

SLOVENSKÝ KRAS

ACTA CARSOLOGICA SLOVACA

ROČNÍK 54
ČÍSLO 2



2016

Liptovský Mikuláš

SLOVENSKÝ KRAS
ACTA CARSOLOGICA SLOVACA

Vedecký karsologický a speleologický časopis

Časopis vychádza dvakrát ročne

Evidenčné číslo: EV 3878/09

ISSN 0560-3137

Editor / Editor

doc. RNDr. Pavel Bella, PhD.

Výkonný redaktor / Executive Editor

Ing. Peter Holúbek

Redakčná rada / Editorial Board

Predseda / Chairman

doc. RNDr. Zdenko Hochmuth, CSc.

Členovia / Members

doc. RNDr. Pavel Bella, PhD., prof. RNDr. Pavel Bosák, DrSc., RNDr. Václav Cílek, CSc., RNDr. Ľudovít Gaál, PhD., Dr. hab. Michał Gradziński, Ing. Jozef Hlaváč, Ing. Peter Holúbek, doc. RNDr. Jozef Jakál, DrSc., RNDr. Vladimír Košel, CSc., doc. RNDr. Ľubomír Kováč, CSc., acad. prof. Dr. Andrej Kranjc, Ing. Marcel Lalkovič, CSc., RNDr. Peter Malík, CSc., doc. Mgr. Martin Sabol, PhD., PhDr. Marián Soják, PhD., prof. Ing. Michal Zacharov, CSc.

Recenzenti / Reviewers

prof. RNDr. Pavel Bosák, RNDr. Anna Ďurišová, DrSc., RNDr. Ľudovít Gaál, PhD., Dr. Hab. Michał Gradziński, doc. RNDr. Zdenko Hochmuth, CSc., doc. RNDr. Jozef Michalík, DrSc., doc. RNDr. Ján Soták, DrSc., Mgr. Csaba Tóth, PhD.

OBSAH – CONTENTS

ŠTÚDIE A VEDECKÉ SPRÁVY – SCIENTIFIC PAPERS

<i>Ludovít Gaál:</i> Litológia karbonátových hornín Demänovského jaskynného systému <i>Lithology of carbonate rocks of Demänová Cave Systeme</i>	109
<i>Monika Orvošová, Stanislava Milovská, Tomáš Mikuš, Ján Šmol, Gabriela Majerníčková, Igor Karkošiak:</i> Sintre zafarbené kovovými iónmi v Modrej jaskyni, Nízke Tatry, Slovensko <i>Flowstones colored by metal ions in the Blue Cave, Nízke Tatry Mts., Slovakia</i>	131
<i>Tomáš Potočný, Tamás Csibri, Alexander Lačný:</i> Genéza závtov vplyvom tektoniky – oblasť Dlhého vrchu (Malé Karpaty, Kuchansko-orešanský kras) <i>The genesis of sinkholes influenced by tectonics – area of the Dlhý vrch hill (Malé Karpaty Mts., Kuchyňa-orešany Karst)</i>	139
<i>František Teták:</i> Rezy sedimentárnou výplňou kaverny v Tureckom vrchu, Slovensko <i>Sections through cave sedimentary filling in Turecký vrch hill, Slovakia</i>	149
<i>Peter Holúbek, Peter Laučík, Pavel Herich, Michal Danko:</i> Nová Stanišovská jaskyňa, nové speleologické objavy a poznatky z hydrologického prieskumu <i>The Nová Stanišovská Cave, the new speleological findings and knowledges of the hydrological research</i>	159
<i>Tomáš Čeklovský, Martin Sabol, Ján Obuch, Radoslav Beňuš, Hervé Bocherens, Miriam Nývltová Fišáková, Marianna Kováčová:</i> Prepoštská jaskyňa – predbežné výsledky paleozoologického výskumu <i>Prepoštská Cave – Preliminary results of paleozoological research</i>	167
SPOLOČENSKÁ KRONIKA – SOCIAL CHRONICLE	
<i>Pavel Bella, Ludovít Gaál:</i> K osemdesiatke doc. RNDr. Jozefa Jakála, DrSc.	193



SLOVENSKÝ KRAS ACTA CARSOLOGICA SLOVACA	54/2	109 – 129	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2016
--	------	-----------	------------------------

ŠTÚDIE A VEDECKÉ SPRÁVY – SCIENTIFIC PAPERS

LITOLÓGIA KARBONATICKÝCH HORNÍN DEMÄNOVSKÉHO JASKYNNÉHO SYSTÉMU

LUDOVÍT GAÁL

Štátna ochrana prírody SR – Správa slovenských jaskýň, Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš,
ludovit.gaal@ssj

L. Gaál: Lithology of carbonate rocks of Demänová Cave System

Abstract: Some new knowledge was obtained by microfacial analysis of rocks of the Demänová Cave System. Almost a half part of the cave system is developed in Middle Triassic Ramsau Dolomite, the rest part in limestone and dolomite of Gutenstein Formation. In crinoidal-brachiopodal limestone bed of Gutenstein Formation Anisian age was proved by Foraminifera. In prevailed part of Gutenstein Formation dominated micrite and microsparite with poor fauna mainly bioclasts of Ostracoda, Echinodermata, less frequently Foraminifera and thin shell of Lamellibranchiata. Sedimentation of soft lime mud overshot in quiet conditions of subtidal zone in anoxic and hypersaline environs with the control of microbial organisms which are able to disintegrate organic material by the anaerobe way. Anoxic mud sediments were occasionally changed by light microsparite deposit of oxidative environs. Great part of Ramsau Dolomite is recrystallized but sporadically the original micrite or microsparite is preserved with the phantoms of intraclasts and bioclasts. Also syndimentary microbreccia and breccia singleness with pebbles of dolomite is uncovered in the cave wall. The dolomite complex includes also a dolomitic limestone bed of the biointrasparite (grainstone) with rounded bioclasts and intraclasts which overcame the transport of lime grain probably in distal part of carbonate ramp. Sporadically the cherts occur in dolomite which consists of siliceous material with spiculae of Silicea (Porifera).

