoval na niekoľko dní (17. – 18. 8. 2016 s  $Q_{\max} = 1,9 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ , 22. – 23. 8. 2016 s  $Q_{\max} = 24,5 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ , 22. – 23. 10. 2016 s  $Q_{\max} = 3,5 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ ). Nulová aktivita podzemného toku Styx bola počas celého mesiaca september. Celkovo bol Styx v roku 2016 od 3. 2. 2016 aktívny 167 dní s najväčším priemerným mesačným prietokom vo februári, s maximálnym okamžitým prietokom  $Q = 197,5 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$  (výška prepadového lúča 445 mm) zo dňa 19. 2. 2016.

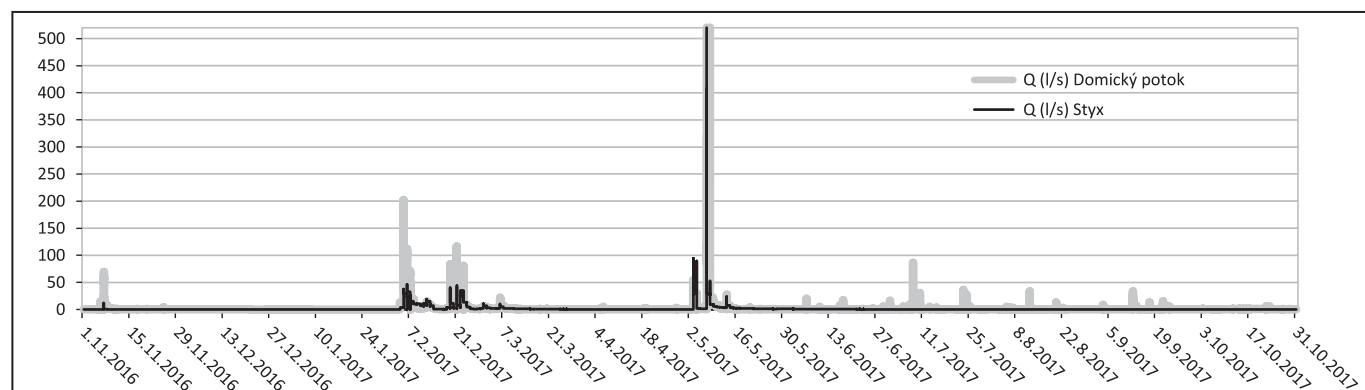
Domický potok mal svoje maximum v rámci roka 10. 2. 2016 s  $Q_{\max} = 501 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$  (výška prepadového lúča 667 mm). Výrazné zvýšenie prietokov na Domickom potoku kopirovalo prietoky podzemného toku Styx. Na rozdiel od Styxu však boli na Domickom potoku počas roka registrované aj ďalšie zvýšenia, hlavne v letnom období počas mesiacov júl a august. V čase, keď sa na podzemnom toku Styx ešte nevykonávali merania (od novembra do konca januára), sa na Domickom potoku zaznamenalo zvýšenie prietokov ako dôsledok mierneho oteplenia od 10. 1. 2016. V rámci hydrologického roka 2016 bol Domický potok aktívny celý rok. Jeho priemerný ročný prietok zodpovedal hodnote 2,2 l·s<sup>-1</sup>. Najväčší priemerný mesačný prietok mal február, najnižší december.

### HYDROLOGICKÝ ROK 2017

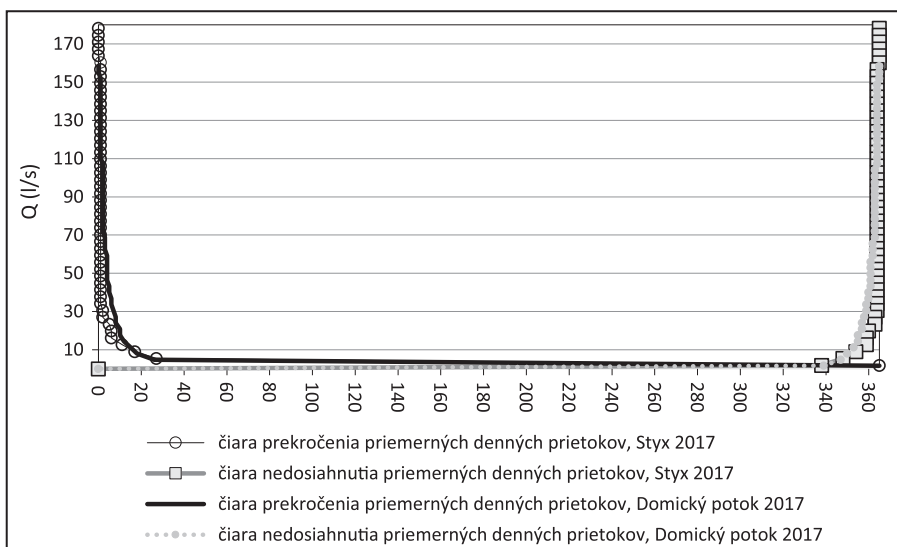
Rok 2017 bol na Slovensku hodnotený ako zrážkovo normálny. Zima 2016/2017 bola veľmi suchá, s malým množstvom snehu. Od januára do augusta s výnimkou apríla prevládali na Slovensku mesiace s nedostatkom zrážok. Mimoriadne vlhký bol apríl a september. Z letných mesiacov bol zrážkovo normálny júl, ostatné letné mesiace boli zrážkovo deficitné. Z teplotného hľadiska bol rok 2017 veľmi až mimoriadne teplý (Pecho et al., 2018). Ročný zrážkový úhrn v rámci hydrologického roka v stanici Silica predstavoval 606,8 mm. Zrážkovo najbohatším mesiacom podľa zrážok z Domice a Silice bol máj a september. Aktivita podzemného toku Styx v Panenskej chodbe bola počas tohto hydrologického



Obr. 4. Priebeh prietokov na podzemnom toku Styx (Panenská chodba) a Domickom potoku v hydrologickom roku 2016 (10-minútové hodnoty  $Q$  v l·s<sup>-1</sup>)  
Fig. 4. The course of the discharge of the underground Styx River (Panenská chodba Passage) and Domický potok Creek in the hydrologic year 2016 (10-minute values of the  $Q$  in l·s<sup>-1</sup>)



Obr. 5. Priebeh prietokov na podzemnom toku Styx (Panenská chodba) a Domickom potoku v hydrologickom roku 2017 (10-minútové hodnoty  $Q$  v l·s<sup>-1</sup>)  
Fig. 5. The course of the discharge of the underground Styx River (Panenská chodba Passage) and Domický potok Creek in the hydrologic year 2017 (10-minute values of the  $Q$  in l·s<sup>-1</sup>)



Obr. 6. Čiary prekročenia a čiary nedosiahnutia priemerných denných prietokov podzemného toku Styx (Panenská chodba) a Domického potoka za hydrologický rok 2017

Fig. 6. The cumulative frequency curves and cumulative frequency of non-exceedance of the average daily discharge of the underground Styx River (Panenská chodba Passage) and Domický potok Creek in the hydrologic year 2017

roka prvýkrát zaznamenaná od 7. 11. 2016 do 8. 11. 2016 ako reakcia na zrážkovú činnosť v povodí. Išlo o krátkodobý, vodnosťou nízky prietok s  $Q_{\max} = 12 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ . Styx sa stal dlhodobejšie aktívnym až 4. 2. 2017. Od tohto dátumu tielkol do 26. 4. 2017 s výraznejšou prietokovou vlnou v čase od 21. 2. 2017 do 24. 2. 2017 s  $Q_{\max} = 43 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ . 26. 4. 2017 sa prietok v tejto časti jaskyne na Styxe zastavil. Obnovil sa 3. 5. 2017 znova ako dôsledok zrážkovej činnosti na povrchu, odkedy tielkol kontinuálne až do 15. 7. 2017 s najvýraznejšou prietokovou vlnou od 7. 5. 2017 do 9. 5. 2017. Počas augusta, septembra aj októbra bol Styx neaktívny napriek pomerne veľkému zrážkovému úhrnu v mesiaci september. Počas hydrologického roka 2017 bol Styx aktívny 158 dní. Maximálny prietok bol zaznamenaný 7. 5. 2017, keď výška jeho hladiny presiahla úroveň priepadu (750 mm). Priemerný ročný prietok dosiahol hodnotu  $1,51 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ . Najvyšší priemerný mesačný prietok pripadol na máj.

Domický potok mal registrované prietoky počas celého roka s výnimkou obdobia od 9. 1. 2017 do 2. 2. 2017. Až do konca mája priebeh jeho režimových zmien viac-menej koreloval s vodným režimom podzemného

toku Styx. Od júna do konca októbra sa na Domickom potoku ako reakcia na zrážky na rozdiel od podzemného toku Styx zaznamenalo niekoľko opakovaných zvýšených prietokov s  $Q_{\max}$  do  $50 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$  (obr. 5). 8. 7. 2017 sa prietok zvýšil až na  $86 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$  s trvaním prietokovej vlny len do 30 minút. Hodnota priemerného ročného prietoku Domického potoka dosiahla hodnotu  $2,3 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ . Maximálny prietok bol rovnako ako pri Styxe zdokumentovaný 7. 5. 2017, keď výška hladiny presiahla úroveň prepadu (952 mm). Aj napriek tomuto májovému extrému ako mesiac s najvyšším priemerným prietokom s hodnotou  $12,5 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$  pripadol na Domickom potoku na február.

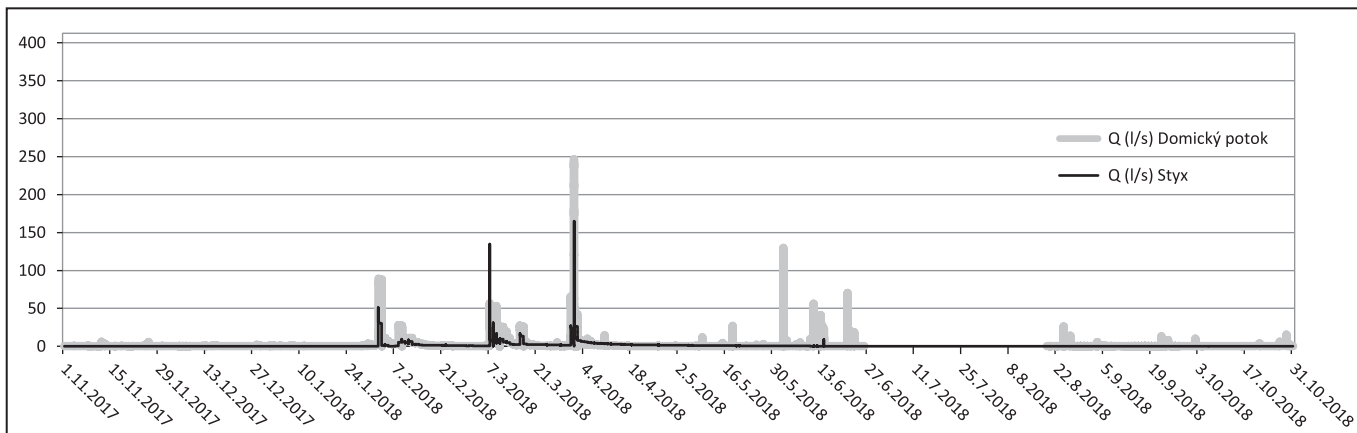
Čiary prekročenia a čiary nedosiahnutia priemerných denných prietokov obidvoch tokov za hydrologický rok 2017, ktoré charakterizujú veľkosť monitorovaných prietokov, dokumentuje obr. 6.

#### HYDROLOGICKÝ ROK 2018

Rok 2018 bol na Slovensku mimoriadne až extrémne teplý. Zima 2017/2018 bola zrážkovo nevýrazná. Na väčšine územia Slovenska boli ročné úhrny zrážok pod dlhodobým priemerom. Zrážky na jar a v lete mali väčšinou pôvod

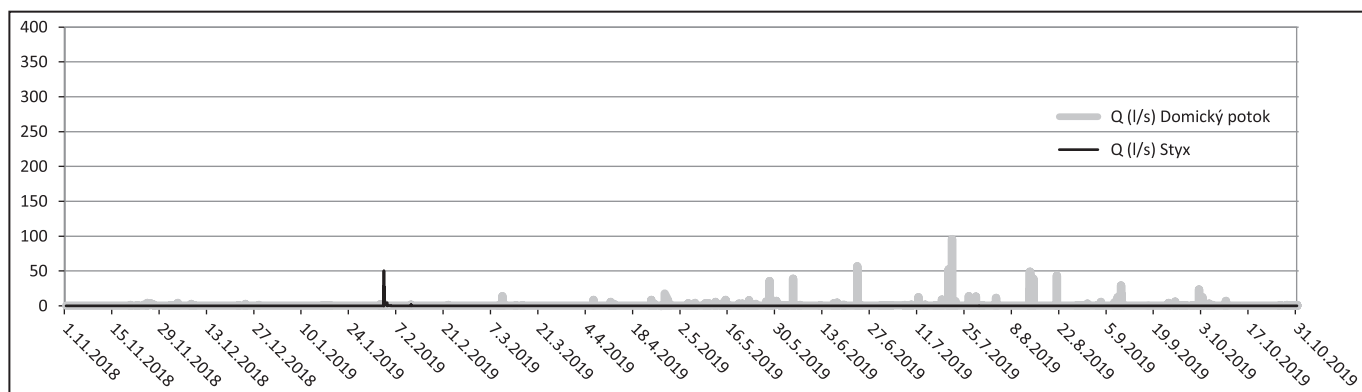
v búrkových lejakoch (Pecho et al., 2019). V regióne východného Slovenska sa vysoké zrážkové úhrny zaznamenali v novembri, decembri, vo februári, v marci a júni. Nízke zrážkové úhrny boli dokumentované v apríli, v máji, v júli, v septembri a v októbri (Lešková a Mikuličková, 2019). Ročný zrážkový úhrn na stanici Silica za hydrologický rok 2018 predstavoval 755 mm, čo bol druhý najväčší zrážkový úhrn v rámci hodnoteného obdobia na tejto stanici. Zrážkovo najbohatším mesiacom bol jún, čo platilo v prípade zrážkomernej stanice Domica aj Silica. V roku 2018 sa začala vplyvom zrážok a topenia snehu aktivita podzemného toku Styx 2. 2. 2018 a trvala kontinuálne až do 9. 7. 2018. August, september a október Styx v mieste profilu netiekol. Celkovo tak bol na podzemnom toku Styx dokumentovaný prietok počas 159 dní. Vo februári sa 8. 2. 2018 začali na Styxe nepatrne zvyšovať prietoky s kulmináciou 9. 2. 2018 s  $Q_{\max} = 9,59 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ . Po februárovom zaktivovaní prietoku boli v mieste profilu počas roka zaznamenané ešte 3 prietokové vlny. Dve výraznejšie so začiatkom 7. 3. 2018 a 31. 3. 2018 a jedna menšia so začiatkom 16. 3. 2018 (obr. 7). 7. 3. 2018 bolo maximálne dokumentované Q na úrovni  $134 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$  s priemerným Q na tento deň  $27,3 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ . 16. 3. 2018 sa prietok zvýšil na  $Q_{\max} = 17,1 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ . Posledné marcové dni a prvé dni apríla priniesli na Slovensku výdatné zrážky, ktoré sa prejavili na viacerých tokoch východného Slovenska vzostupom vodných hladín. Rovnako to bolo aj v jaskyni Domica. K zvýšeniu prietoku na podzemnom toku Styx došlo 31. 3. 2018, maximálny stav dosiahol 1. 4. 2018  $Q_{\max} = 165 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$  (výška hladiny 413 mm) s hodnotou priemerného denného prietoku  $44,9 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ . Po kulminácii sa jeho prietoky postupne znižovali, priemerné denné hodnoty postupne klesali z  $13,8 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$  až na nulu. Na konci apríla bola priemerná denná hodnota prietoku ešte na úrovni  $1,51 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ , na konci mája dosahovala táto hodnota  $0,59 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ , na konci júna to bolo už len necelých  $0,09 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ .

Prvé výraznejšie maximum počas hydrologického roka 2018 sa na Domickom potoku objavilo rovnako ako na podzemnom toku Styx začiatkom februára s kulmináciou Q v nočných hodinách 2. 2. 2018 s  $Q_{\max} = 89,5 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ . Ďalšie maximá nasledujúcich prietokových vln korelujúce so Styxom boli zaznamenané 9. 2. 2018 ( $Q_{\max} = 26 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ ), 7. 3. 2018 ( $Q_{\max} = 56,7 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ ), 16. 3. 2018 ( $Q_{\max} = 26,8 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ ), 1. 4. 2018 ( $Q_{\max} = 246 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ ). Rozdiel oproti



Obr. 7. Priebeh prietokov na podzemnom toku Styx (Panenská chodba) a Domickom potoku v hydrologickom roku 2018 (10-minútové hodnoty Q v  $\text{l}\cdot\text{s}^{-1}$ )

Fig. 7. The course of the discharge of the underground Styx River (Panenská chodba Passage) and Domický potok Creek in the hydrologic year 2018 (10-minute values of the Q in  $\text{l}\cdot\text{s}^{-1}$ )



Obr. 8. Priebeh prietokov na podzemnom toku Styx (Panenská chodba) a Domickom potoku v hydrologickom roku 2019 (10-minútové hodnoty  $Q$  v  $l \cdot s^{-1}$ )  
Fig. 8. The course of the discharge of the underground Styx River (Panenská chodba Passage) and Domický potok Creek in the hydrologic year 2019 (10-minute values of the  $Q$  in  $l \cdot s^{-1}$ )

podzemnému toku Styx nastal 18. 5. 2018 po zrážkach, keď sa na Domickom potoku krátkodobou zvýšil prietok na  $Q_{max} = 26,9 l \cdot s^{-1}$ , na podzemnom toku Styx sa táto zrážka neprejavila zvýšením hydrologického stavu. Výdatné zrážky v júni spôsobili opakované zvyšovanie prietoku Domického potoka.  $Q_{max}$  v tomto mesiaci bolo 2. 6. 2018 ( $129 l \cdot s^{-1}$ ), prietok Domického potoka sa zvýšil z  $0,3 l \cdot s^{-1}$  na svoje maximum za 20 minút, za 10 minút klesol na  $39,4 l \cdot s^{-1}$ , za ďalších 30 minút na  $3,6 l \cdot s^{-1}$ . Po 6 hodinách sa veľkosť prietoku vrátila na východiskovú hodnotu. Od 27. 6. 2018 do 19. 8. 2018 pre technickú poruchu monitorovacieho zariadenia bol na Domickom potoku výpadok dát. Po 19. 8. 2018 až do konca roka sa na stanici nezaznamenalo žiadne výraznejšie zvýšenie prietoku. Krátkodobé zvýšenie  $Q$  s prietokom nad  $20 l \cdot s^{-1}$  bolo už len 24. 8. 2018.

Z hľadiska kulminácie výšky hladín a ich prietokov žiadnu z hydrologických situácií v roku 2018 na obidvoch tokoch nemôžeme hodnotiť ako extrémne výnimočnú.

#### HYDROLOGICKÝ ROK 2019

Hydrologický rok 2019 bol v regióne východného Slovenska z pohľadu zrážok mierne nadnormálny. Vysoké zrážkové úhrny boli v regióne v máji, novembri a decembri. Extrémne nízke zrážkové úhrny boli vo februári, marci, júni a v októbri (Slovenský hydrometeorologický ústav, 2020). Uvedené výsledky nekorešponovali úplne s meraniami v okolí jaskyne. V jaskyni bol hydrologický rok 2019 z pohľadu hydrologických pomerov deficitný, napriek tomu, že ročný zrážkový úhrn na Do-

mici za toto obdobie prekročil 600 mm. Od novembra do apríla boli zrážky v území veľmi nízke, čo pravdepodobne spôsobilo deficit vlhky v povodí a takmer nulovú aktivitu podzemného toku Styx v týchto mesiacoch. Neskoršie zrážky (máj až október) v kombinácii s vyššími teplotami vzduchu už nedokázali vzhľadom na predchádzajúci vlhkový deficit zaktivovať Styx v jaskyni. V roku 2019 tak bol Styx na profile aktívny len 5 dní. Počas februára sa vplyvom oteplenia a zrážok zaktivizoval 3. 2. 2019 na 3 dni s  $Q_{max} 50,1 l \cdot s^{-1}$ . O niekoľko dní sa podobná situácia zopakovala na 2 dni so začiatkom 11. 2. 2019 s  $Q_{max} = 1,8 l \cdot s^{-1}$ . Priemerný mesačný prietok za február mal hodnotu  $0,81 l \cdot s^{-1}$ .

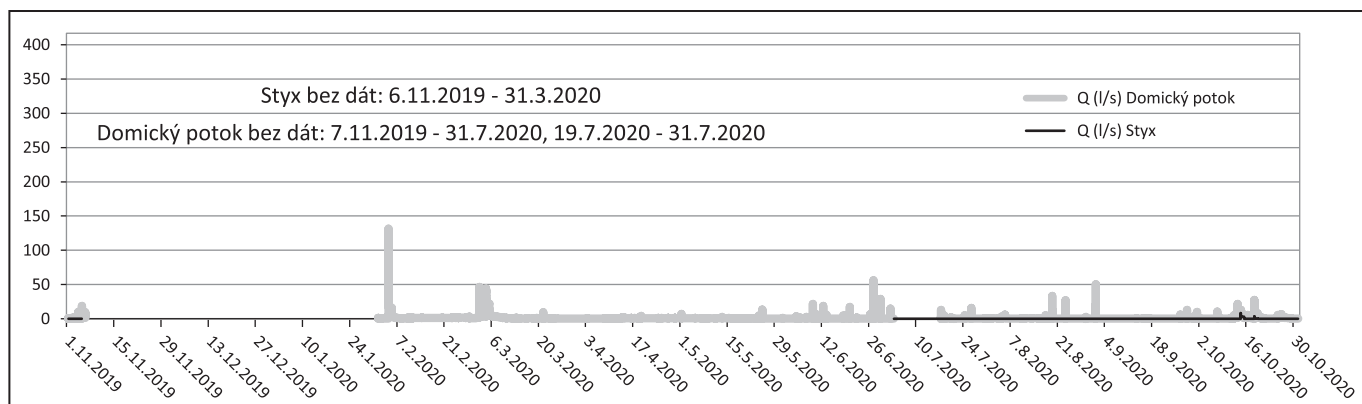
Domický potok na rozdiel od podzemného toku Styx bol aktívny celoročne. Jeho prietoky boli nízke, maximum dosiahlo hodnotu len  $95,8 l \cdot s^{-1}$  (21. 7. 2019). V zimnom a dokonca ani v jarnom období sa nezaregistrovali žiadne výraznejšie vyššie prietoky. V dňoch 28. 5. 2019, 4. 6. 2019, 13. 8. 2019, 14. 8. 2019, 21. 8. 2019, 9. 9. 2019 a 2. 10. 2019 bol ako reakcia na zrážkovú činnosť krátkodobou zvýšený prietok nad  $20 l \cdot s^{-1}$  ( $Q_{max}$  do  $50 l \cdot s^{-1}$ ) (obr. 8). Nad  $50 l \cdot s^{-1}$  sa prietok zvýšil len 20. a 21. 7. 2019 vždy s trvaním vyššieho prietoku len niekoľko minút a s rýchlym návratom do  $1 l \cdot s^{-1}$ . Najvyššiu priemernú mesačnú hodnotu prietoku Domického potoka mal mesiac máj, naopak najnižšia bola spojená s januárom.

#### HYDROLOGICKÝ ROK 2020

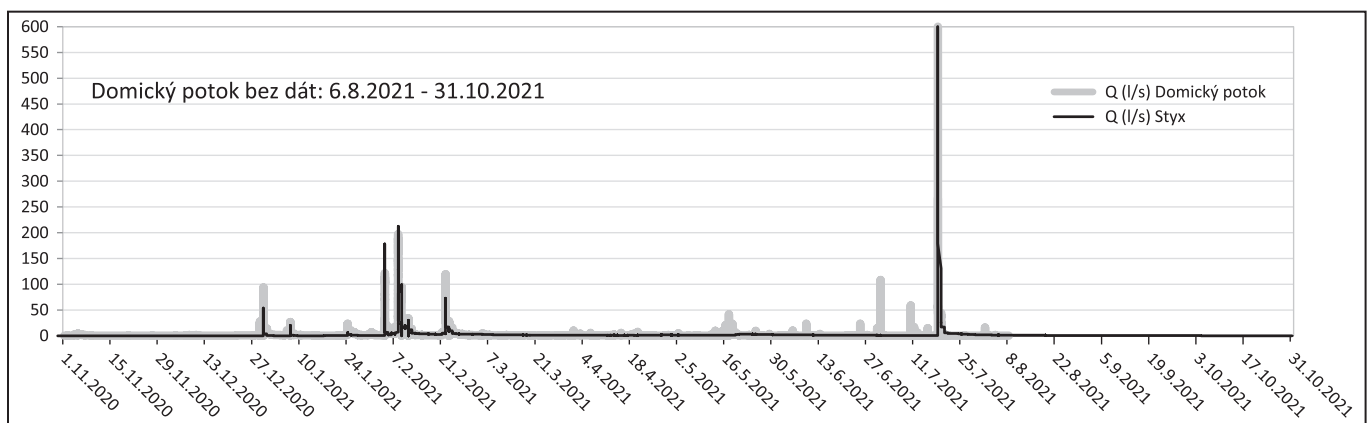
V roku 2020 sme nemali na komplexné hodnotenie hydrologickej situácie v jaskyni

ucelený rad údajov. Dôvodom boli technické problémy na monitorovacích zariadeniach a obmedzené možnosti ich servisu z dôvodu pandemického ochorenia COVID-19 a s tým súvisiacich celoštátnych obmedzení. Na Styxe nám pre technické poruchy chýbali dáta od 6. 1. 2020 do 31. 3. 2020. Na Domickom potoku chýbali údaje od 7. 11. 2019 do 31. 1. 2020 a od 19. 7. 2020 do 31. 7. 2020.

Podľa údajov a hodnotenia Slovenského hydrometeorologického ústavu (Danáčová, 2021) bol rok 2020 z pohľadu množstva atmosférických zrážok nadnormálny. V stanici Silica spadlo v rámci hydrologického roka 2020 najviac zrážok za hodnotené obdobie (860 mm). Z hľadiska hydrologickej situácie boli suchšími mesiacmi (podnormálnymi až suchými mesiacmi) január, apríl a máj. Mimoriadne teplý a na zrážky bohatý február spôsobil topenie snehu, v júni sa zasa vyskytvali búrky spôsobujúce prívateľové povodne. Tie sprevádzali aj zrážkovo najbohatší mesiac roka, október. Údaje zo stanice Domica dokumentovali výrazný zrážkový úhrn v novembri 2019, pokračujúc vyššími zrážkami aj v decembri. Tieto zrážky sa v jaskyni prejavili zaktivizovaním podzemného toku Styx. Presné údaje o prietokoch z tohto obdobia nie sú z dôvodu spomínaných technických porúch k dispozícii, pri porovnaní s okamžitými prietokmi na Domickom potoku v tom čase môžeme predpokladať výskyt skôr nízkych prietokov. Na základe kontinuálneho merania teploty vody samostatnou sondou v mieste profilu a získaných výsledkov môžeme na základe analógie konštatovať, že aktivita pod-



Obr. 9. Priebeh prietokov na podzemnom toku Styx (Panenská chodba) a Domickom potoku v hydrologickom roku 2020 (10-minútové hodnoty  $Q$  v  $l \cdot s^{-1}$ )  
Fig. 9. The course of the discharge of the underground Styx River (Panenská chodba Passage) and Domický potok Creek in the hydrologic year 2020 (10-minute values of the  $Q$  in  $l \cdot s^{-1}$ )



Obr. 10. Priebeh prietokov na podzemnom toku Styx (Panenská chodba) a Domickom potoku v hydrologickom roku 2021 (10-minútové hodnoty Q v l·s<sup>-1</sup>)  
Fig. 10. The course of the discharge of the underground Styx River (Panenská chodba Passage) and Domický potok Creek in the hydrologic year 2021 (10-minute values of the Q in L·s<sup>-1</sup>)

zemného toku Styx bola dokumentovaná v mesiaci december (cca 12 dní), vo februári (cca 5 dní) a v marci (cca 7 dní). Zrážkové úhrny na zrážkovej stanici prevádzkovej Správou slovenských jaskýň umiestnenej na streche vstupnej budovy jaskyne Domica boli počas letných mesiacov nízke, dokonca niekoľkonásobne nižšie ako v zrážkovej stanici Silica. Od apríla až do októbra bol tak Styx bez prietoku, aktivoval sa až 14. – 15. 10. 2020 s  $Q_{\max} = 8,6 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$  a 18. – 19. 10. 2020 s  $Q_{\max} = 3,6 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$  (obr. 9).

Na Domickom potoku prekročil prietok v rámci dostupných záznamov hodnotu  $100 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$  len 4. 2. 2021, keď dosiahol ročné maximum ( $131,3 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ ). Priemerný denný prietok pre tento deň bol na Domickom potoku  $25,2 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ . Následne sa prietoky zvýšili začiatkom marca s  $Q_{\max} = 46,4 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ . Z ďalších mesiacov bola vyššia aktivita Domického potoka až v júni vzhľadom na pomerne častú zrážkovú činnosť v tomto mesiaci. Počas letných mesiacov boli režimové zmeny prietokov Domického potoka nízke. Rovnako to bolo aj v septembri s výnimkou 1. 9. 2020, keď sa prietok zvýšil na  $50,2 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$  pri priemernej dennej hodnote Q pre tento deň len  $1,5 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ . Počas októbra sa vzhľadom na častejšie zrážky na Domickom potoku zaznamenali viaceré menšie režimové zmeny s  $Q_{\max}$  do  $25 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$  (obr. 9).

Rok 2020 neprinesol do podzemného systému žiadnu prívodnú povodeň.

### HYDROLOGICKÝ ROK 2021

Hydrologický rok 2021 bol bohatý na povodňové udalosti napriek tomu, že nepatrí podľa zrážok zo stanice Domica a Silica k zrážkovo nadpriemerným. V rámci hodnotených rokov 2016 – 2021 bol podľa celkového množstva zrážok až na štvrtom mieste. V roku 2021 sa zaznamenal na obidvoch podzemných tokoch najväčší prietok v rámci celého hodnoteného obdobia aj maximálna ročná vodnosť. Tok Styx bol na profile aktívny 279 dní, čo je najviac za hodnotené obdobie. Netiekol len v novembri. Aktívny začal byť 30. 12. 2020. S menšími prestávkami tiekol v januári a od 17. 1. 2021 bol neprerušene registrovaný až do 4. 10. 2021. Priemerný ročný prietok bol prepočítaný na hodnotu  $2,41 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ , najväčší priemerný mesačný prietok bol v mesiaci jún. Hodnota maximálneho okamžitého prietoku, pri ktorom tok na prípade presiahol výšku samotného priepadu, dňa 18. 7. 2021 prekročila hodnotu  $602 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ . Vyššie prietoky boli aj počas mesiaca február, s okamžitým prietokom nad  $100 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$  zdokumentované dňa 4. 2. 2021 a 8. 2. 2021 (obr. 10).

Domický potok bol počas celého roka aktívny. Jeho priemerný ročný prietok neuvádzame, keďže z obdobia august až október pre technický problém sondy nemáme kompletné dáta. Mesiac s najvyšším priemerným mesačným prietokom bol rovnako ako v prípade podzemného toku Styx júl, druhý v poradí nasleduje február. Maximálny okamžitý prietok bol 18. 7. 2021, keď výška na prípade rovnako

presiahla výšku samotného priepadu. Okamžité prietoky s veľkosťou nad  $100 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$  sa vyskytli hlavne vo februári (4. 2. 2021, 8. 2. 2021, 22. 2. 2021) a v júni (1. 7. 2021, 18. 7. 2021) (obr. 10).

### VÝZNAMNÉ POVODŇOVÉ STAVY V JASKYNI

V rámci sledovaného obdobia boli podľa denníka jaskyne dokumentované záplavy v jaskyni v roku 2016 a 2021. Ďalšie záznamy o zatopení jaskyne z rokov 2017, 2018, 2019 a 2020 sa v denníku nenachádzajú. Podľa záznamu z roku 2016 bola 10. 2. 2016 časť jaskyne (Majkov dóm) zaplavená Domickým potokom, Styx začal tiecť až následne. Ďalšie zaplavenie Majkovho dómu bolo podľa denníka 16. 2. 2016, fyzicky k nemu došlo už 15. 2. 2016. V roku 2021 záznam z denníka opisuje v jaskyni rovnako dve záplavy. 8. 2. 2021 bol z dôvodu zrážok zaplavený Majkov dóm, Panenská chodba aj úsek I. plavby. Ďalšia záplava časti jaskyne aj okolia vstupu bola 18. 7. 2021 po lokálnej búrke.

Na základe spracovaných dát z hydrologického monitoringu sme spravili súpis najvýznamnejších hydrologických situácií spojených so záplavami v jaskyni. V rámci okamžitých 10-minútových výsledkov meraní boli zosumarizované údaje, keď prietoky na obidvoch tokoch prekročili hranicu 50, 100, 200 a 500 (resp. 450)  $\text{l}\cdot\text{s}^{-1}$ . Výsledky sú v tabuľke 1. Keďže trvanie vysokých prietokov bolo dokumentované väčšinou ako veľmi krátke v rámci dňa,

Tab. 1. Prehľad dní za obdobie 2016 – 2021, keď prietok v jaskyni prekračoval zvolenú hranicu Q na základe hodnôt z 10-minútových meraní  
Tab. 1. The view of days with selected discharges in the cave during the period 2016 – 2021 based on the 10-minute monitoring intervals

Q (l/s)	Domický potok (ponor)	Celkový počet dní
> 500	10. 2. 2016, 7. – 8. 5. 2017, 18. 7. 2021	4
> 200	10. 2. 2016, 15. 2. 2016, 19. 2. 2016, 5. 2. 2017, 7. – 8. 5. 2017, 1. 4. 2018, 18. 7. 2021	8
> 100	10. – 11. 2. 2016, 15. 2. 2016, 19. – 20. 2. 2016, 13. 7. 2016, 22. 8. 2016, 5. – 6. 2. 2017, 21. 2. 2017, 7. – 8. 5. 2017, 1. 4. 2018, 2. 6. 2018, 4. 2. 2020, 8. 2. 2021, 22. 2. 2021, 18. 7. 2021	18
> 50	12. 1. 2016, 10. – 11. 2. 2016, 15. 2. 2016, 19. – 20. 2. 2016, 13. 7. 2016, 1. 8. 2016, 6. 8. 2016, 22. 8. 2016, 7. 11. 2016, 5. – 7. 2. 2017, 19. 2. 2017, 21. – 23. 2. 2017, 7. – 8. 5. 2017, 8. 7. 2017, 2. – 3. 2. 2018, 7. – 9. 3. 2018, 31. 3. – 1. 4. 2018, 2. 6. 2018, 11. 6. 2018, 21. 6. 2018, 23. 6. 2019, 20. – 21. 7. 2019, 4. 2. 2020, 27. 6. 2020, 1. 9. 2020, 30. 12. 2020, 8. – 9. 2. 2021, 22. 2. 2021, 18. 7. 2021	42
	<b>Styx (Panenská chodba)</b>	
> 450	7. 5. 2017, 18. 7. 2021	2
> 200	7. 5. 2017, 8. 2. 2021, 18. 7. 2021	3
> 100	10. 2. 2016, 15. 2. 2016, 19. – 20. 2. 2016, 7. 5. 2017, 7. 3. 2018, 1. 4. 2018, 4. 2. 2021, 8. 2. 2021, 18. – 19. 7. 2021	11
> 50	10. – 11. 2. 2016, 15. 2. 2016, 19. – 20. 2. 2016, 3. – 4. 5. 2017, 7. – 8. 5. 2017, 2. 2. 2018, 7. 3. 2018, 1. 4. 2018, 3. 2. 2019, 30. 12. 2020, 4. 2. 2021, 8. – 9. 2. 2021, 18. – 19. 7. 2021	19



Tab. 2. Prehľad dní s vybranými prietokmi v jaskyni v rokoch 2016 – 2021 na základe priemerných denných prietokov  
 Tab. 2. The view of days with selected discharge in the cave during the period 2016 – 2021 based on the average daily discharge

Q (l/s)	Domický potok (ponor)	Celkový počet dní
> 300	18. 7. 2021	1
> 200	18. 7. 2021	1
> 100	10. 2. 2016, 7. – 8. 5. 2017, 18. 7. 2021	4
> 50	10. – 11. 2. 2016, 15. 2. 2016, 19. – 20. 2. 2016, 5. – 6. 2. 2017, 7. – 8. 5. 2017, 1. 4. 2018, 8. 2. 2021, 18. 7. 2021	12
Styx (Panenská chodba)		
> 300		0
> 200	18. 7. 2021	1
> 100	7. 5. 2017, 18. 7. 2021	2
> 50	10. 2. 2016, 15. 2. 2016, 19. – 20. 2. 2016, 7. 5. 2017, 8. 2. 2021, 18. 7. 2021	7

vytvorili sme analogicky aj zoznam dní s vysokou vodnosťou na základe priemerných denných hodnôt prietokov (tab. 2).

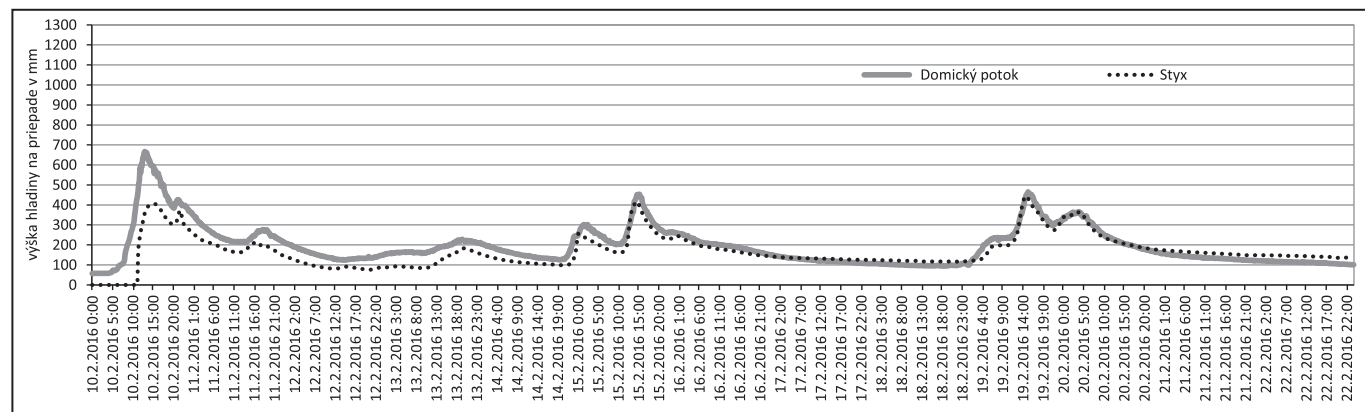
Podľa našich nameraných dát sa povodňové stavy, t. j. stavy, keď sa predpokladá vyliatie vody z časti koryta jedného alebo obidvoch tokov s pravdepodobným zatopením Majkovho domu na prehliadkovej trase, sčasti prekrývajú so zápismi jaskynného denníka. Najvýraznejšie hydrologické situácie za obdobie 2016 – 2021 boli podľa týchto dát na Domickom potoku a podzemnom toku Styx vo februári 2016, v máji 2017, vo februári a júli 2021. Charakter prietokových vln viažucich sa na tieto obdobia mal pritom čiastočne rozdielny priebeh, čo dokumentujú obrázky 11, 12, 13 a 14. V nich je zaznamenaný priebeh prietokových vln na základe výsledkov 10-minútových meraní na obidvoch tokoch. Veľkosť prietokov je v grafoch nahradená výškou hladiny na priepadoch, aby mohli byť ich súčasťou aj zistené maximá,

keďže údaje z merných objektov sú limitované maximálnou registrovateľnou výškou vodného stĺpca a o správne prepočítaných prietokoch môžeme hovoriť len do reálnej výšky prepádajúceho lúča na profiloch a objeme, ktorý limituje charakter prívodných ciest.