Key words: Gutenstein Formation, Ramsau Dolomite, microfacial analysis, mikrite, microsparite, microbreccia, Foraminifera, Crinoidea, Silicea

ÚVOD

Demänovský jaskynný systém s celkovou dĺžkou 40 471 m je v súčasnosti najdlhšou jaskyňou Slovenska (Herich a Holúbek, 2015) a ako typický príklad rozsiahleho alogénneho podzemného systému je často uvádzaný aj vo svetovej literatúre. Nachádza sa v severných svahoch Nízkyh Tatier, v Demänovskej doline, v prevažnej časti na pravej strane potoka Demänovka (obr. 1). Skladá sa z niekoľkých dielčích častí, ktoré počas jednotlivých etáp histórie speleologického prieskumu predstavovali samostatné jaskyne a neskôr ich jaskyniari postupne pospájali s hlavnou osou systému. Ide o Demänovskú ľadovú jaskyňu, Demänovskú jaskyňu mieru, Vyvieranie, Jaskyňu pod útesom, Údolnú jaskyňu, Jaskyňu trosiek, Demänovskú medvediu jaskyňu, Pavúčiu jaskyňu, Točisko, Demänovskú jaskyňu slobody (pôvodným názvom Chrám slobody) a Pustú jaskyňu. Ich intenzívny speleologický prieskum a neskôr aj vedecký výskum sa začal najmä po objavení Chrámu slobody v roku 1921 (Král, 1922). Výskum anorganického zložky bol zameraný najmä na podmienky vzniku a vývoja jaskynného systému, morfológiu chodieb, rast kvapľov, neskôr na minerály, na chemické zloženie a pôvod podzemných vôd, ako aj na jaskynné sedimenty s datovaním hlavných vývojových fáz (napr. Král, 1922; Vitásek, 1923, 1940;



Obr. 1. Situačná mapa polohy Demänovského jaskynného systému
 Fig. 1. Situation scetch of position of Demänová Cave System

Volko-Starohorský, 1933, 1940; Droppa, 1952, 1955, 1956, 1957, 1969; Tereková, 1984; Pavlarčík, 1984, 1986; Hochmuth, 1988, 1990, 1995; Holúbek, 2001, 2006; Cílek, 2004; Bella a Holúbek, 2007; Haviarová, 2012, 2014; Haviarová a Pristaš, 2010; Bella, 1993, 1996, 2000, 2013; Bella et al. 2012, 2014). Ucelený obraz o jaskynnom systéme poskytli dve monografie: prvá vyšla v roku 1957 od autora J. Droppu, druhá v roku 2014 pod vedením P. Bellu ako výsledok doteraz vykonaných multidisciplinárnych výskumov všetkých jaskýň v Demänovskej doline. Napriek rozsiahlej výskumnej a publikačnej činnosti o jaskyniach Demänovskej doliny, o geológii Demänovského jaskynného systému nájdeme len málo konkrétnych informácií. Chýba najmä podrobnejšia litologická a stratigrafická charakteristika horninového podkladu podzemných priestorov. Príčinou môže byť fakt, že anorganické zložky jaskynného systému skúmali najmä geograficky orientovaní autori, ktorí sa opierali najmä o staršie zdroje, získané z povrchových geologických výskumov. Z tohto dôvodu pristúpila Správa slovenských jaskýň k litologickému výskumu jaskynného systému s cieľom ozrejmiť zloženie horninového prostredia tohto významného krasového fenoménu aspoň v základných rysoch. Takýto výskum sa žiadal aj z hľadiska spresnenia genetických vzťahov jaskyne a napokon aj pre zabezpečenie účinnej ochrany jej anorganických hodnôt. Výskum sa vykonal v rámci projektu Realizácia programov záchrany a starostlivosti pre vybrané jaskyne v roku 2015.

PREHĽAD DOTERAJŠÍCH GEOLOGICKÝCH PRÁČ

Povrchové prieskumy v Demänovskej doline

Na rozdiel od jaskynných priestorov, povrchovú časť Demänovskej doliny skúmal v minulosti celý rad geológov. Prvým bol D. Štúr (jeho pôvodná, nemecky napísaná práca vyšla v roku 1868, slovenský preklad v roku 1960), ktorý zmapoval územie a precízne opísal základné typy hornín v Demänovskej doline. Nad žulovým masívom rozlíšil úzke pásmo kremencov a červených pieskocov, ktoré sa ťahá južne od Laziska k západnejšiemu prítoku Demänovky a nad nimi širokú zónu triasových vápencov a dolomitov. Našiel v nich bohaté nálezisko skamenelín, ktoré lokalizoval *na hranici vápenca s červeným pieskovcom, tam, kde sa dno doliny začína rozširovať, severne od miesta nazvaného „Hore lúčkami“*. V sutine pod vápencovou stenou tohto náleziska identifikoval nasledovné typy hornín:

dolomitický krinoidový vápenec s vyvetranými článkami krinoida *Encrinus liliiformis* a s jadrami brachiopódy *Retzia trigonella*; dolomitické lastúrnaté brekie s brachiopódami *Terebratula vulgaris*, *Retzia trigonella*, *Rhynchonella decurtata*, *Rh. mentzelii*, *Spiriferina fragilis*, *S. mentzelii* a *Lima* sp.; čierny krinoidový vápenec s krinoidmi a *Spiriferina mentzelii*, ktoré porovnával s reiflinskými vápencami; čierny vápenec s bielymi žilkami kalcitu so *Spiriferina fragilis*, *S. hirsuta*, *Retzia trigonella* a s lastúrnikom *Pecten discites* a nakoniec tmavosivý vápenec s prierezmi lastúrnikov a malého gastropóda. Štúr tým opísal osobitné typy vápencov a dolomitov, ktoré geológovia neskôr pracovne označili neformálnym názvom „demänovské vápence“.

Po vyše päťdesiatročnej prestávke oblasť Demänovskej doliny geologicky skúmal V. Holeček (1923), ktorý sa venoval najmä tektonickým pomerom. Jeho geologická mapa do značnej miery kopíruje Štúrovu mapu. Stratigrafické pomery okolia doliny podrobnejšie študoval R. Kettner (1927) so svojimi žiakmi. Rovnako, ako D. Štúr (1868), nad žulovým masívom kryštallického jadra Nízkych Tatier rozlíšil autochtónne kremence a verfénske bridlice, ktoré sa ťahajú z oblasti Repísk v úzkom pásme smerom na juhovýchod cez Lúčky k doline Javorie. Kettner (l. c.) kremence považoval za permské (dnes paria k lúžňanskému súvrstviu tatrika spodnotriasového veku). Nad nimi v tektonickom kontakte leží mohutný súbor karbonátov, ktorý Kettner (l. c.) zaradil do „spodnej sub-tatranskej série“, dnes patriacej ku krížňanskému príkrovu veporika (fatrika). Vápence charakterizuje ako *temné, často bielymi kalcitovými žilkami protkané vápence stredného triasu (gutensteinské), v nichž krasové zjavy jsou velmi hojným zjevem*. Skameneliny v nich nenašiel, nepodarilo sa mu nájsť ani Štúrovu lokalitu severne od Lúčok. Vápence budujú okolie kót Siná (1560 m), Na jame (1438 m) a nižšiu časť pravej strany Demänovskej doliny. Kettner (l. c.) k nim zaradil aj karbonáty v okolí Demänovskej hory (1304 m) a Poludnice (1549 m), ktoré v súčasnosti patria k chočskému príkrovu veporika. Rozpoznal triasové dolomity nad gutensteinskými vápencami, ale ich považoval za chočské (dnes sú zaradené k ramsauským dolomitom). Budujú okolie kót Pusté (1501 m) a Krakova hoľa (1751 m). Autor sa zmieňuje aj o nadložných jurských a kriedových súboroch v oblasti vrchu Magura (1377 m).

Geológii Demänovskej doliny sa venoval aj J. Volko-Starohorský (1933, 1950), ktorý sa opieral najmä o Kettnerove výskumy. Navyše sa zmienil o vápencoch preplnených skamenelinami na serpentínovom chodníku ku vchodu Demänovskej jaskyne slobody (*Chrám slobody*) a na brale gutensteinských vápencov na ľavom brehu dolinky Vyvieranie, faunu však podrobnejšie nešpecifikoval.

Prevažne z Kettnerových výskumov čerpal aj Droppa, (napr. 1955, 1957, 1972) pri opise geologických pomerov Demänovskej doliny v geograficky orientovaných prácach. Gutensteinské vápence s vložkami dolomitov a krinoidových vápencov, ako aj nadložný komplex svetlejších dolomitov pokladal za súčasť krížňanskej jednotky.

Zo sérii geologických máp mierky 1 : 200 000, ktoré zostavili prevažne zo starších podkladov, Demänovská dolina je znázornená na liste Banská Bystrica (Maheľ et al. 1964). Nové podrobné geologické mapovanie v tejto oblasti vykonal A. Biely, výsledkom ktorého bola geologická mapa mierky 1 : 50 000, vydaná v roku 1992, neskôr s vysvetlivkami (Biely et al. 1997). Vo vysvetlivkách sa gutensteinské vrstvy a ramsauské dolomity (v ktorých je vytvorený Demänovský jaskynný systém), zaradujú ku krížňanskému príkrovu veporika. Z najvyšších častí gutensteinských vrstiev východne od Lúčok uvádza A. Biely (in Biely et al. 1997) polohu hrubolavicovitých svetlosivých organodetrických vápencov, rovnako aj na hrebeni Sinej s dasykladálnymi riasami *Physoporella dissita*, nad ktorými

sú vyvinuté krinoidové dolomity a vápence s brachiopódami, čierne kalové vápence a sivé dolomity i vápence. O podobnom výskyte krinoidových vápencov sa zmieňuje aj na lokalite Na jame a na východnom svahu Demänovskej doliny (miestami s rohovcami), pričom z lokality pod vchodom do „Demänovskej jaskyne“ uvádza aj diplopórové riasy (zrejme ide o lokalitu spomenutú J. Volko-Starohorským pri chodníku ku vchodu Demänovskej jaskyne slobody). A. Biely (l. c.) pritom zdôrazňuje, že uvedené organodetrilitické polohy vo vyššej časti gutensteinských vrstiev môžu patriť aj do súboru ramsauských dolomitov. K tomuto horizontu zaraďuje aj Štúrovu lokalitu fauny nad Lúčkami. Z podobných vápencov severne od Björnsonovej chaty získal M. Havrila (in A. Biely et al. 1997) sklerity holotúrií a konodonty, ktoré poukazujú na aniský vek (hranicu pelsón-ilýr). Na základe zistených druhov fosílií sa vo Vysvetlivkách uvádza aniský vek gutensteinských vrstiev a ich hrúbka sa odhaduje do 200 m.

V súbore ramsauských dolomitov východne od Demänovskej ľadovej jaskyne a Okna, ako aj v strednej časti Machnatej doliny A. Biely rozlíšil (in Biely et al. 1997) polohy tmavosivých organodetrilitických vápencov veku anis-ladin a nad nimi úzky pás čiernych doskovitých vápencov veku ladin-karn. Na základe ojedinelého výskytu dasykladaceových rias z lokalít severozápadne od Sinej a z južného svahu Pustej predpokladá vrchnoaniský až ladinský vek ramsauských dolomitov so zasahovaním do spodného karnu (kordevolu) a ich maximálnu hrúbku odhaduje na 500 m.

Geologický výskum jaskynného systému

Ako sme už v úvode uviedli, geologické výskumy v podzemných priestoroch Demänovského jaskynného systému sa vykonali len okrajovo. Napriek tomu, že D. Štúr (1868) podrobne skúmal geologickú stavbu okolia, opis jeho návštevy Demänovskej ľadovej jaskyne (*Demänovskej jaskyne*) sa koncentruje najmä na morfológiu priestorov a ľadovej výzdoby. Len ojedinele tu nájdeme zmienku o vrstevnatosti vápencov, ktoré sa mierne skláňajú k severovýchodu. Viac údajov o horninách jaskynného systému nájdeme u M. Pokorného (1949), ktorý sa zmienil aj o rohovcoch. Konštatoval, že *vápence stredního triasu jsou v některých odkrytých jeskynných prostorách prokládány jílovitými vápenci břidličnými. Na mnoha místech pak obsahují tyto vápence černé rohovce nestejně veliké a nepravidelne omezené.*

Droppa (1956) sa pri opise Demänovskej ľadovej jaskyne zameril najmä na tektoniku a rozpoznal, že v smere vápencových vrstiev je založený Halašov dóm s Čiernou galériou a Závrťový dóm s Jazierkovou chodbou. V ďalšej práci (Droppa, 1957) charakterizuje gutensteinské vápence ako modrošedé až čierne s bielymi žilkami a uvádza, že *v nich sú vytvorené všetky Demänovské jaskyne*. Dolomity opisoval ako sivé alebo svetlosivé, celistvé, jemnozrnné i hrubozrnné, tektonicky rozdrvené a ľahko sa rozpadávajú na ostrohranné úlomky, pričom dodal, že *neboli v nich pozorované nijaké jaskyne*. V práci z roku 1972 spomínal aj ojedinelý výskyt rohovcov vo vrstevnatých kalových vápencoch.

V roku 1965 v rámci potápačského prieskumu v jaskyni Vyvieranie vykonali geologický výskum tejto jaskyne J. Seneš (1968). Taktiež konštatoval, že *systém Demänovských jaskýň sa vytvoril v strednotriasových aniských vápencoch gutensteinského typu*. Vápence sú podľa neho zreteľne vrstevnaté, s hrúbkou lavíc medzi 10 a 20 cm.