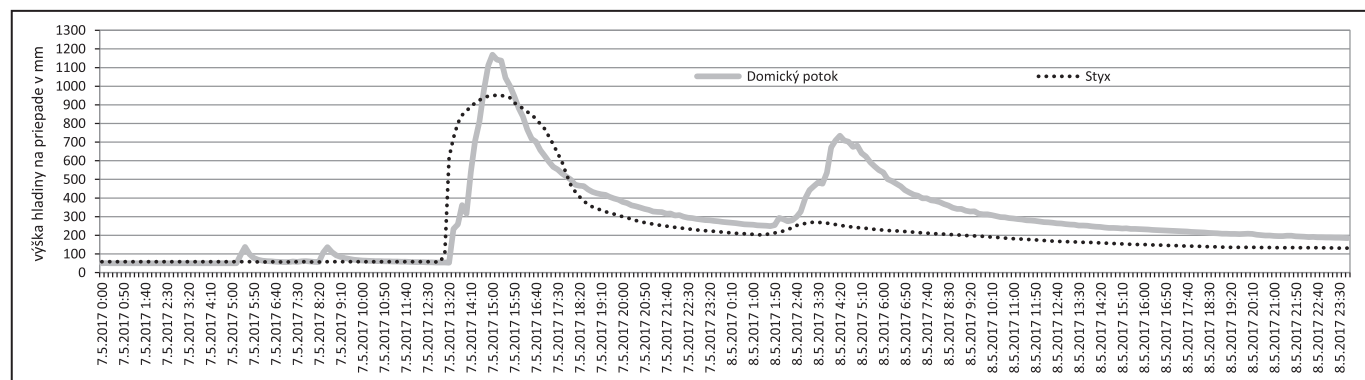
Hydrologická situácia z 10. 2. 2016 bola reakciou na pomerne intenzívnu zrážkovú činnosť v povodí jaskyne Domica. Povodne sa vo februári zvyknú vyskytovať na povrchových tokoch. Ich príčinou bývajú najčastejšie výdatné zrážky vo forme dažďa, zamrznutá pôda v povodí a s tým spojená obmedzená možnosť infiltrácie do podlažia a vyšší povrchový odtok, výrazné oteplenie a s ním spojené topenie snehu. V tomto prípade bola snehová pokrývka minimálna, na povodni sa podieľali najmä tekuté zrážky. Bližší opis povodňovej situácie z jaskyne Domica z tohto dňa na základe osobnej návštevy členov Speleoklubu Univerzity

Pavla Jozefa Šafárika je dostupný na stránke: <http://speleoupjs.sk/clanok/domica-2021>.

Podľa zrážkomernej stanice na Domici spadlo 10. 2. 2016 38,6 mm zrážok (zrážkomerná stanica Silica zaznamenala denný zrážkový úhrn 36,4 mm). Dovtedy neaktívny Styx sa stal hydrologicky aktívnym. Priemerná hodnota prietoku Domického potoka bola 10. 2. 2016 149,1 l·s<sup>-1</sup>, podzemného toku Styx 51,8 l·s<sup>-1</sup>. V čase kulminácie dosahoval prietok na Domickom potoku 501 l·s<sup>-1</sup>, na podzemnom toku Styx 159 l·s<sup>-1</sup>. Po kulminácii klesali ich prietoky len pozvoľna. Zrážky v nasledujúcich dňoch spôsobili opätovný vzostup vodných hladín a nástup ďalšej prietokovej vlny na obidvoch podzemných tokoch so začiatkom 15. 2. 2016. Keďže išlo o pondelok, deň, počas ktorého jaskyňa nie je prevádzkovaná, zaplavenie jaskyne bolo fyzicky zistené až 16. 2. 2016. V čase kulminácie bol prietok na Domickom potoku 216 l·s<sup>-1</sup>, na podzemnom



Obr. 11. Priebeh povodňovej situácie v jaskyni na podzemnom toku Styx (Panenská chodba) a Domickom potoku vo februári 2016, hodnoty z 10-minútových meraní  
 Fig. 11. The course of the flood situation in the Domica Cave on the underground Styx River (Panenská chodba Passage) and the Domický potok Creek in February 2016, 10-minute monitoring intervals



Obr. 12. Priebeh povodňovej situácie v jaskyni na podzemnom toku Styx (Panenská chodba) a Domickom potoku 7. – 8. 5. 2017, hodnoty z 10-minútových meraní  
 Fig. 12. The course of the flood situation in the Domica Cave on the underground Styx River (Panenská chodba Passage) and the Domický potok Creek on 7. – 8. 5. 2017, 10-minute monitoring intervals

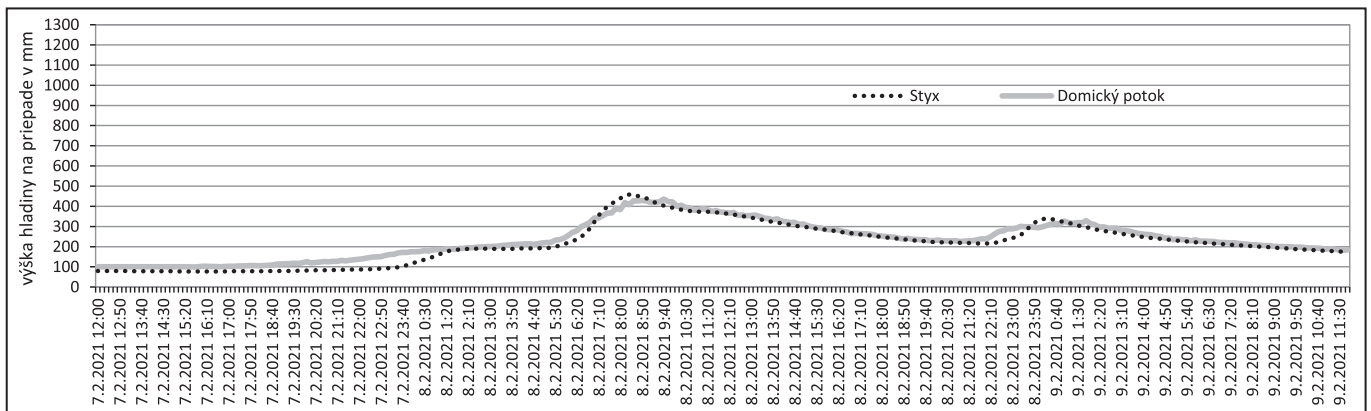
toku Styx 168 l·s<sup>-1</sup>. Podľa našich dát sa v jaskyni prejavila vo februári aj tretia prietoková vlna (19. 2. 2016 – 20. 2. 2016), porovnateľná so stavom tej predošlej, s kulmináčnými prietokmi 229 l·s<sup>-1</sup> na Domickom potoku a 197 l·s<sup>-1</sup> na podzemnom toku Styx (obr. 11).

V roku 2017 bol podľa meraní zdokumentovaný povodňový stav v mesiaci máj so začiatkom 7. 5. 2017. Pri hydrologickej situácii boli prietokové vlny na podzemnom toku Styx aj Domickom potoku takmer dvojnásobné oproti situácii z februára 2016. Styx bol pred týmto dátumom už aktívny od 3. 5. 2017 s  $Q_{\text{priem}}$  zo 6. 5. 2017 1,2 l·s<sup>-1</sup>. Zrážky boli dokumentované každých deň od 2. 5. 2017. Styx dosiahol svoj kulmináčny prietok 2 hodiny po začiatku vzostupu jeho hladiny, Domický potok po 1 hodine a 40 minútach. Na obidvoch tokoch v čase kulminácie bola hladina krátkodobo nad úrovňou merných priepadov, preto pre tieto hydrologické udalosti neuvádzame dosiahnuté  $Q_{\text{max}}$ . Na Domickom potoku bola výška priepadu prekročená cca 1 hod s max. výškou 22 cm nad profilom, na podzemnom toku Styx bola výška prekročená cca 2,5 h s max. o 20 cm. Podľa údajov prišiel ako reakcia na ďalšie zrážky zhruba po 13 hodinách dodatočný nárast prietoku, ktorý bol zdokumentovaný hlavne na Domickom potoku. V porovnaní s februárom 2016 bol pokles prietokovej vlny 7. 5. 2017 na obidvoch tokoch v jaskyni rýchlejší. Evidentný bol aj rozdiel v priebehu prietokových vln podzemného toku Styx a Domického potoka, ktoré nevyka-

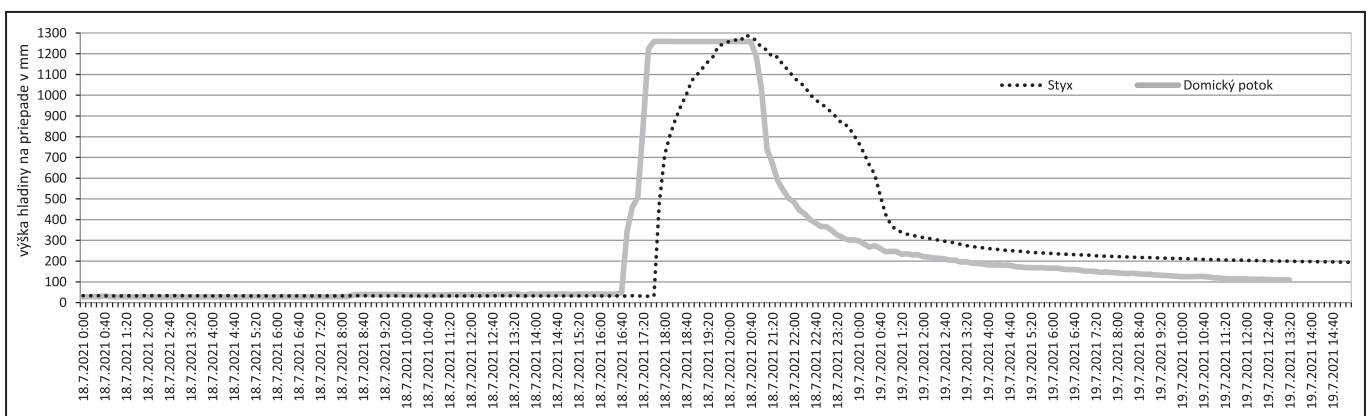
zovali taký stupeň korelácie ako v prípade februára 2016. Hlavne pri Domickom potoku bol registrovaný pomerne výrazný pokles hladiny po dosiahnutí kulminácie (obr. 12).

Rok 2021 priniesol do jaskyne dve významné hydrologické udalosti. Prvou bola povodňová vlna z februára so začiatkom 8. 2. 2021. Predchádzalo jej zvýšenie prietokov obidvoch tokov ešte 4. 2. 2021 po zrážkach a oteplení. Takéto klimatické podmienky (viacdnňové zrážky, vyššie teploty vzduchu) v povodí jaskyne pokračovali až do 8. 2. 2021, keď sa tento stav prejavil aj na vyššej hydrologickej aktivite obidvoch tokov (obr. 13). Pred nástupom prietokovej vlny bol na podzemnom toku Styx dokumentovaný prietok do 3,0 l·s<sup>-1</sup>. V čase kulminácie bol prietok podzemného toku Styx 212 l·s<sup>-1</sup>. Domický potok do začiatku prietokovej vlny disponoval prietokom okolo 5 l·s<sup>-1</sup>, kulmináčny prietok dosiahol hodnotu 196 l·s<sup>-1</sup>. Výšky hladín na profiloch a prietoky obidvoch tokov počas prietokovej vlny významne korelovali. Prietoky Domického potoka neboli extrémnejšie zvýšené, ako to bolo pri ostatných povodňových vlnách, rovnako aj pokles hladín po kulminácii bol pozvoľný. Významnú úlohu pri tejto hydrologickej situácii zohrali vody podzemného toku Styx, ich predchádzajúca aktivita a pravdepodobne väčšie nasýtenie horninového prostredia vodou v tejto časti povodia jaskyne. V dôsledku toho aj povodňová vlna na podzemnom toku Styx nemala taký strmý priebeh, ako sme to dokumentovali v predchádzajúcich prípadoch.

V júli 2021 bola v jaskyni dokumentovaná najvýraznejšia hydrologická situácia zo všetkých udalostí od roku 2016, ktorá výraznejšie zarezonovala aj v médiách. Počas intenzívnej lokálnej búrky v popoludňajších hodinách bola zaplavená časť Majkovho domu (obr. 15, 16) aj Panenskej chodby. Kým na zrážkomernej stanici priamo v Domici sa 18. 7. 2021 zaznamenal zrážkový úhrn 31,4 mm, v stanici Silica spadlo len 2,7 mm zrážok. Povodeň môžeme označiť ako bleskovú, t. j. povodeň z intenzívneho krátkodobého dažďa (búrky). Na rozdiel od predchádzajúcich povodní sa pred ponorom Domického potoka a vstupným areálom jaskyne vytvorilo pomerne rozsiahle jazero, miestami hlboké do 3 metrov, ktoré zasahovalo ďaleko do štátnej cesty smerom na Kečovo a Dlhú Ves (obr. 17). Pri povodni hladiny podzemného toku Styx aj Domického potoka nastúpali nad úroveň vodomerných profilov. Na podzemnom toku Styx tento stav trval cca 6 hodín, maximálna dosiahnutá výška pri profile bola až 1290 mm, čo bolo 54 cm nad jeho prepadovou hranou. Kulmináciu dosiahol Styx po troch hodinách od začiatku stúpania hladiny na priepade. Pri Domickom potoku nastúpala výška vodnej hladiny na profile zo 4 cm na svoje maximum 1259 mm (31 cm nad maximálnou prepadovou hranou profilu) za 40 minút. Kulminácia pri zachovaní konštantnej výšky trvala celé 3 hodiny (obr. 14). Dôvodom ďalšieho nezvyšovania hladiny v ponore bol limitovaný objem priepustov, ktoré sú zaústené do ponoru Domického potoka, a neskôr pravdepodob-



Obr. 13. Priebeh povodňovej situácie v jaskyni na podzemnom toku Styx (Panenská chodba) a Domickom potoku 7. – 9. 2. 2021, hodnoty z 10-minútových meraní  
Fig. 13. The course of the flood situation in the Domica Cave on the underground Styx River (Panenská chodba Passage) and the Domický potok Creek in 7. – 9. 2. 2021, 10-minute monitoring intervals



Obr. 14. Priebeh privalovej povodne v jaskyni na podzemnom toku Styx (Panenská chodba) a Domickom potoku 18. 7. 2021, hodnoty z 10-minútových meraní  
Fig. 14. The development of the flash flood in the Domica Cave on the underground Styx River (Panenská chodba Passage) and the Domický potok Creek on July 18, 2021, 10-minute monitoring intervals

ne aj upchatie niektorých prírodných ciest do ponoru (najmä hornej mreže) organickým materiálom (konáre, lístie, tráva, kal a pod.) (obr. 18). Z tohto dôvodu sa pred ponorom začalo tvoriť jazero, keďže voda nestačila odtekať do jaskyne. Vďaka takémuto priebehu sa samotná jaskyňa vyhla väčším materiálnym škodám. Charakter povodňovej vlny na podzemnom toku Styx a Domickom potoku bol aj vzhľadom na uvedené okolnosti v porovnaní s februárovou udalosťou, ale aj ostatnými povodňovými vlnami iný. Z obrázka 14 je zrejмый posun nástupu prietokovej vlny na podzemnom toku Styx oproti Domickému potoku, rozdielny priebeh výšok hladín na profiloch, ako aj rozdielny charakter vyznievania prietokovej vlny na obidvoch tokoch, ktoré bolo aj napriek prítomnosti jazera pred ponorom Domického potoka omnoho rýchlejšie na Domickom potoku ako na podzemnom toku Styx.

### ODTEČENÉ OBJEMY VODY NA PROFILOCH A PLAVBA V JASKYNI

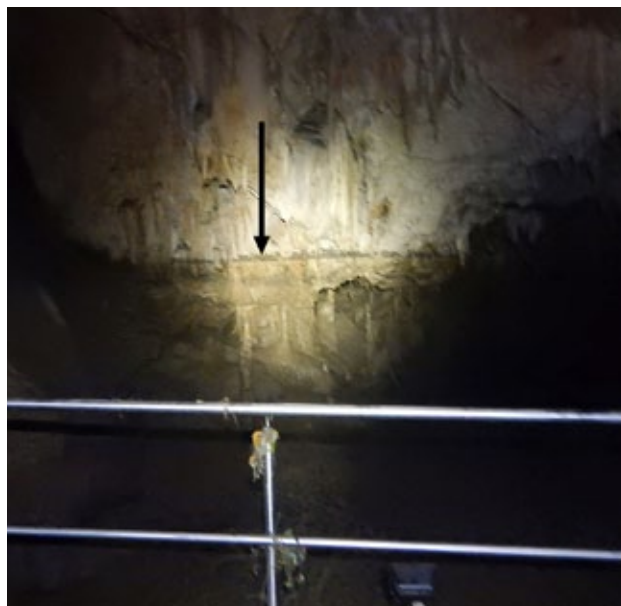
Využitím výsledkov z 10-minútových meraní prietokov sme prepočítali objem odtoku na obidvoch profiloch v rámci jednotlivých dní aj mesiacov. Pri prepočte sme brali do úvahy v čase povodní aj nutnosť prepádania meraného lúča na profile, potenciálne vzdutie a obmedzenia prietočnosti vyplývajúce z charakteru prírodných ciest limitujúce prevedenie maximálneho prietoku povodňovej vlny v miestach pred samotnými profilmi. Z týchto dôvodov sme v troch prípadoch (7. 5. 2017 na Styxe, 7. 5. 2017 a 18. 7. 2021 na Domickom potoku) upravili hodnotu prietoku. V opačnom prípade, pokiaľ by sme brali do úvahy len nameranú výšku, získali by sme nadhodnotenú údaje. Údaje o sumárnych mesačných objemoch pretečených jednotlivými profilmi sú obsahom tabuľky 3. Zo získaných výsledkov vyplýva, že v rámci sledovaného obdobia najväčší objem vody odtiekol obidvoma profilmi v mesiaci február. V poradí druhým, aj keď s podstatne menším objemom, je mesiac marec. Pri minimálnych mesačných objemoch bol zistený rozdiel medzi podzemným tokom Styx a Domickým potokom. Pri Styxe najmenší objem vody zvykol pretiecť profilom v mesiaci november, za ktorým nasledoval september a október. Pri Domickom potoku bol mesiacom s najmenším priemerným odtečeným objemom, ako aj



Obr. 15. Majkov dóm po povodni 18. 7. 2021 s nánosmi blata na prehliadkovej trase. Foto: P. Staník  
Fig. 15. The Majko Dome after the flood situation on July 18, 2021, with sediments of mud on the show path. Photo: P. Staník

najmenším celkovým objemom odtečeným za roky 2016 – 2021 mesiac jún.

Pre turistov je jaskyňa Domica zaujímavá hlavne v spojení s možnosťou plavby na člnoch, ktorá sa realizuje na podzemnom toku Styx v časti historicky označovanej ako I. plavba (obr. 19). Ide o umelo vytvorený priestor v jaskyni, ktorý vznikol prehradením podzemného toku Styx, v dĺžke 140 m. Na konci I. plavby sa nachádza hrádza s priepustom, ktorého manuálnou manipuláciou sa dá napúšťať a vypúšťať voda v umelej nádrži pritekajúcej Styxom a Domickým potokom (obr. 20). Podľa najnovších výsledkov laserového skenovania jaskyne (Šupinský et al., 2018) dosahuje priestor I. plavby pri



Obr. 16. Hladinová čiara na stene v Majkovom dóme po záplave 18. 7. 2021. Foto: D. Haviarová  
Fig. 16. The line of the water level on the wall in the Majko Dome after the flood 18. 7. 2021. Photo: D. Haviarová



Obr. 17. Dočasné jazero pred vstupným areálom jaskyne Domica a ponorom Domického potoka počas povodni 18. 7. 2021. Zdroj <https://www.noviny.sk/galeria/24466-povoden-pri-domici/86e1eafa-a3b1-4ce0-85c6-28dd832cae75>

Fig. 17. The temporary lake in front of the Domica Cave and the ponor of the Domický potok Creek during the flood situation on July 18, 2021. Source: <https://www.noviny.sk/galeria/24466-povoden-pri-domici/86e1eafa-a3b1-4ce0-85c6-28dd832cae75>

plnom vodnom stave vo výške chodníka objem 640 m<sup>3</sup> s maximálnou hĺbkou 1,9 m. Priestor nádrže I. plavby nie je úplne tesný, čoho dôsledkom je v prípade minimálneho, respektíve nulového prítoku postupný pokles hladiny v jej priestoroch.

S prevádzkou plavby sa začalo už pri sprístupnení jaskyne v roku 1932. Jej prevádzka sa od svojich počiatkov borila s problémom nedostatku vody. Zlepšeniu situácie malo pomôcť vybudovanie hrádze na Styxe v Panenskej chodbe v roku 1958. Toto opatrenie však neprinieslo želaný efekt, keďže vzhľadom na priepustnosť podlažia dochádzalo k jej podtekaniu. V súčasnosti pri prevádzke plavby, keď sa minimalizujú prítoky do jej priestorov a nastáva pokles jej hladiny, sa na udržanie dostatočného objemu vody v priestoroch nádrže I. plavby využíva prečerpávaná voda z nádrže „II. plavby“ (za podmienky, že sa tu nachádza želaný objem vody a že technické zariadenie funguje). Druhá plavba je podľa Šupinského et al. (2018) v porovnaní s prvou plavbou dlhšia, s užšími priestormi, s objemom 790 m<sup>3</sup>. Pre nízku hladinu na niektorých miestach sa nádrž na plavbu nevyužíva.

V období rokov 2016 až 2021 bola v jaskyni prevádzkovaná plavba pre návštevníkov jaskyne od 20. 4. 2016 do 31. 12. 2016 a od 8. 4. 2018 do 25. 7. 2018. V rokoch 2017, 2019, 2020 ani 2021 sa plavba nerealizovala. Pri známom, vyššie uvedenom objeme plavby a prepočítaných objemoch odtečených vôd Styxom a Domickým potokom v miestach merných



Obr. 18. Stav pred ponorom Domického potoka deň po povodni z 18. 7. 2021. Foto: D. Haviarová  
Fig. 18. The situation in front of Domický potok Creek one day after the flood from 18. 7. 2021. Photo: D. Haviarová

priepadov je zrejme, že v rokoch 2019 a 2020 návštevnícka atrakcia „plavba na člnoch v jaskyni“ z hľadiska nepriaznivej hydrologickej situácie nemohla fungovať. V rokoch 2017 a 2021 z hydrologického hľadiska vzhľadom k prepočítaným objemom vody mohla byť plavba čiastočne v prevádzke za predpokladu zachytenia vôd vo februári alebo neskôr počas povodňových udalostí. Príkladom je situácia z roku 2017, keď napr. podľa denníka jaskyne bol uzáver na konci hrádze I. plavby zatvorený 17. 3. 2017, t. j. dávno po odtečení veľkých vôd vo februári, a už 26. 3. 2017 bol znova otvorený. V tomto čase odtieklo sumárne cez obidva profily len necelých 890 m<sup>3</sup>, čo je zlomok objemu odtečených vôd za mesiac február a marec. Podobne tomu bolo aj v máji, keď bol uzáver na konci hrádze I. plavby zatvorený až 31. 5. 2017 a späťne otvorený 9. 6. 2017. Počas tohto

časového obdobia odtiekol obidvoma profilmi objem 1000 m<sup>3</sup>. Za predpokladu, že by tento objem dotiekol do plavby v plnom rozsahu a plavba by disponovala dokonalou tesnosťou, jej objem by bol naplnený. Reálne bola výška hladiny na plavebnom úseku 9. 6. 2017 podľa denníka 69 cm, čo súvisí so stratami vôd v rámci ich pohybu v jaskyni a už spomínanej netesnosti priestoru I. plavby, ktorý sa využíva na podzemnú plavbu pre turistov.

## DISKUSIA

Výsledky monitoringu v rámci sledovaného obdobia ukazujú na Styxe aj Domickým potokom značnú diverzifikáciu prítokov, či už v rámci roka alebo porovnaním jednotlivých rokov hodnoteného obdobia ako celkov. Vidieť to aj na obrázku 21, kde je vynesovaný priebeh priemerných denných prítokov na obidvoch merných profiloch, ako aj na základe ich priemerných mesačných prítokov (tab. 4).

Na základe sumarizácie výsledkov hodnoteného obdobia šiestich rokov sa ukazuje, že v povodí jaskyne za posledné roky dominuje pri tokoch odtokový režim s maximálnymi priemernými mesačnými prítokmi vo februári a najmenšími priemernými mesačnými prítokmi v jesenno-zimnom období (september až január) (tab. 4). V prípade maximálnych priemerných mesačných prítokov je zaujímavé zistenie spojenia tejto hodnoty s februárom, keďže v dlhodobom rozdelení odtoku počas roka na Slovensku patria medzi najvodnejšie mesiace skôr jarné mesiace (zväčša apríl). Príčinu môžeme hľadať pravdepodobne hlav-

Tab. 3. Odtečený objem vôd v jednotlivých mesiacoch v mieste monitorovaných profilov (m<sup>3</sup>)  
Tab. 3. The monthly runoff volume from the monitoring profiles (m<sup>3</sup>)

Styx												
	XI.	XII.	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.
2016	*	*	*	32111	11645	3348	1864	580	16	397	0	120
2017	305	0	0	18955	3912	281	17318	1558	115	0	0	0
2018	0	0	0	5179	10234	12107	2500	880	40	0	0	0
2019	0	0	0	1943	0	0	0	0	0	0	0	0
2020	0	*	0	*	*	0	0	0	0	0	0	388
2021	0	939	1008	22004	4236	2181	4235	2988	15897	2169	452	2
priemer	61	235	202	16038	6005	2986	4319	1001	2678	428	75	85
Domický potok												
	XI.	XII.	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.
2016	360	102	1909	47658	10201	340	442	232	1587	3655	395	2080
2017	3889	479	59	30081	3584	785	24640	586	1029	646	1318	1229
2018	844	744	992	11660	13809	11098	978	1514	*	350	514	837
2019	935	897	688	764	744	967	1785	1164	1471	1361	1262	1091
2020	796	*	*	5522	6538	1899	1761	1279	559	1376	1103	4315
2021	1019	4487	5869	24966	1447	1310	2404	672	13546	*	*	*
priemer	1307	1342	1903	20108	6053	2733	5335	908	3638	1477	918	1910

Vysvetlivky: \* – nezhodnotené, nekompletné zdrojové údaje  
Explanations: \* – not assessed, uncomplete basic dates



Obr. 19. Plavba pre návštevníkov jaskyne Domica na podzemnom toku Styx. Foto: P. Staník

Fig. 19. The cruise for the visitors of the Domica Cave on the underground Styx River. Photo: P. Staník



Obr. 20. Umelá hrádza v závere nádrže I. plavby na podzemnom toku Styx. Foto: D. Haviarová

Fig. 20. The artificial dam at the end of the pond „First cruise“ on the underground Styx River. Photo: D. Haviarová

ne v slabej a stále slabšej až chýbajúcej snehovej pokrývke v povodí jaskyne, v prípade výskytu snehu v decembri a januári v jeho skoršom topení spôsobenom často vyššou teplotou vzduchu v zimných mesiacoch.

V rámci hodnoteného obdobia bol v jaskyni hydrologicky najsuchším rok 2019, výrazne vodným rokom bol hydrologický rok 2016 a 2021. Styx ako hlavný podzemný tok jaskyne pretekajúci ďalej takmer celým jaskynným systémom Domica-Baradla bol v rámci jednotlivých rokov hodnoteného obdobia aktívny od 5 do 279 dní. Domický potok tiekol takmer celé hodnotené obdobie. Na aktivitu obidvoch tokov vplývali hlavne zrážky (dažďové, akumulácia a topenie snehu). Priebeh denných zrážok zo stanice Domica a Sílica za celé hodnotené obdobie je na obr. 22. V prípade aktivity podzemného toku Styx bolo vidieť aj výraznejší vplyv stupňa nasýtenia horninového prostredia v jeho povodí a vplyv evapotranspirácie na veľkosť efektívnych zrážok.

Variabilitu prietokov podzemného toku Styx a Domického potoka za celé hodnotené obdobie približuje histogram absolútnych početností priemerných denných prietokov (obr. 23). Až 92 % priemerných denných prietokov sa v prípade Styxu pohybovalo od 0 do  $1,4 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$  a len 1,6 %  $Q$  z celkového počtu malo svoju hodnotu nad  $10 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ . Pri Domickom potoku zodpovedala hodnota priemerného denného  $Q$  do  $1,4 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$  88 % z celkového počtu hodnotených denných prietokov, 6,7 % z tohto počtu prekročila hodnotu  $10 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ . Aj tieto dáta poukazujú na nižšie a vyrovnanejšie prietoky podzemného toku Styx.

Spoločným menovateľom hydrologických pomerov v území bolo nepravidelné striedanie hydrologicky suchších období s hydrologicky priaznivejšími obdobiami. Tie väčšinou súviseli s povodňovými stavmi menších aj väčších rozsahov. Povodňový stav v jaskyni sme v našom ponímaní vnímali ako hydrologický stav, keď sa jeden alebo obidva toky

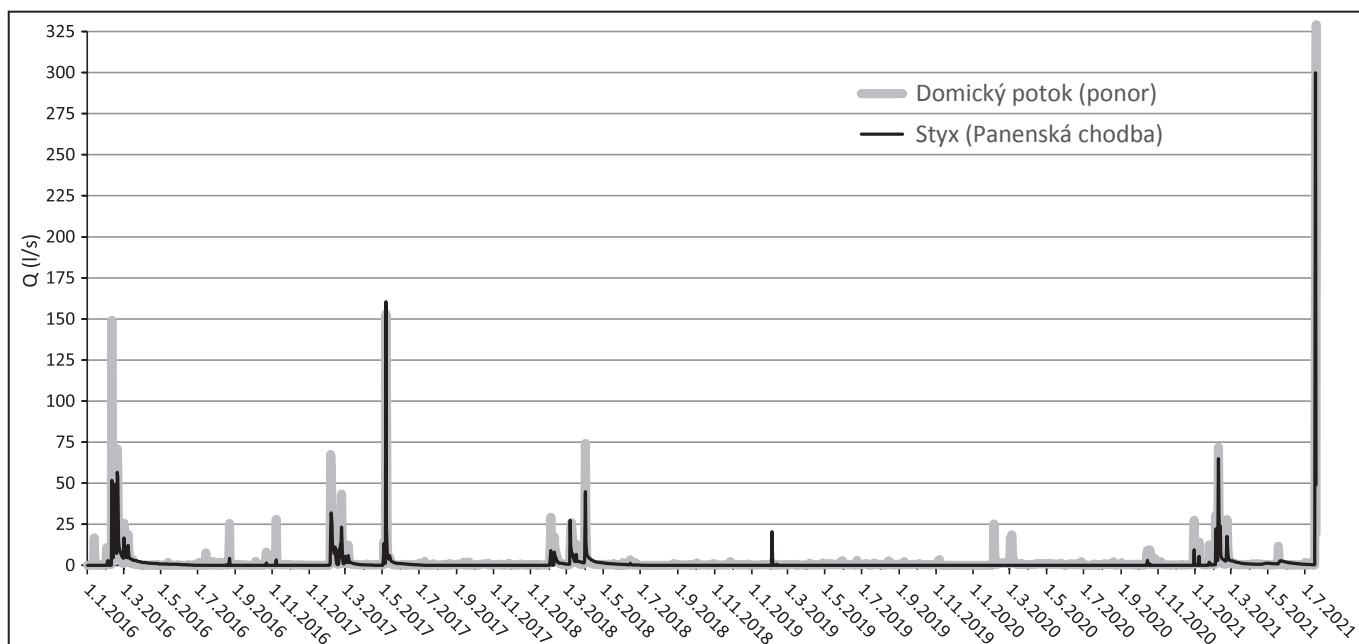
začínali vylieváť zo svojho koryta a zaplavili tie časti jaskyne, kde sa za normálnych podmienok voda nenachádza. Kritickým bolo hlavne zaplavenie Majkovho dómu, nástupišťa I. plavby a časti Panenskej chodby, t. j. sprístupnených častí jaskyne, kadiaľ vedie časť prehliadkovej trasy. Zaplavením týchto častí jaskyne hrozí nielen poškodenie jej prírodných a kultúrnych hodnôt, ale aj technických zariadení slúžiacich prevádzke jaskyne. V rámci povodňových vln sa výraznejšie maximá objavovali viac na Domickom potoku. Tvar povodňových vln na obidvoch tokoch v mesiaci február (2016, 2021) a ich vyznievanie boli podobné. Vyznačovali sa pozvoľnejším nástupom, nižšími kulmináčnymi prietokmi a dlhším trvaním mierne vyšších prietokov. Povodňové vlny spôsobené búrkovou činnosťou mali rýchlejší nástup, kratšiu dobu kulminácie a rýchlejší pokles prietokov. Atmosférické zrážky ako hlavnú príčinu povodňovej situácie a ich transformácie na odtok do jaskyne ovplyvňuje hlavne ich veľkosť, časovo-priestorové rozloženie, druh zrážky, predchádzajúca výška snehovej pokrývky, hĺbka premrznutia pôdy, retenčná kapacita horninového prostredia v povodí, veľkosť aktuálnej evapotranspirácie.

S hydrologickými pomermi jaskyne veľmi úzko súvisí prevádzka podzemnej plavby v jaskyni určená pre jej návštevníkov. Hydrologické dáta ukazujú, že pravdepodobnosť prevádzky plavby v jaskyni smerom k letným mesiacom klesá. Rovnako sa ukazuje, že nie je vhodné pre účely plavby spoliehať sa na väčšie prietoky v mesiacoch marec a apríl, keďže tie sa podľa našich výsledkov z posledných rokov vyskytujú skôr nepravidelne. Ako najstabilnejšie sa z hľadiska naplnenia priestorov I. plavby podľa hodnoteného obdobia javia odtečené objemy vôd v mesiaci február. Rovnako platí, že plavba bez zachytenia objemov vôd povodňových stavov je len ťažko realizovateľná, keďže priemerné prietoky podzemného toku Styx a Domického potoka nedokážu pre plavbu naakumulovať potrebné objemy vody. Len vďaka vysokým prietokom pri uzavretom stavidle na hrádzi v závere nádrže I. plavby sa dokáže naplniť plavebná časť podzemného toku Styx, čo na druhej strane zvyšuje riziko opakovaného zaplavenia najnižšie položených sprístupnených častí jaskyne (Majkovho dómu).

## ZÁVER

Hydrologický monitoring v jaskyni Domica priniesol cenné výsledky o režimových zmenách jeho podzemných tokov. Poukázal na celkovú jedinečnosť tohto malého povodia, ako aj nevyhnutnú potrebu zabezpečenia dlhodobých a ucelených radov pozorovaní dôležitých na ďalšie hodnotenie krátkodobých a dlhodobých zmien a trendov jeho hydrologického režimu.

Výsledky monitoringu identifikovali v jaskyni nepravidelné striedanie suchších (2019) a hydrologicky priaznivejších rokov (2016, 2021). Podobná situácia spojená so striedaním suchších a hydrologicky priaznivejších období bola typická pre hydrologický režim jaskyne aj v rámci samotných hydrologických rokov. Počas hydrologicky suchších období bol Styx neaktívny, prietok Domického po-

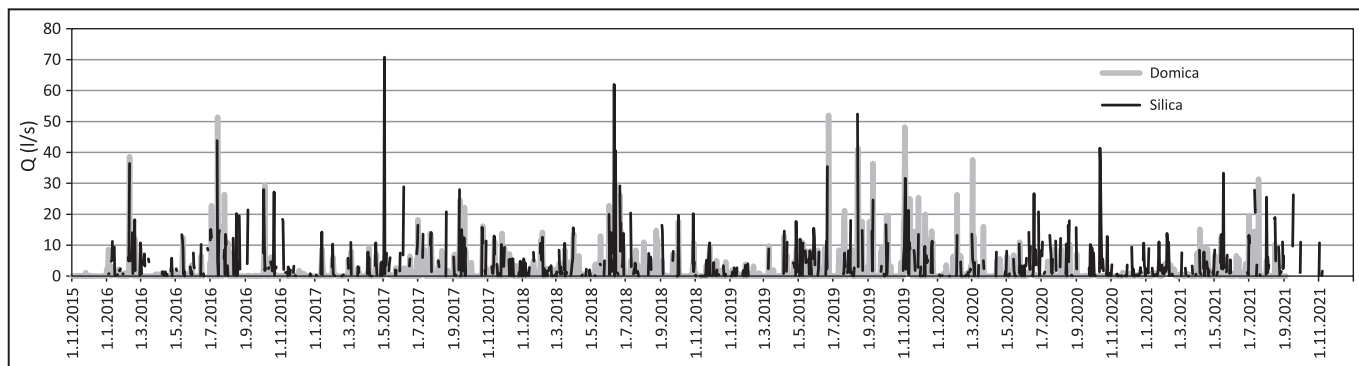


Obr. 21. Priebeh priemerných denných prietokov v l·s<sup>-1</sup> na podzemnom toku Styx (Panenská chodba) a Domickom potoku v rokoch 2016 – 2021  
 Fig. 21. The course of the average daily discharge (L·s<sup>-1</sup>) of the underground Styx River (Panenská chodba Passage) and the Domický potok Creek during the period 2016 – 2021

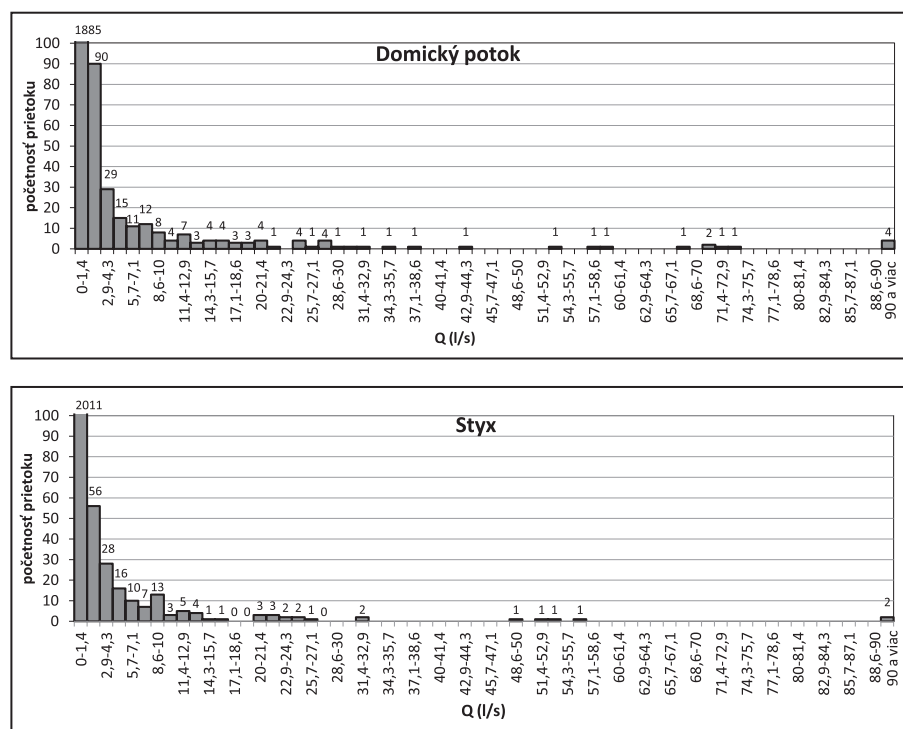
Tab. 4. Priemerné mesačné prietoky podzemného toku Styx a Domického potoka  
 Tab. 4. The average monthly discharge of the underground Styx River and the Domický potok Creek

Styx												
	XI.	XII.	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.
2016	*	*	*	13,85	4,36	1,29	0,7	0,22	0,01	0,15	0	0,04
2017	0,12	0	0	7,87	1,46	0,11	8,42	0,6	0,04	0	0	0
2018	0	0	0	2,14	3,82	4,67	0,93	0,34	0,01	0	0	0
2019	0	0	0	0,81	0	0	0	0	0	0	0	0
2020	0	*	0	*	*	0	0	0	0	0	0	0,15
2021	0,00	0,35	0,38	9,12	1,58	0,84	1,58	1,15	12,93	0,81	0,17	0,00
priemer	0,02	0,09	0,08	6,76	2,24	1,15	1,94	0,39	2,16	0,16	0,03	0,03
Domický potok												
	XI.	XII.	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.
2016	0,14	0,04	0,71	19,03	3,81	0,13	0,17	0,09	0,59	1,36	0,15	0,78
2017	1,51	0,18	0,02	12,47	1,34	0,30	10,29	0,23	0,38	0,24	0,51	0,46
2018	0,33	0,28	0,37	4,84	5,19	4,31	0,37	0,68	*	0,34	0,20	0,31
2019	0,36	0,33	0,26	0,32	0,28	0,37	0,67	0,45	0,55	0,51	0,49	0,41
2020	1,82	*	*	2,20	2,44	0,73	0,66	0,49	0,37	0,51	0,43	1,62
2021	0,39	1,69	2,20	10,40	0,54	0,51	0,90	0,26	14,47	*	*	*
priemer	0,76	0,50	0,71	8,21	2,27	1,06	2,18	0,37	3,27	0,59	0,36	0,72

Vysvetlivky: \* – nehodnotené, nekompletné zdrojové údaje  
 Explanations: \* – not assessed, uncomplete basic dates



Obr. 22. Denné úhrny atmosférických zrážok v milimetroch na stanici Domica a Silica za obdobie 2016 – 2021  
 Fig. 22. The daily precipitation total (mm) of the Domica and Silica precipitation stations during the period 2016 – 2021



Obr. 23. Rozdelenie početnosti prietokov ( $\text{l}\cdot\text{s}^{-1}$ ) na podzemnom toku Styx (Panenská chodba) a Domickým potokom za obdobie 2016 – 2021, priemerné denné hodnoty

Fig. 23. The distribution of frequency of the discharge values ( $\text{l}\cdot\text{s}^{-1}$ ) for the underground Styx River (Panenská chodba Passage) and Domický potok Creek during the period 2016 – 2021, average daily values

toka klesol na svoje minimá. Medzi hydrologicky najsuchšie mesiace patrili jesenné mesiace september a október a zimné mesiace december a január. Druhým extrémom hydrologického režimu v jaskyni boli povodňové stavy vznikajúce následkom intenzívnych zrážok (dlhotrvajúcich zrážok alebo búrok) na povrchu, topením snehu alebo kombiná-

ciou obidvoch zdrojov. Výsledky opísaných povodní v jaskyni sa z hľadiska objemov v porovnaní s klasickými povodňami na malých tokoch môžu zdať ako nevýznamné. Vychádzajú však zo špecifickosti samotného povodia jaskyne a potreby dokumentácie takýchto stavov, ktoré vo finálnom dôsledku ovplyvňujú charakter a zmeny v miestnych

jaskynných biotopoch, ako aj prevádzku jaskyne. Pri výraznejších hydrologických situáciách dochádzalo k rýchlemu zvýšeniu prietoku vody na podzemných tokoch a ich následnému poklesu, ktorý bol rovnako veľmi rýchly. Povodňové stavy v jaskyni nemali svoju pravidelnosť. V rámci hodnotiaceho obdobia sa vyskytli vo februári, máji a júli, pričom sa vyznačovali rozdielnym stupňom významnosti. Ich prognózyovanie je neľahké a jeho výsledky otáznе. V jaskyni sa môžu vyskytnúť kedykoľvek počas celého roka, aj keď výsledky monitoringu naznačujú, kedy je ich možný výskyt pravdepodobnejší.