V súvislosti s plánovaním sprístupnením Demänovskej jaskyne mieru jej priestory podrobne preskúmal S. Pavlarčík (1984), výsledky však okrem nálezu sadrovca nepublikoval, zostali v rukopisnej správe. Konštatoval v nej, že spodnú časť karbonátového komplexu tvoria tmavosivé až čierne gutensteinské vápence, väčšinou s hustou, chaotickou sieťou bielych sekundárnych kalcitových žiliek. Z vápencov opísal aj sporadické „očka“

bieleho kryštalického dolomitu priemeru 0,1 – 5 mm, žilky sčasti vylúhovaného limonitu a na jaskynných stenách výskyt sekundárne kryštalizovaného sadrovca (Pavlarčík, 1986). Poukázal na miestami zvýšený obsah MgO vo vápencoch, čo podložil aj chemickou analýzou z Kaskádovej chodby (31 % CaO, 18 % MgO a 5,06 % SiO₂, teda išlo o vápnitý dolomit). Postrehol aj 9 cm hrubú súvislú doskovitú polohu sivého krinoidového vápenca s brachiopódami pri polygómovom bode č. 128 a vypreparované vložky dolomitov na viacerých miestach. Výskyt sivých a tmavosivých strednotriasových dolomitov uvádzal zo zadnej časti Ružovej galérie a priradil ich *k najvyššej časti súvrstvia zloženého z gutensteinských vápencov*, avšak nevyklúčoval, že zasahujú aj do ladinu, teda do súboru ramsauských dolomitov.

Kapitola o geológii naposledy vydananej monografie jaskýň Demänovskej doliny (Bella et al. 2014) sa zamerala najmä na geologické podmienky vývoja podzemných priestorov. Litologickej náplni horninového podkladu sa dotýkala len okrajovo. Konštatuje sa v nej, že vrstvy sivých až čiernych gutensteinských vápencov a dolomitov (anis) budujú aj spodnú časť svahu na pravej strane doliny, kde je vytvorený rozsiahly jaskynný systém. Autori sa zmienili aj o vložkách krinoidových vápencov a dolomitov v Demänovskej jaskyni mieru a o kalových vápencoch ojedinele s rohovcami.

METODIKA

V záujme získať čo najobjektívnejšie poznatky o charaktere a zmenách karbonátového súboru Demänovského jaskynného systému sme z podzemných priestorov odobrali 59 vzoriek hornín. Počet bol približne daný projektom. Pokiaľ priebeh podzemných chodieb dovolil, vzorky sme sa snažili odobrať tak, aby sledovali línie (profily) naprieč vrstevnatosti. Generálny smer vrstiev je v jaskyni SZ – JV (ktorý sa miestami mení na S – J alebo až na Z – V), takže aj vybrané profily smerovali väčšinou kolmo na tento smer, teda na SV – JZ. Profily sme si vytýčili v Demänovskej ľadovej jaskyni, v Demänovskej jaskyni mieru, tri línie v Demänovskej jaskyni slobody (v Mramorovej chodbe, od Hlavného vchodu k Rázcestiu a v oblasti Pekelného a Fialového dómu) a v Pustej jaskyni. Neskôr sme takto odobraté vzorky miestami zahustili z podzemných chodieb medzi profilmi.

Z odobratých vzoriek bolo v Geoanalytickom laboratóriu Štátneho geologického ústavu D. Štúra v Spišskej Novej Vsi vyhotovených 41 výbrusov. Neskôr z dodatočných vzoriek v laboratóriu Geologického ústavu SAV v Banskej Bystrici vyhotovili ďalších 10 výbrusov. Výbrusy boli podrobené mikroskopickej analýze, v rámci ktorej sa pod polarizačným mikroskopom sledoval mikrofaciálny charakter horniny, jej textúra, minerálne zloženie a mikrofosílie. Z odobratých vzoriek v laboratóriu Štátneho geologického ústavu D. Štúra vykonali 11 chemických analýz najmä za účelom zistenia pomeru MgO a CaO, prípadne výskytu iných látok. Pri rozlíšení dolomitov a vápencov sme vychádzali zo všeobecne zaužívanej klasifikácie rady vápenec-dolomit (napr. Petráněk, 1963), podľa ktorej sme za dolomit považovali horninu s obsahom MgO 19,7 – 21,9 %, za vápnitý dolomit s 10,9 – 19,7 % MgO a za dolomitický vápenec s 2,2 – 10,9 % MgO. Na každej vzorke sme navyše vykonali orientačnú skúšku pomocou HCl. Pokiaľ to terénne podmienky dovolili, pri odbere vzoriek sme sa v jaskyni snažili zistiť úložné pomery meraním pomocou geologického kompasu. Merali sme smer sklonu vrstiev a ich sklon, v takomto poradí uvádzame namerané údaje aj v ďalšom texte. Okrem písomného, príp. grafického záznamu sme z charakteristických odkryvov vyhotovili aj fotodokumentáciu.

VÝSLEDKY

Demänovská ľadová jaskyňa

Jaskyňa je v celom rozsahu vytvorená v tmavosivých lavicovitých vápencoch gutensteinského súvrstvia (Biely et al. 1997 používajú označenie „gutensteinské vrstvy“, ale vzhľadom na znaky formácie tejto litostratigrafickej jednotky, za správnejšie považujeme termín „súvrstvie“, v rámci ktorého možno na úrovni „vrstiev“ rozlíšiť gutensteinské vápence a gutensteinské dolomity). Lavice sú najčastejšie hrubé 15 – 25 cm, miestami sú ale prítomné aj tenšie, okolo 10 cm hrubé dosky. Vrstevnatosť sa menej zreteľne prejavuje vo vchodových častiach, kde hornina obsahuje mierne zvýšený podiel MgO – 2,01 % podľa chemickej analýzy vzorky D-33 (tab. 1). Vrstvy sú uložené v smere SZ – JV so sklonom 25 – 45° k severovýchodu (namerané hodnoty: 20/25° v Medvedej chodbe, 70/27° v Kmeťovom dóme, 40/25° v Jánošíkovom dóme, 55/30° v Závrťovom dóme, 40/40° a 48/45 v Jazernej chodbe). Pod mikroskopom sa javia prevažne ako mikrity alebo mikrosparity,

Tabuľka 1. Chemické analýzy vzoriek z Demänovského jaskynného systému podľa Geoanalytického laboratória ŠGÚDŠ v Spišskej Novej Vsi. Hodnoty sú v percentách, hore sú čísla vzoriek Table 1. Chemical analyses of samples from Demänová Cave System according to Geoanalytical Laboratory, State Geological Institute of D. Štúr in Spišská Nová Ves. The values are in percentages, upper line represents the number of samples

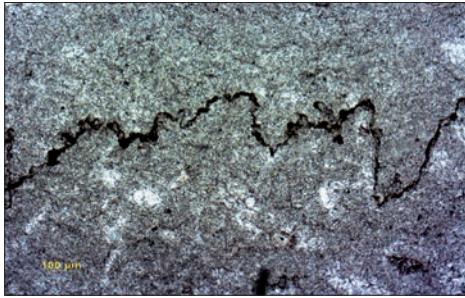
ukaz.	D-2	D-3	D-11	D-12	D-13	D-16	D-20	D-25	D-29	D-32	D-33
SiO ₂	1,94	1,21	1,99	87,9	0,09	0,31	0,47	<0,05	1,21	0,38	0,40
Al ₂ O ₃	0,97	0,43	0,49	0,20	0,12	0,20	0,12	<0,05	0,31	0,29	0,10
Fe ₂ O ₃	0,24	0,16	0,16	0,29	0,06	0,09	0,08	0,07	0,12	0,10	0,08
CaO	38,5	54,2	33,4	5,59	32,4	32,0	45,5	31,8	50,8	31,7	53,3
MgO	13,4	0,58	18,4	0,47	20,8	21,3	9,24	21,7	3,88	21,4	2,01
TiO ₂	0,03	0,02	0,02	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01
MnO	0,01	<0,01	0,01	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01
K ₂ O	0,27	0,11	0,11	0,06	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	0,06	<0,05
Na ₂ O	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
P ₂ O ₅	0,06	0,02	0,03	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	0,02	<0,01	0,03	0,02
str.žih.	44,4	43,3	45,3	5,24	46,4	46,0	44,4	46,3	43,5	46,0	43,9

sporadicky s bioklastmi krinoíd, ostrakód, lastúrníkov, zriedkavejšie aj foraminifer. Často sú prítomné tenké kalcitové žilky, miestami aj mikrostylolity (obr. 2), vzorka D-35 z Jánošíkovho dómu má čiastočne zvrstvenú textúru. Mierne odlišnú mikrofaciu má vzorka D-33 z oblasti vchodu, s charakterom biointrasparitu s prechodom do biomikrosparitu s drobnými, mierne zaoblenými intraklastmi a bioklastmi (obr. 3). Z bioklastov sú vo vzorkách pomerne dobre rozoznateľné články zo stopky ľalioviek (Crinoidea), občas so zachovaným osovým kanálikom, potom lastúrníčky (Ostracoda) s priereznými schránky väčšinou s klenutým chrbtovým a ohnutým brušným okrajom, ďalej dierkavce (Foraminifera) a úlomky schránok lastúrníkov (Lamellibranchiata). Zo vzorky D-34 z Medvedej chodby pochádza nodosáriová foraminifera určená J. Sotákom ako *Pachyphloides klebelsbergi* (Oberhauser) (obr. 4). Tento druh zodpovedá štandardnej foraminiferevej asociácii viazanej na gutensteinské vápence. Miestami badať aj náznaky čiastočnej rekryštalizácie vápencov (napr. vzorka D-36 z konca Jazernej chodby).

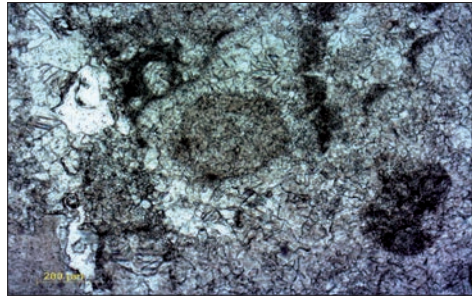
Vyvieranie

Na základe odobratých vzoriek je jaskyňa Vyvieranie vytvorená v tmavosivých jemnozrnných gutensteinských vápencoch, miestami s vložkami tmavosivých vápnitých dolomi-

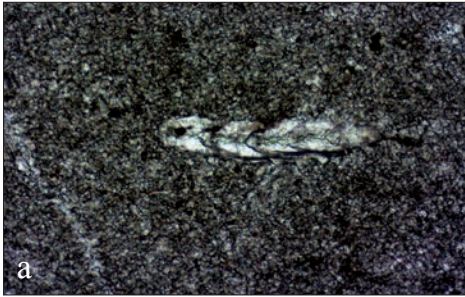
tov až dolomitov. Karbonátové vrstvy sú pri vchode uložené v smere SZ – JV so sklonom k SV (37/35° a 55/50°) a v zadnej časti jaskyne takmer V – Z (10/30°). Lavice sú hrubé najčastejšie 10 – 25 cm, miestami sa však vyskytujú aj niekoľko centimetrové dosky.



Obr. 2. Mikrostylolit v mikrosparite z Demänovskej ľadovej jaskyne (vzorka D-36). Foto: Ľ. Gaál
Fig. 2. Microstylolite in microsparite from Demänová Ice Cave (sample D-36). Photo: Ľ. Gaál



Obr. 3. Biointrasparit z vchodovej časti Demänovskej ľadovej jaskyne (D-33). Foto: Ľ. Gaál
Fig. 3. Biointrasparite from entrance of Demänová Ice Cave (sample D-33). Photo: Ľ. Gaál



Obr. 4. Nodosáriová foraminifera *Pachyphloises klebelsbergi* (a) a schránky ostrakód (b) z Medvedej chodby Demänovskej ľadovej jaskyne (určil J. Soták). Foto: J. Soták
Fig. 4. Foraminifera *Pachyphloises klebelsbergi* (a) and Ostracoda (b) from Demänovská Ice Cave (determined by J. Soták). Photo: J. Soták

Demänovská jaskyňa mieru

Podľa odobraných vzoriek môžeme konštatovať, že západnejšie ležiace priestory jaskyne sú vytvorené v gutensteinských vápencoch a dolomitoch, ktoré smerom na východ, do nadložia prechádzajú do sivých ramsauských dolomitov (obr. 5). Tento stav sa mierne komplikuje na riečisku smerom k Demänovskej ľadovej jaskyni, kde výrazný zlom v oblasti Zrúteného dómu oddeľuje vápence od dolomitov. Generálny smer vrstiev v jaskyni je približne sever – juh so sklonom k východu (namerané hodnoty v prístupovej štôlni 90/30°, na začiatku Ružovej galérie 90/25° a v okolí Vodopádového dómu 85/35° a 74/30°), ktorý sa v riečisku smerom k Demänovskej ľadovej jaskyni po zlomovej tektonike náhle sťáča na ZSZ – VJV (20/30°, 20/40° a 30/40°).