Z dlhodobého hľadiska bude zaujímavé sledovať prípadné dôsledky zmeny klímy na aktivitu obidvoch podzemných tokov. Do budúcnosti z hľadiska klimatických zmien je možné očakávať zvýšenie teploty vzduchu v území, čo v spojení so zrážkami môže indikovať hlavne opakovaný nárast prietokov podzemných tokov vo februári a pokles prietokov v júli a auguste. Z hľadiska následných analýz bude zaujímavé prepojiť a interpretovať získané výsledky s ďalšími meraniami v jaskyni, vrátane hydrologických meraní realizovaných od roku 2014 v ďalších častiach jaskyne Domica členmi Speleoklubu UPJŠ pod vedením Z. Hochmutha (Ujlakiová, 2021).

**Ďakovanie:** Naše poďakovanie patrí správcovi jaskyne Domica Ing. O. Lörcinczovi, ako aj ďalším zamestnancom jaskyne za ústretovosť pri realizácii monitorovacích a s tým súvisiacich prác, P. Staníkovi za nevyhnutnú pomoc pri realizácii väčšiny terénnych prác v jaskyni, Ing. P. Gažíkovi za spracovanie mapových podkladov a Ing. Ľ. Nudzíkovej za poskytnutie údajov o prevádzkovaní plavby pre návštevníkov jaskyne.

## LITERATÚRA

- DANÁČOVÁ, Z. 2021. Hydrologická situácia na povrchových tokoch počas roka 2020. *Meteorologický časopis, Slovenský hydrometeorologický ústav*, 24, 1, 44–45. [online]. Dostupné na [https://www.shmu.sk/File/ExtraFiles/MET\\_CASOPIS/1628855854\\_MC\\_2021-1.pdf](https://www.shmu.sk/File/ExtraFiles/MET_CASOPIS/1628855854_MC_2021-1.pdf)
- GRUBER, P. – HAVIAROVÁ, D. 2014. Voda v krasе – Podzemné vody. In Gaál, L. – Gruber, P. (Eds.): *Jaskynný systém Domica-Baradla. Správa Aggtelekského národného parku, Jósavfő*, 185–210.
- HAVIAROVÁ, D. – GRUBER, P. 2006. Najnovšie výsledky monitorovania vodnej zložky podzemnej mokrade Domica-Baradla. In Bella, P. (Ed.): *Výskum, využívanie a ochrana jaskýň, zborník referátov z 5. vedeckej konferencie, Správa slovenských jaskýň, Liptovský Mikuláš*, 136–143.
- HAVIAROVÁ, D. 2004. Predbežné výsledky hydrologického monitoringu v Jasovskej jaskyni, Gombaseckej jaskyni a jaskyni Domica. In Bella, P. (Ed.): *Výskum, využívanie a ochrana jaskýň. Zborník referátov z 4. vedeckej konferencie, Správa slovenských jaskýň, Liptovský Mikuláš*, 95–103.
- HOCHMUTH, Z. – GESSERT, A. 2016. Povodne v Domici a hydraulický pulz. *Spravodaj SSS*, 47, 3, 30–32.
- KLAUČO, S. – FILOVÁ, J. – PEŠKO, M. 1999. Hydrologický monitoring v jaskyni Domica v rokoch 1997–1998. *Aragonit*, 4, 11–14.
- KLAUČO, S. – FILOVÁ, J. – KÖRNER, O. – POKORNÁ, A. 1998. Hydrologický monitoring jaskyne Domica. Záverečná správa. SKOV s. r. o., Bratislava, 20 s.
- KLAUČO, S. – FILOVÁ, J. 1996. Hydrologický a hydrochemický monitoring jaskyne Domica. In Bella, P. (Ed.): *Sprístupnené jaskyne. Výskum, ochrana a využívanie, zborník referátov z odborného seminára, Správa slovenských jaskýň, Liptovský Mikuláš*, 80–82.
- LEŠKOVÁ, M. – MIKULIČKOVÁ, M. 2019. Povodne v roku 2018. *Meteorologický časopis, Slovenský hydrometeorologický ústav*, 22, 1, 44–48. [online]. Dostupné na [https://www.shmu.sk/File/ExtraFiles/MET\\_CASOPIS/MC\\_2019-1.pdf](https://www.shmu.sk/File/ExtraFiles/MET_CASOPIS/MC_2019-1.pdf)
- PECHO, J. – IVAŇÁKOVÁ, G. – KAJABA, P. – LABUDOVÁ, L. – ŠĽASTNÝ, P. – TURŇA, M. 2017. Klimatické zhodnotenie roka 2016 na Slovensku. *Meteorologický časopis, Slovenský hydrometeorologický ústav*, 20, 1, 23–27. [online]. Dostupné na [https://www.shmu.sk/File/ExtraFiles/MET\\_CASOPIS/2017-1\\_MC.pdf](https://www.shmu.sk/File/ExtraFiles/MET_CASOPIS/2017-1_MC.pdf)
- PECHO, J. – BOCHNIČEK, O. – FAŠKO, P. – IVAŇÁKOVÁ, G. – KAJABA, P. – LABUDOVÁ, L. – MARKOVIČ, L. – MIKULOVÁ, K. – ŠĽASTNÝ, P. – TURŇA, M. 2018. Klimatické zhodnotenie roka 2017 na Slovensku. *Meteorologický časopis, Slovenský hydrometeorologický ústav*, 21, 2, 55–61. [online]. Dostupné na [https://www.shmu.sk/File/ExtraFiles/MET\\_CASOPIS/MC\\_2018-1.pdf](https://www.shmu.sk/File/ExtraFiles/MET_CASOPIS/MC_2018-1.pdf)
- PECHO, J. – MARKOVIČ, L. – FAŠKO, P. – IVAŇÁKOVÁ, G. – KAJABA, P. – TURŇA, M. – BOCHNIČEK, O. 2019. Klimatické zhodnotenie roka 2018. *Meteorologický časopis, Slovenský hydrometeorologický ústav*, 22, 1, 39–44. [online]. Dostupné na [https://www.shmu.sk/File/ExtraFiles/MET\\_CASOPIS/MC\\_2019-1.pdf](https://www.shmu.sk/File/ExtraFiles/MET_CASOPIS/MC_2019-1.pdf)
- PEŠKO, M. 1996. Hydrologické pomery jaskyne Domica. In Bella, P. (Ed.): *Sprístupnené jaskyne – výskum, ochrana a využívanie. Zborník referátov, Správa slovenských jaskýň, Liptovský Mikuláš*, 77–79.
- PEŠKO, M. 2003. Výsledky hydrologického monitoringu jaskyne Domica v rokoch 1999–2001. *Aragonit*, 8, 15–17.
- Speleoklub UPJŠ, 2021. Domica 2021 [online]. [cit. 12. 1. 2022]. Dostupné na <http://speleoupjs.sk/clanok/domica-2021>
- ŠUPÍNSKÝ, J. – HOCHMUTH, Z. – KAŇUK, J. 2018. Integrácia dát z podzemného laserového skenovania pri mapovaní jaskýň. In Inspektor, T. – Horák, J. – Růžička, J. (Eds.): *Zborník referátov sympózia "GIS Ostrava 2018, GIS pro podporu bezpečnosti a krízového řízení" v Ostrave 21. 3. 2018 – 23. 3. 2018, Vysoká škola baňská – Technická univerzita Ostrava*. [online]. Dostupné na [http://gisak.vsb.cz/GIS\\_Ostrava/GIS\\_Ova\\_2018/sbornik/papers/gis20175a5bab654d7bc.pdf](http://gisak.vsb.cz/GIS_Ostrava/GIS_Ova_2018/sbornik/papers/gis20175a5bab654d7bc.pdf)
- Slovenský hydrometeorologický ústav, 2020. Hodnotenie hydrologického roka 2019 [online]. [cit. 9. 12. 2021]. Dostupné na stránke [https://www.shmu.sk/File/Hydrologia/Monitoring\\_PV\\_PzV/Monitoring\\_kvantity\\_PzV/KnPzV\\_2019/KnPzV\\_2019\\_hodnotenie.pdf](https://www.shmu.sk/File/Hydrologia/Monitoring_PV_PzV/Monitoring_kvantity_PzV/KnPzV_2019/KnPzV_2019_hodnotenie.pdf)
- UJLAKIOVÁ, D. 2021. Modelovanie povodňových udalostí v lokalite Domica na základe hydrologického monitoringu v jaskyni. Diplomová práca. Košice, Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach, 76 s.
- <https://www.noviny.sk/galeria/24466-povoden-pri-domici/86e1eafa-a3b1-4ce0-85c6-28dd832cae75>

# OPTIMALIZÁCIA VPLYVU TRHACÍCH PRÁČ V LOME GOMBASEK NA GOMBASECKÚ JASKYŇU

**Blažej Pandula<sup>1,2</sup> – Julián Kondela<sup>1,2</sup> –  
Martin Konček<sup>1,2</sup> – Roman Farkašovský<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> Technická univerzita v Košiciach (TUKE), Fakulta baníctva, ekológie, riadenia a geotechnológií (FBERG), Park Komenského 19, 042 00 Košice; blazej.pandula@tuke.sk, julian.kondela@tuke.sk, martin.koncek@tuke.sk, roman.farkasovsky@tuke.sk

<sup>2</sup> Člen Slovenskej spoločnosti pre trhacie a vŕtacie práce

**B. Pandula, J. Kondela, M. Konček, R. Farkašovský: Optimization of the impact of blasting in the Gombasek quarry on the Gombasek Cave**

**Abstract:** The article presents the results of experimental research aimed at optimizing blasting work in the Gombasek quarry. Using the law of attenuation of seismic waves, the maximum total charge weight per delay on the distance in the Gombasek quarry so that blasting work did not cause negative effects on the Gombasek Cave. The results of the research presented in the article and the optimization of the technical parameters of the blasting works will make it possible to repeat the shots in the Gombasek quarry without negative effects on nearby natural phenomena and the whole environment.

**Keywords:** blasting works in quarries, attenuation law of seismic waves, seismic safety Gombasek Cave

## ÚVOD

Ťažba nerastných surovín je jednou z hlavných činností svetovej ekonomiky, ktorá sa podieľa na budovaní materiálneho a technického rozvoja spoločnosti. Pri tejto činnosti dochádza k zásahom, často nevratným, do životného prostredia. Zákony o ochrane životného prostredia spolu s geologickými a banskými zákonmi preto ukladajú banskému závodu povinnosť chrániť svoje okolie pred negatívnymi vplyvmi banskej činnosti. Odborníci (ťažobné spoločnosti) na celom svete sa zaoberajú touto problematikou a hľadajú vhodné riešenia a metódy pre environmentálnu bezpečnosť (Abbaspour et al., 2018; Végsőová et al., 2019; Konček et al., 2021).

Identifikácia týchto škodlivých účinkov a stanovenie seizmickej bezpečnosti je v súčasnej dobe aktuálny problém. Je potrebné nájsť ekonomicky vyvážený balans medzi istotou neporušenia stavebných objektov alebo prírodných fenoménov a čo najefektívnejšou technológiou trhacích prác (Dojčár a Pandula, 1998; Zhang a Goh, 2016).

Doterajšie výskumy účinkov trhacích prác (Dojčár a Pandula, 1998; Viskup et al., 2011; Pandula a Jelšovská, 2008; Pandula a Kondela, 2010; Kondela a Pandula, 2012; Pandula et al., 2012; Kaláb et al., 2013; Feher et al., 2020; Konček et al., 2020) poukazujú na to, že pri odstreloch je potrebné brať do úvahy viacero faktorov, a to:

- rozpoznanie a charakteristika typov objektov v okolí lomu,
- definícia stupňa ohrozenia objektov v okolí lomu,
- identifikácia objektov, ich počet a účel (priemyselné budovy, obytné a úžitkové budovy, chránené budovy),
- frekvencia trhacích prác a ich technologický postup,
- parametre odstrelov (priemer, úklon, hĺbka a rozstup vývrtov, záber, hmotnosť nálož v jednom vývrte, celková nálož, časovanie jednotlivých náloží pri odstrele).

V nasledujúcom texte sú prezentované výsledky výskumu, ktorý sa uskutočnil 4. 8. 2021

v lome Gombasek a jeho okolí. Cieľom bolo stanoviť zákon útlmu seizmických vln od trhacích prác k receptorom. Na základe nameraných rýchlostí šírenia a frekvencií seizmických vln v horninovom prostredí znížiť seizmické účinky trhacích prác (vibrácie). Pomocou zákona útlmu seizmických vln stanovíť maximálnu dovolenú nálož na jeden časovací stupeň, ktorá nespôsobí pri trhacích prácach poškodenie okolitých objektov alebo životného prostredia v blízkosti lomu Gombasek (Pandula a Kondela, 2021).

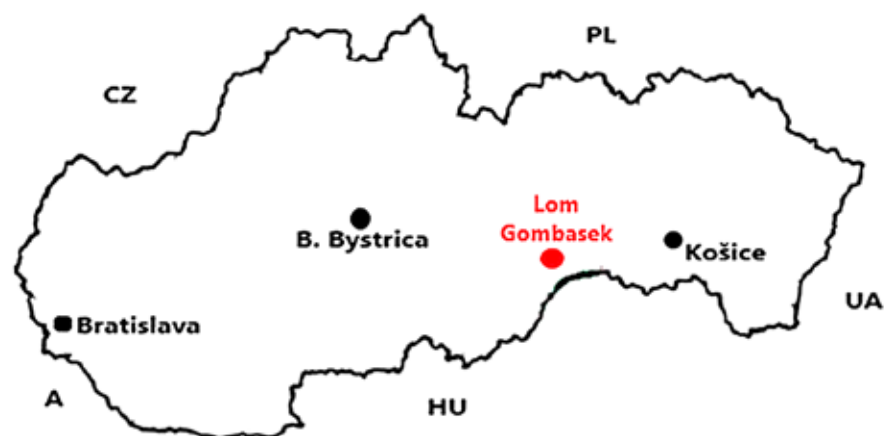
## GEOLOGICKÁ STAVBA HORNINOVÉHO PROSTREDIA V OKOLÍ LOMU GOMBASEK

Lom Gombasek sa otvára pri južnom okraji Plešiveckej planiny v Košickom kraji na východnom Slovensku. Patrí do okresu Rožňava a nachádza sa pri hlavnej ceste medzi Rožňavou a Plešivcom asi 10 kilometrov juhozápadne od mesta Rožňava (obr. 1). Dobývací priestor ložiska Gombasek je situovaný od 230 až po cca 600 m n. m. Lom Gombasek sa zaoberá ťažbou, úpravou a dodávkou vysokopercentných wettersteinských vápencov.

Vápence wettersteinského typu sú vrstevnaté s hrúbkou od cca 0,3 do 1,5 metra, niekedy až masívne. Priebeh vrstevnatosti dominoval v smere severovýchod – juhozápad, s miernym sklonom 10 – 20° (monoklinálnym) k severozápadu. Tektonicky porušené vrstevné plochy sú na mnohých miestach skrasovatené. Sedimenty vytvárané v krasových dutinách sú formované hlavne zo zvetralín, zastúpené ílovcami (červenými až okrovými), ktoré sú perforované nepravidelnými úlomkami vápence wettersteinského typu (obr. 2) (Sasvári et al., 2006).

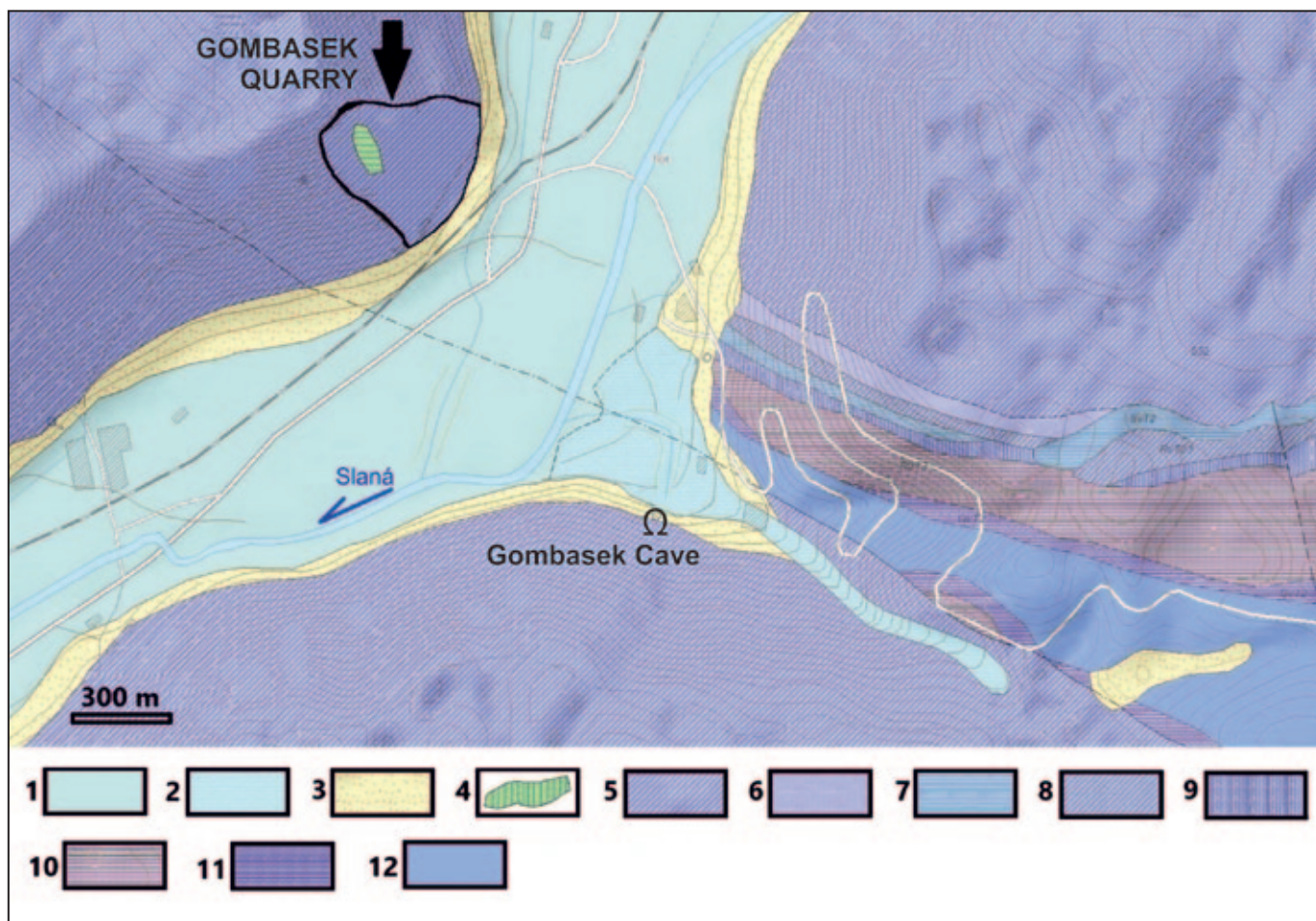
## ŠTRUKTÚRNA CHARAKTERISTIKA ETÁŽE VII C

Etáž VII C, na tvorbe ktorej sa práve pracuje, je rozsegmentovaná generálnymi zlomovými štruktúrami dvoch smerov, a to SZ-JV a SV-JZ smeru. Najpočetnejšie sú zlomové štruktúry SV-JZ smeru so strednými úklonmi k SZ a JV. Na týchto štruktúrach sme zaregistrovali tak sinistrálne, ako aj dextrálne posuny. Prítomné sú tu indikatory pohybu, ktoré svedčia o poklesoch, resp. presunoch na týchto zlomových štruktúrach. Menej početné sú zlomy SZ-JV smeru, vykazujúce predovšetkým sinistrálne posuny, avšak nezried-



Obr. 1. Poloha lomu Gombasek  
Fig. 1. Position of the Gombasek quarry



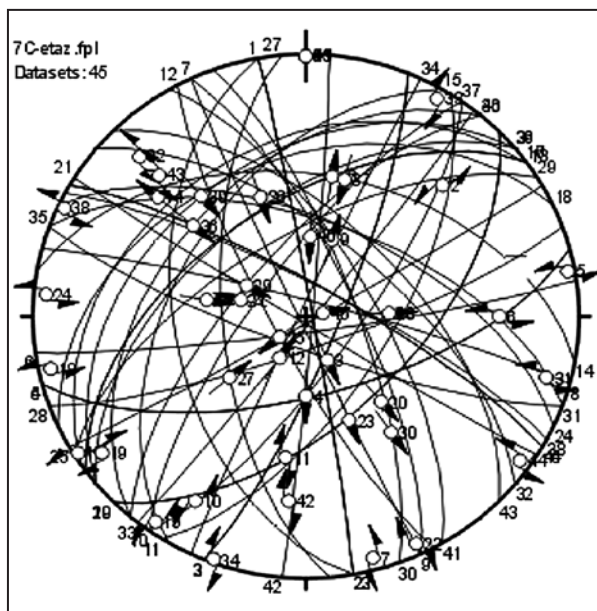


Obr. 2. Geologická mapa okolia lomu Gombasek (Mello et al., 1996): Kvartér: 1 – fluviaľné sedimenty: nív riek – hlinité, hlinito-piesčité, ílovité; nív potokov – štrkovité, štrkovito-piesčité, 2 – proluviaľné sedimenty: hlinito-štrkovité, 3 – deluviaľné sedimenty: hlinito-kamenité a kamenité. Mezozoikum: 4 – gombasecké vrstvy: tmavé bridlice a pieskovce, 5 – wettersteinské vápence svetlosivé organodetrítické, lagunárne, rífové, 6 – raminské vápence a wettersteinské svetlosivé organodetrítické, vrstevnaté vápence, 7 – schreyeralmské ružovkasté hľuznaté vápence, 8 – reiflinské a pseudoreiflinské vápence, 9 – steinalmské svetlé organodetrítické vápence, 10 – ramsauské dolomity, 11 – gutensteinské vápence, 12 – sinské vrstvy: bridlice, slienité vápence, dolomity

Fig. 2. Geological map of the surroundings of the quarry Gombasek (Mello et al., 1996): Quaternary: 1 – fluvial sediments: of alluvial plains – loamy, loamy-sandy, clayey; of brook alluvium – gravelous, sandy-gravelous 2 – proluvial sediments loamy-gravelous, 3 – deluvial sediments: loamy-stony and stony. Mesozoic: 4 – Gombasek beds – dark shales and sandstones, 5 – Wetterstein limestones light grey, organodetritic, lagoonal, reefal, 6 – Raming and Wetterstein light grey organodetritic, bedded limestones, 7 – Schreyeralmsky rosy nodular limestones, 8 – Reifling and 'Pseudoreifling' limestones, 9 – Steinalm bright organodetritic limestones, 10 – Ramsau dolomites, 11 – Gutenstein limestones, 12 – Szin Beds: shales, marlstones, limestones, dolomites

kové sú aj poklesy, resp. prešmyky na týchto zlomových štruktúrach (Sasvári et al., 2006).

Etáž VII C je súčasne porušená aj klivážovým systémom porúch decimetrového rádu. Uvedený systém reprezentuje sekundárne štruktúry, ktoré sú výsledkom recentného poklesávania na S-J zlomovej štruktúre so stredným úklonom k západu. Klivážový systém je porušený zlomovým systémom SV-JZ smeru, na ktorom sme zaregistrovali dextrálne smerné posuny. Zlomový systém je významný z hľadiska ťažby kameňa, lebo je takmer vertikálny a takmer paralelný s priebehom etáže. V tomto priestore sú výrazné prešmykové štruktúry SV-JZ smeru s úklonom k SZ, na ktorých došlo k presunu horninového masívu za vzniku imbríkačných štruktúr. Tie sú penetrované V-Z zlomovým systémom, ktorý je recentne otvorený s výplňou okra, ílov a aragonitovej mineralizácie. Otvorenosť zlomového systému je do 1,5 m. Zložitosť štruktúrnej stav-



Obr. 3. Tectonogram zobrazujúci všetky zdokumentované štruktúry na etáži VII C

Fig. 3. Tectonogram showing all documented structures on the floor VII C

by etáže VII C a mieru jej porušenia najlepšie vystihuje tectonogram (obr. 3) (Pandula a Kondela, 2021).

#### PRÍRODNÉ POMERY GOMBASECKEJ JASKYNE

Gombasecká jaskyňa predstavuje riečnu výverovú jaskyňu dlhú 3057 m. Je vytvorená v druhohorných strednotriasových značne rekryštalizovaných, ojedinele mikrobekciovitých svetlých wettersteinských vápencoch pozdĺž tektonických porúch koróznou a eróznou činnosťou Čierneho potoka a jeho občasného prítoku z Mramorovej siene. Je súčasťou Silicko-gombaseckého podzemného hydrologického systému, do ktorého patrí i jaskyňa Silická ľadnica. Obe jaskyne doteraz neznamenajú úsek Čierneho potoka. Na povrch vystupuje Čiernou vyvieračkou na úpätí planiny, 11 m nad údolnou nivou Slanej (Gaál a Vlček, 2009; Bella, 2003; Herich, 2019).



Obr. 4. Gombasecká jaskyňa. Foto: P. Staník  
Fig. 4. Gombasecká Cave. Photo: P. Staník

Gombasecká jaskyňa má dve poschodia, ktoré pozostávajú z oválnych, riečne modelovaných i puklinových chodieb, miestami rozšírených rútením do siení a dómov. Vyššie poschodie je 5 až 10 m nad aktívnym riečiskom Čierneho potoka, ktorý preteká spodnými časťami jaskyne. Suchú chodbu na hornom poschodí vytvorili vody, ktoré v súčasnosti občasne vystupujú 10 m hlbokou studňou v Mramorovej siení. Jaskyňa vyniká unikátnymi tenkými sintrovými brčkami – tenkými trubicovými stalaktitovými útvarmi, ktoré dosahujú dĺžku až 3 m. Vyskytujú sa aj iné formy



Obr. 5. Vibrograf ABEM Vibraloc použitý na meranie technickej seizmicity (Pandula a Kondela, 2021)  
Fig. 5. Vibrograph ABEM Vibraloc used for measuring of technical seismicity (Pandula and Kondela, 2021)

stalaktitov, stalagmitov, rôzne sintrové náteky a kôry (Gaál a Vlček, 2009; Bella, 2003; Heřich, 2019; obr. 4).

### METODIKA MERANIA A POUŽITIE SEIZMICKÉ APARATÚRY

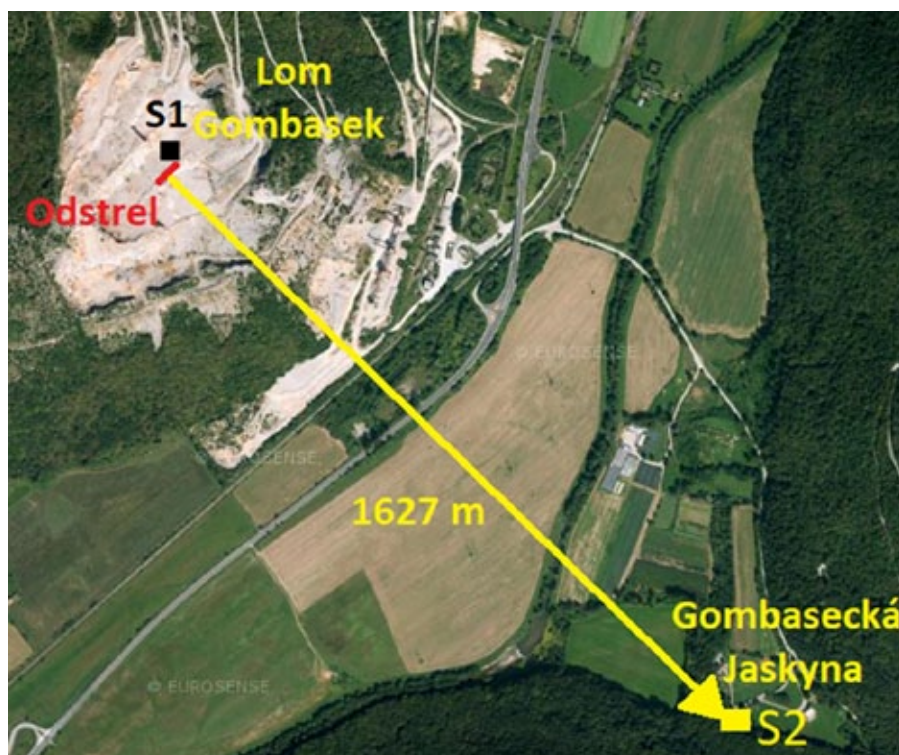
Meracie stanoviská boli vybraté tak, aby bolo možné stanoviť zákon útlmu seizmických vln v lome Gombasek a posúdiť seizmické účinky na Gombaseckú jaskyňu. Jedno stanovisko bolo pri odstrele v lome Gombasek a druhé bolo vnútri Gombaseckej jaskyne v Rozložníkovej siení. Na meranie a grafické zaznamenávanie seizmických účinkov trhacích prác na uvedených meracích stanoviskách boli použité digitálne vibrografy ABEM Vibraloc so seizmosnímačmi od švédskej firmy ABEM (obr. 5).

Vibrografy ABEM Vibraloc poskytujú digitálny a grafický záznam všetkých troch zložiek rýchlosti kmitania častíc prostredia, horizontálna pozdĺžna –  $v_x$ , horizontálna priečna –  $v_y$ , vertikálna –  $v_z$ . Vibrografy ABEM Vibraloc pracujú autonómne, automaticky uskutočňujú testy kanálov bez zásahu a vplyvu operátora do nameraných a zaregistrovaných charakteristík kmitania. Vibrografy ABEM Vibraloc majú AD prevodník s automatickým 14-bitovým dynamickým rozsahom, ktorý zodpovedá  $0,05 \div 250 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$  (Pandula a Kondela, 2010).

Pre tieto merania boli použité trojzložkové geofóny od firmy ABEM s frekvenčným rozsahom  $1 \div 1000 \text{ Hz}$  a citlivosťou  $10 \text{ mV/mm}\cdot\text{s}^{-1}$ . Geofóny boli umiestnené na špeciálnej podložke s oceľovými ostrými hrotmi, ktoré zabezpečovali nepretržitý kontakt s podkladom (obr. 5).

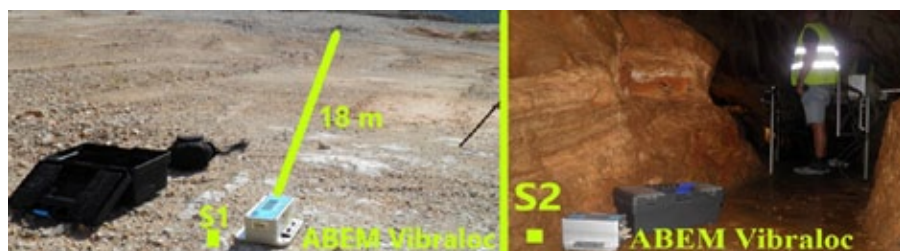
Meracie stanoviská:

- v lome v blízkosti odstrelu (S1),
- v jaskyni (S2).



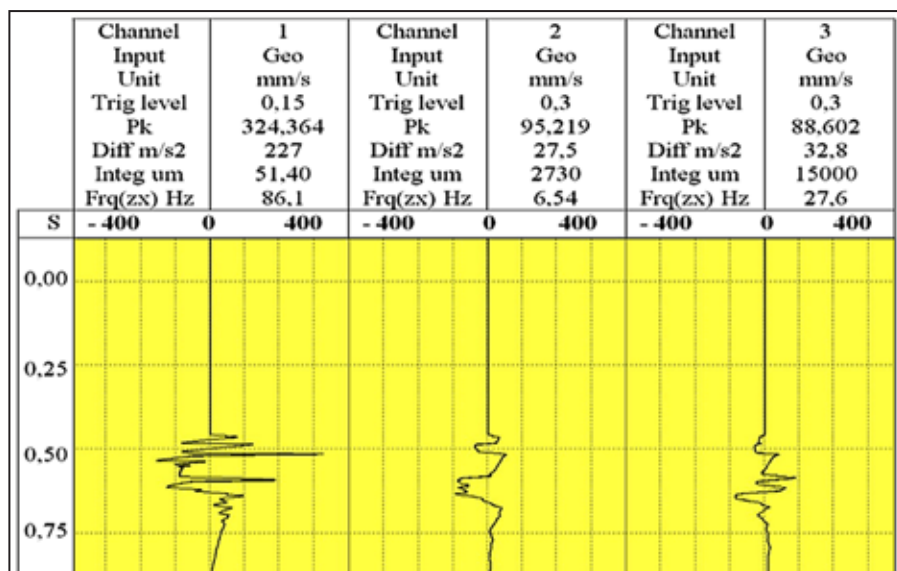
Obr. 6. Pozícia a vzdialenosti clonového odstreľu v lome Gombasek voči meracím stanoviskám (S1, S2)

Fig. 6. Position and distance from the bench blasting in the quarry Gombasek in relation to measuring standpoints (S1, S2)



Obr. 7. Meracie stanoviská S1 (ľavo) a S2 (pravo) – použité meracie aparatúry ABEM Vibraloc (Pandula a Kondela, 2021)

Fig. 7. Measuring standpoints S1 (left) and S2 (right) – ABEM Vibraloc measuring apparatus used (Pandula and Kondela, 2021)



Obr. 9. Grafický záznam jednotlivých zložiek vlnenia (VERT-Z, RAD-X, TRANS-Y) na stanovisku S1 – lom Gombasek vo vzdialenosti 18 m od inicializačného vrtu CO 575 (Pandula a Kondela, 2021)

Fig. 9. Graphical record of individual wave components (VERT-Z, RAD-X, TRANS-Y) at the S1 standpoint – Gombasek quarry at a distance of 18 from the initialization borehole of CO 575 (Pandula and Kondela, 2021)

Tab. 1. Údaje o polohe odstrelov a vzdialenosti meracích stanovisk (S1 a S2) od odstrelu v lome Gombasek  
Tab. 1. Data on the position of the blasting and the distance of the measuring standpoints (S1 and S2) from the blasting in the quarry Gombasek

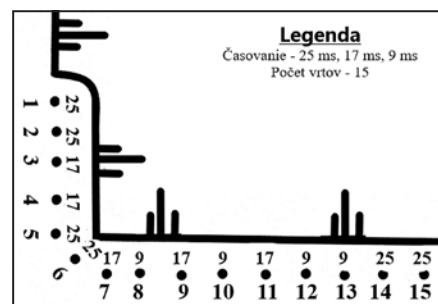
Stanovisko	Odstrel	Vzdialenosť od odstrelu k stanovisku (m)		Súradnice geofónov a odstrelu		
		šikmá	horizontálna	X	Y	Z
S1 – lom Gombasek	CO 575	29,6	18	296327.28	1253565.55	376.48
S2 – Gombasecká Jaskyňa	CO 575		1627	296323.61	1253565.29	376.48

Tab. 2. Maximálne hodnoty rýchlostí kmitania a frekvencií na stanoviskách S1 a S2 pri CO 575:  $v_x$  – maximálna rýchlosť kmitania častíc prostredia (horizontálna/pozdĺžna),  $v_y$  – maximálna rýchlosť kmitania častíc prostredia (horizontálna/priečna),  $v_z$  – maximálna rýchlosť kmitania častíc prostredia (vertikálna),  $f_x$  – maximálna frekvencia (horizontálna/pozdĺžna),  $f_y$  – maximálna frekvencia (horizontálna/priečna),  $f_z$  – maximálna frekvencia (vertikálna)

Tab. 2. Maximum values for peak particle velocities and frequencies at standpoints S1 and S2 at bench blast CO 575:  $v_x$  – Maximum oscillation speed of particles in the environment (horizontal/longitudinal),  $v_y$  – Maximum oscillation speed of particles in the environment (horizontal/transverse),  $v_z$  – Maximum oscillation speed of particles in the environment (vertical),  $f_x$  – Maximum frequency (horizontal/longitudinal),  $f_y$  – Maximum frequency (horizontal/transverse),  $f_z$  – Maximum frequency (vertical)

Stanovisko	Hmotnosť nálože na 1 časovací stupeň [kg]	Vzdialenosť [m]	$v_x$ [mm·s <sup>-1</sup> ]	$v_y$ [mm·s <sup>-1</sup> ]	$v_z$ [mm·s <sup>-1</sup> ]	$f_x$ [Hz]	$f_y$ [Hz]	$f_z$ [Hz]
S1 – Lom Gombasek	125,80	29,6	324,4	88,6	75,9	6,54	27,6	86,1
S2 – Gombasecká jaskyňa		1627	≤ 0,3	≤ 0,3	≤ 0,3	-	-	-

Poznámka: Hodnoty rýchlostí kmitania v Gombaseckej jaskyni boli pod úrovňou citlivosti meracej aparatúry Vibraloc 0,3 mm·s<sup>-1</sup>



Obr. 8. Časovacia schéma a rozmiestnenie vrtov 1 – 15 pri clonovom odstrele v lome Gombasek (Pandula a Kondela, 2021)

Fig. 8. Timing scheme and location of boreholes 1 – 15 during bench blasting in the quarry Gombasek (Pandula and Kondela, 2021)

Pozícia meracích stanovisk (S1, S2) je na obr. 6.

Na stanovenie zákona útlmu v prenosovom prostredí medzi zdrojom (clonový odstreľ – ďalej CO) a receptorom (Gombasecká jaskyňa) bolo meracie stanovisko S1 situované 18 m od iniciačného vrtu CO 575 v lome Gombasek (obr. 7 vľavo).

Na posúdenie vplyvu seizmických účinkov na Gombaseckú jaskyňu bolo meracie stanovisko S2 situované vnútri Gombaseckej jaskyne na horninovom podklade (obr. 7 vpravo).

#### ZDROJ OTRASOV PRI VÝSKUME TECHNICKEJ SEIZMICITY

Zdrojom seizmických účinkov bol CO 575 na ložisku vápenca nachádzajúceho sa 1627 metrov od Gombaseckej jaskyne. Odstreľ bol situovaný na etáži 7 C pri západnom okraji lomu Gombasek. Pozície a vzdialenosti CO 575 v lome Gombasek voči meracím stanoviskám (S1, S2) sú v tab. 1 a na obr. 6.

Pri CO 575 bolo navŕtaných 15 zvislých vrtov s priemerom 105 mm, dĺžkou 23 m, so záberom 4,8 až 5,3 m a rozstupom vrtov 4,6 m. Celková nálož v týchto vrtoch bola 2043 kg trhavín. Maximálna nálož na 1 časový stupeň bola 125,80 kg. Použitý bol neelektrický roznet a časovanie 25 ms, 17 ms a 9 ms (obr. 8).

#### NAMERANÉ HODNOTY A VÝSLEDKY

Meracie prístroje uložené na stanoviskách boli pred meraním kalibrované a prekontrolovaná bola ich citlivosť. Na meracích stanoviskách boli zaznamenané grafické priebehy jednotlivých zložiek seizmického vlnenia pri CO 575. Grafické záznamy sú štvorsekundové. Vibrografy boli na meracích stanoviskách umiestnené tak, aby bolo možné posúdiť vplyv vybudenej technickej seizmicity na monitorovanú Gombaseckú jaskyňu.

Meracie prístroje merali zložky rýchlosti kmitania na kanáloch (kanál č. 1 – zložka z, kanál č. 2 – zložka x, kanál č. 3 – zložka y) a zaznamenali účinky seizmických vln od CO 575 v lome Gombasek (obr. 9).

Namerané hodnoty za jednotlivých meracích stanoviskách sú uvedené v tabuľke 2. Na meracom stanovisku S2 neboli namerané rýchlosti kmitania od odstreľu, pretože hodnoty rýchlosti kmitania v Gombaseckej jaskyni boli pod úrovňou citlivosti meracej aparatu-

túry ABEM Vibracloc 0,3 mm·s<sup>-1</sup>. Pre meracie stanovisko S2 – Gombasecká jaskyňa boli stanovené hodnoty rýchlosti zložiek kmitania ( $v_x, v_y, v_z$ ) 0,3 mm·s<sup>-1</sup>. Skutočné hodnoty rýchlosti kmitania v Gombaseckej jaskyni boli pri CO 575 nižšie ako hodnoty nastavenej citlivosti vibrografu ABEM Vibracloc uloženého v Gombaseckej jaskyni. Frekvencie ( $f_x, f_y, f_z$ ) sa nedali určiť, preto ich hodnoty nie sú uvedené v tabuľke 2 (Pandula a Kondela, 2021).

Na spracovanie maximálnych nameraných hodnôt rýchlosti kmitania v lome Gombasek sme použili nasledujúce vzťahy (Pandula a Kondela, 2010). Prvý vzťah je pre výpočet hodnoty rýchlosti kmitania v:

$$v = \left(\frac{L}{Q^{0.5}}\right) = K \left[\frac{L}{Q^{0.5}}\right]^n \quad (1)$$

kde:

$v$  je maximálna rýchlosť kmitania generovaná odstreľom, (mm·s<sup>-1</sup>),  
 $L/Q^{0.5}$  je tzv. redukovaná vzdialenosť (m·kg<sup>-0.5</sup>),  
 $L$  je najkratšia vzdialenosť zdroja otrasov od ich receptora (m),

$Q$  je hmotnosť nálože časového stupňa (kg),  
 $K$  je súčiniteľ závislý od podmienok odstreľu, vlastností prenosového prostredia, druhu trhaviny a pod.,  
 $n$  je ukazovateľ útlmu seizmických vln (Pandula a Kondela, 2010).

Druhý vzťah slúži na výpočet maximálnej dovolenej nálože na jeden časovací stupeň v závislosti od vzdialenosti pri opakovaných clonových odstreloch v lome Gombasek:

$$Q_{vmax} = L^2 / L_R^2 \quad (2)$$

kde:

$L$  je vzdialenosť (m),  
 $L_R$  je redukovaná vzdialenosť (m·kg<sup>-0.5</sup>) (Pandula a Kondela, 2010; Konček et al., 2021).

Na hodnotenie kvality prírodných objektov nie je žiadna technická norma. V prípade posudzovania seizmických účinkov trhacích prác na posudzovaný objekt (jaskyňa) nejde len o posúdenie fyzického stavu jaskyne, ale hlavne o posúdenie horninového prostredia, kde sa jaskyňa nachádza. Vplyvom seizmických účinkov odstreľov v lome Gombasek by mohlo dôjsť k porušeniu horninového prostredia Gombaseckej jaskyne, a tým k ohrozeniu krehkej brčkovej výzdoby, ktorá je unikátna z celoslovenského hľadiska. Rovnako by mohlo dôjsť k narušeniu podzemného hydrologického systému a k zmene aktívneho riečiska Čierneho potoka, ktorý preteká jaskyňou. Za najnižšie dovolené rýchlosti kmitania v horninovom masíve norma zaraďuje zvlášť dôležité diela životnosti nad 10 rokov T-1. Z uvedených dôvodov bola Gombasecká jaskyňa zaradená podľa normy do skupiny najnižších dovolených rýchlostí kmitania v horninovom masíve. Parameter kvality objektu bol stanovený na hodnotu  $k = 7$  a rýchlosť kmitania na hodnotu  $v_d \leq 1,3$  mm·s<sup>-1</sup>. Podľa normy táto hodnota predstavuje prípustnú hodnotu rýchlosti kmitania v horninovom masíve (Pandula

Tab. 3. Maximálne rýchlosti kmitania pri periodicky uskutočňovaných odstreloch (Pandula a Kondela, 2010): T (triedy inžinierskeho diela): 1. zvlášť dôležité diela životnosti nad 10 rokov,  $\epsilon_0 = 0,0001$  (hydrotechnické štôlne, jamy, hlavné banské diela, odvodňovacie a iné vodohospodárske diela), 2. dôležité diela životnosti od 5 do 10 rokov,  $\epsilon_0 = 0,0002$  (náraziská, prekopy, stropné piliere, stabilné svahy etáží a hald a pod.), 3. diela s krátkou životnosťou od 1 do 5 rokov,  $\epsilon_0 = 0,0003$  (chodby, komory a pod.), 4. diela so životnosťou do jedného roka,  $\epsilon_0 = 0,0004$  (dobývky, svahy pracovných etáží a pod.)

Tab. 3. Peak particle velocities for periodically executed blasting (Pandula and Kondela, 2010): T (classes of engineering objects): 1. especially important objects of lifespan over 10 years,  $\epsilon_0 = 0.0001$  (hydraulic tunnels, pits, main mining objects, drainage, and other water management objects), 2. important objects of lifespan from 5 to 10 years,  $\epsilon_0 = 0.0002$  (ditches, ceiling pillars, stable slopes of etage, and heaps, etc.), 3. objects with a short lifespan of 1 to 5 years,  $\epsilon_0 = 0.0003$  (corridors, chambers, etc.), 4. objects with a lifespan of up to one year,  $\epsilon_0 = 0.0004$  (mining, slopes of working etage, etc.)

Trieda objektu T	Prípustné rýchlosti kmitania $v_p$ [mm·s <sup>-1</sup> ] pre kvalitu objektu – k								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
1	46	27,6	16,5	10	6	3,7	2,2	1,3	-
2	75	46	27,6	16,5	10	6	3,7	2,2	1,3
3	120	75,6	46	27,6	16,5	10	6	3,7	2,2
4	198	120	75	46	27,6	16,5	10	6	3,7

Tab. 4. Maximálne hodnoty rýchlosti kmitania pri CO 575

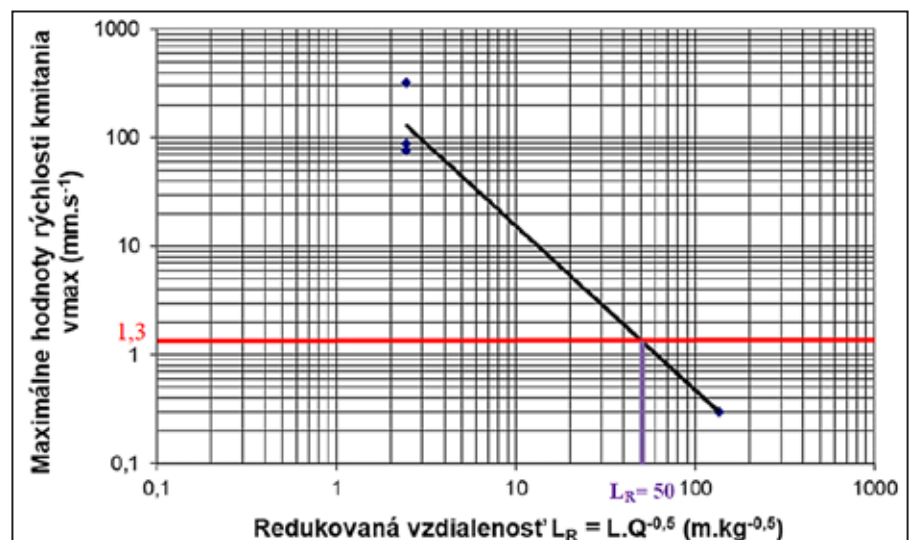
Tab. 4. Maximum values of peak particle velocities at the bench blast CO 575

L [m]	Q [kg]	$L_R = L/Q^{0.5}$ [m·kg <sup>-0.5</sup> ]	$v_x$ [mm·s <sup>-1</sup> ]	$v_y$ [mm·s <sup>-1</sup> ]	$v_z$ [mm·s <sup>-1</sup> ]
29,6	125,80	2,6	324,4	88,6	75,9
1627	125,80	145,1	0,3	0,3	0,3

Tab. 5. Použitie maximálnej dovolenej nálože na jeden časovací stupeň v závislosti od vzdialenosti pri opakovaných clonových odstreloch v lome Gombasek

Tab. 5. Use of the maximum permissible charge per one-time step depending on the distance for repeated bench blasting in the quarry Gombasek

Vzdialenosť L [m]	Redukovaná vzdialenosť $L_R$ [m·kg <sup>-0.5</sup> ]	Maximálna dovolená nálož na jeden časovací stupeň [kg]
500	50	100
1000	50	400
1500	50	900
1600	50	1024
1650	50	1089
1700	50	1156



Obr. 10. Grafická závislosť maximálnych hodnôt rýchlosti kmitania od redukovanej vzdialenosti pri clonovom odstrele v lome Gombasek – zákon útlmu seizmických vln.

Fig. 10. Graphical dependence of the maximum values of the peak particle velocities on the reduced distance during bench blasting in the quarry Gombasek – the law of attenuation seismic waves on the reduced distance.

a Kondela, 2010; Pandula a Kondela, 2012; Kondela a Pandula, 2013).

Namerané maximálne hodnoty seizmických účinkov generované CO 575, ktorý bol uskutočnený v lome Gombasek, sú v tabuľke 4. Tieto hodnoty slúžili ako podklad na stanovenie zákona útlmu seizmických vln v lome Gombasek.

Na základe údajov z tab. 4 bola zostrojená grafická závislosť maximálnych zložiek rýchlostí kmitania od redukovanej vzdialenosti  $L_R$  pre clonové odstrely v lome Gombasek. Graf na obr. 10 predstavuje zákon útlmu seizmických vln pre lom Gombasek, v ktorom bola hodnota  $Q$  vypočítaná podľa vzťahu 1.

Zo zákona útlmu seizmických vln je možné stanoviť pre konkrétny receptor veľkosť nálože pri známej vzdialenosti tak, aby maximálne hodnoty jednotlivých zložiek rýchlosti kmitania nepresiahli dovolené rýchlosti kmitania.

Na grafe (obr. 10) sú vynesené hodnoty rýchlostí vibrácií v lome Gombasek (body na ľavej hornej časti grafu) a v posudzovanej Gombaseckej jaskyni pri CO 575 (body na pravej dolnej časti grafu). Červená čiara predstavuje hranicu dovolených rýchlostí vibrácií pre Gombaseckú jaskyň tak, aby nedošlo k žiadnym negatívnym zmenám v horninovom masíve.

Na základe experimentálne stanoveného zákona útlmu seizmických vln je možné stanoviť maximálnu dovolenú nálož na jeden časovací stupeň v závislosti od vzdialenosti pre opakované clonové odstrely v lome

Gombasek. Z grafického priebehu zákona útlmu seizmických vln pre lom Gombasek vyplýva (obr. 10), že dovolená rýchlosť kmitania  $v_d \leq 1,3 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$  nebude prekročená pri redukovanej vzdialenosti  $L_R = 50$ . Pomocou hodnoty redukovanej vzdialenosti bola vypočítaná maximálna dovolená nálož na jeden časovací stupeň v závislosti od vzdialenosti v lome Gombasek tak, aby trhacie práce negenerovali negatívne účinky na Gombaseckú jaskyň a horninové prostredie, v ktorom je situovaná (tab. 5). Optimalizácia technických parametrov trhacích prác umožní opakovať clonové odstrely v lome Gombasek bez negatívnych dosahov na blízke prírodné fenomény a celé okolie.

## ZÁVER

Na základe výskumu seizmických účinkov trhacích prác, ktorý bol uskutočnený v lome Gombasek a Gombaseckej jaskyni, sa zistilo, že hodnoty seizmických účinkov CO 575 (tab. 2) boli pod úrovňou citlivosti meracích prístrojov  $0,3 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$ . Na hodnotenie kvality prírodných objektov nie je v súčasnosti v technickej norme stanovená hranica bezpečných rýchlostí kmitania. Gombasecká jaskyňa je chránená ako národná prírodná pamiatka, ktorá je vytvorená v porušenom horninovom prostredí karbonátových hornín. Za najnižšie dovolené rýchlosti kmitania v horninovom masíve norma zaraďuje zvlášť dôležité diela životnosti nad 10 rokov  $T=1$ . Pri porušení prírodných fenoménov nie je možné žiadnym spôsobom nahradiť škodu, prípadne prírodný útvar zrekonštruovať. Z dôvodu po-

rušenosti horninového prostredia a významu ochrany Gombaseckej jaskyne bola stanovená maximálna dovolená rýchlosť kmitania  $v_d \leq 1,3 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$ . Ide o rýchlosť kmitania, ktorú je možné vyvolať aj chôdzou väčšej skupiny ľudí v jaskyni.

Po analýze projektu technologického postupu trhacích prác bol navrhnutý model predikcie účinkov bezpečných vibrácií v závislosti od vzdialenosti Gombaseckej jaskyne od odstrelov. Pri dodržiavaní uvedených parametrov odstrelov v lome Gombasek nedôjde k poškodeniu prírodných útvarov v okolí lomu Gombasek. Uvedený model sa dá vytvoriť pre každú banskú prevádzku, kde je predpoklad impaktu vibrácií od odstrelov na akékoľvek chránené prírodné fenomény, a tak ich chrániť pred možnosťou poškodenia.

**Podakovanie:** Táto práca je podporená projektom VEGA 1/0585/20 „Výskum aplikácie milisekundového časovania na znižovanie negatívnych účinkov seizmických vln generovaných výbuchom.“, projektom VEGA 1/0588/21: „Výskum a vývoj nových metód na báze princípov modelovania, logistiky a simulácie pri riadení interakcie procesov dobývania suroviny a zakladania ťažobných blokov s ohľadom na ekonomickú efektívnosť a bezpečnosť ťažby surovín“ a projektom EIT RM (Európsky inovačný a technologický inštitút pre surové materiály) MINETALC č. 19007 (Optimalizácia dobývania so zakladaním vydobytých priestorov pre nízko- a strednepevnostné ložiská).

## LITERATÚRA

- ABBASPOUR, H. – DREBENSTEDT, C. – BADRODDIN, M. – MACHAMINIK, A. 2018. Optimized design of drilling and blasting operations in open pit mines under technical and economic uncertainties by system dynamic modeling. *International Journal of Mining Science and Technology*, 28, 6, 839–848.
- BELLA, P. 2003. Morfológia a genéza Gombaseckej jaskyne. *Slovenský kras*, 41, 47–68.
- DOJČÁR, O. – PANDULA, B. 1998. Výskum technickej seizmicity v lome Včeláre. *Výskumná správa clonového odstrely FBERG TU Košice*, 1, 7–10.
- FEHER, J. – CAMBAL, J. – PANDULA, B. – KONDELA, J. – SOFRANKO, M. – MUDARRI, T. – BUCHLA, I. 2020. Research of the Technical Seismicity due to Blasting works in Quarries and Their Impact on the Environment and Population. *Applied sciences*, 11, 5, 1–21.
- GAÁL, Ľ. – VIČEK, L. 2009. Príspevok ku geológii Gombaseckej jaskyne. *Aragonit*, 14, 1, 22–26.
- HERICH, P. 2019. Nové zameranie Gombaseckej jaskyne. *Aragonit*, 24, 1, 30–33.
- Interné materiály Správy slovenských jaskýň – Gombasecká jaskyňa [online]. Dostupné na internete: <http://www.ssj.sk/sk/jaskyna/9-gombasecka-jaskyna>
- KALÁB, Z. – PANDULA, B. – STOLÁRIK, M. – KONDELA, J. 2013. Examples of law of seismic wave attenuation. *Metalurgija*, 52, 3, 387–390.
- KONČEK, M. – PANDULA, B. – KONDELA, J. – SOFRANKO, M. – CAMBAL, J. – FEHER, J. 2021. Optimization of the impact of technical seismicity on the road bridge. *Transport & Logistics, the International Journal*, 21, 51, 1–12.
- KONČEK, M. – SOFRANKO, M. – CAMBAL, J. – FEHER, J. – ŠUVER, M. 2020. Optimization blasting operations in the quarry Sedlice in terms of meeting quality and safety requirements. *Exploration Geophysics - Remote Sensing and Environment*, 27, 2, 47–54.
- KONDELA, J. – PANDULA, B. 2012. Timing of quarry blasts and its impact on seismic effects. *Acta Geodynamica et Geomaterialia*, 9, 2, 155–163.
- KONDELA, J. – PANDULA, B. 2013. Výskum účinkov technickej seizmicity na krasové útvary v karbonátových horninových masívoch. In *Nové technológie pre vyhľadávanie geotermálnych zdrojov. Zborník z medzinárodnej vedeckej konferencie* (Košice, 27. – 28. 3. 2013). TU Košice, 49–61.
- MELLO, J. – ELEČKO, M. – PRISTAŠ, J. – REICHWALDER, P. – SNOPOK, L. – VASS, D. – VOZÁROVÁ, A. 1996. Geologická mapa slovenského krasu. MŽP-GSSR, Bratislava.
- PANDULA, B. – KONDELA, J. – PACHOCKA, K. 2012. Attenuation law of seismic waves in technical seismicity. *Metalurgija*, 51, 3, 427–431.
- PANDULA, B. – JELŠOVSKÁ, K. 2008. New criterion for estimate of ground vibrations during blasting operations in quarries. *Acta Geodynamica et Geomaterialia*, 5, 2, 147–152.
- PANDULA, B. – KONDELA, J. 2010. Metodológia seizmiky trhacích prác. SSVTP Banská Bystrica, DEKI Design s. r. o., 156.
- PANDULA, B. – KONDELA, J. 2012. Zhodnotenie účinkov technickej seizmicity na Brekovskú jaskyňu v Humenských vrchoch. *Aragonit*, 17, 1–2, 18–24.
- PANDULA, B. – KONDELA, J. 2021. Posúdenie vplyvu technickej seizmicity v lome Gombasek na Gombaseckú jaskyňu. *Odborný posudok clonového odstrely č. 575, Košice: TU FBERG*, 23.
- STN Eurokód 8, *Navrhovanie konštrukcií na seizmickú odolnosť. Časť 1, národná príloha, zmena 1 (STN EN 1998-1/NA/Z1)*.
- SÁSVÁRI, T. – JACKO, S. jun. – KONDELA, J. 2006. Structural-tectonic architecture of limestone quarry Gombasek on Plešivec Plateau of Silica Nappe. *Acta Montanistica Slovaca*, 11, 1, 70–85.
- VÉCSŐVÁ, O. – ŠTRAKA, M. – ROSOVÁ, A. 2019. Protecting and Securing an Environment Affected by Industrial Activity for Future Utilization. *Rocznik Ochrona Środowiska*, 21, 98–111.
- VIŠKUP, J. – PANDULA, B. – KUBÁŠ, J. 2011. Hodnotenie dynamických účinkov odstrely v čachtickom kameňolome na Čachtickú jaskyňu. In *Beránek, M. (Ed.): Trhacia technika 2011. Zborník prednášok z medzinárodnej konferencie (Stará Lesná, 26. – 27. 5. 2011)*, 79–90.
- ZHANG, W. – GOH, A.T.C. 2016. Evaluating seismic liquefaction potential using multivariate adaptive regression splines and logistic regression. *Geomechanics and Engineering*, 10, 3, 269–284.

# Z HISTÓRIE MOŠNICKEJ JASKYNE

*Pavel Bella*

Mošnická jaskyňa, k. ú. Lazisko, okres Liptovský Mikuláš, nachádzajúca sa na pravej strane doliny Mošnica v západnej časti Demänovských vrchov, jej spodný vchod vo výške 1060 m n. m., zameraná v dĺžke 420 m, jedna z najvyššie položených horizontálnych jaskýň na severnej strane Nízkyh Tatier – to sú základné údaje o menej známej, avšak dosť zaujímavej jaskyni v neďalekom susedstve svetoznámych Demänovských jaskýň. Z jej kvapľovej výzdoby dominuje stalagmit vysoký 2,4 m, zvaný Biela pagoda (Droppa, 1950; obr. 1). S poznávaním a výskumom Mošnickej jaskyne sú späté mená RNDr. Antona Droppu, CSc., a doc. RNDr. Vladimíra Panoša, CSc., významných osobností slovenskej a českej speleológie, ako aj Aloisa Krála, objaviteľa Demänovskej jaskyne slobody.

Okrem kratších zmienok, napr. v zoznamoch jaskýň, prehľadových publikáciách o krase a jaskyniach na Slovensku alebo Liptove či v turistických sprievodcoch Nízkymi Tatrami (Janoška a Hochmuth, 1958; Droppa, 1971, 1973; Kučera et al., 1981; Hochmuth, 2008 a ďalší) sa táto jaskyňa v doterajšej literatúre väčšinou opisuje pri riešení problematiky jej vzniku a vývoja, resp. sa spomína pri rekonštrukcii vývoja okolitého územia na severnej strane Nízkyh Tatier. Súbornejšia správa o dávnejších i skorších udalostiach a dianí v tejto vcelku pozoruhodnej jaskyni však chýba (údaje sú roztrúsené v čiastkových publikáciách, ako aj v archíve a dokumentácii Slovenského múzea ochrany prírody a jaskyniarstva v Liptovskom Mikuláši). Preto súborne zrekapitulujeme hlavné, doteraz známe historické skutočnosti a fakty, najmä údaje o jej prieskume, využívaní a ochrane.

**Zo staršej histórie a prieskumu.** Miestnym obyvateľom bola Mošnická jaskyňa známa od

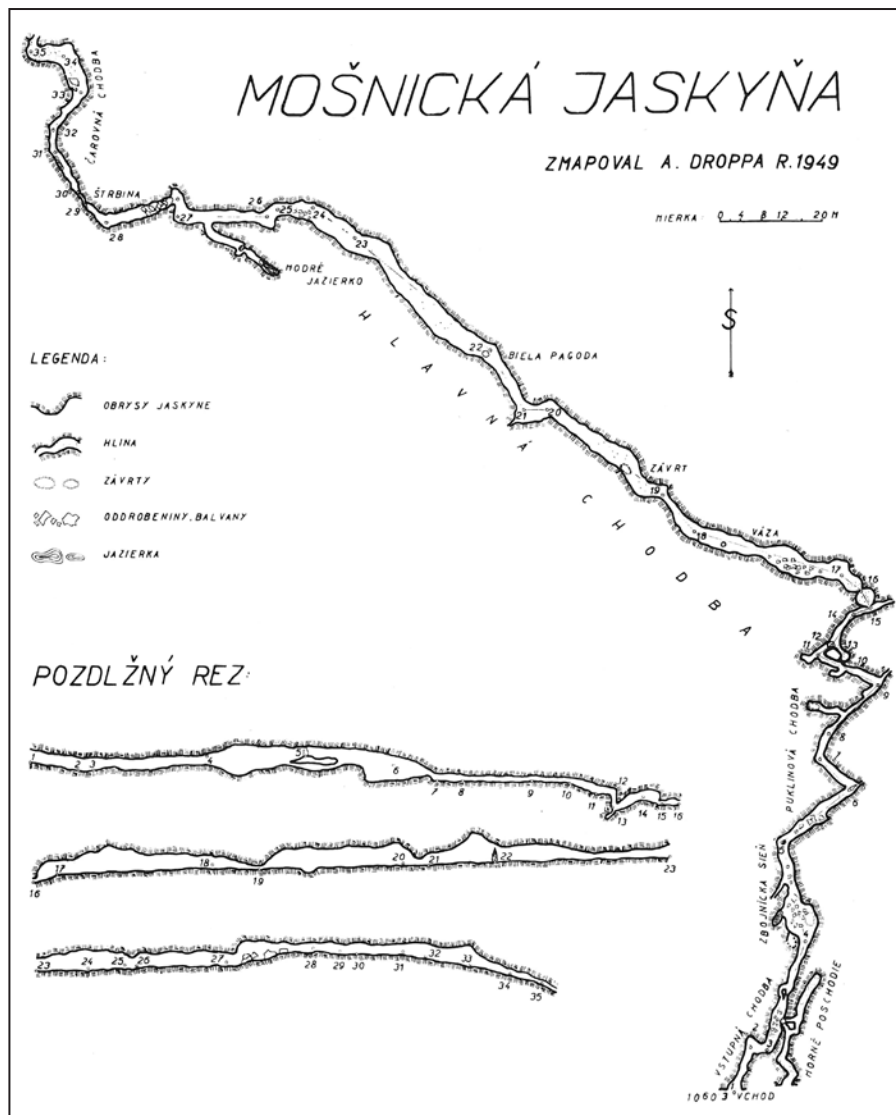
dávna, v jej zadnej časti pred štrbinou (bývalým koncom jaskyne za Kanálovou chodbou) sa zachoval latinský nápis Martinus Diaconius. Traduje sa, že sa v jej utajenom podzemí skrývali zbojníci (najmä v terajšej Zbojníckej sieni). Podľa tamojšieho bývalého horára P. Chmelnického v 80. rokoch 19. storočia do jaskyne chodievali drevorubači (Droppa, 1950).

V literatúre Mošnickú jaskyňu prvýkrát spomínajú P. Stacho a M. Janoška až v roku 1921 (píšu o kvapľovej jaskyni „Mošnica“). Zmieňujú sa o jej polohe, smere chodieb, vetvení chodieb v jej nižšie položenej časti i poškodenej kvapľovej výzdobe. Z počutia podotýkajú, že do jaskyne zavše zašli študenti z mikulášskeho gymnázia, keď ešte bolo pod správou „rytierskych“ Maďarov (prítom údajne aj poškodili kvapľovú výzdobu). Poukazujú aj na potrebu jej dôslednejšieho preskúmania. Na základe pozvania horára P. Chmelnického si Mošnickú jaskyňu dňa 3. 9. 1921 prezrel A. Král, objaviteľ Demänovskej jaskyne slobody, a pred štrbinou, vtedy na najvzdialenejšom

mieste od vchodu, zanechal svoj podpis aj s dátumom (mesiac po jeho úžasnom objave v Demänovskej doline). Pritom si všimol aj spomenutý latinský nápis (Droppa, 1950).

Počas Slovenského národného povstania sa v jaskyni skrývali partizáni (Droppa, 1950; Panoš, 1952). Do najvzdialenejšej časti za štrbinou, zvanú Čarovná chodba (severozápadná okrajová časť jaskyne), prenikol A. Droppa s bratom a manželkou dňa 8. 7. 1948, predtým, ako začal vykonávať jej prvotný výskum (Droppa, 1949, 1950). V septembri 1950 Stanica národnej bezpečnosti v Demänovej riešila prípad vylamovania kvapľov v Mošnickej jaskyni, páchatelia boli prichytení pri ich nakladaní do auta ( písomná dokumentácia zo dňa 15. 9. 1950, archív Slovenského múzea ochrany prírody a jaskyniarstva v Liptovskom Mikuláši).

**Prieskum spojený so Slovenskou speleologickou spoločnosťou.** Od čias prieskumu a výskumu A. Droppu do Mošnickej jaskyne prevažne vstupovali iba zvedavci v snahe uvidieť jej podzemie. Vchádzali najmä do jej



Obr. 1. Biela pagoda, Mošnická jaskyňa.  
Foto: P. Bella

Obr. 2. Mapa Mošnickej jaskyne od A. Droppu z roku 1949.

vstupných častí a Zbojníckej siene. Jaskyňa vtedy nemala uzatvorené vchody, prístup do podzemia bol voľný. Občasne do doliny Mošnica chodievali jaskyniari pôsobiaci v Demänovskej doline, organizovaní v oblastnej skupine SSS č. 9 Liptovský Mikuláš. V roku 1981 na jej ľavej strane, nad Vráťami, objavili Augustovú jaskyňu.

Po založení oblastnej skupiny SSS č. 33 Demänovská Dolina v roku 1982, odštiepením „demänovskej“ podskupiny oblastnej skupiny SSS č. 9 Liptovský Mikuláš, Mošnická jaskyňa pripadla do jej pracovného rájónu. Prieskumné akcie v Mošnickej jaskyni sa uskutočnili v rokoch 1983 a 1984, v júli 1983 a vo februári 1984 sa začal prekopávať sifón na konci Čarovnej chodby. Koncom 80. a začiatkom 90. rokov minulého storočia jaskyniari preskúmali ďalších asi 30 až 40 m bočných chodieb: dňa 3. 8. 1989 J. Vaš (z oblastnej skupiny SSS Spišská Nová Ves) prenikol úžinou pod studňou do vzdialenosti asi 20 m (prieskumná akcia v rámci 30. jaskyniarskeho týždňa, ktorý sa konal v susednej Demänovskej doline), dňa 11. 11. 1989 M. Meško a D. Kotlarčík (členovia oblastnej skupiny SSS Spišská Nová Ves) sa pri meračskom bode č. 9 (mapa od A. Droppu z roku 1949, obr. 2) prekopali do bočnej chodby dlhjej asi 10 m, dňa 13. 1. 1990 M. Meško a R. Tabaj prekopali komín medzi meračskými bodmi č. 11 a 13 v dĺžke asi 8 až 10 m (údaje z technických denníkov, archív Slovenského múzea ochrany prírody a jaskyniarstva v Liptovskom Mikuláši). Dňa 4. 8. 1989 si ju prezreli účastníci 30. jaskyniarskeho týždňa Slovenskej speleologickej spoločnosti (Bella, 1989). Sifón na konci Čarovnej chodby sa ďalej prekopával počas 10 prieskumných akcií oblastnej skupiny SSS č. 33 Demänovská Dolina, ktoré sa uskutočnili od 27. 1. do 8. 9. 1990. Postupne celková dĺžka jaskyne presiahla 450 m. Ďalšie prieskumné práce vykonali mladší čakatelia a členovia Jaskyniarskeho klubu Demänovská Dolina (JKDD) až v rokoch 2015 a 2017 (Herich, 2016, 2018). Prieskum jaskyne pokračoval v roku 2019 (Herich, 2021).

**Ochrana jaskyne.** V roku 1983 P. Mitter, v rámci úloh Ústredia štátnej ochrany prírody v Liptovskom Mikuláši, vypracoval projekt na vyhlásenie Mošnickej jaskyne za chránený prírodný výtvor (CHPV). Konštatoval, že: „Mošnická jaskyňa je cenný krasový útvar s nástennými sintrami, jazernými sintrami a pestrými tvarmi kvapľov. Napriek značnému poškodeniu sintrovej výplne sa tu zachovali pekné tvary sintra a preto jaskyňu treba aktívne chrániť.“ Ministerstvo kultúry Slovenskej socialistickej republiky po dohode s ústrednými orgánmi štátnej správy podľa § 10 ods. 2 zákona Slovenskej národnej rady č. 1/1955 Zb. SNR o štátnej ochrane prírody vydalo úpravu z 31. 1. 1986 č. 483/1986-32 o vyhlásení chráneného prírodného výtvoru „Mošnická jaskyňa“. Jej účelom bola ochrana krasových javov v Nízkych Tatrách dôležitých z vedeckovýskumného, náučného a kultúrno-výchovného hľadiska. Táto úprava nadobudla účinnosť 1. májom 1986. CHPV Mošnická jaskyňa mala vymedzené ochranné pásmo s celkovou výmerou 6 ha (obr. 3). Súčasťou chráneného prírodného výtvoru bola aj skalná brána široká 12 m a vysoká 8 m, ktorá sa nachádza 60 m západne od jaskyne. Okrem činností vylúčených (stavebné a zemné práce narušujúce a ohrozujúce existujúci stav CHPV, znečisťova-



Obr. 3. Mošnická jaskyňa, chránený prírodný výtvor, mapová dokumentácia.

nie jaskyne a akékoľvek zásahy do jej interiéru, zber prírodnín, kladenie ohňa, táborenie, nepovolený výskum a prieskum) a povolených (lanovkové približovanie dreva na území ochranného pásma, odsúhlasený výskum a prieskum) v návrhu opatrení bolo uzatvorenie jaskyne železobetónovým uzáverom a pravidelná kontrola dodržiavania podmienok jej ochrany.

Dňa 31. 5. 1994 sa konala revízia CHPV Mošnická jaskyňa (prvá od jeho vyhlásenia), ktorú zvolal Obvodný úrad životného prostredia v Liptovskom Mikuláši. Kontroloval sa stav jaskyne ako chráneného prírodného výtvoru – jaskyňa však nebola označená, jej ochranné pásmo nebolo geodeticky zamerané a ani označené, konštatovala sa potreba prehĺbiť kontrolu a dozor nad chráneným prírodným výtvorom. V zázname sa ďalej uvádza, že vedeckú gesciu nad CHPV Mošnická jaskyňa a jej ochranným pásmom plnila RNDr. V. Tereková, CSc., zo Slovenskej agentúry životného prostredia, pracoviska Liptovský Mikuláš. Zákomom NR SR č. 287/1994 Z. z. o ochrane prírody a krajiny, ktorý nadobudol účinnosť 1. 1. 1995, boli všetky chránené prírodné výtvory (vrátane ich ochranných pásiem) zrušené a všetky jaskyne sa stali prírodnými pamiatkami.

Ochrana Mošnickej jaskyne vtedy územne prislúchala pod Správu Národného parku Nízke Tatry. Z dôvodu pretrvávajúcej potreby zamedzenia vstupu do jaskyne nežiaducim osobám (vzhľadom na pokračujúce znečisťovanie jaskyne, najmä jej vstupných častí, naj-



Obr. 4. Mrežový uzáver spodného vchodu, apríl 2002. Foto: P. Bella

mä v súvislosti s vykonávaním speleologickej vodcovskej služby) zabezpečila mrežovité uzávery v spodnom i hornom vchode, ktoré inštalovali jaskyniari z Revúcej v dňoch 6. – 7. 10. 2000 (obr. 4). Krajská revízia Prírodnej pamiatky Mošnická jaskyňa sa konala dňa 4. 6. 2001 na základe návrhu Správy Národného parku Nízke Tatry.

V roku 2002 ochrana tejto jaskyne, ako aj všetkých ostatných jaskýň na Slovensku, sa presunula do pôsobnosti Správy slovenských jaskýň (SSJ) v Liptovskom Mikuláši (koordinátorom starostlivosti o jaskyne v tejto oblasti je P. Staník). V apríli 2002 zamestnanci SSJ zistili poškodenie uzáveru spodného vchodu, ktorý neodkladne sfunkčnili a uzamkli. Ďalšiu opravu uzáveru spodného vchodu, vrátane výmeny mrežových dverí, zabezpečila Správa slovenských jaskýň v roku 2015 v rámci projektu Štrukturálnych fondov Európskej únie „Realizácia programov záchrany a starostlivosti o vybrané jaskyne“ (ŠOP SR, 2016; Gažík, 2021). Pri kontrole stavu jaskyne sa spolupracuje s Jaskyniarskym klubom Demänovská Dolina.

#### Spoplatnené sprevádzanie v jaskyni.

V druhej polovici 90. rokov minulého a začiatkom tohto storočia bola Mošnická jaskyňa jednou z jaskýň v okolí Liptovského Mikuláša, v ktorej sa vykonávala speleologická vodcovská služba (pozri Račko, 1997). Oprávnenie na vykonávanie sprievodcovskej a vodcovskej služby v jaskyniach získal RNDr. Ivan Račko – SPELEOTOUR ako živnostník dňa 26. 6. 1995. Tá nebola vnímaná pozitívne ochranármi ani mnohými jaskyniarmi vrátane Správy slovenských jaskýň, do ktorej pôsobnosti v tom čase patrili iba sprístupnené jaskyne, od 1. 4. 1996 aj jaskyne s nimi vývojovo súvisiace. Vybranými neprístupnými jaskyňami sa za poplatok sprevádzali klienti, frekventovanými návštevmi sa však postupne poškodzovali.

Výnimku zo zákazov ustanovených v §17, ods. 3, písm. o zákona NR SR č. 287/1994 Z. z. o ochrane prírody a krajiny na vykonávanie speleologickej vodcovskej činnosti v Malužinskej, Mošnickej a Augustovej jaskyni povolil Krajský úrad v Žiline, odbor životného prostredia rozhodnutím č. 98/00012/18J zo dňa 24. 2. 1998 na skúšobnú dobu jeden rok. V porovnaní s jaskyňami v Demänovskej doline, kde sa speleologická vodcovská služba vykonávala predtým, bol prístup k týmto jaskyňam z hľadiska ochrany prírody menej problematický, pretože sa nachádzajú mimo prírodnej rezervácie.

Mošnická jaskyňa, ktorej značnú časť tvoria dosť úzke chodby, sa poškodzovala najmä pošliapávaním podláh a spodných zošikmených častí stien a ich zašpinením zvyškami hliny prenášanej na obuvi klientov. Na viacerých miestach sa pri dotykoch zašpinili aj kvaple a viaceré ďalšie formy sintrovej výplne. Takmer všetci klienti (nejaskyniari), prilákaní reklamou „Dobrodružstvo v jaskyniach“, o jej existencii predtým vôbec nevedeli a ani by ju sami neboli navštívili. Výňatok z lákavej ponuky: „Mošnická jaskyňa – stredne ťažká túra, ktorá splní očakávania i ľudí so skúsenosťami. Jaskyňa dlhá 420 m skrýva v sebe krátke úseky voľného lezenia, plazivky, väčšie priestory s peknými kvapľami najrozličnejších druhov a farieb.“ (dodnes je dostupná na niektorých stránkach<sup>1, 2</sup>). V neďalekej Augustovej jaskyni sa ponúkala náročná túra.

Dňa 19. 3. 1998 bol na Ministerstvo životného prostredia SR doručený podnet od Správy Národného parku Nízke Tatry na preskúmanie rozhodnutia č. 98/00012/18J zo dňa 24. 2. 1998. Ministerstvo si vyžiadalo stanovisko od znaleckého ústavu – Slovenskej agentúry životného prostredia v Banskej Bystrici. V znaleckom posudku číslo 7/rok 1998 (č. 837/366/98-4.1) z 13. 8. 1998, vypracovanom po prehliadke jaskyne dňa 11. 8. 1998, sa konštatuje, že „povolený limitovaný pohyb za prísneho dodržania stanovených podmienok nemôže zapríčiniť poškodenie ekosystému a výzdoby v Mošnickej jaskyni“. V tomto posudku sa však aj uvádza, že „sintrová výzdoba je poškodená na 30 – 40 %, z toho zhruba 10 % tvoria nové poškodenia s evidentne čerstvými lomovými plochami“.

Na základe tohto stanoviska ďalšiu výnimku na vykonávanie speleologickej vodcovskej činnosti v Malužinskej, Mošnickej a Augustovej jaskyni povolil Krajský úrad v Žiline, odbor životného prostredia rozhodnutím č. 99/02741/18Ú zo dňa 23. 4. 1999 (jednotlivo pre piatich vodcov), ktoré bolo právoplatné a vykonateľné dňom 17. 5. 1999. Výnimka platila 3 roky od nadobudnutia právoplatnosti tohto rozhodnutia, avšak v prípade porušenia právnych predpisov na úseku ochrany prírody a krajiny mohla stratiť platnosť. Nariadovo nahlásiť vstup do jaskyne deň vopred na Okresný úrad, odbor životného prostredia, oddelenie ochrany prírody v Liptovskom Mikuláši, nie však aj Správu Národného parku Nízke Tatry, hoci jej pracovníci boli poverení kontrolou dodržiavania výnimky. V rozhodnutí sa ďalej uvádza, že týždenne sa jedna trasa mohla opakovať maximálne štyrikrát, v počte 6 osôb vrátane vodcu. Na Okresnom úrade, odbore životného prostredia, oddelení ochrany prírody v Liptovskom Mikuláši sa mala viesť evidenčná kniha s presným určením miesta (jaskyne), počtu osôb a menom vodcu. Správa Národného parku Nízke Tatry vyjadřila výhrady k výnimke stanoviskom č. 605/99-23/2 zo dňa 27. 5. 1999.

K vyhodnoteniu výnimky boli predložené tabuľkové prehľady od štyroch vodcov. V prípade dvoch vodcov ich priebežne odsúhlasoval kompetentný zamestnanec okresného úradu (podpisom a pečiatkou). V jednotlivých záznamoch je uvedené, že do Mošnickej jaskyne sa v roku 1999 formou speleologickej vodcovskej služby dostalo viac ako 240 osôb vrátane klientov zo zahraničia (z Českej republiky, Nemecka, Litvy, Bieloruska a Fínska). S vykonávaním speleologickej vodcovskej služby súvisel aj nepovolený vjazd motorových vozidiel do Mošnickej doliny a poškodzovanie prístupového chodníka k jaskyni.