Gutensteinské vápence sú spočiatku, v oblasti vstupnej štôlne a Kaskádovej chodby, tmavosivé až čierne, s kalcitovými žilkami a spravidla s tenšími doskami od 3 do 15 cm. Ich mikrofacia je mikrit až mikrosparit s tenkými kalcitovými žilkami, miestami s prechodom do detritickejších polôh s charakterom biomikrosparitu s úlomkami krinoíd, schránok lastúrníkov a stopami po lezení červov. Za Kaskádovou chodbou vápence prechádzajú do sivých hrubolavicovitých dolomitov s obsahom MgO až 21,7 % (vzorka D-25, tab. 1),

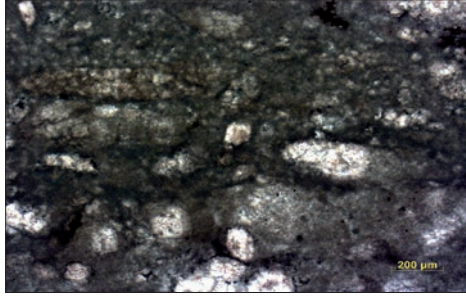


Obr. 5. Gutensteinské vápence v riečisku Demänovskej jaskyne mieru. Foto: P. Staník
 Fig. 5. Gutenstein limestone in the river-bed of Demänovská jaskyňa mieru Cave. Photo: P. Staník

ich mikrofácia však zostáva mikritová až mikrosparitová, miestami aj mikrobrekciovitá, lokálne s bioklastmi. Takáto mikrofácia zostáva aj v prípade lavicovitých tmavosivých vápencov v zákrute chodby stáčajúcej do Ružovej galérie, kde sa vo vzorke D-26 prejavujú aj vláknité šmuhy pravdepodobne po mikrobiálnom rozložení vápničného kalu a biele očká, ktoré predstavujú malé konkrécie pseudomorfozy po anhydritoch (obr. 6).

Na začiatku Ružovej galérie vystupuje lavica krinoidového vápenca, spomínaného už S. Pavlarčíkom (1984). Krinoidy sú v nej koncentrované vo dvoch 5 – 5 cm hrubých polohách (obr. 7). Články zo stopiek ľalioviek spolu s brachiopódami sú unikátne vyvetrané na povrchu lavice. Taxonomické určenie brachiopód by si vyžadoval odber väčšieho množstva vzoriek s čiastočnou deštrukciou lavice, čo z hľadiska ochrany v tomto štádiu výskumu sme nepovažovali za potrebné. Odobratá malá vzorka D-27 postačila na určenie mikrofácie a mikrofosílií. Ide o foraminifero-krinoidový biomikrit, miestami až biomikrosparit s článkami krinoid a schránkami foraminifer, ostrakód, brachiopód a mikrogastropóda. Foraminifery určoval J. Soták, podľa ktorého vo vzorke bol hojný sférický glomospiroidný druh *Pilamina densa* (Pantić), ďalej *Pilaminella grandis* (Salaj, Biely a Bystrický), *P. semiplana* (Kochanský-Devidé a Pantić) a *Arenovidalina* sp. (obr. 8). Uvedené druhy poukazujú na aniský vek. Podľa informácií P. Hericha ďalšie krinoidové lavice sa vyskytujú na hornom poschodí Pustej jaskyne, v okolí Štrkovej chodby a v novoobjavených častiach Demänovskej jaskyne mieru.

V nadloží organodetritickej lavice sú odkryté tmavosivé vápence (vzorka D-28) a dolomitické vápence (vzorka D-29 s obsahom MgO 3,8 %). Ich mikrofáciou je mikrosparit až nečistý intrasparit sporadicky s bioklastmi krinoid, ostrakód a schránok mäkkýšov, možno aj ramenonožcov. Ku koncu Ružovej galérie dolomitické vápence majú mikrobrekciovitú štruktúru (D-30) a nakoniec prechádzajú do rekrystalizovaných jemnozrnných



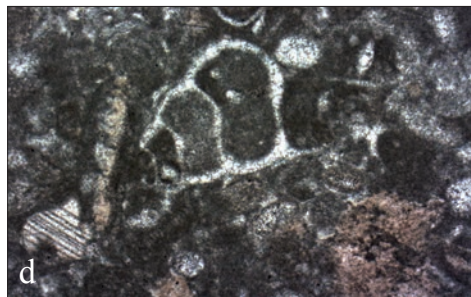
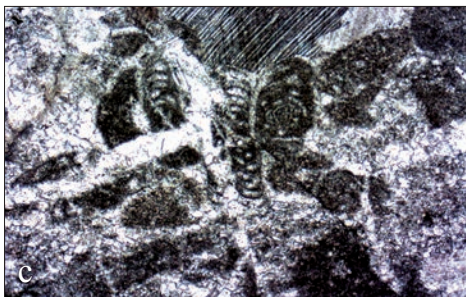
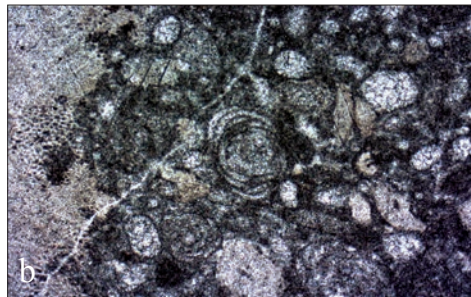
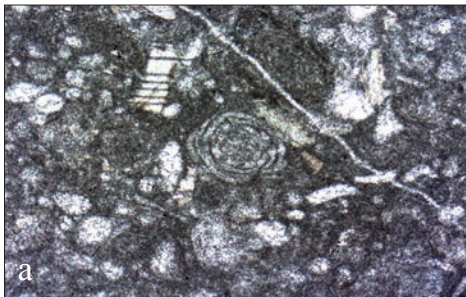
Obr. 6. Vlákňité šmuhy po mikrobiálnom rozložení vápnnitého kalu s bielymi očkami (birdseyes) po pseudomorfóze anhydritu na začiatku Ružovej galérie Demänovskej jaskyne mieru (vzorka D-26). Foto: L. Gaál

Fig. 6. Fibres after microbial disintegration of lime mud with birdseyes after pseudomorphose of anhydrite from Demänovská jaskyňa mieru Cave (sample D-26). Photo: L. Gaál



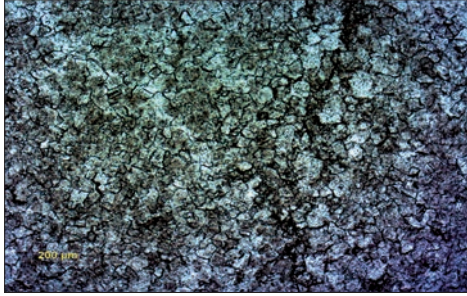
Obr. 7. Články ľalioviek vyvetrané z lavice gutensteinského vápenca v Demänovskej jaskyni mieru. Foto: L. Gaál

Fig. 7. Column of Crinoidea weathered from bed of Gutenstein limestone in Demänovská jaskyňa mieru Cave. Photo: L. Gaál



Obr. 8. Krinoidovo-foraminiferový biomikrit z krinoidovej lavice Ružovej galérie Demänovskej jaskyne mieru (vzorka D-27) s foraminiferami: a. *Pilammina densa*, b. *Pilammina grandis*, c. *Pilammina semiplana* (uprostred, vpravo *P. grandis*), d. prierez mikrogastropóda (určil J. Soták). Foto: J. Soták

Fig. 8. Crinoidal-foraminiferal biomicrorite from crinoidal bed in Demänovská jaskyňa mieru Cave (sample D-27) with Foraminifera: a. *Pilammina densa*, b. *Pilammina grandis*, c. *Pilammina semiplana* (middle part, to the right *P. grandis*), d. section of microgastropoda (determined by J. Soták). Photo: J. Soták