Hoci vykonávatelia speleologickej vodcovskej služby na rokovaní deklarovali záujem investovať do jaskýň, v skutočnosti žiadne finančné prostriedky neposkytli (náklady na uzatvorenie Mošnickej jaskyne vo výške 35 tis. Sk sa uhradili z prostriedkov určených pre Správu Národného parku Nízke Tatry). Ich hlavné ciele boli zamerané výlučne na komerčnú činnosť (prevzaté z písomného vyhodnotenia podmienok výnimky Správou Národného parku Nízke Tatry č. 1429/2000-6/3



Obr. 5. A – dopliujúci geomorfologický výskum za účasti japonského geomorfológa a speleológa K. Uratu, 16. 4. 2002; B – odber vzoriek sedimentov na paleomagnetický výskum v Hlinenej chodbe (sonda pri meračskom bode č. 23, M. Chadima) začiatkom júna 2002; C – odber vzoriek sedimentov na výskum ťažkých minerálov v Hlinenej chodbe, 9. 5. 2011 (zľava J. Bóna a M. Kováčik). Foto: P. Bella

zo dňa 6. 2. 2001). Speleologická vodcovská služba v Mošnickej jaskyni sa skončila s platnosťou výnimky Krajského úradu v Žiline do 17. 5. 2002.

**Prehľad výskumov a vedecký záujem o jaskyňu.** Na podnet univ. prof. F. Vitáska, ktorý začiatkom 20. rokov minulého storočia skúmal Demänovskú dolinu i príľahlú dolinu Krížianky a neskôr bol predsedom Stálej vedeckej komisie Demänovských jaskýň založenej Družstvom Demänovských jaskýň v roku 1933, zameranie a prvotný výskum Mošnickej jaskyne vykonali A. Droppa v rokoch 1948 a 1949 (Droppa, 1950). V rokoch 1949 a 1950 sa spolu s ním na jej výskume podieľal V. Panoš, ktorý sa, takisto na podnet svojho učiteľa univ. prof. F. Vitáska, zamerával na geomorfologický výskum celého povodia Krížianky (pozri Panoš, 1952).

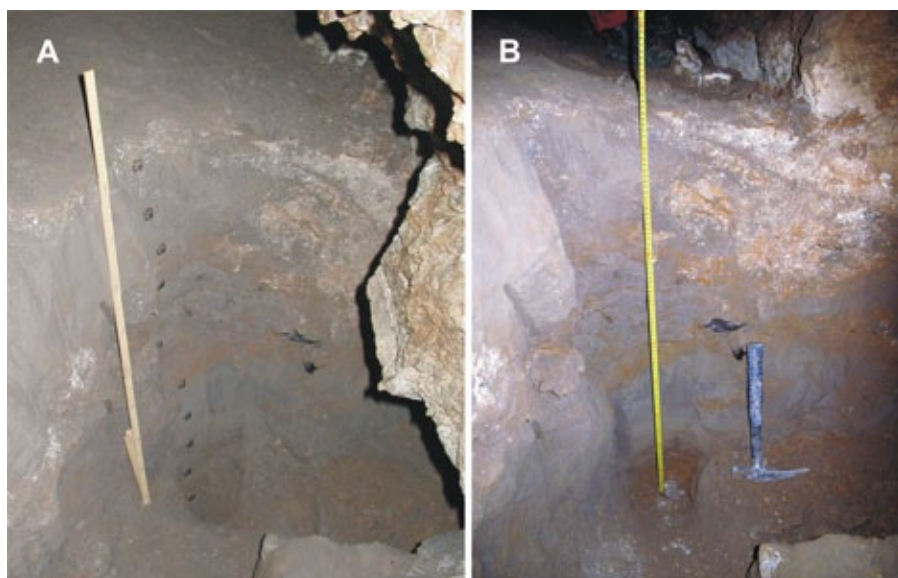
Problematikou genézy Mošnickej jaskyne sa s odstupom času zaoberal P. Bella (1985a, 1988), najmä v súvislosti s vývojom doliny Mošnica a tamojšieho krasu (počas spracovávaní diplomovej práce). Morfológiu jaskyne detailnejšie skúmali v apríli a máji 2002 P. Bella a K. Urata (v rámci projektu Japon-

<sup>1</sup> <http://www.skonline.sk/atracie/1040/jaskyne/dobrodruzstvo-v-jaskyniach>

<sup>2</sup> <https://referaty.centrum.sk/prirodne-vedy/geografia/420/?print=1>



skej agentúry pre medzinárodnú spoluprácu podporujúceho Správu slovenských jaskýň v Liptovskom Mikuláši; obr. 5A) s cieľom presnejšie rekonštruovať jej paleohydrografický vývoj. Morfológické tvary na viacerých miestach jaskyne indikujú freatické a vadózne fázy jej vývoja (Bella a Urata, 2002). Následne sa na podnet a za aktívnej účasti P. Bellu vykonal paleomagnetický výskum jemnozrnných sedimentov v Hlinenej chodbe (Bosák et al., 2004; Kadlec et al., 2004 – v rámci vedeckej spolupráce Správy slovenských jaskýň v Liptovskom Mikuláši s Geologickým ústavom Akadémie vied Českej republiky v Prahe, obr. 5B a 6A), ako aj výskum z hľadiska výskytu ťažkých minerálov (Bónová et al., 2011, 2014 – v rámci grantových vedeckých projektov VEGA č. 1/0468/09 a APVV-0625-11 v spolupráci s košickými geológmi, obr. 5C a 6B). Paleomagnetická polarita skúmaných sedimentov v kontexte s morfológiou a výškovou polohou jaskyne, ako aj v súvislosti s doterajšími poznatkami o vývoji jaskýň na severnej strane Nízkych Tatier poukazuje na jej predkvartérny vývoj. Zistené ťažké minerály v jemnozrnných sedimentoch potvrdzujú ich alochtónny pôvod i znosovú oblasť z centrálnej oblasti kryštalinika Nízkych Tatier. Z hľadiska horizontálneho priebehu a dosť vysokej polohy nad súčasným dnom doliny (nad 210 m) sa Mošnická jaskyňa vy-



Obr. 6. Profil sedimentov v Hlinenej chodbe, Mošnická jaskyňa: A – odber vzoriek na paleomagnetický výskum, jún 2002; B – odber vzoriek na výskum ťažkých minerálov, máj 2011. Foto: P. Bella

užíva pri rekonštrukcii vývoja reliéfu na severnej strane Nízkych Tatier (Orvoš a Orvošová, 1996; Bella, 2001 a ďalší).

V rokoch 2007 (A. Gresch), 2009 a 2010 (A. Gresch a Z. Višňovská) sa v Mošnickej jaskyni uskutočnili pozorovania netopie-

rov. Zistil sa výskyt piatich druhov netopierov: *Rhinolophus hipposideros*, *Myotis myotis*, *Myotis mystacinus* / *M. brandtii*, *Eptesicus nilssonii* a *Plecotus auritus* (Bačkor et al., 2011). Pozorovania netopierov pokračovali aj v roku 2011 (A. Gresch a Z. Višňovská; ŠOP SR, 2012).

## LITERATÚRA

- BAČKOR, P. – UHRIN, M. – VIŠŇOVSKÁ, Z. – URBAN, P. – GRESCH, A. 2010. Prehľad nálezov netopierov (Chiroptera) a chiropterologická bibliografia Národného parku Nízke Tatry (stredné Slovensko). *Vespertilio*, 13–14, 3–34.
- BELLA, P. 1985. Geomorfologické a hydrologické pomery Mošnickeho krasu. Diplomová práca. Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského, Katedra fyzickej geografie, Bratislava, 122 s.
- BELLA, P. 1988. Speleologický výskum krasu doliny Mošnice. *Slovenský kras*, 26, 87–112.
- BELLA, P. 1989. 30. jaskyniarsky týždeň – Demänovská dolina '89. *Spravodaj Slovenskej speleologickej spoločnosti*, 20, 2, 22–24.
- BELLA, P. 2001. K paleogeomorfologickému vývoju fluviokrasových jaskýň v Demänovských vrchoch. *Geomorphologia Slovaca*, 1, 1, 54–63.
- BELLA, P. – URATA, K. 2002. K paleohydrografickému vývoju Mošnickej jaskyne. *Slovenský kras*, 40, 19–29.
- BOSÁK, P. – PRUNER, P. – KADLEC, J. (Red.) 2004. Paleomagnetický výskum sedimentárných výplní vybraných jeskyní na Slovensku. Etapová zpráva č. 4. Manuskript, Geologický ústav AV ČR, Praha, 405 s.
- BÓNÓVÁ, K. – BELLA, P. – BÓNA, J. – KOVÁČIK, M. – PETRO, L. – DERCO, J. – KOVANIČOVÁ, L. – KOLLÁROVÁ, V. 2011. Proveniencia alochtónnych sedimentov Mošnickej jaskyne (Nízke Tatry, Demänovské vrchy). In Jurkovič, L. – Slaninka, I. – Ďurža, O. (Eds.): *Geochémia 2011. Zborník vedeckých príspevkov z konferencie* (Bratislava, 1. – 2. 12. 2011). ŠGÚDŠ, Bratislava, 19–20.
- BÓNÓVÁ, K. – BELLA, P. – BÓNA, J. – SPIŠIAK, J. – KOVÁČIK, M. – KOVÁČIK, M. – PETRO, L. 2014. Heavy minerals in sediments from the Mošnica Cave: Implications for the pre-Quaternary evolution of the middle-mountain allogenic karst in the Nízke Tatry Mts., Slovakia. *Acta Carsologica*, 43, 2–3, 297–317.
- Dokumentácia krasových javov, Mošnická jaskyňa, reg. č. 42. Slovenské múzeum ochrany prírody a jaskyniarstva, Liptovský Mikuláš.
- DROPPA, A. 1949. Nová jaskyňa v Lipt. krase. *Československý kras*, 2, 1–2, 43.
- DROPPA, A. 1950. Mošnická jaskyňa v Nízkych Tatrách. *Krásy Slovenska*, 27, 5–8, 182–193.
- DROPPA, A. 1971. Krasové javy Liptovského krasu. *Krásy Slovenska*, 48, 6, 262–265.
- DROPPA, A. 1973. Prehľad preskúmaných jaskýň na Slovensku. *Slovenský kras*, 11, 111–157.
- GAŽÍK, P. 2021. Projekty Štrukturálnych fondov Európskej únie a Environmentálneho fondu realizované na Správe slovenských jaskýň v rokoch 2004 – 2020. *Aragonit*, 25, 2, 99–103.
- HERICH, P. 2016. Jaskyniarsky klub Demänovská Dolina (Činnosť jaskyniarskych skupín a klubov v roku 2015). *Spravodaj Slovenskej speleologickej spoločnosti*, 47, 1, 25–31.
- HERICH, P. 2018. Jaskyniarsky klub Demänovská Dolina (Činnosť jaskyniarskych skupín a klubov v roku 2017). *Spravodaj Slovenskej speleologickej spoločnosti*, 49, 1, 28–31.
- HERICH, P. 2020. Jaskyniarsky klub Demänovská Dolina (Činnosť jaskyniarskych skupín a klubov v roku 2019). *Spravodaj Slovenskej speleologickej spoločnosti*, 51, 2, 27–30.
- HOCHMUTH, Z. 2008. Krasové územia a jaskyne Slovenska. *Geographia Cassoviensis*, 2, 2, 210 s.
- JANOŠKA, M. – HOCHMUTH, Z. 1958. Nízke Tatry. Turistický sprievodca. Šport, Bratislava, 311 s.
- KADLEC, J. – PRUNER, P. – HERCMAN, H. – CHADIMA, M. – SCHNABL, P. – ŠLECHTA, S. 2004. Magnetostratigrafie sedimentů zachovaných v jeskyních Nízkých Tater. In Bella, P. (Ed.): *Výskum, využívanie a ochrana jaskýň. Zborník referátov zo 4. vedeckej konferencie, Tále 5. – 8. 10. 2003. SŠJ, Liptovský Mikuláš*, 15–9.
- KUČERA, B. – HROMAS, J. – SKRIVÁNEK, F. 1981. Jeskyně a propasti v Československu. *Academia*, Praha, 252 s.
- MITTER, P. 1983. Chránený prírodný výtvor Mošnická jaskyňa. Projekt ochrany. Ústredie štátnej ochrany prírody, Múzeum slovenského krasu a ochrany prírody, Liptovský Mikuláš, 6 s.
- ORVOŠ, P. – ORVOŠOVÁ, M. 1996. Odhad veku horizontálnych jaskynných úrovní Jánskej doliny pomocou ich paralelizácie s terasami rieky Váh. In Lalkovič, M. (Ed.): *Kras a jaskyne – výskum, využívanie a ochrana. Zborník referátov z vedeckej konferencie, Liptovský Mikuláš 10. – 11. 10. 1995. SMOPaJ, Liptovský Mikuláš*, 95–101.
- PANOŠ, V. 1952. Krížianka. Príspevek ke geomorfologii povodí řeky. Manuskript, Olomouc, 335 s. + zoznam literatúry a prílohy (knížnica Slovenského múzea ochrany prírody a jaskyniarstva, Liptovský Mikuláš).
- RAČKO, I. 1997. Speleologická vodcovská služba. *Slovenský kras*, 35, 171–174.
- ŠTACHO, P. – JANOŠKA, M. 1921. Jaskyne na Slovensku. *Krásy Slovenska*, 1, 9–10, 219–228.
- ŠOP SR, 2012. Výročná správa za rok 2011. Štátna ochrana prírody Slovenskej republiky, Banská Bystrica, 63 s.
- ŠOP SR, 2016. Výročná správa za rok 2015. Štátna ochrana prírody Slovenskej republiky, Banská Bystrica, 57 s.

# NOVÉ OCHRANNÉ PÁSMA JASKÝŇ

**Vladimír Papáč – Ľudovít Gaál – Dagmar Haviarová – Peter Gažík**

Od roku 2012 neboli pre legislatívne zmeny vyhlásené nové ochranné pásma jaskýň. Novelizáciou zákona č. 543/2002 Z. z. o ochrane prírody a krajiny, ktorá nadobudla platnosť 1. 1. 2021, sa vrátili právomoci vyhlásiť ochranné pásma jaskýň z Vlády Slovenskej republiky na okresné úrady v sídle kraja. Z tohto dôvodu hneď v marci 2021 a v auguste 2021 vyhlásili okresné úrady životného prostredia v sídle kraja nové ochranné pásma dvoch jaskýň: Milada a Kysacká jaskyňa a zároveň rozšírenie už existujúceho ochranného pásma Čachtickej jaskyne. V štádiu prerokovania zostal len návrh ochranného pásma jaskyne Ľudmila (Kraľovany), ktorý Správa slovenských jaskýň spracovala a podala na okresný úrad životného prostredia v sídle kraja ešte v roku 2014.

## OCHRANNÉ PÁSMA NPP MILADA

Národná prírodná pamiatka Milada so stálym vodným tokom, svojráznou morfológiou a s dĺžkou 1308 m sa zaraďuje medzi najvýznamnejšie jaskyne Slovenského krasu. Objavil ju Ján Majko v roku 1946 otvorením dna 19 m hlbokého ponoru Helena na konci slepej doliny pri Silickej Brezovej (Majko, 1958). V roku 1961 do podzemných chodieb vyrazil národný podnik Turista umelú štôľňu najmä z dôvodu plánovaného turistického sprístupnenia jaskyne. Cez túto štôľňu je jaskyňa prístupná aj v súčasnosti.

V roku 1958 uskutočnili v podzemnom toku jaskyne prvú stopovaciu skúšku, ktorá preukázala spojenie s Veľkou kečovskou vyvieracou, a začalo sa hovoriť o silickobrezovsko-kečovskej jaskynnej sústave (Majko, 1959). V roku 1963 sa konala ďalšia stopovacia skúška pomocou NaCl na potvrdenie spojenia medzi Miladou a jaskyňou Vass Imre v Maďarsku (Sárváry, 1965). Výsledky tejto skúšky však neboli jednoznačné. Isté však bolo, že brezovsko-kečovský systém je po silicko-gombaseckom druhý najvýznamnejší a zároveň aj najzraniteľnejší podzemný hydrologický systém na území Slovenského krasu. Ponorová oblasť systému pri Silickej Brezovej je totiž poľnohospodársky intenzívne využívaná, často aj kontaminovaná hnojivicou, prípadne komunálnymi odpadkami. Veľká kečovská vyvieracia je pritom potenciálny zdroj pitnej vody s vodoochranným pásmom 1. stupňa. Do 2. stupňa je zaradené aj okolie ponorov pri Silickej Brezovej.

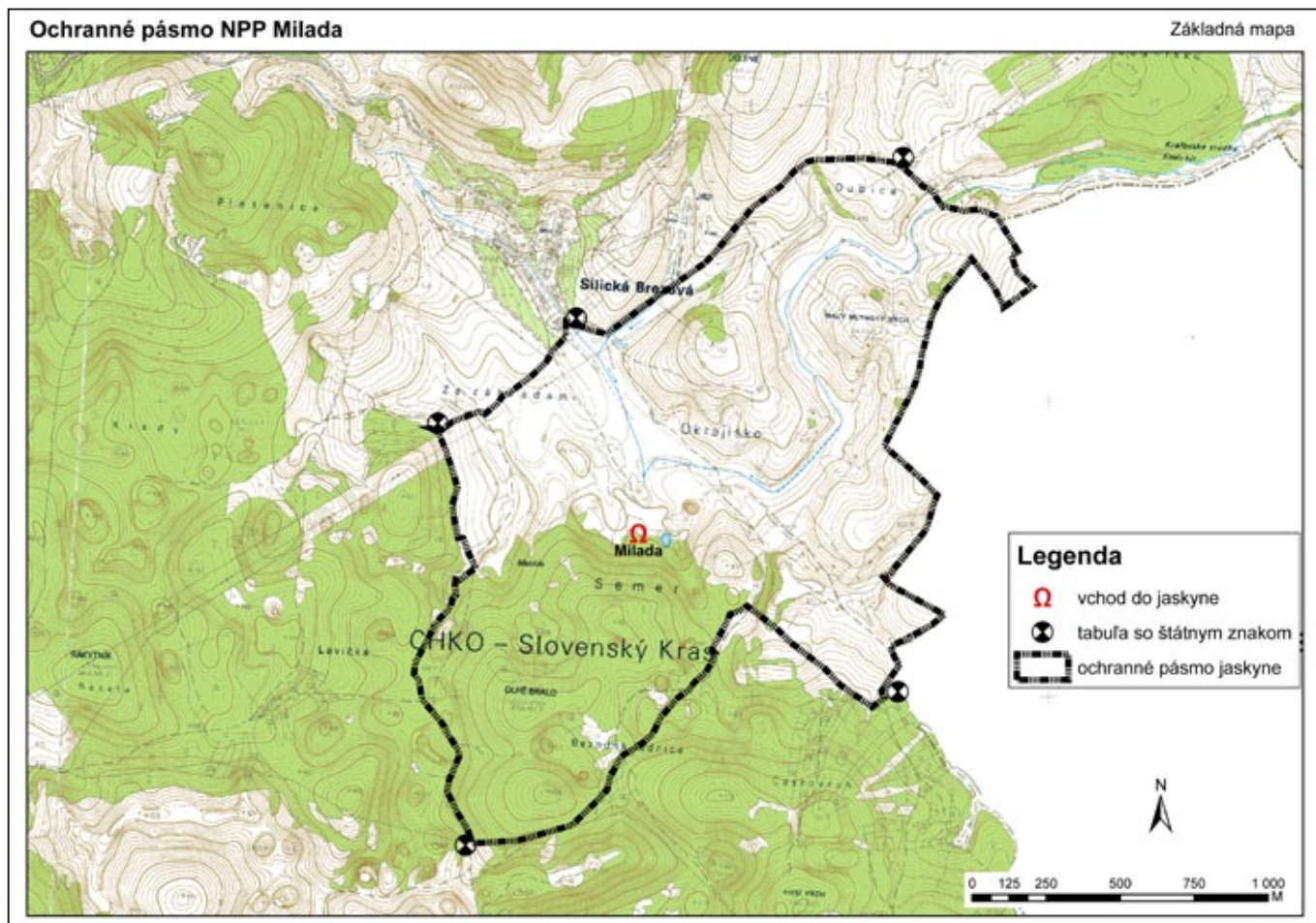
Túto nežiaducu situáciu rozpoznali aj pracovníci vtedajšej Správy Chránenej krajiny oblasti Slovenský kras, keď v roku 1998 pod vedením M. Rozložníka spracovali projekt povrchového ochranného pásma jaskyne Milada na ploche 249,0445 ha. Kompetencia vyhlásenia ochranných pásiem jaskýň novým zákonom o ochrane prírody a krajiny od roku 1995 prešla na ministerstvo životného prostredia,

ktoré Miladu zaradilo do návrhu ochranných pásiem 26 ohrozených jaskýň Slovenska. Celý návrh však ministerstvo pôdohospodárstva zamietlo bez udania relevantného dôvodu. Podarilo sa však Miladu zaradiť do zoznamu národných prírodných pamiatok.

Na novom projekte ochranného pásma začala pracovať Správa slovenských jaskýň, keď v roku 2002 prešla ochrana všetkých jaskýň Slovenska do jej kompetencie. Pre korektné a odôvodniteľné vymedzenie vodozbernej oblasti brezovsko-kečovského hydrologického systému však bolo potrebné vykonať niekoľko stopovacích skúšok.

Novú stopovaciu skúšku v roku 2006 uskutočnila Správa slovenských jaskýň v spolupráci s Aggteleckým národným parkom. Na stopovanie použili bakteriofágy, ktoré aplikovali v podzemnom toku jaskyne Milada, po 2,5 h objavili v Bezodnej ľadnici a následne po 8 hodinách vo Veľkej kečovskej vyvieracke. Cez ponory v koryte Kečovského potoka sa bakteriofágy dostali aj do podzemného toku spodných jaskýň Baradly a po 58 hodinách sa objavili vo vyvieracke Jósva (Haviarová a Gruber, 2006). Spádová oblasť brezovsko-kečovskej hydrologickej sústavy sa tým zaradila do širšej vodozbernej oblasti jaskyne Baradla.

V roku 2008 sa konala stopovacia skúška v Gabiho ponore, ležiacom východne od Milady. Skúška pomocou fluoresceínu potvrdila



komunikáciu s bočnou vetvou podzemného toku jaskyne Milada (Gaál, 2008).

Ďalšie dôležité poznatky sa získali stopovacími skúškami v rámci projektu Interreg Slovensko-Maďarsko v roku 2014. Skúšky v ponoroch potoka Kráľovej studne pri Silickej Brezovej priniesli očakávané výsledky. Vody potoka vyvierajú v prameňoch na rozhraní vápencov brezovsko-kečovskej hydrologickej jednotky a spodnotriasových bodvasilašských bridlíc. Pretekajú cez rezerváciu Kráľovej studne a smerujú k jaskyni Milada. K otvoru jaskyne sa však dostanú len za extrémne vysokého stavu vody, potok sa stratí spravidla v sedimentoch slepej doliny ešte pred jaskyňou. Eozín aplikovaný dňa 27. 5. 2014 sa po takmer 9 hodinách objavil v jaskyni Milada. Podľa očakávania sa stopovacia látka po 108 hodinách od aplikácie objavila aj vo Veľkej Kečovskej vyvieracke, ale len v stopách.

Prekvapujúce však boli výsledky stopovania ponoru Agancsos-réti na planine Haragistya v Maďarsku. Stopovacia látka rhodamin WT aplikovaná 20. 5. 2014 sa objavila na 6 lokalitách, a to nielen v maďarských prameňoch, ale prešla aj na slovenskú stranu. Podarilo sa pravdepodobne preukázať trifurkačný hydrologický systém (okrem Milady smerom na vyvieracku Lófej a Babot-kút v Maďarsku). V potoku jaskyne Milada sa stopovacia látka objavila po 177 hodinách od aplikácie.

Neočakávané boli aj výsledky stopovania v estavele Vízfakadás, ktorá leží bezprostredne pri hranici s Maďarskom, juhovýchodne od Milady. V suchom období ide o ponor na konci krátkeho výmoluového jarku, ale v období zvýšenej zrážkovej činnosti funguje ako

vyvieracka. Bakteriofágy aplikované dňa 20. 5. 2014 sa objavili po 56 hodinách v potoku jaskyne Milada. Potvrdili teda, že podzemné vody z tejto zaujímavej estavele netečú na maďarské územie, ale smerom k Milade.

S uvedeným zistením boli v súlade aj geofyzikálne práce, realizované v roku 2014 v okolí estavele Vízfakadás. Rádiomagnetotelurickou metódou potvrdili priebeh niekoľkých zlomov smeru SV-JZ a ZSZ-VJV s vysokou mierou krasovatenia, ktoré môžu odvádzať krasové vody na slovenské územie. Podľa geofyzikálnych prác sa tu v hĺbke 20 – 30 m vyskytujú aj voľné podzemné priestory (jaskyne) vo vzdialenostiach cca 50 m južne a 200 m juhovýchodne od estavele (Ambrus a kol., 2014). Podobnou metódou bola preukázaná aj zvýšená popraskaná zóna podložných vápencov od ponoru potoka Kráľovej studne k jaskyni Milada.

Na základe týchto poznatkov spracovala Správa slovenských jaskýň v roku 2018 nový projekt ochranného pásma jaskyne Milada na celkovú výmeru 252,6211 ha, z ktorej je 152,1876 ha poľnohospodárska pôda, 76,2717 ha lesné pozemky, 21,7106 ha ostatné plochy, 1,2352 ha zastavané plochy a 1,2160 ha vodné plochy (Papáč a kol., 2018). Časť ochranného pásma patrí do Národného parku Slovenský kras, oblasť pri Silickej Brezovej do ochranného pásma národného parku.

Projekt obsahuje aj výsledky nových geologických výskumov, podľa ktorých je jaskyňa Milada vytvorená v svetlosivých wettersteinských vápencoch silického príkrovu, ktoré sú v prednej časti s riasami a foraminami

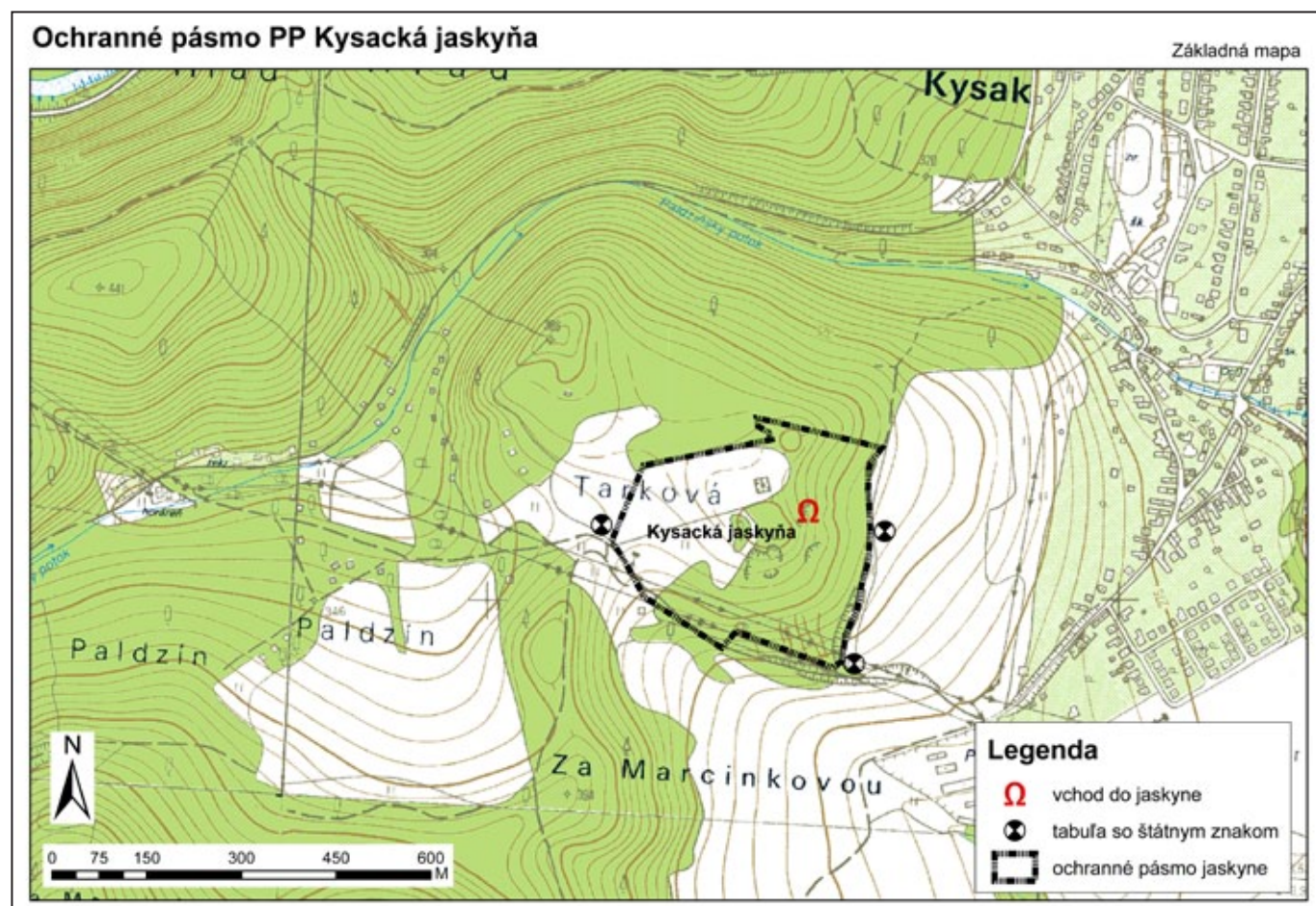
ferami, kým zadné úseky sú tektonicky prepracované a rekryštalizované (Vlček, 2009). Hlavný ťah jaskyne sa vytvoril na šikmej dislokácii smeru S-J. Miestami, najmä vo vyššie položených častiach jaskyne, sa nachádza aj bohatá sintrová výzdoba, najmä stalaktity, stalagmity, náteky, sintrové kóry a excentrické formy. Osobitne hodnotné sú pagodovité stalagmity v Dóme Vysokých Tatier a sintrové záclony pri 1. sífóne.

Podľa chemickej analýzy vody jaskyne sú Ca-HCO<sub>3</sub> typu a sú počas roka pomerne vyrovnané. Rozdiely nastávajú hlavne pri vyšších prestupoch povrchových vôd do podzemia v čase topenia snehu a privalových zrážkach, s čím súvisí aj zhoršenie ich kvality.

Vyhlasťou Okresného úradu Košice č. 95 zo dňa 2. marca 2021 bolo vyhlásené ochranné pásmo jaskyne Milada na rozlohe 252,6211 ha (účinnosť nadobudla 15. marca 2021).

### OCHRANNÉ PÁSMO PP KYSACKÁ JASKYŇA

Prírodná pamiatka Kysacká jaskyňa sa nachádza v katastrálnom území obce Kysak v okrese Košice-okolie. Vchod leží v nadmorskej výške 348 m v úpätí 10 m vysokej skalnej steny, ktorá predstavuje čelo bývalého lomu. Jaskyňa s celkovou dĺžkou podzemných priestorov 126 m je jedinou jaskyňou v katastrálnom území obce s nie úplne vyriešenou speleogenézou (Hochmuth, 2012). Významná je z geologického, geomorfologického, historického a biologického hľadiska. Objavená bola v roku 1911, pričom sa príslušným úradom podarilo obmedziť či zastaviť práce v lome, nie však ničenie vnútorných priesto-



rov jaskyne najmä miestnym obyvateľstvom (Derfiňák, 2001). Príslahlé územie Čiernej hory tvoria mezozoické série veporika, pričom podľa geologickej mapy (Polák a kol, 1997) je bezprostredné okolie jaskyne budované ramsauskými dolomitmi. Je možné uvažovať, že jaskyňa predstavuje fragment podzemnej skrátky paleomeandra Hornádu, ktorá sa vytvorila v počiatkovej fáze rozrušovania poriečnej rovne a vytvárania terasového systému (Hochmuth, 2012). V jaskyni sa nachádzajú historické nápisy (napr. nápis „Sláva tatíčkovi Masarykovi“) od českých legionárov z roku 1919. V podzemí sa sústreďujú aj zimné agregácie netopierov (Kaňuch a kol., 2002), pričom prvé sčítanie tu bolo realizované už v 60. rokoch minulého storočia (Paláštyha a Olejár, 1963). Dosiaľ sa tu podarilo zistiť 7 druhov netopierov (medzi najpočetnejšie druhy patrí *Rhinolophus ferrumequinum*, *R. hipposideros* a *Myotis emarginatus*). Vzhľadom na absenciu vodných habitatov v jaskyni neboli zistené akvatické formy bezstavovcov. Terestrické bezstavovce sú zastúpené viac ako 10 druhmi bezstavovcov (napr. subteránna forma suchozemského kôrovca *Mesoniscus graniger*, ktorý sa vyskytuje na Slovensku len v podzemných priestoroch a sutinách). K najnovším údajom z Kysackej jaskyne patrí nález dážďovky *Dendrodrilus rubidus* (Pižl, 2008).

Návrh na vyhlásenie ochranného pásma vznikol z potreby chrániť Kysackú jaskyňu a bezprostredné krasové okolie, vzhľadom na skutočnosť, že jaskyňa sa nachádza v starom kameňolome. Existoval teda predpoklad, že v budúcnosti by mohli byť vytvorené podmienky na opätovnú ťažobnú činnosť, a tým

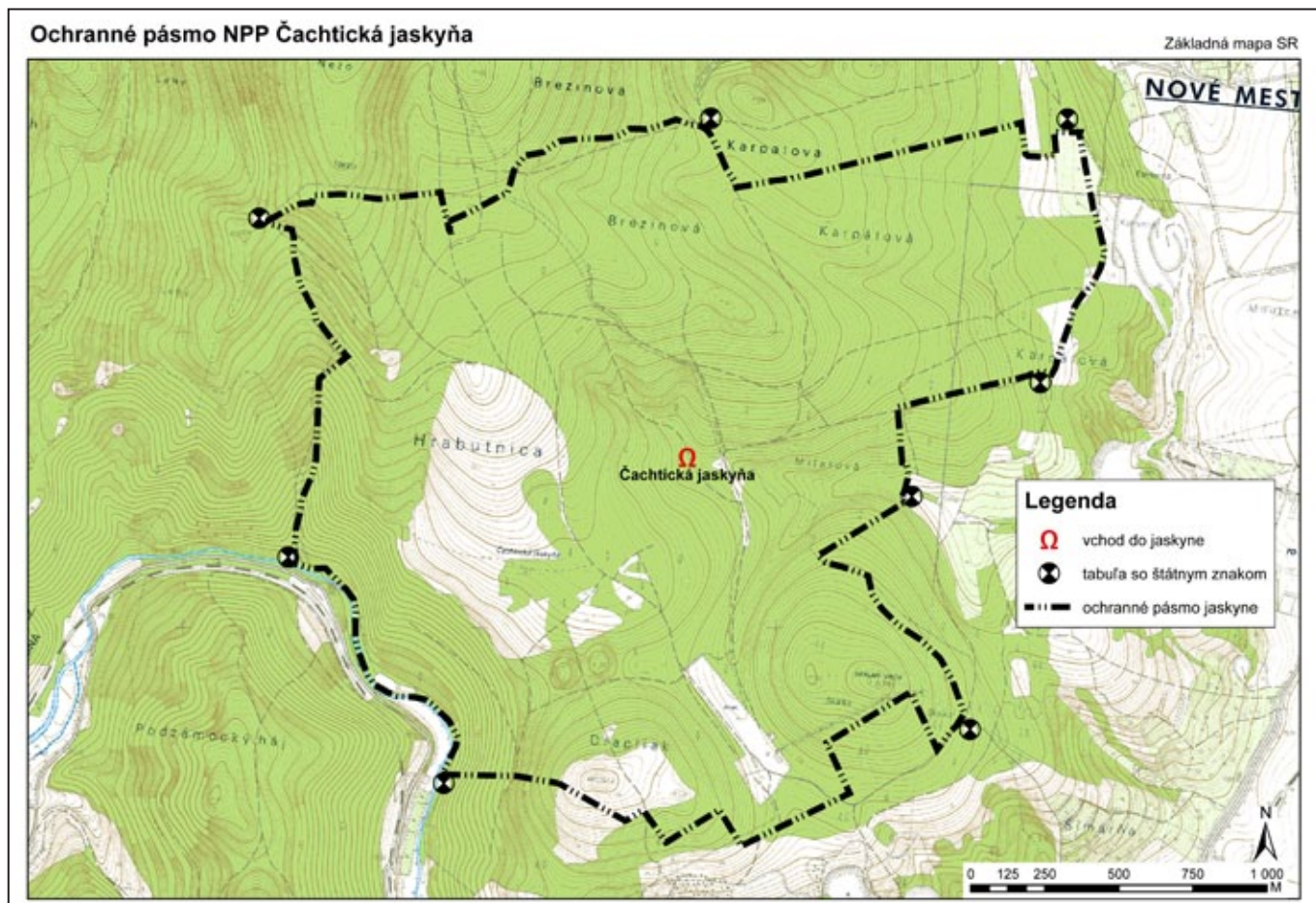
by boli ohrozené aj podzemné ekosystémy Kysackej jaskyne. Plocha ochranného pásma bola navrhnutá v takom rozsahu, aby vzhľadom na vodozbernú oblasť a horninové zloženie okolia bola jaskyňa dostatočne chránená pred negatívnymi hospodárskymi aktivitami na povrchu. Do úvahy môžu prichádzať najmä neriadene skládky odpadov, možný únik ropných produktov pri nesprávnej manipulácii s mechanizmami, nevhodné použitie chemických prípravkov na ochranu lesných kultúr alebo výstavba infraštruktúry. Jaskyňa nie je pre verejnosť prístupná – má uzavretý vchod, ktorý zabráňuje vstupovaniu nepovolovaných osôb. V jaskyni prebieha speleologický výskum pod vedením Speleoklubu UPIŠ Košice.

Projekt ochranného pásma vypracovali a podali pracovníci úseku ochrany jaskýň Správy slovenských jaskýň na príslušný okresný úrad v roku 2012. V marci 2013 sa konalo na Okresnom úrade v Košiciach ústne prerokovanie pripomienok k zámeru vyhlásiť ochranné pásmo. Na prerokovaní vzniesla svoje požiadavky Východoslovenská vodárenská spoločnosť, a. s., ako jeden z vlastníkov parciel v navrhovanom ochrannom pásme. Požiadavky na rešpektovanie plánovaných úprav vodohospodárskych zariadení sa zakomponovali do vyhlášky okresného úradu v tom zmysle, že súhlas na rozorávanie trvalých trávnych porastov a na vjazd a státie motorového vozidla sa nevyžaduje na rekonštrukciu jestvujúcich vodohospodárskych zariadení na konkrétnych parcelách. Starosta obce Kysak vzniesol požiadavku, aby okolie jaskyne mohlo byť využívané ako miesto oddychu a turistiky, pričom táto činnosť neohrozuje predmet ochrany a obyvatelia obce rešpektujú

ochranu tejto prírodnej pamiatky. V súvislosti s danosťami tohto územia a záujmom obyvateľov obce o túto lokalitu je vypracovaný návrh na vybudovanie náučného chodníka v okolí jaskyne. Ďalšou námietkou obce Kysak proti vyhláseniu ochranného pásma jaskyne bolo obmedzenie pri každoročnom organizovaní motokrosových pretekov Mototrial Kysak. Tento bod sa však ukázal ako neopodstatnený, a preto po dlhom čakaní na príslušné kompetencie bolo Vyhláškou Okresného úradu Košice č. 96 zo dňa 2. marca 2021 vyhlásené ochranné pásmo Kysackej jaskyne na rozlohe 11,4488 ha (účinnosť nadobudla 15. marca 2021).

## ROZŠÍRENIE OCHRANNÉHO PÁSMO NPP ČACHTICKÁ JASKYŇA

Národná prírodná pamiatka Čachtická jaskyňa sa nachádza v katastrálnom území Čachtíc a predstavuje najdlhšiu jaskyňu Malých Karpát s dĺžkou podzemných priestorov vyše 4 km a hĺbkou 110 m. V roku 2005 Krajský úrad životného prostredia v Trenčíne vyhlásil ochranné pásmo národnej prírodnej pamiatky Čachtická jaskyňa na rozlohe 379,3190 ha. S cieľom eliminácie negatívnych antropogénnych vplyvov v oblasti okolo jaskyne nad kameňolomom (Ponor Malá Kamenná) bolo potrebné rozšíriť existujúce ochranné pásmo o ďalšie pozemky. Obavy vzbudzovala najmä plánovaná zmena Územného plánu Nového Mesta nad Váhom z roku 2015, ktorá umožňovala urbanizáciu okolitých parciel spojenú s výstavbou rodinných domov a ciest priamo na planine. Navrhovaná rozšírená plocha ochranného pásma predstavuje časť územia



budovaného krasovými horninami v takom rozsahu, aby vzniknuté územie dostatočne chránilo horninové masív, v ktorom je situovaný podzemný systém Čachtickej jaskyne a Jaskyne nad kameňolomom. Ohrozením pre ekosystémy jaskýň sú aj ťažobné aktivity v neďalekých kameňolomoch po obvode plánu či nevhodné lesohospodárske zásahy.

Na projekte rozšírenia ochranného pásma jaskyne začali pracovníci Správy slovenských

jaskýň pracovať v roku 2015 a v nasledujúcom roku sme projekt zaslali na Okresný úrad v sídle kraja Trenčín. Počas prerokovania neboli vznesené žiadne zásadné požiadavky proti rozšíreniu ochranného pásma. Hladký priebeh vyhlásenia by nebol možný bez vypustenia plánovaných zmien v strategickom dokumente Územného plánu, ku ktorému došlo po predložení projektu na rozšírenie ochranného pásma. Vzhľadom na uvedené skutočnosti pristúpil

Okresný úrad v sídle kraja Trenčín k vydaniu Vyhlášky č. 3/2021 zo 17. júna 2021, ktorou sa vyhlasuje rozšírené ochranné pásmo Čachtickej jaskyne na rozlohu 451,4765 ha.

Správa slovenských jaskýň v roku 2021 umiestnila na vstupných cestách a vybraných miestach do vyhlásených ochranných pásiem normalizované tabule so štátnym znakom a názvom chráneného územia.

### Literatúra

- AMBRUS, M. (Ed.) a kol. 2014. *Az Aggteleki-karszt és a Szlovák-karszt világörökség barlangjainak kezelése. Závěrečná dokumentácia z projektu Interreg HUSK/1101/221/0180. Aggteleki Nemzeti Park Igazgatóság, Jászvafő, 204 s.*
- DERFIÁK, P. 2001. K 90. výročiu objavenia jaskyne v Kysaku. *Spravodaj Slovenskej speleologickej spoločnosti*, 32, 1, 63–64.
- GAÁL, L. 2008. Geodynamika a vývoj jaskýň Slovenského krasu. *Štátna ochrana prírody Slovenskej republiky, Správa slovenských jaskýň, Liptovský Mikuláš*, 166 s.
- HAVIAROVÁ, D. – GRUBER, P. 2006. Stopovacia skúška v jaskyni Milada. *Aragonit*, 11, 43–45.
- HOCHMUTH, Z. 2012. Kysacká jaskyňa – zaujímavá krasová lokalita v doline Hornádu. *Slovenský kras*, 50, 2, 173–180.
- KAŇUCH, P. – CELUCH, M. – PAČENOVSKÝ, S. 2002. Zimovanie netopierov v Kysackej jaskyni. *Vespertilio*, 6, 27.
- MAIKO, J. 1958. Výskumy a objavy v jaskynnej sústave Silicko-brezovsko-kečovskej v Juhoslovenskom krase. *Krásy Slovenska*, 35, 3, 113–117.
- MAIKO, J. 1959. Výskumy a objavy v druhej časti Silicko-brezovsko-kečovskej jaskynnej sústavy. *Krásy Slovenska*, 36, 4, 140–142.
- PALÁŠTY, J. – OLEJÁR, F. 1963. Netopiere opustených opálových baní v Libanke na Dubníku a poznámky o ich bionómii. *Biológia*, 18, 8, 593–603.
- PAPÁČ, V. – GAŽÍK, P. – GAÁL, L. – HAVIAROVÁ, D. – BALCIAR, I. 2018. Návrh na vyhlásenie ochranného pásma národnej prírodnej pamiatky Milada. *Projektová dokumentácia, Správa slovenských jaskýň, Liptovský Mikuláš*, 42 s.
- PIŽL, V. 2008. Are earthworms (*Oligochaeta, Lumbricidae*) regular or accidental dwellers of cave systems in Czech Republic and Slovakia? *Slovenský kras*, 46, 1, 197–201.
- POLÁK, M. (Ed.) a kol. 1997. *Vysvetlivky ku geologickej mape Braniska a Čiernej hory 1 : 50 000*. Vydavateľstvo Dionýza Štúra, Bratislava, 201 s.
- SÁRVÁRY, I. 1965. Sikeres kísérlet a Vass Imre-barlangban. *Karszt és Barlang*, 2, 64.

## MOBILNÉ LASEROVÉ SKENOVANIE JASKÝŇ – PRVÉ VÝSLEDKY A SKÚSENOSTI

Pavel Herich

### ÚVOD

Mobilné laserové skenovanie (mobile laser scanning – MLS) jaskýň založené na technológii Lidar a algoritme SLAM predstavuje významný skok v kvalite získavania informácií o jaskynných priestoroch. Od júla 2021 Štátna ochrana prírody Slovenskej republiky, Správa slovenských jaskýň disponuje prístrojom ZEB Horizon výrobcu GeoSLAM. Prvou ním kompletne naskenovanou jaskyňou na Slovensku sa stala Zbojnická jaskyňa v Demänovskej doline (obr. 1).

### TECHNICKÁ ŠPECIFIKÁCIA

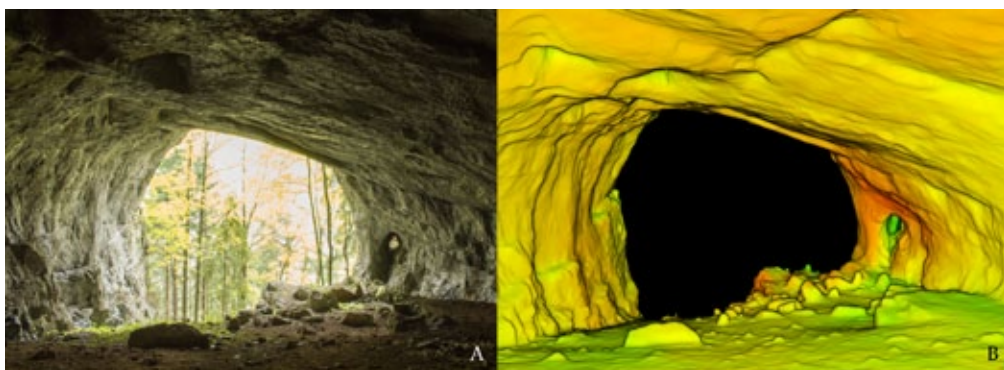
Prístroj sa skladá z dvoch častí – záznamníka s batériou (1,25 kg) a vlastného skenera (1,45 kg) prepojených káblom. Záznamník slúži len ako úložisko skenovaných dát a zdroj energie pre skener. Skener, ktorý sa počas prevádzky drží v ruke pred sebou, obsahuje IMU jednotku (Inertial Measurement Unit – modul obsahujúci gyroskop, akcelerometer a magnetometer) a samotný lidarový senzor značky Velodyne (typ Puck LITE). Dosah skenera je 100 m so snímaním 300 000 bodov za sekundu. Relatívna presnosť senzora je 1 – 3 cm, presnosť mračna bodov na okruhu, resp. otvorenom ťahu je zatiaľ v podmienkach jaskýň nedostatočne overená, predbežne sa javí výrazne vyššia ako pri bežne používanej speleologickej meračskej technike (DistoX, závesná banská súprava, geologický kompas a pod.).

Kľúčovou zložkou celého systému je algoritmus SLAM (Simultaneous Localisation And Mapping). Prináša riešenie desaťročia známeho výpočtového problému dotýkajúceho sa predovšetkým robotiky. Na orientáciu robotov (mobilného skenera) v neznámom priestore je nutné vedieť v reálnom čase vytvárať mapu okolitého prostredia a súčasne identifikovať pohyb a polohu samého robota v ňom. SLAM pre mobilné skenery na základe obrazu zorného poľa skenera každú sekundu ráta s pomocou IMU jednotky trajektóriu skenera. Na zistenie pohybu využíva systém identifikovaných prvkov priestoru (hrany, výčnelky, plochy a pod.) a rozdiel ich pozície medzi jednotlivými sekundovými sekvenciami. Od vypočítanej trajektórie je následne odvodené umiestnenie jednotlivých naskenovaných bodov, ktoré spolu vytvárajú mračno bodov

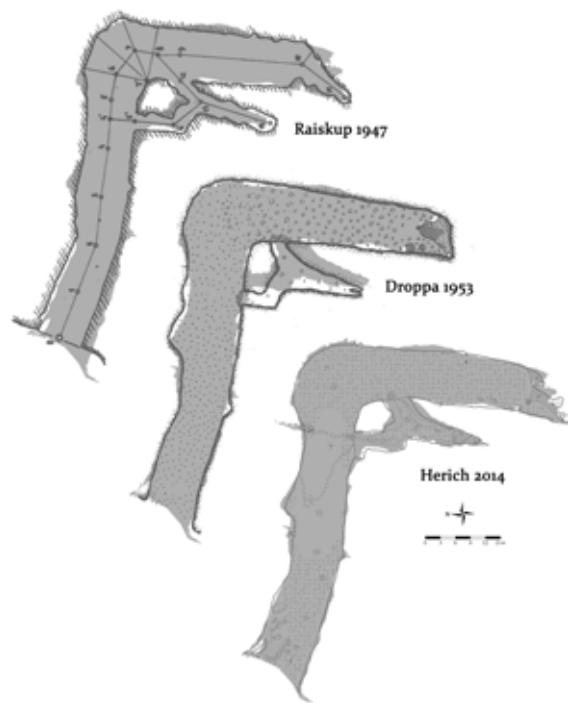
odrážajúce povrch priestoru a prvkov v ňom. Veľmi dôležitý pre dobré fungovanie SLAM-u je výskyt dostatočného množstva výrazných prvkov v priestore. Tunely pravidelného tvaru s hladkými stenami nemožno skenovať týmto spôsobom vôbec, resp. je nevyhnutné dodať do týchto priestorov vhodné objekty, o ktoré sa možno zachytiť. V prípade jaskynných priestorov toto „nebezpečenstvo“ takmer nehrozí, vzhľadom na často veľkú morfológickú zložitost prírodných dutín. Výnimku tvoria len príliš tesné priestory, ktoré neumožňujú dostatočný rozhľad skenera.

### POSTUP PRÁCE SO SKENEROM

Skenovanie prebieha v reálnom pohybe, prístroj držaný v ruke je nutné viesť zložitými jaskynnými priestormi tak, aby zakryty (diery v mračne bodov) boli čo najmenšie. Vzhľadom



Obr. 1. Pohľad zvnútra Zbojníckej jaskyne do vchodu (A), pohľad z 3D modelu na vchod jaskyne (B). Autor: P. Herich



Obr. 2. Porovnanie troch kreslených máp Zbojníckej jaskyne s referenčným mračnom bodov zo skenovania z roku 2021. Spracoval: P. Herich

dom na obmedzený čas jedného skenovania (odporúča sa max. 15 – 20 min, čo je približne ekvivalent 120 – 200 mil. bodov) treba pohyb voliť tak, aby vyčerpával tvarovú zložitú priestoru a odbočiek a bolo možné sa vrátiť späť na východiskové miesto na polohové spresnenie výsledného mračna bodov. Počas skenovania sa takisto odporúča robiť malé okruhy (Local SLAM: v odbočke či jednoduchých chodbe sa pohybovať tam a späť) v rámci jedného veľkého okruhu (Global SLAM) s veľkosťou celého skenu. Nasledujúca skenovacia sekvencia by sa mala podľa odporúčaní výrobcu pokrývať s predchádzajúcou min. v rozsahu 20 %. V doterajšej praxi sa však viac opierame o existujúce meračské body (min. 3 pre každé mračno), ktoré slúžia ako referenčné body na ukotvenie mračna bodov do súradnicového systému JTSK. Počas skenovania referenčný bod nie je nutné zväčšovať fyzickým objektom, ale priložiť skener s referenčnou platničkou na meračský bod počas 10 sekúnd.

### SPRACOVANIE DÁT

V teréne uložené dáta predstavujú len surové dáta skenera a IMU jednotky, výpočty prebiehajú v softvéri GeoSLAM Hub. Pre 15 minútový sken trvá tento výpočet približne 1 hodinu v základných nastaveniach. Pre jaskynné prostredie bude nevyhnutné väčšie prispôbenie výpočtových parametrov a čas sa ešte výrazne predlží. Výhodou je možnosť simultánneho spracovávaní viacerých skenov v prípade dostatočnej výpočtovej kapacity. Spájanie a referencovanie mračien bodov možno robiť aj v programe Hub, avšak v tomto prípade sú exporty len do formátu LAZ, ktorý nepodporuje normály (orientácie bodov), nevyhnutné na dobré zobrazovanie a najmä tvorbu triangulovaných modelov priestorov. Na tieto úkony využívame (hoci dosiaľ neboli vyriešené všetky problémy) program CloudCompare.

### ZAMERANIE ZBOJNÍCKEJ JASKYNE A POROVNANIE

Zbojnícku jaskyňu (zrejme ako vôbec prvý) zameral J. Ch. Raiskup v roku 1947, neskôr A. Droppa v roku 1953. Naše vlastné merania prebehli v rokoch 2010 – 2014 ešte bez použitia programu PocketTopo a množstva pomocných zámer na presné umiestnenie prvkov mapy. Tieto existujúce mapy sme porovnali s referenčným mračnom (skenované 8. 12. 2021 za 8 minút a 21 sekúnd s 83 mil. bodmi) založenom na meračských bodoch posledného merania (obr. 2). Ako z porovnania vyplýva, všetky tri mapy generálne dobre zachytávajú pomerne jednoduchý jaskynný priestor. Výraznejšiu odchýlku pozorujeme v mape A. Droppu, ktorý len odhadol polohu hlavnej odbočky jaskyne. Mapa J. Ch. Raiskupa dobre vystihuje aj menšie tvary obrysu jaskyne, ale celkom v nej chýbajú jaskynné výplne a iné výraz-

né prvky. Obe mapy majú polohové chyby voči skutočnosti veľkosti do 5 m. Mapa z rokov 2010 – 2014 už podáva viac-menej vyčerpávajúce zobrazenie jaskyne, zachytáva aj drobné výklenky, sedimenty a jednotlivé väčšie bloky, stupne, ale aj stropné korytá či komíny a sintrové útvary. Obsahuje pôdorysné chyby výrazne nepresahujúce 1 m, s výnimkou konca jaskyne, kde dve podstropné priehlbiny v šikmom sintrovom náteku boli v odhade posunuté o 2,5 m. Naopak, v referenčnom mračne bodov (aj oboch starších mapách) chýba úzky meander vo vchode pre obavu zo straty orientácie skenera a chodba pod stropom jaskyne pre svoju nedostupnosť.

Porovnali sme aj výplne a prvky mapy z roku 2014 s mračnom bodov (obr. 3). Je zjavné, že sa nám v roku 2014 podarilo zachytiť všetky výrazné prvky stropu (obr. 3A), hoci

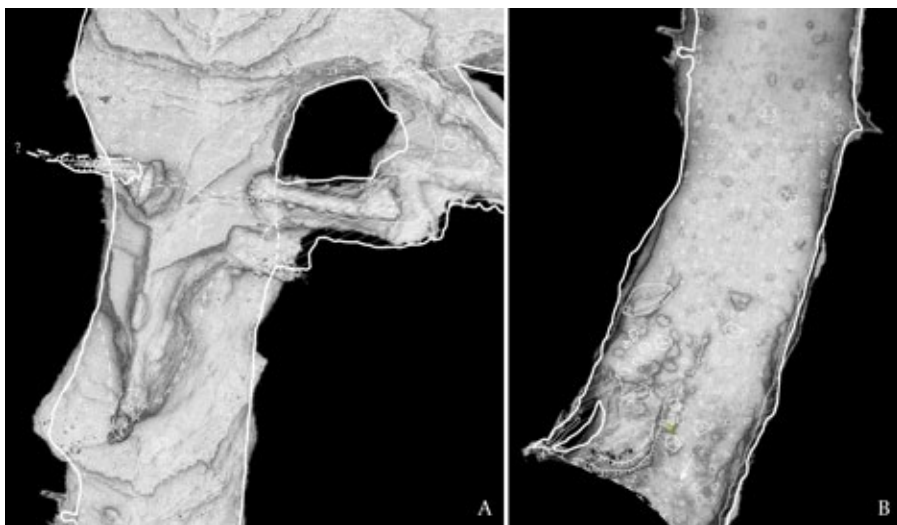
nie vždy s ideálnou presnosťou. Obr. 3B zachytáva porovnanie vstupnej časti jaskyne – tu je zjavný posun v umiestnení bočnej chodby a väčšie kamene sú umiestnené len schematicky. Takéto spracovanie mračna bodov, použité ako podklad napr. v programe Therion, umožňuje dopĺňať a spresňovať staršie mapy, resp. tvorí úplne nové. V tomto prípade však bude nutná opätovná návšteva jaskyne, pretože nie všetky prvky sa dajú interpretovať len z mračna bodov.

### LIMITY SKENOVANIA

Predbežne usudzujeme, že tento konkrétny typ mobilného skenera sa nebude dať využiť vo veľmi malých a zložitých jaskynných priestoroch, ako sú plazivky, pukliny či úzke meandre pre priveľkú blízkosť stien jaskyne a následný nedostatok charakterizovateľných bodov. Skener tiež nemožno použiť vo veľmi mokrych, blatistých chodbách, kde hrozí ich kontakt a znefunkčnenie prístroja. Vodné plochy spôsobujú diery a vysoký šum v mračne bodov, naopak ľadové výplne možno touto technológiou skenovať s tým, že lúče skenera prenikajú do telesa priehľadného ľadu do hĺbky 0 – 10 cm (podľa prvých výsledkov z Dobšinskej a Demänovskej ľadovej jaskyne).

### APLIKÁCIE VÝSTUPOV V PODMIENKACH SPRÁVY SLOVENSKÝCH JASKÝŇ

Výsledky mobilného skenovania sú využiteľné univerzálne, naprieč celým spektrom činností Správy slovenských jaskýň. Primárne budú slúžiť na tvorbu 2D speleologických máp jaskýň najmä s veľkými chodbami a sieňami, ktorých podrobné zmapovanie doterajšími technikami (DistoX + PocketTopo) stálo neúmerne veľa času. Naskenované dáta z týchto úsekov nahradia v komplexných modeloch jaskynných priestorov aj 3D modely z Therionu. Mobilným skenerom možno snímať aj povrchovú situáciu v mimoriadnych presnostiach a detailoch. Mračna bodov a modely z nich odvodené budú slúžiť napr. pri geologických výskumoch (úložné pomery, diskontinuity, línie a pod.), klimatologickom a hydrologickom modelovaní, geomorfolo-



Obr. 3. Porovnanie kreslenej mapy Zbojníckej jaskyne z roku 2014 s referenčným mračnom bodov: pohľad na stropné tvary jaskyne (A) a na jej podlahové výplne (B). Autor: P. Herich

gickom mapovaní a analýzach, výskume biotopov a pod. Pri geoeologickom mapovaní slúžia ako základná priestorová databáza, do ktorej sa vkladajú pozorované skutočnosti. Pre potreby technického úseku budú slúžiť ako podklady na projektové zámery (meranie dĺžok zábradlí a káblov, umiestnenie prvkov infraštruktúry prehliadkovej trasy a pod.). Výrazný prínos týchto technológií je v možnosti zobrazovania jaskynných priestorov a nadväzujúceho povrchu v rámci environmentálnej výchovy návštevníkov jaskýň či širokej verejnosti v masovokomunikačných prostriedkoch.

## ZÁVER

Podľa nášho názoru je ručný skener dosiaľ jediným široko použiteľným prostriedkom využitia lidarovej technológie v speleologickom výskume a praxi. Statické pozemné laserové skenery sa ukázali ako menej praktické a vyžadujúce si množstvo času a ľudských síl. Ich výhodou je vyššia presnosť senzora (a tým menej výsledného šumu), vyššia polohová presnosť (ak neboli použité referenčné body pri mobilnom mapovaní). Ručný skener je závislý od kvality SLAM-u, v ťažkých podmienkach plaziviek, pri nedos-

tatku záchytných bodov, prípadne vplyvom prudkých pohybov vznikajú chyby v spracovaní nameraných údajov (dosiaľ 2 skeny zo 76 ostali chybné aj po opätovnom spracovaní). Čas skenovania rovnakých priestorov sa však znižuje pri použití mobilného skenera o desiatky až približne 95 %, pričom výsledné bodové pole je celistvejšie, s menším počtom a rozsahom zákrytových miest. Táto technológia sa navyše aktuálne celosvetovo dynamicky rozvíja a pripravujú sa aj možnosti automatizovaného prieskumu podzemia a človeku nedostupných priestorov robotmi.

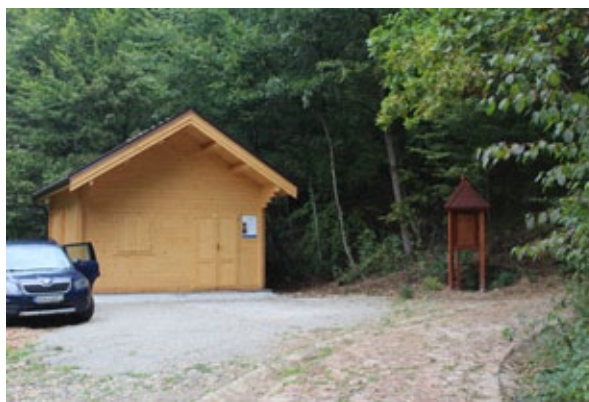
# PROJEKT INTERREG ZAMERANÝ NA PRÍPRAVU SPELEOTERAPIE V JASKYNNOM SYSTÉME DOMICA-BARADLA

*Ludovít Gaál*

## ÚVOD

Začiatkom roka 2016 sa na nás obrátila Správa Aggteleckého národného parku s požiadavkou o spoluprácu pri príprave speleoterapie v jaskynnom systéme Domica-Baradla a v jaskyni Béke v Maďarsku. Béke-barlang v Aggteleckom národnom parku bola prvou jaskyňou na území Maďarska, kde sa od roku 1969 vykonávala speleoterapia, na začiatku tohto tisícročia sa však jej kvalifikácia skončila. Pokusy s liečením sa robili aj v Baradle, od roku 1994 tu zisťovali kvalitu ovzdušia a v rokoch 1999 a 2002 prebiehala skúšobná liečba, ktorá u pacientov dosahovala 70-percentnú úspešnosť. K systematickému liečeniu však nedošlo pre nedostatok finančných prostriedkov a nezáujem zdravotníctva.

Pokusy na liečebné využitie jaskynných priestorov sa uskutočnili aj v Domici. Roku 1993 sa v Majkovom dome realizovali mikroklimatické a mikrobiologické výskumy a v roku 2009 Správa slovenských jaskýň vybudovala liečebňu za nevyužitou štôľňou II. plavby. Ani tu sa však nenašiel prevádzkovateľ, ktorý by za dodržania všetkých predpisov mohol úspešne vykonávať speleoterapiu. Liečenie v jaskyniach je pritom v súlade s koncepciou humánneho využitia podzemných priestorov na kultúrno-výchovné, zdravotné a náboženské účely. Pomerne silná je aj celospoločenská požiadavka a záujem o speleoterapiu, pričom zo 7628 súčasných evidovaných jaskýň Slovenska sa lieči len v dvoch, v Belianskej a Jasovskej jaskyni (v Maďarsku je stav o niečo lepší, zo 4134 jaskýň sa lieči v štyroch). Počet ľudí s ťažkosťami dýchacích ciest alebo alergickými ochoreniami však stále stúpa. Zvýšené znečistenie ovzdušia, vysoký obsah chemických látok v potravinách, nezdravý spôsob života a málo pohybu v prírodnom prostredí prispievajú k nedostatočnému fungovaniu imunitného systému a k vzniku rozličných ochorení.



Prevádzkový objekt s prístupovou cestou pri štôľni vedúcej k II. plavbe jaskyne Domica. Foto: L. Gaál



Vchod do štôľne so strechou s vegetačným krytom. Foto: L. Gaál

Z týchto dôvodov sme súhlasili s požiadavkou spolupráce s Aggteleckým národným parkom. Keďže predpoklady na liečenie existovali na oboch stranách jaskynného systému Domica-Baradla, bolo treba ich len doplniť a aktualizovať. Finančné prostriedky sme plánovali získať zo zdrojov Európskej únie v rámci projektu Interreg V-A cezhraničnej spolupráce Slovensko-Maďarsko 2014 – 2020. V priebehu roka 2016 a 2017 sa uskutočnilo niekoľko rokovaní so Správou Aggteleckého národného parku a spoločne podaný projekt s názvom *Rozvoj liečebného turizmu v jasky-*

*niach svetového dedičstva Aggteleckého a Slovenského krasu* s identifikačným číslom SKHU 1601/1.1/035 bol nakoniec úspešný. Vedúcim partnerom sa stala Správa Aggteleckého národného parku a zahraničným partnerom Štátna ochrana prírody SR (ŠOP SR), Správa slovenských jaskýň v Liptovskom Mikuláši. Náklady na projekt na slovenskej strane boli schválené vo výške 311 574 €. Realizácia projektu sa začala 1. 11. 2017 a po dvoch predĺženiach (najmä pre pandémiu Covid-19) sa skončila 31. 7. 2021. Hlavným cieľom projektu bola príprava vybraných priestorov na liečenie v jaskyniach Domica, Baradla a Béke, ktorá pozostávala najmä z dobudovania infraštruktúry v liečebni v Domici vrátane prístupovej cesty a skladového priestoru, vybudovania liečebne v bočnej vetve Róka-ág v Baradle so skladovými a hygienickými priestormi, z úpravy v jaskyni Béke, z opravy vstupnej haly jaskyne Domica a z geofyzikálnych, mikroklimatických, rádiologických, mikrobiologických a hydrologických výskumov v uvedených jaskyniach. Na záver sa uskutočnila skúšobná terapia v jaskyni Baradla v troch fázach. Na spríjmenie pobytu pacientov v krasovej oblasti sme obnovili náučný chodník v okolí jaskyne Domica a vybudovali náučné lokality Kečovské škrapy a Kečovská vyvieracka. Vydali sme

sprievodcovskú brožúru náučného chodníka Domica a popularizačnú publikáciu o hodnotách a liečebnom potenciáli jaskynného systému Domica-Baradla. Lokalizácia plánovanej speleoterapie sa ukázala byť ideálnou, pretože vybrané jaskyne v oboch štátoch ležia na území národných parkov (Slovenský kras a Aggtelecký kras), krasová oblasť v okolí jaskynného systému leží dostatočne ďaleko od priemyselných oblastí, jej ovzdušie je pomerne čisté a prevažná časť územia je zalesnená a s početnými turistickými atrakciami.



Nový informačný panel náučného chodníka Domica. Foto: I. Balciar

## STAVEBNÉ PRÁCE

Stavebné práce na lokalite Domica pozostávali z obnovy vstupnej haly, postavenia prevádzkového objektu pred štôľňou II. plavby, z prestrešenia vstupu štôľne, z obnovy prístupovej komunikácie a z obnovy náučného chodníka Domica. Na prenájom plochy pred štôľňou II. plavby a panelov náučného chodníka Domica bola v roku 2018 uzatvorená zmluva medzi ŠOP SR a Spoločenstvom vlastníkov lesných pozemkov v Kečove (prevádzkový objekt 24 m<sup>2</sup>, prístupová cesta 435 m<sup>2</sup> a panely v počte 5 ks/5 m<sup>2</sup>). Na základe verejného obstarávania centrom ŠOP SR bola zmluva na stavebné práce podpísaná s firmou BTB Group, s. r. o., Bratislava v novembri 2018 na sumu 178,5-tisíc €, ale práce realizovala firma Combin, s. r. o., Banská Štiavnica v subdodávke. Práce boli ukončené v máji 2019. Stavebným dozom zo strany Správy slovenských jaskýň bol Pavol Rendko.

**Obnova vstupnej haly** jaskyne Domica pozostávala z rekonštrukcie strechy vrátane dažďových zvodov. Na jestvujúcu asfaltovú krytinu aplikovali separačnú vrstvu s prichytenou hydroizoláciou. Poškodené oplechovanie nahradili novým. Opravili ďalej drobné chyby muriva na fasáde a budovu natreli novou, bielo-zelenou farbou. Odvodňovací rigol kompletne opravili, spoje s budovou preizolovali. Opravili poškodenú omietku na vnútorných stenách budovy a natreli ich bielou farbou. Do prezentačnej miestnosti nainštalovali vetracie zariadenie s prívodom čerstvého vzduchu.

**Prevádzkový objekt** bol postavený pred štôľňou II. plavby na skladovanie materiálu a zabezpečenie hygienických zariadení pre pacientov. Ide o prefabrikovaný drevený zrubový objekt s pôdorysným rozmerom 4,9 × 4,9 m s drevenou šikmou strechou pokrytú asfaltovým šindľom. Umiestnený bol na betonových základných kockách. Vnútri sú okrem skladového priestoru aj chemické toalety pre mužov a ženy. V prevádzkovom objekte sú umiestnené aj posteľe a spacie vaky s vymeniteľnými vložkami v počte po 20 ks, ktoré boli obstarané takisto z projektu.

**Prestrešenie** vstupnej časti štôľne pozostávalo zo zvaranej oceľovej konštrukcie a z plechovej pozinkovanej a poplastovanej krytiny, na ktorú sa umiestnil pôdny kryt so zelenou vegetáciou.

**Prístupovú cestu** k štôľni obnovili v dĺžke 135 m a šírke 3 m. Odstránila sa nánosová vrstva a nálety z cesty a na očistenú plochu sa aplikovala štrková vrstva v hrúbke 10 cm, ktorá sa uvalcovala.

**Obnova náučného chodníka** Domica bola potrebná pre nevyhovujúci stav starých panelov, osadených ešte pri zriadení chodníka v roku 1985. Nové tabule v počte 5 ks boli umiestnené na drevených konštrukciách so strieškou a s otáčavými bubnami. Na trojhraných bubnoch sa nachádzajú panely s rozmermi 550 × 800 cm so slovenským, maďarským a anglickým textom. Texty a fotografie sa vyhotovili v spolupráci so Správou Národného parku Slovenský kras a predstavujú hodnoty národného parku, základné údaje o náučnom chodníku, živočíšstvo krasového územia, krajinu a anorganické hodnoty a nakoniec vzácnu vegetáciu Národnej prírodnej rezervácie Domica. Šiesta tabuľa bola umiestnená pred vstupom do štôľne II. plavby a oboznamuje návštevníkov s podmienkami liečenia v jaskyni.

## REKONŠTRUKCIA ELEKTROINŠTALÁCIE V LIEČEBNI JASKYNE DOMICA

Rekonštrukcia bola potrebná z dôvodu, že existujúca elektroinštalácia a svietidlá v liečebni nezodpovedali súčasným štandardom, boli technicky opotrebované a čiastočne nefunkčné. V zmysle technickej špecifikácie a projektovej dokumentácie práce pozostávali z výmeny elektroinštalácie silnoprúdových a slaboprúdových rozvodov, realizácie hlavného uzemňovacieho vedenia, doplnkového spájania kovových častí zábradlí, napojenia komunikačných zariadení v jaskyni, výmeny osvetlenia za LED lampy s malou spotrebou v liečebni a v prístupovej štôľni, ako aj z výmeny rozvádzača.

Po verejnom obstarávaní elektroinštalácie práce realizovala firma Montrel Plus, s. r. o.,

so sídlom v Rožňave. Zmluva bola podpísaná v apríli 2019 a práce sa ukončili v septembri 2019. V máji 2021 tá istá firma zrealizovala elektrickú prípojku, elektroinštaláciu a bleskozvod v prevádzkovom objekte pred štôľňou II. plavby. Odborný dozor za Správu slovenských jaskýň zabezpečil Peter Stankovič.

Keďže obstarávanie vykonané centrom ŠOP SR nakoniec nebolo schválené pre nadmerné rozdiely v ponukách, práce zaplatila ŠOP SR z vlastných prostriedkov v sume 38,5-tisíc €.

## VÝSKUMNÉ PRÁCE

V záujme zabezpečenia priaznivých podmienok liečby sa v jaskynnom systéme Domica-Baradla realizovali geofyzikálne, mikroklimatické, hydrologické, rádiologické a mikrobiologické výskumy. Výskumné práce obstarávala maďarská strana a víťaznou firmou sa stala GeoGold Kárpátia Kft. z Budapešti, ktorá zmluvne zabezpečovala niektoré ďalšie čiastkové (mikroklimatické, rádiologické a mikrobiologické) práce. Po ich skončení niektoré dodatočné geofyzikálne a mikroklimatické práce obstarávala aj Štátna ochrana prírody SR. O výsledkoch výskumov sa podala záverečná správa pre obstarávateľa – Správu Aggteleckého národného parku.

**Geofyzikálne merania** sa požadovali vykonať na zistenie súdržnosti naplavenín a vápencového podkladu, pričom výrazne prispeli aj k objasneniu vývoja jaskynného systému v počiatkovom štádiu. Najvhodnejšou metódou sa javilo vertikálne elektrické sondovanie (VES). Zamerané hodnoty sa vyhodnocovali pomocou počítačového softvéru. Meracie práce uskutočnila firma GeoGold Kárpátia Kft. v rokoch 2018 až 2020.

Na základe meraní sa zistilo, že štrkovohlinité usadeniny hlavného riečiska nevyplňajú riečne koryto v rovnakej hrúbke. V Panenskej chodbe Domice sa 2- až 3-metrová hrúbka usadenín miestami náhle zmenila na 18 až 20 m. V Suchej chodbe bola pritom hrúbka sedimentov takmer konštantná, od 2 do 4 m. Pri bývalom prístave 2. plavby pod liečebňou



Geofyzikálne práce v Panenskej chodbe jaskyne Domica. Foto: L. Gaál



hrúbka nánosových sedimentov dosahuje 7 m, ale za hrádzou sa náhle znižuje na 2 m. Podobné údaje sa zistili aj v jaskyni Baradla, avšak nie s takými výraznými rozdielmi. Od Koncertnej siene ku Kesslerovým sifónom sa 4- až 6-metrová hrúbka sedimentu riečiska Styxu miestami zväčšuje na 10 m, ale v priestranom hlavnom riečisku (Nádor utcája) už namerali pomerne stálu hrúbku len 5 m, ktorá sa k severovýchodu znižuje na 1 m.

Na základe získaných údajov sa dalo predpokladať, že krasové vody prúdiace po zlomoch a vrstvových plochách klesali nadol, pričom vykorodovali podzemné kanály, po ktorých opätovne vystupovali nahor. Vznikli tak freatické ohyby. V Domici sa pravdepodobne vytvárali po strmo uložených, približne severojužne orientovaných zlomoch, kým v jaskyni Baradla po vrstvových plochách, ktoré sú uložené v miernejších sklonoch 20–30° k juhozápadu. Preto sú tu ohyby menej výrazné ako v Domici. Neskôr sa takto vytvorené ohyby postupne vyplňali štrkami a hlinami, ktoré sa do jaskyne dostali z povrchu cez ponory občasných povrchových tokov. Nakoniec vodné prúdy postupne odstraňovali nerovnosti a spád podzemnej riečky Styxu sa vyrovnal (Bella et al., 2020; Gaál a Gruber, 2020).

**Mikroklimatické merania** uskutočnila firma Stieber Bt. v rokoch 2018, 2019 a 2020, ktorá mala predchádzajúce skúsenosti s podobným výskumom v jaskyni Baradla. Zistila, že k stabilite mikroklimy jaskynného systému značne prispievajú mohutné chodby a dómy, ako aj schopnosť materskej horniny a jaskynných usadenín akumulovať teplotu. Na druhej strane však podzemné toky a v rôznych výškach položené vchody mierne ovplyvňujú výmenu vzduchu. V Domici sa vzduch do liečebne dostáva po celý rok cez riečisko Styxu, v lete prúdi od veľkých dómov Domice a v zime od priestraných chodieb Baradly. Spôsobuje to stabilitu jaskynného ovzdušia, čo sa podarilo podložiť aj meraniami pevných častíc a aerosólu. V liečebni boli namerané tieto hodnoty: teplota vzduchu v lete 9,9–10,1 °C, v zime 9,5–10,2 °C, relatívna vlhkosť 98,5–100 %, rýchlosť prúdenia vzduchu v zime 0,02–0,04 m/s, v lete 0,01–0,03 m/s (povolená hodnota je menšia ako 0,5 m/s), ionizácia vzduchu 0–2000 negatívnych iónov v 1 m<sup>3</sup>, obsah pevných častíc vzduchu s rozmermi okolo 0,3 μm (kontaminácie) sa v liečebni pohyboval medzi 25 a 30 ks/cm<sup>3</sup> (väčšie častice zo vzduchu vypadávajú, teda sa usadia na podlahe).

Uvedené parametre predstavujú pomerne nízke hodnoty, ktoré neovplyvňujú negatívne procesy liečenia. Koncentrácia oxidu uhličitého sa pohybovala medzi 0,1 hmot.% a 0,4 hmot.% a má priaznivý vplyv, lebo núti pacientov k rýchlejšiemu a hlbšiemu dýchaniu. Nižšie hodnoty boli namerané v zime, vyššie v lete. Rovnako priaznivé hodnoty sa zistili aj v prípade zloženia aerosólu. Na základe chemickej analýzy hodnota pH aerosólu je okolo 5 s vyšším obsahom iónov vápnika (55 μg/m<sup>3</sup>), horčíka (5 μg/m<sup>3</sup>), sodíka (20 μg/m<sup>3</sup>) a draslíka (15 μg/m<sup>3</sup>), čo pôsobí priaznivo na liečenie horných dýchacích ciest (Stieber in Gaál a Gruber, 2020).

Firma Stieber Bt. skúmala aj **rádioaktívne žiarenie**. Zistila, že v zimnom období vzduch

prúdiaci z povrchu do podzemných priestorov riedi koncentráciu radónu Rn<sup>222</sup>, preto je jeho obsah nižší ako v lete. V zime v Domici namerali 500 až 1500 Bq/m<sup>3</sup>, kým v lete 1000 až 3000 Bq/m<sup>3</sup> (Stieber in Gaál a Gruber, 2020).

**Hydrologický výskum** spojený so stopovacími skúškami sa robil len na maďarskej strane. Dôležitým prvkom projektu bolo zistenie vzťahov povrchových ponorov s jednotlivými úrovňami jaskynného systému, pretože v značnej časti jeho vodozbernej oblasti sa nachádza orná pôda. Stopovacie skúšky potvrdili, že vybrané liečebné miesta nedisponujú bezprostrednými kontaktmi s ponormi, a preto z týchto častí nebezpečenstvo znečistenia nehrozi.

**Mikrobiologický výskum** jaskynného systému bol obzvlášť dôležitý z dôvodu zistenia novej kontaminácie podzemných priestorov. Uskutočnila ho Katedra mikrobiológie a virológie Prírodovedeckej fakulty Univerzity Komenského v Bratislave (baktérie) v spolupráci s Mikrobiologickým ústavom Akadémie vied Českej republiky v Prahe (mikroskopické huby) v období rokov 2018–2020 v liečebni jaskyne Domica a v bočnej vetve Róka-ág v Baradle. Na porovnanie sa odobrali vzorky aj z nádrže 2. plavby v Domici, z Koncertnej siene v Baradle a z podzemných tokov Styx a Acheron.

Vo vzorkách vzduchu, kvapkajúcej a tečúcej vody sa sledovali celkové počty mikroskopických húb a kultivovateľných baktérií, vyhodnocované ako kolóniotvorné jednotky (KTJ) na m<sup>3</sup> vzduchu alebo ml vody. Podľa Vyhlášky ministerstva zdravotníctva č. 87/2006 Z. z. je limitnou hodnotou pre mikroorganizmy v priestoroch využívaných na účely speleoterapie 250 KTJ/m<sup>3</sup>. Sekvenanými metódami bol skúmaný aj celkový mikrobióm vzduchu a vody, ktorý zahŕňa aj nekultivovateľnú zložku mikrobioty. Na základe výsledkov sa priemerné hodnoty mikroskopických húb v liečebni jaskyne Domica menili vzhľadom na ročné obdobie. Letné odbery dosahovali priemer 197,5 KTJ/m<sup>3</sup>, vyššie hodnoty sa zaznamenali v zimnom období, v priemere 750 KTJ/m<sup>3</sup>. Celkové počty baktérií boli všeobecne vyššie ako počty mikroskopických húb a ich rozdiely počas ročných období neboli badateľné. V kvapkajúcej a tečú-



Odber mikrobiologických vzoriek ovzdušia v liečebni jaskyne Domica. Foto: L. Gaál

cej vode celoročne dominovali environmentálne baktérie. Určité percento, najmä v zimných mesiacoch, predstavovali koliformné baktérie a enterokoky, ktorých prítomnosť zväčša súvisí s vonkajším znečistením. Výskyt mikroskopických húb bol len sporadický vzhľadom na to, že vodné prostredie nie je pre ne vhodné. Celkové počty mikroskopických húb a baktérií v liečebni jaskyne Baradla (Róka-ág) boli nižšie ako v Domici a spĺňali limity okrem niektorých výnimiek.