Obr. 9. Rekryštalizovaný dolomit z Demänovskej jaskyne mieru (vzorka D-31). Foto: L. Gaál
 Fig. 9. Recrystallized dolomite from Demänovská jaskyňa mieru Cave (sample D-31). Photo: L. Gaál



Obr. 10. Dolomitové brekcie na stene Ružovej galérie v Demänovskej jaskyni mieru. Foto: L. Gaál
 Fig. 10. Dolomitic breccia in the wall of Ružová galéria Corridor in Demänovská jaskyňa mieru Cave. Photo: L. Gaál

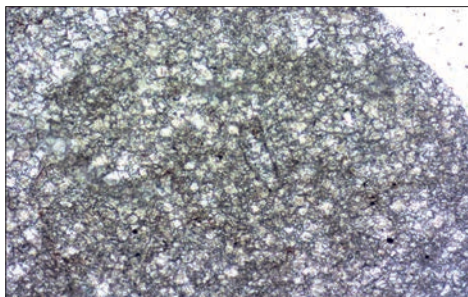
sivých dolomitov (obr. 9) a ďalej do brekciovitých dolomitov s obsahom MgO až 21,4 % (vzorka D-32). Dolomitové brekcie sú na jaskynnej stene dobre odkryté pomerne na veľkej ploche (obr. 10). Dolomity sú v Ružovej galérii rozšírené až do konca, kde za prerážkou prechádzajú do priestorov Demänovskej jaskyne slobody.

Ako sme už vyššie spomenuli, sivé dolomity sú odkryté aj za Zrúteným dómom na riečisku smerom k Demänovskej ľadovej jaskyni. Dolomitové dosky sú tu hrubé 5 – 10 cm, ďalej obsahujú aj rohovcové polohy, ktoré selektívne vystupujú z jaskynnej steny. Pod mikroskopom sa javia ako dolomikrity zatláčané kremitými žilkami (vzorka D-46). V oblasti veľkej zákruty riečiska smerom k Demänovskej ľadovej jaskyni sú rozšírené znovu vápence s biomikritovou mikrofáciou (vo vzorke D-47 pozorovať aj fraktúru s mikrobrekciovitou štruktúrou).

Demänovská jaskyňa slobody (Chrám slobody)

Na základe odobratých vzoriek môžeme konštatovať, že podstatná časť Demänovskej jaskyne slobody je vytvorená v sivých ramsauských dolomitoch. Tmavosivé gutensteinské vápence sú rozšírené len v Mramorovom riečisku, aj tu sa však často striedajú s dolomitmi alebo dolomitickými vápencami (obr. 11).

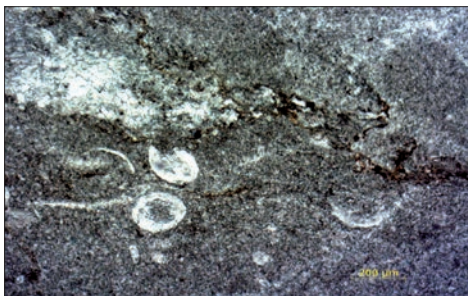
Gutensteinské súvrstvie je za prerážkou z Doliny vyvierania reprezentované sivými dolomitickými vápencami (vzorka D-1 so slabou reakciou na HCl) s mikrosparitovou mikrofáciou, s mierne usmernenou textúrou a sporadicky s bioklastmi ostrakód a foraminífer, z ktorých J. Soták určil *Aerlandiniu* sp. (obr. 12). Nad nimi sú na stenách Mramorového riečiska dobre odkryté tmavosivé doskovité, miestami až laminované vápence s nepravidelnými doskami vápnitého dolomitu, ktoré výrazne vystupujú z jaskynnej steny (obr. 13). Vápence tu obsahujú len 0,58 % MgO (vzorka D-3), kým vystupujúce vápnité dolomity až 13,4 % MgO (vzorka D-2 – tab. 1). Zaujímavá je sporadická prítomnosť drobných podlhovkastých kremitých teliesok vo vzorke D-3, ktoré zodpovedajú pravdepodobne ihliciám hubiek. Zvýšený obsah SiO₂ (1,2 %) bol v nej dokázaný aj chemickou analýzou. Vápence sú mikritické, miestami mikrosparitové, s kalcitovými žilkami a lokálne s peletmi a v hniezdach s bioklastmi ostrakód a tenkých schránok lastúrníkov (obr. 14). Ich výrazná vrstevnatosť sa prejavuje aj vo výbruse, kde tmavšie mikritové polohy striedajú svetlejšie mikrosparitové vrstvy. Rozhrania sú často zvýraznené aj mikrostylolitmi, čo môže signalizovať diagenetické rozpúšťanie vrstiev pod tlakom. Vrstvy vápnitých dolomitov sú miestami takmer úplne rekryštalizované (vzorka D-6).



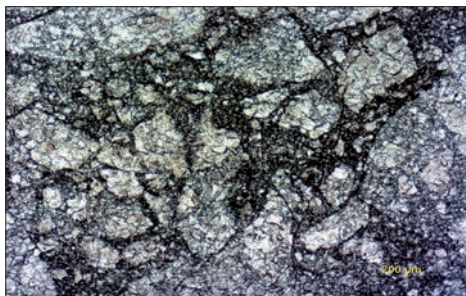
Obr. 12. Foraminiferový druh *Aerlandinia* sp. z gutensteinského vápenca zo štôlne Mramorového riečiska Demänovskej jaskyne slobody (vzorka D-1, určil J. Soták). Foto: J. Soták
 Fig. 12. Foraminifera *Aerlandinia* sp. from Gutenstein limestone of Demänovská jaskyňa slobody Cave (sample D-1, determined by J. Soták). Photo: J. Soták



Obr. 13. Selektívne vyvetrané dosky vápnitých dolomitov zo steny Mramorového riečiska Demänovskej jaskyne slobody. Foto: L. Gaál
 Fig. 13. Selective weathered lime dolomite beds from the cave wall of Demänovská jaskyňa slobody Cave. Photo: L. Gaál



Obr. 14. Ostrakódy v biomikrite gutensteinského vápenca zo začiatku Mramorového riečiska (vzorka D-3). Foto: L. Gaál
 Fig. 14. Ostracoda in biomicrocrystalline limestone in Demänovská jaskyňa slobody Cave (sample D-3). Photo: L. Gaál



Obr. 15. Mikrobrekciovitý dolomit vo výbežku Veľkého domu v Demänovskej jaskyne slobody. Foto: L. Gaál
 Fig. 15. Microbrecciated dolomite in Demänovská jaskyňa slobody Cave. Photo: L. Gaál