Zistené spektrum baktérií a mikroskopických húb skúmaných v jaskyniach bolo porovnateľné s inými krasovými jaskyňami vo svete. Najpočetnejšie zastúpenie vo vzduchu mali baktérie patriace do kmeňa Proteobacteria (viac ako 40 %), ďalej kmene Actinobacteria, Firmicutes a Bacteroidetes. Okrem toho boli vo všetkých vzorkách identifikované aj baktérie z kmeňa Acidobacteria. S nižšou abundanciou sa vyskytovali skupiny, ktoré zahŕňajú typické environmentálne a väčšinou nekultivovateľné taxóny, konkrétne Planctomycetes, Verrucomicrobia, Chloroflexi, Armatimonadetes, Cyanobacteria, Nitrospirae a Deinococcus-Thermus. V liečebných priestoroch jaskýň Domica a Baradla bol mikrobiologický monitoring ovplyvnený rekonštrukčnými prácami, ktoré boli súčasťou projektu do roku 2020. Zvýšené hodnoty KTJ v zimnom a jarnom období, sledované najmä vo vode, mohli byť ovplyvnené aj topením snehu s násled-



Altánok s informačnou tabuľou na lokalite Kečovské škrapy. Foto: L. Gaál

ným presakovaním vody do jaskyne. Vo vzduchu nebol zaznamenaný výskyt žiadnych patogénnych alebo potenciálne patogénnych či alergénnych druhov mikroskopických húb a baktérií. Zistené spóry rodu *Penicillium* a *Cladosporium* môžu byť pre citlivých jedincov škodlivé, no pri nízkych počtoch, aké boli zaznamenané, by nemali mať negatívny vplyv. Rovnako baktérie ako *Staphylococcus*, *Acinetobacter*, *Propionibacterium*, ktoré sú väčšinou asociované s človekom, vo väčšom počte môžu vyvolať príznaky u oslabených jedincov (Nováková et al., 2020; Gaálová in Gaál a Gruber, 2020).



Vybudovaná lokalita Kečovská vyvieraciačka. Foto: L. Gaál

### NÁUČNÉ LOKALITY KEČOVSKÁ VYVIERAČKA A KEČOVSKÉ ŠKRAPY

O vybudovaní oboch lokalít sa uvažovalo dávnejšie, pretože Kečovská vyvieraciačka sa nachádzala v zanedbanom stave s neestetickým, čiastočne zvaleným drôteným plotom, pričom aj okolie je čiastočne devastované napájaním dobytky, a panel na Kečovských škrapoch bol zničený. Obe lokality sú pritom často navštevované najmä pre blízkosť červenej turistickej značky a cyklickej trasy. Keďže na projekte zostali ešte voľné finančné prostriedky najmä z dôvodu financovania elektroinštalácie liečebne z vlastných prostriedkov ŠOP SR, rozhodli sme sa vybudovať obe lokality. Po uzavretí najomných zmlúv s vlastníkmi pozemkov (Východoslovenská vodárenská spoločnosť, a. s., resp. obec Kečovo) a ohlásení drobnej stavby verejné obstarávanie uskutočnila ŠOP SR v roku 2020 a na jeho základe sa podpísala zmluva s víťaznou firmou Gemerstav, s. r. o. Rimavská Sobota v novembri 2020 s rozpočtom na 44-tisíc € vrátane DPH. Práce boli ukončené vo februári 2021.

V prípade **Kečovskej vyvieracky** sa realizovalo: oplotenie ochranného pásma 1. stupňa vyvieracky dreveným plotom z čelnej strany, vybudovanie studničky z prírodného kameňa, inštalácia dreveného stola s lavičkami na oddych turistov, drevený mostík cez potok a označenie lokality informačnou tabuľou so strieškou a trojstranným otáčavým bubnom s panelmi v slovenskom, maďarskom a anglickom jazyku.

Na lokalite **Kečovské škrapy** sa uskutočnilo odstránenie náletu a zarovnanie plochy cca 20 m<sup>2</sup>, na ktorej sa vybudoval drevený altánok, kde sa návštevníci môžu schovať v prípade dažďa. Altánok je šesťuholníkový s rozmermi 4,7 × 4,7 m, postavený na betónovom základe. Vedľa altánku sa umiestnila informačná tabuľa so strieškou a trojstranným otáčavým bubnom s tromi jazykovými mu-

táciami. Na paneloch tabule sú znázornené jednotlivé škrapové typy. Lokalita je známa ako najtypickejšie škrapové pole Slovenského krasu s výskytom vyše 10 typov škrapov.

### SKÚŠOBNÁ LIEČBA

Skúšobná liečba prebiehala len v jaskyni Baradla na vybudovanom mieste v bočnej vetve Róka-ág. Pacienti, astmatici z nemocnice v Edelényi, absolvovali pobyt v jaskyni v dĺžke 3 týždne tak, že každý deň ich vozil autobus z nemocnice a v jaskyni sa zdržiavali 3 hodiny. Pod odborným vedením rehabilitačnej sestry robili špeciálne dýchacie cvičenia, po ktorých nasledoval pokoj na posteliach. Turnusy sa opakovali trikrát, prvý turnus bol v januári 2020, druhý koncom augusta a tretí v októbri 2020. Podľa vyjadrenia odbornej lekárky z nemocnice v Edelényi sa u pacientov po každom turnu-

se prejavili výrazné pozitívne výsledky, ustúpili astmatické záchvaty, znížilo sa užívanie liekov, nastalo zlepšenie respiračného funkčného syndrómu, zlepšenie spánku v noci a celkového klinického stavu.

### PUBLIKÁCIE

V rámci projektu sa vydali dve farebné informačné brožúry. Prvá je *Sprievodca náučným chodníkom Domica*, vydaná v roku 2019 (Gaál et al., 2019). Má 31 strán a obsahuje základné informácie o Národnom parku Slovenský kras a krátku charakteristiku 5 zastávok náučného chodníka v slovenskej a maďarskej jazykovej mutácii. Rozmery 11 × 15 cm sa zvolili tak, aby bol sprievodca ľahko použiteľný aj v teréne.

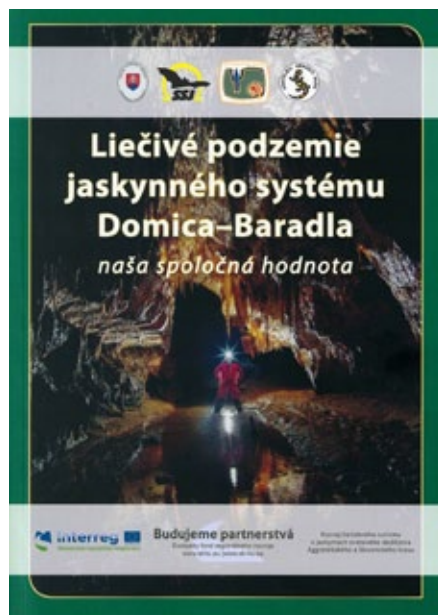
Druhá brožúra s názvom *Liečivé podzemie jaskynného systému Domica-Baradla – naša spoločná hodnota* informuje verejnosť o hodnotách jaskynného systému Domica-Baradla, o histórii poznávania, výsledkoch projektu a o možnostiach liečebného využitia podzemných priestorov (Gaál a Gruber, 2020). Zvlášť hodnotný je príspevok lekára, prof. MUDr. Ľubomíra Legátha, DrSc., o priaznivých účinkoch jaskynného ovzdušia na ľudský organizmus. V závere obsahuje aj prehľad turistických atrakcií v okolí jaskynného systému. Brožúra s rozmermi 17 × 24 cm má 63 strán a vyšla roku 2020 v slovenčine, maďarčine a angličtine v náklade po 1000 ks.

Na maďarskej strane sa vydali aj informačno-propagačné skladačky o možnostiach liečenia v jaskynnom systéme Domica-Baradla v rôznych jazykových mutáciách.

### TLAČOVÉ KONFERENCIE

Tlačové konferencie na slovenskej strane sa konali trikrát. Prvá sa uskutočnila vo vstupnej hale jaskyne Domica dňa 30. 10. 2019 a bola spojená s prehliadkou začiatkových častí obnoveného náučného chodníka a do budovanej liečebne v Domici. Predmetom druhej tlačovky, konanej dňa 28. 8. 2020, bola okrem prezentovania nových výsledkov projektu aj informácia o prekročení dĺžky 30 km jaskynného systému Domica-Baradla s prezentáciou máp doc. RNDr. Zdenkom Hochmuthom, CSc. (súčasná dĺžka jaskynného systému je 30 466 m, z ktorej na Domicu pripadá 8439 m). Tretia tlačovka dňa 28. 7. 2021 bola venovaná výstavbe náučných lokalít Kečovská vyvieraciačka a Kečovské škrapy.

K trom tlačovkám sa vyhotovili pozvánky a tlačové správy. Zabezpečila sa tým vhodná mediálna propagácia výsledkov projektu. Záverečná konferencia projektu sa konala v Jósfaťó na maďarskej strane 1. 7. 2021.



Titulná strana propagačnej brožúry

### Literatúra

- BELLA, P. – GAÁL, L. – BALÁZS, I. – JÁKFAI, S. – GRUBER, P. 2020. Geophysical measurements used in reconstruction of the development of levelled passages in the Domica-Baradla Cave System (Slovakia, Hungary) – preliminary results (abstract). *Aragonit*, 25, 1, 57–58.
- GAÁL, L. – KILIK, J. – OLEKŠÁK, M. – ŠUVADA, R. 2019. *Sprievodca po náučnom chodníku Domica*. Štátna ochrana prírody SR, Banská Bystrica, 32 s.
- GAÁL, L. – GRUBER, P. (Eds.) 2020. *Liečivé podzemie jaskynného systému Domica-Baradla – naša spoločná hodnota*. Jósfaťó – Liptovský Mikuláš, 63 s.
- NOVÁKOVÁ, A. – GAÁLOVÁ, B. – JURÍKOVÁ, J. – PLANÝ, M. – PANGALLO, D. 2020. Microbiological control of air in the Domica, Baradla and Béke caves used for speleotherapy (abstract). *Aragonit* 25, 1, 65.

## NOVÝ PREVÁDZKOVÝ AREÁL GOMBASECKEJ JASKYNE

Národná prírodná pamiatka Gombasecká jaskyňa sa môže popýšiť novým prevádzkovým areálom s celkovou zastavanou plochou 602 m<sup>2</sup>, ktorý pozostáva z prevádzkovej budovy (zastavaná plocha 214 m<sup>2</sup>), prístrešku so sedením (zastavaná plocha 51 m<sup>2</sup>) a príslušných spevnených plôch (zastavaná plocha 377 m<sup>2</sup>). Celkové investičné náklady presiahli sumu 550 000 € a boli financované z príspevku Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky – zdrojov Štátnej ochrany prírody Slovenskej republiky.

Projekt novostavby prevádzkovej budovy a stavebných úprav v areáli Gombaseckej jaskyne spracoval Ing. arch. Eduard Jančuška. Stavebné povolenie na realizáciu nového prevádzkového areálu vydala obec Slavec 22. 11. 2017. Stavbu realizovala za päť mesiacov od septembra 2020 do januára 2021 spoločnosť MARCUS INDUSTRY z Košíc. Technický dozor stavby za Správu slovenských jaskýň zabezpečoval Ing. Pavol Rendko. Kolaudácia stavby sa uskutočnila v máji 2021. Nový areál otvoril svoje brány pre návštevníkov v júli 2021.

Nový areál jaskyne sa nachádza vedľa parkoviska v mieste bývalých prevádzkových objektov, z ktorých sa posledný využíval do roku 1999 (v nasledujúcom období na tento účel slúžil zrekonštruovaný objekt bývalého Speleolaboratória pri Gombaseckej jaskyni).



Výstavba prevádzkovej budovy Gombaseckej jaskyne. Foto: P. Rendko

Výstavba nového areálu si vyžiadala výrub 17 stromov, za ktoré sme vykonali náhradnú výsadbu v blízkom okolí.

V novej prevádzkovej budove sú vybudované priestory na predaj vstupeniek a suvenírov, zázemie pre zamestnancov jaskyne a verejné toalety pre návštevníkov. Prevádzková budova a prístrešok majú plochú vegetatívnu strechu. Objekt prevádzkovej budovy je pripojený na všetky dostupné inžinierske siete. V suteréne je osadený náhradný zdroj elektrickej energie (naftová elektrocentrála), ktorý dokáže zabezpečiť výrobu a dodávku elektrickej energie do areálu a jaskyne v prípade výpadku elektriny z distribučnej siete. Súčasťou realizovaných stavebných prác bolo aj vybu-



Predná časť novej prevádzkovej budovy Gombaseckej jaskyne. Foto: P. Rendko

dovanie novej kanalizačnej prípojky a žumpy, požiarnej nádrže, vodovodnej a elektrickej prípojky. Od prevádzkovej budovy ku vchodu do jaskyne sa upravila prístupová cesta, ktorá bude pre potreby prevádzky jaskyne slúžiť dlhé roky.

Pavol Rendko



Nová terasa vo vstupnom areáli Gombaseckej jaskyne. Foto: P. Rendko

## UZATVÁRANIE A ČISTENIE JASKÝŇ V ROKU 2020

V roku 2020 sme z dôvodu obmedzených finančných prostriedkov a pandémie Covid-19 zabezpečili uzatvorenie iba troch novoobjavených jaskýň, opravu dvoch poškodených uzáverov a vyčistenie troch lokalít.

V intraviláne obce Koliňany, na úpätí pohoria Tribeč, tamojší jaskyniari objavili nové priestory Koliňanskej čertovej diery v dĺžke takmer 200 m. Na dne vstupnej šachty pri vstupe do nových priestorov bol osadený uzáver s vletovým otvorom pre netopiere. V ústí priepasti jaskyniari obnovili drevené oplotenie a jaskyňu zároveň vyčistili od komunálneho odpadu.

Koncom roka sa na podnet jaskyniarov zo Speleoklubu Drienka osadili uzávery na dvoch novoobjavených lokalitách v katastrálnom území obce Debrad v Medzevskej pahorkatine. Vo vchode do Debradskej jaskyne, ktorá svojou dĺžkou viac ako 500 m a aktívnym vodným tokom patrí k výnimočným objavom, bola z dôvodu nestabilnej horniny vo vstupe osadená rúra s poklopom a uzamykacím mechanizmom. Vo vstupnom otvore Debradskej priepasti, ktorá má dĺžku cca 300 m a hĺbku 80 m, bol vyhotovený uzáver s poklopom. Vzťah podzemných vôd na oboch lokalitách k najbližšiemu krasovému výveru – prameňu



Uzáver Kongskej jaskyne. Foto: Ľ. Múka

Sv. Jána v Debradi, ktorý je jediným zdrojom pitnej vody pre obec Debrad', sa zatiaľ neskúmal. Je však veľký predpoklad, že tieto jaskyne hydrologicky komunikujú práve s týmto prameňom. Keďže vchody do jaskýň ležia neďaleko frekventovanej lesnej cesty z Debrade na Ladislavovu vyvieracku a sú v tesnej blízkosti ohrady poľovníckej zvernice, v ich okolí je veľmi častý pohyb hubárov a poľovníkov. Preto ich ochranu bolo nutné zabezpečiť uzatvorením vchodov, aby sa zabránilo vniknutiu či pádu osôb a zvierat do podzemia.

Blízke okolie Silickej ľadnice v Slovenskom krase je turistami často navštevované, pretože sa nachádza na odbočke zo žltej turistickéj značky medzi Gombasekom a Sili-

cou. Okrem každoročných udržiavacích prác zameraných na čistenie prístupových schodov k tejto známej jaskyni strážca prírody Arpád Rusnák zvráňaním zabezpečil opravu poškodeného zábradlia.

Drobné úpravy uzáveru, aby bola zabezpečená jeho funkčnosť, boli vykonané na Hrušovskej jaskyni v Slovenskom krase. Začiatkom roka jaskyniari zo Speleoklubu Rožňava odstránili nasprejovaný nápis z balkóna vo Zvonivej jame na Plešivskej planine a v letných mesiacoch vyčistili Diviačiu priepasť od kadáveru srny.

Jaskyniari z oblastnej skupiny SSS Brezno osadili nový uzáver v Kongskej jaskyni v katastrálnom území obce Valaská, v Horehronskom podolí. Túto jaskyňu vyčistili a po prekopaní zanesených chodieb objavili jej pokračovanie v dĺžke cca 50 m s bohatou kvapľovou výzdobou rôznych foriem (pizolity, stalaktity, stalagnáty). Vzhľadom na to, že vchod je veľmi dobre viditeľný z cesty, po ktorej vedie trasa turistického chodníka, lokalita je často navštevovaná. Vznikalo tak riziko možného poškodenia sintrovej výplne jaskyne, narušenia biotopu, ako aj úrazu pádom do hĺbky.

Z Dobšinskej ľadovej jaskyne sa vniesli zvyšky starých výdrev a schodiska, vyčistené boli aj ľadové plochy od roztrúseného spráchniveného dreva.

Igor Balciar, Pavol Staník

## KRAS, JESKYNĚ A LIDÉ

### ODBORNÁ KONFERENCIA, 17. – 18. SEPTEMBER 2021, BLANSKO-ČEŠKOVIC, ČESKÁ REPUBLIKA

*Ján Zelinka*

Správa jaskýň Českej republiky v spolupráci s Agentúrou ochrany prírody Českej republiky, Českou speleologickou spoločnosťou a Českou geologickou službou zorganizovala v dňoch 17. a 18. septembra 2021 odbornú konferenciu k problematike udržateľného rozvoja v krasových oblastiach s názvom „Kras, jeskyně a lidé“. Miestom jej konania bol Hotel Panorama, nachádzajúci sa v príjemnej prímestskej časti Blanska – Českovičoch. Záštitu nad konferenciou prevzala Medzinárodná speleologická únia (UIS) a hajtman Juhomoravského kraja Mgr. Jan Grolich. Podporu získala i od Ministerstva životného prostredia Českej republiky.

Konferencia bola organizovaná ako jedno z podujatí k Medzinárodnému roku jaskýň a krasu 2021, vyhláseného UIS. Jej cieľom bolo zlepšiť povedomie verejnosti o problematike jaskýň a krasu, zdôrazniť ich význam pre udržateľný rozvoj, hlavne v oblasti využívania vôd, v poľnohospodárstve, rekreačnom využívaní a zachovaní prírodného a kultúrneho dedičstva. Ďalej išlo o poukázanie na dôležitosť správnej starostlivosti o jaskyne a kras, ako i na ich dôslednú ochranu. Taktiež o zdôraznenie úlohy vedy, výskumu, vzdelávania a ochrany životného prostredia v medziodborovej interakcii, a podporiť vzdelávacie aktivity zamerané na kras a jaskyne.

Ciele konferencie boli naplnené v prednáškach a posterových prezentáciách aktívnych účastníkov, ktoré tvorili program prvého dňa. Prednášky boli rozdelené do tematických blokov: Ochrana jaskýň a krasu, Využívanie jaskýň a krasu človekom, Výchova, vzdelávanie a propagácia, Veda a výskum, Speleologická činnosť ako primárne získavanie poznatkov o jaskyniach a krase.

Účastníkov konferencie privítal Ing. Karel Drbal, odborný námestník Správy jaskýň Českej republiky, za neprítomného jej riaditeľa Ing. Lubomíra Příbyla, ktorý bol zároveň i predsedom organizačného výboru konferencie.

Vlastné prednášky začal viceprezident UIS Zdeněk Motyčka svojím príhovorom na tému Medzinárodná speleologická únia a Medzinárodný rok jaskýň a krasu. Zdeněk pokračoval i ďalej s polemikou na tému: preskúmať, poznať a chrániť, alebo načo potrebujeme Medzinárodný rok jaskýň a krasu. Nasledovali prednášky dvoch zástupcov Českej geologickej služby. Jiří Otava nás oboznámil s aktivitami ČGS v krasových oblastiach ČR a jeho kolegyňa Eva Kryštofová mala prednášku o krasových vodách a pôsobení človeka. Veľmi zaujímavý bol pohľad dobrovoľného jaskyniara Romana Šebelu, ktorý je zároveň i starostom obce Rudice, na „cestu rudických vôd“ i cez kanalizáciu a ČOV-ku. S geochemickou štúdiou krasových hornín a sintrov



Prednášková časť konferencie. Foto: I. Stejskal

vybraných lokalít nás oboznámila Patricie Žilová. Jej kolegyňa Markéta Vojnarová nám predstavila výsledky svojho odborného zamerania na výskyt a genézu krasových útvarov v banských dielach Hornosliezskej panvy. Prvý blok prednášok ukončili kolegovia z AOPK ČR, CHKO Moravský kras Antonín Tůma (Ochrana neprístupných jaskýň), Marie Kotyzová (Zatrávenie 1. zóny CHKO) a Zdeněk Musil (Biota v Macoche).

Druhý blok prednášok, ktorý som mal tú česť moderovať (a zároveň bola konferencia vďaka mojej prítomnosti s medzinárodnou účasťou), uviedol predseda ČSS Marek Audy. Síce hneď na úvod výrazne prekročil stanovený časový limit, no nikto neprotestoval pri sledovaní jeho prezentácie Amatérskej jaskyne v 3D či poukázaní na „neviditeľné ekologické excesy“ v Moravskom krase. Na neho nadviazal ďalší člen ČSS Jan Sirotek s detailnou informáciou o mapovaní Amatérskej jaskyne. Pavel Pracný (Masarykova univerzita, Brno) prezentoval výsledky mikroklimatického monitoringu z jaskyne Byčí skála. V tejto jaskyni zostali i manželia Golecovci, ktorý pohľadom na jej minulosť, prítomnosť a budúcnosť odštartovali paleontologický blok prednášok. V ňom sme si vypočuli, ako vyzeral Moravský kras v paleolite a i trochu po ňom (Martin Oliva, MZM Brno, ústav Antropos), ďalej aké metódy práce sa využívajú pri paleontologických výskumoch v jaskyniach (Vlastislav Káňa, Múzeum Blanenska) či sledovali prezentáciu Petra Zajíčka, odborného pracovníka SJČR, Správy jaskýň Moravského krasu (na ktorého pleciah ležala príprava i zdarný priebeh tejto konferencie) o najnovších epigrafických výskumoch uhlikových čiar v Moravskom krase, hlavne z Kateřinskej jaskyne. V poslednom bloku odzneli prednášky Antonína Krásu (AOPK ČR) o zaujímavostiach zo života jaskynnej fauny, Alenky Novákovéj (Mikrobiologický ústav AV ČR) o jaskynných hubách. Jarka Überhuberová predstavila realizáciu speleoterapie podľa vlastnej metodiky a Hana Zmrzlá zase speleoterapiu v Moravskom krase.

V rámci posterovej sekcie odzneli diskusie na viaceré témy. Karel Klobása za OBÚ Brno sa zamerával na bezpečnosť v jaskyniach a rekonštrukcie sprístupnených jaskýň pre verejnosť a speleoterapiu, Stanislav Lejska (ČHMÚ Brno) na Punkvu v systéme Amatérskej jaskyne a jej hospodárenie s vodou za sucha i povodne. Svafa Kubešová (AVČR) prezentovala výsledky spolupráce so Správou slovenských jaskýň pri inventarizácii machov v slovenských jaskyniach, Zdeněk Cihlár hlavné aktivity ČSS ZO Křitinské údolí. Prínosný bol aj poster Filipa Chalupku o ochrane vybraných jaskýň a krasových javov v zvlášť chránených územiach ČR. Na predchádzajúce prednášky nadviazal Jiří Šneberger s posterom venovaným rádiouhlíkovému datovaniu skalných kresieb. Nasledoval poster jeho kolegu z ÚJF AVČR Václava Suchého o biote v jaskyniach. Najdlhšia diskusia sa rozvinula pri poslednom prezentujúcom Romanovi Novotnom na tému Podzemné vody v krasovom systéme, čo bol geovedný projekt ČGS.

Náročný program prvého dňa odbornej konferencie sa skončil vo večerných hodinách, no ešte dlho prebiehali kuľárkové diskusie v rámci spoločenského večera. V sobotu 18. 9. 2021 boli pripravené exkurzie do sprístupnených jaskýň (Punkevní, Sloupsko-šošůvské a Výpustek), návšteva neprístupnej Amatérskej jaskyne po tzv. Ministerskej trase, ako aj exkurzia do jaskyne Byčí skála. Keďže ponúkané lokality som navštívil už veľakrát, dohodol som si súkromnú návštevu mne doteraz neznámej Dráteníckej jaskyne. Nachádza sa neďaleko Výpustku, donedávna bola i pre odborníkov neprístupná, neskôr slúžila na skladovanie sadenic, no a v súčasnosti sa uvažuje s jej úpravami pre výkon speleoterapie podľa liečebnej metódy Überhuberovej.

Je pre nás veľmi potešiteľné, že inšpiráciu na zorganizovanie odbornej konferencie Kras, jeskyně a lidé bolo doterajších 13 vedeckých konferencií Výskum, využívanie a ochrana jaskýň, organizovaných Správou slovenských jaskýň. Keďže účastníci vysoko hodnotili tento „nultý“ ročník, spoluorganizátori rozhodli o jeho pravidelnom dvojročnom(?) organizovaní vždy v inej krasovej lokalite Čiech. Predbežne sa kuloárne hovorilo o najbližšej konferencii v Českom krase a tentoraz by taktovku mala prevziať AOPK ČR. Ak všetko dobre dopadne, tak sa podarí naplniť aj posledný cieľ konferencie, a to podporiť partnerstvo pri trvalom napĺňaní v úvode spomínaných cieľov konferencie aj po skončení Medzinárodného roku jaskýň a krasu. Ďakujem organizátorom – Správe jaskýň Českej republiky za pozvanie, milé prijatie a rodinnú atmosféru. Teším sa na ďalšie naše príjemné stretnutia.

## 13. VEDECKÁ KONFERENCIA „VÝSKUM, VYUŽÍVANIE A OCHRANA JASKÝŇ“

**Pavel Bella**

Po roku sa v dňoch 7. – 9. septembra 2021 v Liptovskom Mikuláši konala v poradí už 13. vedecká konferencia „Výskum, využívanie a ochrana jaskýň“. Pri príležitosti 100. výročia objavenia Demänovskej jaskyne slobody, 150. výročia prvého archeologického výskumu v jaskyniach na území terajšieho Slovenska a 175. výročia sprístupnenia Jasovskej jaskyne ju organizovala Štátna ochrana prírody SR, Správa slovenských jaskýň v Liptovskom Mikuláši v spolupráci so Slovenským múzeom ochrany prírody a jaskyniarstva v Liptovskom Mikuláši, Archeologickým ústavom SAV a Slovenskou speleologickou spoločnosťou. Rovnako ako na predchádzajúcich konferenciách tohto zamerania, aj na tejto sa prezentovali najmä najnovšie výsledky výskumu, environmentálneho monitoringu, dokumentácie a ochrany jaskýň na Slovensku.

Napriek pretrvávajúcim problémom a obmedzeniam súvisiacim s Covidom-19 bolo na konferencii prítomných 52 účastníkov, z toho 16 zo zahraničia (sedem z Českej republiky a deväť z Poľska). Zahraniční účastníci zastupovali Geologický ústav a Mikrobiologický ústav Akadémie vied Českej republiky v Prahe, Správu jaskýň Českej republiky v Průhoniciach, Prírodovedeckú fakultu Masarykovej univerzity v Brne, Geologický ústav PAV vo Varšave, Geologický ústav Jageľovskej univerzity v Krakove a Univerzitu Marie Curie-Sklodowskej v Lubline. Z domácich účastníkov boli okrem usporiadateľských organizácií prítomní zástupcovia Prírodovedeckej fakulty UPJŠ v Košiciach, Prírodovedeckej fakulty Univerzity Komenského v Bratislave, Ústavu vied o Zemi SAV, Múzea Andreja Kmeťa v Martine i Ministerstva vnútra SR (vo vzťahu k environmentálnej kriminalite).

Prednášková časť konferencie v Slovenskom múzeu ochrany prírody a jaskyniarstva sa začala príhovormi J. Zuskinu, riaditeľa Správy slovenských jaskýň, K. Pepicha, námestníka generálneho riaditeľa Štátnej ochrany prírody SR, P. Holúbeka, riaditeľa Slovenského múzea ochrany prírody a jaskyniarstva a predsedu Slovenskej speleologickej spoločnosti, ako aj P. Bosáka, zástupcu Medzinárodnej speleologickej únie.

Prvý blok referátov bol venovaný najmä jubilujúcej Demänovskej jaskyni slobody. Postupne sa priblížili jej prírodné hodnoty (P. Bella, D. Haviarová, L. Gaál, Z. Višňovská, J. Littva, M. Melega, J. Zelinka), história spätá s jej objavením a sprístupnením (M. Kudla), ako aj postupnosť objavovania jaskýň v Demänovskej doline (P. Herich). Nasledoval prehľad archeologických výskumov jaskýň na terajšom území Slovenska do druhej svetovej vojny (M. Soják).

Na Demänovskú jaskyňu slobody a svetoznámy jaskynný systém v Demänovskej doline sa zamerl aj druhý blok referátov. Charakterizovali sa klimatické a geomorfologické vplyvy na klastickú sedimentáciu na Prízemí Demänovskej jaskyne slobody (P. Bella, M. Gradziński, H. Hercman, S. Leszczyński, W. Nemeč), multiproxiový paleoenvironmentálny záznam zo sintrových útvarov émskeho veku z Demänovskej jaskyne slobody (J. Pawlak, H. Hercman, M. Błaszczuk), paleoklíma



Prednášky v Slovenskom múzeu ochrany prírody a jaskyniarstva.  
Foto: P. Bella

v Nízkych Tatrách počas MIS 11-6 (interglaciálu pred 424- až 374-tisíc rokmi) zaznamenaná v sintrových útvaroch (M. Błaszczuk, H. Hercman) a chemické zloženie alochtónnych i rôznorodých druhov autochtónnych vôd v Demänovskej jaskyni slobody (D. Haviarová, M. Gradziński, J. Motyka). Následne sa prezentovala aktualizovaná geologická mapa systému Demänovských jaskýň (L. Gaál, P. Herich).

Popoludňajší program konferencie sa začal tretím blokom referátov, ktoré priblížili štúrovky ako záhadných obyvateľov jaskýň (L. Kováč, A. Mock, P. Luptáček, V. Papáč, A. Parimuchová), charakterizovali morfológickú a genetickú variabilitu populácií roztoča *Kunstitidamaeus lengersadorfi* Willman, 1932 (P. Luptáček, A. Parimuchová), podali stav poznania, perspektívy výskumu a problémy ochrany stygofauny a krenofauny Slovenského krasu (A. Mock, B. Hradiská, M. Rendoš, J. Grego, Z. Višňovská) a poukázali na vhodnosť merania tolerance článkonožcov voči chladu vo vchodoch zaľadnených jaskýň ako prírodných laboratóriách (N. Raschmanová, J. Rozsypal, L. Kováč, V. Šustr).

Referáty štvrtého bloku prezentovali jaskyne Dolná Túfna a Horná Túfna vo Veľkej Fatre ako významné lokality subteránnej fauny (M. Melega, M. Rendoš, A. Parimuchová, L. Kováč, Z. Višňovská, J. Lakota, A. Mock), jaskyňa Okno ako dôležité zimovisko netopierov v Demänovskej doline (Z.

Višňovská), prvotné výsledky monitorovania radónu v Brestovskej jaskyni a Demänovskej jaskyni slobody (I. Smetanová, D. Haviarová, K. Csicsay, L. Mareková) a objavnú cestu A. Krála v Demänovskej jaskyni slobody vo svetle neskorších výskumov a mapovania (Z. Hochmuth). Program prvého dňa sa zavŕšil prehliadkou výstavy k 100. výročiu objavenia Demänovskej jaskyne slobody, ktorú pripravilo Slovenské múzeum ochrany prírody a jaskyniarstva v spolupráci so Štátnou ochranou prírody SR, Správu slovenských jaskýň (otvorenia bola 3. 8. 2021 v deň 100. výročia jej objavenia).

Program druhého dňa konferencie sa začal piatym blokom referátov. Prezentovali sa výsledky detailného štruktúrneho výskumu Liskovskej jaskyne s nadväzujúcimi implikáciami k jej géneze (J. Littva, P. Bella, P. Bosák, P. Mikýsek, M. Kudla), speleogenéza účinkom kyseliny sírovej v Plaveckom predhorí Malých Karpát (P. Bella, P. Bosák, P. Mikýsek, H. Hercman, J. Littva, J. Pawlak, P. Pruner, Š. Kdýr, M. Gradziński, W. Wróblewski), výsledky orientačného litologického výskumu Belianskej jaskyne (L. Gaál, J. Soták) a prvotného výskumu závrto v Dobrovodskom krase Malých Karpát (L. Dušeková, A. Lačný), ako aj základné priestorové a morfogenetické odlišnosti jaskynných úrovní v Demänovskej doline (P. Bella).

Nasledoval posledný, šiesty blok referátov, ktoré sa zaoberali stavom a perspektívou archeologického výskumu slovenských jaskýň (M. Soják), osídlením vybraných jaskýň severného predhoria Nízkych Tatier (Z. Šimková, P. Laučík), záujmom Poliakov o jaskyne na Slovensku v rokoch 1918 až 1939 (L. Lewkovicz) a zobrazením jaskýň na poštových známkach a filatelistickom materiáli (A. Nováková).

Odborný program v múzeu sa skončil posterovými prezentáciami zameranými na paleontologické nález v Jaskyni Izabely Textorisovej vo Veľkej Fatre (A. Bendík), koncentrácie uránu a iníciaľne pomery  $U^{234}/U^{238}$  v jaskynných systémoch Tatier a ich význam pri U/Th datovaní a paleoklimatických štúdiách (H. Hercman, M. Błaszczuk, P. Sierpeň, M. Gašiorowski, P. Bella), peľový záznam z profilu v Dobšinskej ľadovej jaskyni (M. Jelonek, M. Gradziński, J. Zelinka, J. Madeja, A. PERSWIET-SOLTAN), geochemickú charakteristiku krasových hornín v Demänovskej doline (P. Pracný, D. Siládi), prírodné a antropogénne fluktuácie teploty vzduchu v sprístupnenej Niedzwiedzkej jaskyni v poľských Sudetách (J. Stienss, A. Sawicki, M. Gašiorowski), špecifikáciu a využívanie prístrojov a zariadenia na kontinuálne monitorovanie jaskynného prostredia – na príklade Amatárskej jaskyne v Moravskom krase (V. Synková, P. Pracný,



Prehliadka výstavy o Demänovskej jaskyni slobody. Foto: P. Bella



Posterové prezentácie. Foto: P. Bella

Z. Roubal, J. Faimon, Z. Szabó, R. Kadlec, M. Lang). Popoludní nasledovala prehliadka archeologickej expozície Liptovského múzea v Ružomberku a následne aj neďalekej Liskovskej jaskyne (v sprievode M. Kudlu a J. Littvu), v ktorej sa uskutočnil prvý speleoarcheologický výskum na území terajšieho Slovenska.

Na záver konferencie sa dňa 9. septembra 2021 uskutočnila celodenná exkurzia krasom Demänovskej doliny vrátane prehliadky Demänovskej jaskyne slobody a Demänovskej

ľadovej jaskyne (v sprievode D. Haviarovej, J. Littvu, Z. Višňovskej a P. Hericha). Štyria poľskí výskumníci (H. Hercman, M. Gašiorowski, M. Gradziński a J. Stiens) spolu s P. Bellom pokračovali v skúmaní Demänovskej jaskyne slobody, nadväzujúc na spoluprácu začatú v máji 1995.

Celkovo odborný program konferencie tvorilo 26 referátov a 6 posterov, ktoré sa z hľadiska vedných disciplín týkali geológie a geomorfológie (10 referátov, 2 posterov),

biospeleológie (6 referátov), hydrochémie (1 referát), prirodzenej radiácie a monitorovania jaskynného prostredia (1 referát, 1 poster), paleontológie (1 poster), speleoklimatológie (1 poster), jaskynnej glaciológie (1 poster), ako aj speleoarcheológie (3 referáty), histórie a dokumentácie jaskýň (5 referátov). Abstrakty prevažnej časti týchto referátov a posterov sú publikované v časopise Aragonit, číslo 26/1 z roku 2021, ktorí účastníci dostali pri registrácii na začiatku konferencie.

## SLÁVNOSTNÉ PRIPOMENUTIE VÝROČÍ JASKÝŇ V ROKU 2021

*Peter Gažík*

### 100. VÝROČIE OBJAVENIA DEMÄNOVSKÉJ JASKYNE SLOBODY

Pri tejto významnej príležitosti zorganizovala Správa slovenských jaskýň (SSJ) slávnostné otvorenie inovovaného náučného chodníka, pôvodne inštalovaného na prístupovej trase k jaskyni v roku 1999. Podujatie sa z prevádzkových dôvodov konalo v pondelok 2. augusta 2021 – deň pred vlastným výročím. Program sa začal krátkym zastavením sa pri Objavnom ponore, ktorý sa nachádza na pravom okraji riečiska Demänovky poniže nového parkoviska. Po stručnom príhovore riaditeľa SSJ J. Zuskina sa účastníci presunuli k začiatku náučného chodníka. Odtiaľ im cestou nahor k jaskyni postupne predstavovali tematiku náučných panelov jednotliví odborní zamestnanci SSJ. Prvý panel predstavuje Národnú prírodnú rezerváciu Demänovská dolina, jednu z najstarších na Slovensku, ktorá v sebe ukrýva náš najdlhší jaskynný systém. Panel o vzniku a vývoji Demänovskej jaskyne slobody graficky aj textom v stručnosti vysvetľuje túto zaujímavú problematiku. Jaskynné výplne na treťom paneli sú



Príhovory pred Demänovskou jaskyňou slobody. Foto: P. Gažík



Divadlo v Hlbokom dome Demänovskej jaskyne slobody. Foto: Gasparego

len malou vzorkou rôznych foriem, ktoré výplne jaskýň v Demänovskej doline majú. Panel o bezstavovcoch Demänovského jaskynného systému ukazuje takisto len malú časť druhej variability tejto skupiny podzemnej fauny. Zaujímavý je aj panel o objavovaní Demänovských jaskýň, ktorý opisuje hlavne významnejšie mílniky spojené s objavmi veľkých jaskýň alebo súčastí systému. Posledný, šiesty panel hovorí o histórii vlastnej Demänovskej jaskyne slobody, pričom stručný hlavný text dopĺňajú podrobnejšie vysvetlenia pod obrázkami. Na konci prehliadky míňali pozvaní hostia budovu bývalého Horského hotelu na terase pred jaskyňou, kde sú v priestoroch okien a dverí spodného podlažia umiestnené fotografické koláže zložené z historických fotografií, článkov v dobových novinách, tlačných sprievodcov a plagátov.

Pred vstupom do jaskyne odzneli hlavné príhovory – od zástupcu Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky štátneho tajomníka M. Kiču, generálneho riaditeľa Štátnej ochrany prírody Slovenskej republiky D.

Karasku, starostky obce Demänovská Dolina Ľ. Klepáčovej a riaditeľa SSJ J. Zuskina. Účastníkom stretnutia, ktorými boli okrem už spomenutých aj zástupcovia VÚC, Správy Národného parku Nízke Tatry, Slovenského múzea ochrany prírody a jaskyniarstva, úradov životného prostredia, obcí, urbáru, Jaskyniarskeho klubu Demänovská Dolina a Horskej služby – jaskynnej záchranej skupiny, sa krátko prihovoril aj vnuk objaviteľa jaskyne Aloisa Krála pán Jaromír Král, ktorý sem pri tejto príležitosti zavítal aj s dcérou a vnučkami. Nasledovala prehliadka jaskyne s nezvyčajným úvodom – krátkym divadelným predstavením v Hlbokom dome, ktoré podľa historických zdrojov verne pripomenulo okolnosti objavu jaskyne pred 100 rokov. Predstavenie vzniklo na podnet predsedu Slovenskej speleologickej spoločnosti P. Holúbka, scenáristicky a režijne ho pripravil Ján Mikuš a odohrali ho členovia amatérskeho divadelného združenia Gasparego z Liptovského Mikuláša s výborným hudobným podfarbením skupiny I Am Planet z Ružomberka. Podujatie sa skončilo prehliadkou jaskyne a menším občerstvením na terase.

## 175. VÝROČIE SPRÍSTUPNENIA JASOVSEJ JASKYNE

Siedmu štvrtstoročnicu sprístupnenia Jasovskej jaskyne sa nám napriek pandemickému predobdobiu podarilo pripomenúť komornejším stretnutím ľudí, ktorí majú s jaskyňou niečo spoločné. Okrem zástupcov Štátnej ochrany prírody Slovenskej republiky a SSJ sa slávnostného zhromaždenia zúčastnili aj bývalí zamestnanci Jasovskej jaskyne, pán Július Novotný – vnuk Júliusa Zikmunda, ktorý znovusprístupňoval jaskyňu roku 1924, viacerí vedci a jaskyniari spojení s touto jaskyňou: prof. M. Zacharov, M. Fulín, J. Thuróczy, G. Stibrányi, Ľ. Gaál. Keďže jaskyňu dal sprístupniť pred 175 rokmi predstavený kláštora premonštrátov A. Richter, viedla nás prvotná myšlienka nadviazať znovu kontakt so súčasnými predstaviteľmi kláštora. Mali sme šťastie, že komunikáciu sprostredkoval pán Jozef Vaško, ktorý má na starosti riešenie kontaktu s verejnou aj organizáciu prehliadok kláštora v letnom období. Pri zmienke o rekonštrukcii historického organu v tomto chráme vznikla myšlienka krátkeho organového koncertu na úvod slávnostného zhromaždenia.



Účastníci slávnostného zhromaždenia. Foto: G. Stibrányi

maždenia. Autorom predstavenia bol sám J. Vaško, ktorý ku koncertu pridal jedinečný výklad o histórii kláštora, jeho vzácnej knižnice aj historickej záhrady. Svojím tvorivým prístupom, v ktorom spojil generalizované, ale podstatné historické fakty s rečou súčasného človeka, zmenil bežnú prehliadku na zážitok. Po presune do Jasovskej jaskyne čakalo účastníkov milé prekvapenie v podobe rôznorodej jaskyniarskej výzdoby vstupnej haly areálu, pripravené našimi kolegami z jaskyne – správcom J. Mendom, D. Süčovou a V. Herstekovou. Druhú časť podujatia otvoril riaditeľ SSJ J. Zuskin, historický príhovor mal M. Kudla, zaujímavé detaily uviedol pán Július Novotný a úvodné príhovory zakončil správca jaskyne Jozef Menda. V rámci prehliadky jaskyne správca spontánne využil prítomnosť viacerých vedcov a prieskumníkov, z ktorých mnohí v Jasovskej jaskyni strávili dlhý čas jej bádáním a skúmaním – účastníkom sa postupne prihovorili prof. M. Zacharov, M. Fulín, J. Thuróczy, P. Holúbek, Ľ. Gaál i M. Kudla, ktorí sa podelili o svoje poznatky aj vzťah k tomuto podzemnému fenoménu. Prehliadka sa tak stala, podobne ako tomu bolo v kláštore, výnimočnou príležitosťou na zoznámenie sa s faktmi v stručnej a výstižnej

forme, ale aj na prehĺbenie pocitu spolupatričnosti „jaskyniarskeho sveta“. Debaty a výmeny názorov pokračovali aj po prehliadke jaskyne a počas malého občerstvenia na terase Starého mlyna.



Prehliadka knižnice v kláštore. Foto: G. Stibrányi



Príhovor správcu Jasovskej jaskyne. Foto: G. Stibrányi



Prehliadka kláštora v Jasove. Foto: G. Stibrányi

## VÝSTAVA K STOROČNICI DEMÄNOVSKEJ JASKYNE SLOBODY

V roku 2021 sme si pripomenuli storočnicu objavenia Demänovskej jaskyne slobody, jedno z najvýznamnejších výročí slovenského jaskyniarstva. Tretieho augusta 1921 moravský učiteľ a jaskyniar Alois Král so sprievodcom z Demänovskej ľadovej jaskyne Adamom Mišúrom objavili cez suchý spodný ponor Demänovky neznáme podzemné bludisko, ktoré vzápätí vyústilo do azda najznámejšej slovenskej jaskyne, Demänovskej jaskyne slobody, alebo ako ju vtedy nazvali „Chrám slobody“.

Pri príležitosti tohto výročia pripravili Slovenské múzeum ochrany prírody a jaskyniarstva a Správa slovenských jaskýň výstavu s názvom „100 rokov objavenia Demänovskej jaskyne slobody“, prezentujúcu prírodné hodnoty jaskyne, jej históriu i význam pre cestovný ruch. Výstava pozostáva z 15 panelov, pričom prvý, úvodný, obsahuje názov výstavy a zoznam autorov. Prírodné hodnoty jaskyne predstavuje prvých šesť panelov, jej históriu, poznávanie či osobnosti ďalších sedem panelov, jeden panel je venovaný ohrozeniam a ochrane jaskýň.

Panel číslo dva návštevníkovi priblíži Demänovskú dolinu so zreteľom na jej vznik, geológiu a vodstvo. Zároveň obsahuje mapu Demänovského jaskynného systému s vyznačenou Demänovskou jaskyňou slobody. Samotný jaskynný systém bližšie predstaví tretí panel, ktorý obsahuje prehľadný dvojnásobne prevýšený bočný rez Demänovskej doliny, na ktorom možno pozorovať niekoľko jaskynných úrovní. Štvrtý panel obsahuje podrobnú mapu Demänovského jaskynného

systému. Vodstvu jaskyne je venovaný piaty panel. Návštevníkovi priblíži podzemný tok Demänovky, vodné sifóny, priesaky či podzemné jazerá jaskyne. Ďalší panel je venovaný výplniam, ktoré zdobia Demänovskú jaskyňu slobody, vrátane sintrových lekieň, jaskynných perál či aragonitu. Nasledujúci prezentuje jaskynnú faunu so zreteľom na bezstavovce. Zároveň ide o posledný panel venovaný prírodným pomerom a hodnotám jaskyne.



Z výstavy k 100-ročnému jubileu Demänovskej jaskyne slobody. Foto: P. Bella

Panel číslo osem priblíži objav jaskyne, jeho priebeh, okolnosti aj význam. Stručne prezentuje aj ďalší prieskum a objavy v prvých rokoch poznávania jaskyne. Panel obsahuje množstvo dobových fotografií. Deviaty panel je venovaný sprístupňovaniu jaskyne. Návštevník sa dozvie viac o pôvodnom vchode, ktorým do jaskyne v roku 1924 vstupovali prví návštevníci, vybavení prehladkovej trasy, elektrifikácií jaskyne či budovaní vstupného objektu. Nasledujúci panel sa zaoberá úlohou jaskyne v ces-

tovnom ruchu. Poukazuje na význam vybudovania prístupovej cesty k jaskyni, autobusovej dopravy, súvis jaskyne s lyžovaním na Chopku a prostredníctvom grafu prezentuje vývoj jej návštevnosti od sprístupnenia po súčasnosť. Jedenásty panel je venovaný objavovaniu demänovských jaskýň. Stručne konštatuje najvýznamnejšie objavy, medzi ktoré patrí Jaskyňa mieru či jaskyňa Štefanová, prostredníctvom historických fotografií približuje významné mo-

menty objavovania demänovských jaskýň. Dvanásty panel prezentuje historické mapy Jaskyne slobody vrátane jej prvej mapy z rysovacích dosiek meračov V. Adámka a J. Belzu z roku 1923. Ohrozeniu a ochrane demänovských jaskýň je venovaný trinásty panel. Zaoberá sa vytýčením chráneného územia, ohrozením jaskýň vandalizmom, výstavbou a inými antropogénnymi vplyvmi. Štrnásty panel prezentuje desať významných jaskyniarskych osobností Demänovskej doliny so stručným opisom ich pôsobenia v demänovských jaskyniach. Posledný, pätnásty panel je venovaný prezentácii historických vyobrazení Jaskyne slobody vrátane pohľadníc či poštových známok. Výstava návštevníkovi poskytuje komplexný pohľad na Demänovskú jaskyňu slobody ako súčasť Demänovského jaskynného systému a zároveň zachytáva jej vplyv na jaskyniarstvo a cestovný ruch.

Výstava bola verejnosti prezentovaná na vernisáži v priestoroch Slovenského múzea ochrany prírody a jaskyniarstva v Liptovskom Mikuláši presne v deň 100. výročia objavenia jaskyne, teda 3. augusta 2021 počas otvorenia 61. jaskyniarskeho týždňa Slovenskej speleologickej spoločnosti.

Peter Holúbek, Miroslav Kudla

## ENVIRONMENTÁLNA VÝCHOVA V ROKU 2020

Environmentálna výchova v roku 2020 silne pocítila vplyv epidémie a jej dôsledkov. Ten sa prejavil najmä výrazným skrátením sezóny väčšiny sprístupnených jaskýň a znížením počtu ich návštevníkov. Výrazne bola obmedzená aj environmentálna výchova organizovaná mimo klasických prehliadok. Prednášková činnosť sa zredukovala na minimum a výrazne sa obmedzilo a skomplikovalo aj organizovanie terénnych exkurzií, ktoré sú nosnou organizačnou formou priamej environmentálnej výchovy Správy slovenských jaskýň okrem lektorskej činnosti v sprístupnených jaskyniach.

**Tematické exkurzie.** Podujatia environmentálnej výchovy formou terénnych exkurzií boli už tradične venované tematike významných environmentálnych dní. Podobne ako po minulé roky, aj teraz sme si pripomenuli Medzinárodný deň mokradí, ktorý pripadá na 2. február. Pri tejto príležitosti sme v jaskyni Domica uskutočnili dve tematické exkurzie pre študentov stredných škôl s cieľom predstaviť jaskyňu ako významnú mokraď a citlivý ekosystém so zreteľom na jaskynnú faunu. Výber jaskyne Domica nie je náhodný, keďže ide



Prednáška o ľadových jaskyniach na Slovensku v informačnom centre pod Dobšinskou ľadovou jaskyňou 29. 9. 2020. Foto: S. Plutová

o ramsarskú lokalitu. Tematicky podobne bol orientovaný aj výchovno-vzdelávací obsah podujatí venovaných Svetovému dňu vody, ktorý pripadá na 22. marca. Pri tejto príležitosti sme uskutočnili dve tematické exkurzie v Demänovskej doline. Ich súčasťou bola návšteva

Demänovskej jaskyne slobody a povrchová exkurzia vedená od Lúčok až k parkovisku Demänovskej ľadovej jaskyne pozdĺž riečiska Demänovky. Obsahovo boli obidve podujatia venované významu vody v krase; vodu sme predstavili ako činiteľa pri vzniku krasových



jaskýň, ich výplní a tiež jej význam pre život jaskynnej fauny. Na prvom podujatí sa zúčastnili študenti biológie na vysokej škole, na druhom žiaci základnej školy. Protiepidemické opatrenia spôsobili, že ďalšie tematické exkurzie sa uskutočnili až pri príležitosti Medzinárodného dňa jaskýň a krasu, ktorý pripadá na 6. jún. Gymnazisti z Košíc navštívili koncom júna jaskyňu Domicu a absolvovali povrchovú exkurziu na lokalite Domické škrapy a časti náučného chodníka medzi Domicou a Baradlou. So žiakmi základnej školy z Liptovského Mikuláša sme vystúpili na Poludnicu. S turistickým krúžkom z Ružomberka sme vystúpili na Hrdošnú skalú pri Komjatnej, kde sme prezentovali pozíciu jaskýň v ľudových povestiach, fenomén hľadačov pokladov a ich prínos pri poznávaní jaskýň. Medzinárodný deň Zeme, ktorý pripadá na 22. apríla a ktorému tradične venujeme najviac podujatí, sa v tomto roku pre protiepidemické opatrenia niesol v duchu prednášok cez internet v podmienkach dištančného vyučovania.

Aj v roku 2020 sme sa spolupodieľali na realizácii podujatia Jaskyniarske leto, organizované prevádzkou Stanišovskej jaskyne. Počas letných prázdnin sme uskutočnili štyri

terénne exkurzie, pričom sme navštívili Stanišovskú jaskyňu, Domicu, Španiu dolinu a Važecký kras. Účasť stáleho jadra účastníckej základne nám umožnila obsahovú nadväznosť jednotlivých exkurzií.

Po dobrom ohlase z predchádzajúceho roka sme opäť zorganizovali dve terénne exkurzie pre sprievodcov, tentoraz pre brigádnikov z Demänovskej ľadovej jaskyne a Dobšinskej ľadovej jaskyne. Účasť sprievodcov na exkurzii bola dobrovoľná a v ich voľnom čase. So sprievodcami z Demänovskej ľadovej jaskyne sme navštívili jaskyňu Okno, so sprievodcami z Dobšinskej ľadovej jaskyne jej neprístupné kvapľové časti. Prebrali sme témy, ktorými môžeme rozšíriť či upraviť svoje sprievodné slovo, ale aj možnosti a spôsoby interpretácie vybraných tém, s ktorými sa počas sprevádzania stretávajú.

**Prednášková činnosť.** Epidémia a opatrenia s ňou súvisiace výrazne obmedzili možnosť spolupráce so školami. Klasická prednášková činnosť sa v roku 2020 s výnimkou dvoch podujatí prakticky nevykonávala a nahradili ju prednášky cez internet, najmä počas dištančného vyučovania. Takýchto prednášok sme v roku 2020 uskutočnili 11. Hoci táto forma

envirovýchovy poskytla čiastočnú náhradu za absenciu klasických prednášok, považujeme ju za núdzové riešenie a len čo to situácia umožní, upustíme od nej. Témy prednášok najčastejšie súviseli s Medzinárodným dňom Zeme a Medzinárodným rokom jaskýň a krasu. Dve prednášky boli venované expedícii slovenských jaskyniarov na ostrov Sachalin a ostatné boli na vyžiadanie jednotlivých učiteľov s tematikou prispôbenou cieľovej skupine.

**Envirovýchovné podujatia pri príležitosti 150. výročia objavenia Dobšinskej ľadovej jaskyne.** V roku 2020 sme si pripomenuli 150. výročie objavenia Dobšinskej ľadovej jaskyne, ktoré pripadá na 22. júna. Enviroakcie venované tejto udalosti sa realizovali až v septembri. Pri tejto príležitosti sme uskutočnili dve internetové prednášky pre základnú a strednú školu venované histórii objavenia jaskyne a ľadovým jaskyniam Slovenska. Koncom septembra sme so žiakmi základnej školy v Dobšinej navštívili jubilujúcu jaskyňu, následne uskutočnili prednášku o jej objavení a prírodných hodnotách v informačnom centre pod jaskyňou. Podujatie bolo zorganizované v spolupráci s Maticou slovenskou.

Miroslav Kudla

## NÁVŠTEVNOSŤ SPRÍSTUPNENÝCH JASKÝŇ NA SLOVENSKU V ROKU 2020

Jaskyne v prevádzke ŠOP SR, Správy slovenských jaskýň	Mesiac												SPOLU
	Január	Február	Marec	Apríl	Máj	Jún	Júl	August	September	Október	November	December	
Belianska jaskyňa	3 749	4 765	1 333	0	0	2 598	23 514	25 047	8 400	194	0	0	<b>69 600</b>
Brestovská jaskyňa	453	757	234	0	0	301	2 277	2 235	1 301	0	0	0	<b>7 558</b>
Bystrianska jaskyňa	824	1 246	727	0	0	869	7 124	8 432	2 134	12	0	0	<b>21 368</b>
Demänovská jaskyňa slobody	5 165	6 497	2 004	0	0	2 612	19 626	21 944	6 315	158	0	0	<b>64 321</b>
Demänovská ľadová jaskyňa	0	0	0	0	0	1 922	17 994	19 496	4 939	0	0	0	<b>44 351</b>
Dobšinská ľadová jaskyňa	0	0	0	0	0	2 562	21 861	26 944	5 651	0	0	0	<b>57 018</b>
Domica	0	461	288	0	0	1 001	7 777	9 282	1 597	4	0	0	<b>20 410</b>
Driny	0	0	0	0	0	1 227	9 554	11 663	2 556	0	0	0	<b>25 000</b>
Gombasecká jaskyňa	0	0	0	0	0	508	4 601	5 786	919	16	0	0	<b>11 830</b>
Harmanecká jaskyňa	0	0	0	0	0	841	6 670	8 195	1 456	7	0	0	<b>17 169</b>
Jasovská jaskyňa	0	0	0	0	0	761	4 697	5 595	1 335	2	0	0	<b>12 390</b>
Ochtinská aragonitová jaskyňa	0	0	0	0	0	1 295	11 625	13 994	2 742	53	0	0	<b>29 709</b>
Važecká jaskyňa	0	487	196	0	0	575	4 393	5 355	1 108	15	0	0	<b>12 129</b>
<b>SPOLU</b>	<b>10 191</b>	<b>14 213</b>	<b>4 782</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>17 072</b>	<b>141 713</b>	<b>163 968</b>	<b>40 453</b>	<b>461</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>392 853</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	2 527	3 433	1 255	0	3 096	6 671	22 637	24 943	7 938	1 459	353	925	<b>75 237</b>
Jaskyňa mŕtvych netopierov	0	0	0	0	53	144	1 082	1 173	255	69	0	0	<b>2 776</b>
Krásnohorská jaskyňa	0	0	0	0	0	148	469	8	0	0	0	0	<b>625</b>
Malá Stanišovská jaskyňa	310	618	227	0	0	729	3 164	3 554	1 017	220	0	67	<b>9 906</b>
Morské oko	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
Zlá diera	0	0	0	0	0	159	380	589	235	0	0	0	<b>1 363</b>
<b>SPOLU</b>	<b>2 837</b>	<b>4 051</b>	<b>1 482</b>	<b>0</b>	<b>3 149</b>	<b>7 851</b>	<b>27 732</b>	<b>30 267</b>	<b>9 445</b>	<b>1 748</b>	<b>353</b>	<b>992</b>	<b>89 907</b>

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

## 85-ročné jubileum doc. RNDr. Jozefa JAKÁLA, DrSc.

Doc. Jozef Jakál sa dlhoročnou cieľavedomou a tvorivou činnosťou stal významnou osobnosťou slovenskej krasovej geomorfológie a jaskyniarstva. Od času, keď sa narodil 28. novembra 1936 v Bystričanoch na Hornej Nitre, uplynulo už 85 rokov. Pri jeho predchádzajúcich životných jubileách stránky časopisov *Slovenský kras* i *Aragonit*, v redakčných radách ktorých doteraz pôsobil, priniesli jeho základné biografické údaje i súborný faktografický prehľad jeho bohatej výskumnej i organizáčnej činnosti (naposledy v *Slovenskom krase* 54/2 z roku 2016).

Z hodnotných výsledkov jeho výskumu treba pripomenúť najmä geomorfologickú analýzu krasu Silickej planiny v Slovenskom krase, morfoštruktúrnu typológiu krasu na Slovensku, rozbor krasovej krajiny ako špecifického prírodného geosystému, súbornú charakteristiku poljí a paleopoljí (pôvodne opisovaných ako krasových priehlbni) a krasových dolín v Západných Karpatoch, ako aj analýzu a komparáciu planinového krasu či vývoj Slovenského krasu v netektonickej fáze vývoja Západných Karpát (viaceré významné štúdie publikované najmä v *Geografickom časopise* a zborníku *Slovenský kras*). V rámci západokarpatskej geomorfológie výrazne doplnil poznatky o krasovom reliéfe, najmä v planinovom krase. Z environmentálneho hľadiska komplexne analyzoval a zhodnotil krasovú krajinu z hľadiska jej zraniteľnosti, možností racionálneho využívania, súčasných geomorfologických procesov i prírodných hrozieb.

Jubilant bol dlhoročným zostavovateľom a predsedom redakčnej rady zborníka *Slovenský kras* (od roku 2008 vychádza ako časopis), pričom precízne dbal o udržiavanie a postupné zvyšovanie jeho vedeckej úrovne s preferovaním originálnych štúdií a vedeckých správ z výskumu krasu a jaskýň na Slovensku. Jeho vysokú odbornosť zameranú na výskum a ochranu krasu uznávali a naďalej uznávajú mladší výskumníci i širšie vedecké kruhy. Doteraz sa pri zostavovaní a vydávaní *Slovenského krasu* nadväzuje na trend, ktorý už pred viac ako 50 rokmi začal zavádzať J. Jakál.

Od roku 1962 pracoval J. Jakál na Geografickom ústave SAV v Bratislave, predtým od roku 1960 ako stredoškolský učiteľ v Spišskej Novej Vsi. V roku 1970 sa stal riaditeľom novovytvorenej Správy slovenských jaskýň v Liptovskom Mikuláši. Napriek tomu, že do návratu na Geografický ústav SAV v roku 1973 zastával túto funkciu iba tri roky, začal v praxi presadzovať a realizovať širší zámer rozvoja správy nad rámec prevádzky sprístupnených jaskýň. Na tento komplexnejší zámer rozvoja organizácie nadviazali jeho nasledovníci, najmä od polovice 90. rokov minulého storočia pri dobudovaní obnovenéj Správy slovenských



jaskýň. Aj v tom čase, keď J. Jakál naďalej aktívne pôsobil na Geografickom ústave SAV, dokonca ako zástupca riaditeľa (1990 – 1998), sme ním konzultovali viaceré otázky rozvoja slovenského jaskyniarstva týkajúce sa najmä napredovania vedeckého výskumu a jeho praktických aplikácií pri ochrane krasu a jaskýň. Pracovné stretnutia boli zväčša spojené s našimi početnými rokovaniami na Ministerstve životného prostredia Slovenskej republiky, ktoré po svojom vzniku sídlilo v blízkosti Geografického ústavu SAV.

Jozef Jakál rôznymi formami aktívne prispieval k výchove mladších vedeckých pracovníkov i dobrovoľných jaskyniarov, najmä zostavením knižnej publikácie *Praktická speleológia*, ktorá vyšla v roku 1984 a dodnes je dôležitým zdrojom poznatkov pre slovenských speleológov. Ďalej to boli početné prednášky vrátane prvých ročníkov speleologickej školy organizovanej Slovenskou speleologickou spoločnosťou v Gbeľanoch či interných odborných seminárov Správy slovenských jaskýň, ako aj vedenie a posudzovanie mnohých kvalifikačných prác. Už počas vysokoškolského štúdia boli pre mňa veľmi prospešné odborné konzultácie u J. Jakála súvisiace s posudzovaním a úpravou mojich prvých článkov zadaných do *Slovenského krasu* (priamo v jeho kancelárii na Geografickom ústave SAV). Ako študenta fyzickej geografie ma zaujali aj jeho prednášky z kvartérnej geomorfológie a ďalej podnietili môj hlbší záujem o výskum krasu a jaskýň. Následne mi bol konzultantom diplomovej práce i školiteľom pri spracovávaní dizertačnej práce v rámci doktorandského štúdia, za čo mu aj s odstupom času patrí veľká vďaka.



Počas návštevy v Bystričanoch v januári 2017, zľava Ľudovít Gaál, Peter Holúbek a Jozef Jakál. Foto: P. Bella

Správa slovenských jaskýň požiadala J. Jakála o spoluprácu aj pri zostavovaní a spracovávaní známej populárno-náučnej knižnej publikácie o jaskyniach svetového dedičstva na Slovensku. Jej slovenská verzia vyšla v roku 2005, anglická verzia vydaná v roku 2008 sa doteraz sa využíva na prezentáciu našich jaskýň v zahraničí. Širšia verejnosť u nás ho pozná i ako zostavovateľa obrazovo-textovej publikácie *Jaskyne a jaskyniari* z roku 1987. Do histórie slovenského jaskyniarstva sa zapísal aj tým, že v rokoch 1969 – 1970 bol predsedom a v rokoch 1971 – 1989 podpredsedom Slovenskej speleologickej spoločnosti.

S jeho odchodom z Geografického ústavu SAV v roku 2013 na zaslužený dôchodok do značnej miery a na dlhší čas ustúpil, až sa u nás takmer vytratil súbornejší geomorfologický výskum povrchových foriem krasového reliéfu. Doteraz čerpáme z množstva poznatkov zahrnutých v početných publikáciách nášho jubilanta, pričom naďalej stúpa počet citačných ohlasov na jeho plodnú a prospešnú publikačnú činnosť.

V posledných rokoch mu jeho vysoký vek už neumožňuje častejšie cestovať do Liptovského Mikuláša či iných miest Slovenska, kde viac-menej pravidelne organizujeme konferencie či iné jaskyniarske podujatia. Predtým sa ich pravidelne aktívne zúčastňoval, jeho prítomnosť bola vždy prínosom a podnetom na ďalšiu tvorivú činnosť. Príležitostne sa s ním stretávame v jeho rodných Bystričanoch, kde sa vrátil po dlhoročnom pobyte v Bratislave späť s jeho pôsobením na Geografickom ústave SAV.

S menom Jozefa Jakála sa spájajú a neustále budú spájať vznik, prvotný rozvoj a nastolenie trendu ďalšieho rozvoja Správy slovenských jaskýň ako špecializovanej odbornej organizácie, ale aj rozvoj slovenskej krasovej geomorfológie a environmentálnych štúdií krasovej krajiny. Za dlhoročnú aktívnu organizačnú i odbornú činnosť sa stal čestným členom Slovenskej speleologickej spoločnosti. Bývalé Ústredie štátnej ochrany prírody v Liptovskom Mikuláši mu udelilo pamätnú medailu za zásluhy o ochranu prírody.

Počas svojho dlhoročného pôsobenia na Geografickom ústave SAV (48 rokov) sa J. Jakál tvorivo zapájal aj do riešenia množstva ostatných vedecko-výskumných úloh a projektov, pedagogických i organizačných aktivít v rámci slovenskej geomorfológie a geografie (je čestným členom Slovenskej geografickej spoločnosti pri SAV, Karpato-balkánskej geomorfologickej komisie, zakladajúci predseda Asociácie slovenských geomorfológov pri SAV). Za jeho tvorivú vedeckú činnosť mu Slovenská akadémia vied udelila striebornú a zlatú plaketu Dionýza Štúra.

Do ďalších rokov života jubilantovi v mene slovenských jaskyniarov, geomorfológov a geografov, ako aj širšej odbornej verejnosti prajeme veľa zdravia, šťastia a osobnej pohody.

## Životné jubileum Ing. Petra GAŽÍKA

V roku 2021 sa náš kolega Ing. Peter Gažík, dlhoročný zamestnanec Správy slovenských jaskýň v Liptovskom Mikuláši, dožil významného životného jubilea. Svojím iniciatívnym a tvorivým prístupom výrazne prispel najmä k zavádzaniu informačných systémov do činnosti našej organizácie, rozvoju projektovej činnosti, ako aj k rozvoju environmentálnej výchovy a medzinárodnej spolupráce s jaskyniarskymi organizáciami.

Narodil sa 16. 9. 1961 v Žiline. Po skončení gymnázia v Prievidzi pokračoval v rokoch 1980 – 1984 vo vysokoškolskom štúdiu na Lesníckej fakulte Vysokej školy lesníckej a drevárskej vo Zvolene, odbor lesné inžinierstvo. Vysokoškolské štúdium si doplnil v rokoch 1993 – 1996 na Fakulte prírodných vied Univerzity Mateja Bela v Banskej Bystrici, odbor geografické informačné systémy.

Po absolvovaní základnej vojenskej služby nastúpil v roku 1984 do Lesoprojektu Zvolen, pobočka Žilina, pracovisko Ružomberok, na pozíciu samostatného projektanta hospodárskej úpravy lesov, kde pracoval do roku 1988. V rokoch 1988 – 1989 pôsobil na Ústave ekológie lesa SAV vo Zvolene. Následne bol v rokoch 1989 – 1990 zamestnaný vo Výskumnom ústave ovocných a okrasných drevín v Bojniciach ako samostatný projektant pre krajinárske úpravy. V rokoch 1991 – 1992 pracoval v Lesoprojekte Zvolen, pobočka Žilina ako samostatný projektant špeciálnych lesníckych prieskumov. Následne v rokoch 1992 – 1996 vykonával funkciu krajinného ekológa na Okresnom útvare územného rozvoja a architektúry v Liptovskom Mikuláši, ktorý sa pretransformoval na pracovisko Slovenskej agentúry životného prostredia.

Na Správu slovenských jaskýň nastúpil v roku 1996. V rámci budovania novozriadenej úseku ochrany jaskýň sa začal zaoberať problematikou tvorby geografického informačného systému o jaskyniach a environmentálnych aplikácií pri zabezpečovaní ochrany jaskýň. V roku 1998 sa spolu so zástupcami Slovenskej agentúry životného prostredia v Banskej Bystrici zúčastnil študijného pobytu v USA (Washington D. C., Kansas) zameraného na využívanie geografických informačných systémov v ochrane prírody a životného prostredia.

Koncom 90. rokov sa podieľal na príprave nominačného jaskyne na zaradenie Dobšinskej ľadovej jaskyne do svetového prírodného dedičstva (na základe rozšírenia lokality Jaskyne Slovenského a Aggteleckého krasu zapísanej do svetového dedičstva v roku 1995). Následne spolupracoval pri aktualizácii hraníc a zostavovaní správ o stave a starostlivosti o jaskyne svetového dedič-



Príhovor Petra Gažíka na kongrese ISCA na Bermudách v roku 2006 k nominácii Slovenska na usporiadanie nasledujúceho kongresu. Foto: P. Bella

stva na Slovensku. V roku 2004 sme sa spolu aktívne zúčastnili medzinárodného fóra *Kras a svetové dedičstvo v Európe*, ktorý sa konal v Slovinsku (Lipica).

Už predtým sa v roku 2002 stal vedúcim novovytvoreného oddelenia výskumu, monitoringu a dokumentácie jaskýň v rámci úseku ochrany jaskýň po rozšírení pôsobnosti Správy slovenských jaskýň na všetky jaskyne na Slovensku. Na základe výzvy Japonskej agentúry pre medzinárodnú spoluprácu (JICA) sa aktívne zapojil do projektu zameraného na environmentálnu ochranu jaskýň, v rámci ktorého sme na správu získali nové prístroje na klimatický a hydrologický monitoring jaskýň a modernú počítačovú techniku. Zabezpečoval aj program pre japonských expertov počas ich opakovaného pobytu na Slovensku. V roku 2002 sa zúčastnil študijnej cesty po vybraných krasových územiach a jaskyniach Japonska vrátane Okinavy. Ďalej koordinoval a zabezpečoval tvorbu digitálnej meračskej a mapovej dokumentácie jaskýň, spolupracoval pri projektovaní ochranných pásiem jaskýň, zaoberal sa aj problematikou hodnotenia významnosti našich jaskýň pre účely ochrany prírody.

Po organizačnej zmene v roku 2014 sa stal vedúcim informačno-prezentačného odboru, ktorý sa neskôr premenoval na úsek informačnej podpory jaskýň. V posledných rokoch z postu vedúceho úseku organizačne zabezpečuje a koordinuje inováciu náučných chodníkov k sprístupneným jaskyniam, ino-

váciu a dotváranie expozícií a stálych výstav v ich vstupných areáloch, slávnostné podujatia k významným výročiam sprístupnených jaskýň, ako aj vydávanie propagačných a populárno-náučných tlačovín o sprístupnených jaskyniach, naďalej aj prípravu mapových podkladov pre ochranné pásma jaskýň a odborné stanoviská a hodnotenia. Veľkou mierou sa podieľa na tvorbe a aktualizácii www-stránky Správy slovenských jaskýň. Zapájal sa aj do riešenia problematiky prenehávanía jaskýň do nájmu vrátane prislúchajúcich návrhov úprav zákona NR SR č. 4534/2002 o ochrane prírody a krajiny v znení neskorších predpisov.

Popri funkcii vedúceho oddelenia výskumu, monitoringu a dokumentácie jaskýň a neskôr vedúceho odboru, resp. úseku informačnej podpory jaskýň úspešne vykonával a naďalej vykonáva činnosti v rámci prípravy, koordinácie a realizácie projektov hradených zo zdrojov Európskej únie (štrukturálne fondy, Interreg) i Environmentálneho fondu. Od roku 2004 úspešne viedol, resp. veľkou mierou sa zaslúžil o zdarné ukončenie viac ako 25 projektov zameraných najmä na rekonštrukciu technickej infraštruktúry sprístupnených jaskýň (inštalácia environmentálne vhodnejších materiálov, znižovanie spotreby elektrickej energie, náhradné zdroje elektrického osvetlenia jaskýň a pod.), praktickú starostlivosť o jaskyne a ich ochranu (uzatváranie a čistenie jaskýň, monitoring a inventarizačný výskum jaskýň) – prehľad týchto projektov je uvedený v Aragonite 26/1. Okrem koncepčného a tvorivého prístupu táto činnosť zahŕňa aj množstvo administratívno-technickej agendy, spracováanej veľakrát v časovom strese (v naliehavých prípadoch aj v neskorých až nočných hodinách). Podľa vecného zamerania projektov pri ich príprave a realizácii úzko spolupracoval s príslušnými odborníkmi z ostatných úsekov Správy slovenských jaskýň a centra Štátnej ochrany prírody Slovenskej republiky v Banskej Bystrici.

V rámci projektov sa riešili viaceré problémy prevádzky sprístupnených jaskýň, ale aj na iných úsekoch Správy slovenských jaskýň. V oblasti informatiky P. Gažík inicioval projekt integrovaného informačného systému jaskýň zahrnujúci nákup servera organizácie a viacerých softvérových modulov (napr. neštruktúrovaná databáza dokumentov, rozhodnutí a vyjadrení s ich prepojením na jaskyne na uľahčenie krížového vyhľadávania), sieťový geografický informačný systém prepojený na centrálnu databázu jaskýň, program na prípravu a odpočet ročných plánov hlavných úloh organizácie a iné. Najmä z jeho iniciatívy sa v súčinnosti s ďalšími kolegami z úseku ochrany jaskýň zaviedol tzv. integrovaný monitorovací systém jaskýň, ktorý v teréne

zaznamenáva klimatické a hydrologické údaje a automaticky ich zasiela do centrálnej databázy v Liptovskom Mikuláši. Išlo o dôležité úlohy v napredovaní činnosti Správy slovenských jaskýň. Pritom sa finančné prostriedky investovali do zariadení a objektov, ktoré umožnili skvalitnenie a ďalší dlhodobější rozvoj činností našej organizácie. Pri príprave a realizácii projektov vždy dbal, aby boli prospešné pre ochranu a rozvoj našich jaskýň a pritom sa eliminovali akékoľvek vplyvy klientelizmu.

V rámci medzinárodnej spolupráce sa dlhodobo angažuje v prehľbovaní spolupráce s Medzinárodnou asociáciou sprístupnených jaskýň (ISCA). V roku 1998 sa zúčastnil kongresu ISCA v Taliansku (Santandri, Sardínia), v roku 2002 v Slovinsku (Postojna). Na ďalšom kongrese, ktorý sa konal v roku 2006 na Bermudách (Crystal Caves, Fantasy Caves), bol zvolený do správnej rady ISCA. Túto funkciu vykonáva dodnes. Patril medzi hlavných organizátorov 6. celosvetového kongresu sprístupnených jaskýň, ktorý organizovala v roku 2010 Správa slovenských jaskýň v Demänovskej doline. Rok pred týmto kongresom pripravil zasadnutie správnej rady ISCA v Liptovskom Mikuláši. Na základe záverov 6. kongresu ISCA zabezpečil tvorbu jej novej www-stránky. Ďalšieho kongresu sa zúčastnil v roku 2018, opäť v Taliansku (Genga, Grotte di Frasassi), v mieste založenia ISCA a sídla jej sekretariátu. Medzi kongresmi sa zúčastnil viacerých konferencií, mítingov a workshopov venovaných sprístupneným jaskyniam – v rokoch 2000 (Tonglu, Yaolin, Čína), 2001 (Frosinone, Taliansko), 2004 (Genga, Grotte di Frasassi, Taliansko), 2008 (Toulouse, Francúzsko), 2016 (Muscat, Al Hoota, Omán) a 2017 (Grottes de Han, Belgicko). Zúčastnil sa aj 19. konferencie Australoázijskej asociácie pre manažment krasu a jaskýň (ACKMA), ktorá sa konala v roku 2011 v Ulverstone (Tasmánia). Počas pobytu v Austrálii navštívil aj viaceré sprístupnené jaskyne vo zväzových štátoch New South Wales a Victoria. Získané poznatky sa snažil aplikovať v našich podmienkach.

V rámci aktivít Medzinárodnej speleologickej únie (UIS) sa zúčastnil troch medzinárodných speleologických kongresov – v rokoch 2001 (Brazília F. D., Brazília), 2005 (Atény, Kalamos, Grécko) a 2013 (Brno, Česká republika). V rámci programu 16. medzinárodného speleologického kongresu, ktorý sa konal v susednej Českej republike, sa veľkou mierou pričínil o úspešný priebeh pokongresovej exkurzie po vybraných sprístupnených jaskyniach na Slovensku. Zúčastnil sa aj medzinárodného podujatia EuroSpeleo Forum 2018 v Rakúsku (Ebensee), ktoré organizovala Európska speleologická federácia (FSE).

P. Gažík je dlhoročným členom redakčnej rady časopisu Aragonit, ktorý začala vydávať Správa slovenských jaskýň v roku 1996. Spo-



Peter Gažík v nesprístupnenej časti Dobšinskej ľadovej jaskyne, september 2021. Foto: M. Kudla



Pred vchodom do jaskyne Zápoľná v zime 2002. Foto: P. Bella

lu sme zostavili zborník zo 6. kongresu ISCA, ktorý vyšiel v roku 2011. Spolupracoval pri zabezpečovaní viacerých vedeckých konferencií *Výskum, využívanie a ochrana jaskýň*, najmä keď zastával funkciu vedúceho oddelenia výskumu, monitoringu a dokumentácie jaskýň. Podieľal sa aj na organizovaní 2. medzinárodného workshopu o ľadových jaskyniach (IWIC-II) v roku 2006 na Slovensku. Iniciatívne sa zapája aj do výpomocných manuálnych prác pri zabezpečovaní starostlivosti o jaskyne, najmä v sprístupnených jaskyniach s ľadovou výplňou.

Peter, som rád, že si pred 25 rokmi prijal ponuku zamestnať sa na Správu slovenských jaskýň a výrazne si prispel k aktivizácii a rozšíreniu jej činností ako odbornej organizácie ochrany prírody, do roku 2007 v priamom riadení Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky a od roku 2008 ako organizačnej zložky Štátnej ochrany prírody Slo-

venskej republiky. Tvoje meno možno s vďakou priradiť k mnohým dôležitým úlohám a udalostiam v dosť bohatej historiografii Správy slovenských jaskýň (zrekapitulovanej v časopise Aragonit 26/1). Tvoja angažovanosť a iniciatíva bola nevyhnutná a dôležitá, aby sa úspešne zrealizovali.

V mene terajších i bývalých kolegov zo Správy slovenských jaskýň Ti do ďalších rokov života želáme veľa šťastia, zdravia, pracovnej i osobnej pohody. Veríme, že spolu vykonáme ešte množstvo užitočných úloh a prác pre naše vzácne jaskyne, ktoré si to určite zaslúžia.

Pavel Bella

Keď som v roku 2002 prestúpil na Správu slovenských jaskýň, medzi mnohými oddanými jaskyniarimi som spoznal lesného inžiniera Petra Gažíka. Je to jaskynný lesák – opýtal som sa kolegov. Čoskoro však som v ňom objavil človeka, ktorý sa svojou rozvážnosťou, pokojnou povahou, pracovitosťou a ochotou pridať sa k užitočnej veci stal kľúčovým pracovníkom organizácie. Pamätám sa, ako čerstvý zamestnanec som sa s obavami obrátil naňho o pomoc pri komplikovenejších počítačových úkonoch. Petrova ochota ma prekvapila. Prišla nezištna, bez jediného slova. Hoci to boli výlučne moje povinnosti. Neskôr sa podobné prípady často opakovali: mapy ochranných pásiem jaskýň, hraníc a poloh jaskýň svetového dedičstva, mapy do monografie Domica-Baradla, napasovanie GIS máp na maďarský systém v prihraničnej oblasti, HUSK projekty atď., atď.

Peter však prekvapil aj ďalších kolegov, keď v roku 2006 nielen nakreslil mapu ochranného pásma Ponickéj jaskyne, ale dokázal celý deň odčerpávať vodu zo sifónu, aby sme mohli zamerať ďalšie časti riečnej chodby. Bolo totiž treba Banskému úradu dokázať, že jaskyňa skutočne zasahuje do dobývacieho priestoru vápenca na území navrhovaného ochranného pásma. Z jaskyne sme sa vrátili do kostí premočení a premrznutí. Peter sa však ochotne k nám pridal aj vtedy, keď bolo treba posilniť strážnu službu v Demänovskej doline alebo zachráňovať Brestovskú jaskyňu pred snahami bezohľadného klientelizmu. Vždy stál na strane spravodlivosti, čistoty a dobrej veci, na strane Správy slovenských jaskýň. V práci či v legendárnej Pofovnickej reštaurácii do neskorých večerných hodín dokáže hľadať najvhodnejšie riešenie pre našu organizáciu.

Milý Peter, aj ja sa pripájam ku gratulantom z radov jaskyniarov, kolegov a priateľov. Vykonal si pre nás mnoho užitočných vecí, často si nám naznačil správnu cestu, za čo Ti patrí veľká vďaka. Želám Ti málo stresov v robotě, pohodu v kruhu rodiny, radosť zo života a veľa pekných jaskyniarskych zážitkov. Ad multos annos!

Ludo Gaál