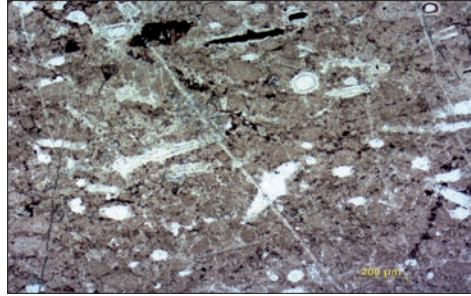
V Dóme mŕtvych gutensteinské súvrstvie prechádza do sivých až tmavosivých dolomitov. Prechod je zrejme pozvoľný, pretože sa zachovala mikrosparitová mikrofacia s miernym zvrstvením a s kalcitovými žilkami (vzorky D-7 v Dóme mŕtvych a D-8 vo Veľkom dóme). Smerom k Demänovskej jaskyni mieru, v oblasti Suchej chodby prevládajú sivé dolomity, často s mikrobrekciovitou štruktúrou (vo vzorke D-9 z výbežku z Veľkého domu – obr. 15) alebo dolomikrosparitovou mikrofaciou (vzorka D-48).

Dolomity medzi Veľkým dómom a Rázcestím obsahujú tmavé rohovce, ktoré zaregistroval už M. Pokorný (1949). Z jaskynnej steny výrazne vystupujúce rohovcové konkrécie tvoria bizarné tvary, ktoré sú často usporiadané v rovnakých úrovniach (obr. 16). Podľa chemickej analýzy vzorky D-12 tvorí ich najmä SiO_2 (87,9 %), CaO je zastúpený len v 5,59 %. Pod mikroskopom má rohovec usmernenú, až mierne zvrstvenú textúru s častými sférickými telieskami a ihlicami (spiculae), ktoré tvorili elementy kostry kremitých hubiek (Porifera, Silicea). Vo viacerých ihliciach rozpoznať osovú kanáliky (obr. 17). Vzorka je čiastočne zatláčaná aj klencami kalcitu. Pre identifikáciu sférických telies sme vzorku



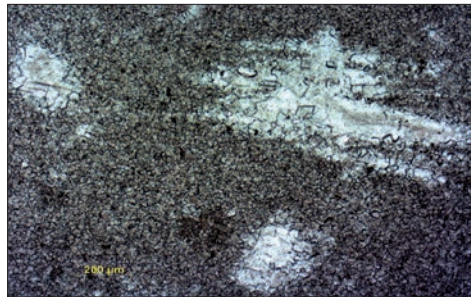
Obr. 16. Rohovce vyvetrané z jaskynnej steny pri Rázcestí v Demänovskej jaskyni slobody. Foto: L. Gaál

Fig. 16. Cherts weathered from cave wall of Demänovská jaskyňa slobody Cave. Photo: L. Gaál



Obr. 17. Ihlice kremitých hubiek v rohovci pri Rázcestí (vzorka D-12). Foto: L. Gaál

Fig. 17. Siliceous spiculae of Porifera (Silicea) in Demänovská jaskyňa slobody Cave. Photo: L. Gaál



Obr. 18. Pseudomorfóza po anhydrite ramsauského dolomitu nad Liečebňou v Demänovskej jaskyni slobody. Foto: L. Gaál

Fig. 18. Pseudomorphosa after anhydrite of Ramsau dolomite in Demänovská jaskyňa slobody Cave. Photo: L. Gaál

postúpili Katedre geológie a paleontológie Prírodovedeckej fakulty UK v Bratislave na rozpúšťanie. Vzorku rozpúšťala L. Ledvényiová v kyseline fluórovodíkovej, určiteľnú faunu sa však z nej nepodarilo získať. Sférické telieska vo výbruse s veľkou pravdepodobnosťou patria kremitým hubkám (podľa L. Ledvényiovej obsahujú polomerové tieňové čiary a šmuhy, ktoré nie sú charakteristické pre rádiolária). V okolí rohovcov sú odkryté sivé až tmavosivé dolomity a vápnité dolomity (vzorka D-11 obsahuje 18,4 % MgO, zaujímavý je relatívne vysoký obsah SiO_2 1,99 %, čo zodpovedá prítomnosti kremitých hubiek aj v horninách v okolí rohovcov). Pod mikroskopom ide o rekrystalizovaný drobnozrnný dolosparit, miestami brekciovitý, so škvrnami dolomikrosparitu. Vo vzorke D-10 pri Veľkom dóme v drobnokryštalickom dolosparite zbadáť aj fantómy intraklastov. Približne rovnaký charakter majú dolomity smerom k hlavnému vchodu jaskyne (vzorka D-13 s obsahom až 20,8 % MgO má mierne brekciovitý charakter). Vo vzorke dolomitu D-14 nad Liečebňou sa výrazne prejavuje pseudomorfóza po anhydrite (obr. 18). Zaujímavá zmena nastáva za Liečebňou, kde sú na strope dobre odkryté brekcie, ktoré prechádzajú do niekoľko 10 cm hrubej polohy zlepcov. Okruhliaky zlepcov pozostávajú zo sivých dolomitov, sú mierne zaoblené, s priemerom 2 až 7 cm (obr. 19). Vzhľadom na ich polohu v dolomitoch, mladší vek od nich neprichádza do úvahy, čo svedčí o intraformačnej pozícii zlepcov i okolitých brekcií. Dolomitové brekcie vystupujú aj v počiatočných priestoroch jaskyne za hlavným vchodom. Nad Hlbokým dómom brekciovité úlomky dosahujú rozmery od niekoľko mm až do 15 cm.

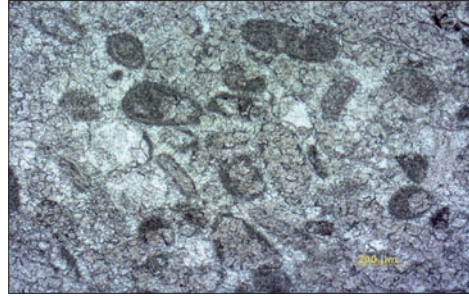


Obr. 19. Obliaky zlepcov v ramsauských dolomitoch za Liečebňou v Demänovskej jaskyni slobody. Foto: L. Gaál

Fig. 19. Pebbles of conglomeratum in Ramsau dolomite in Demänovská jaskyňa slobody Cave. Photo: L. Gaál

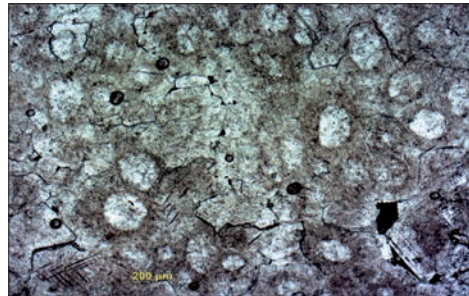
Lavicovitité, miestami až masívne dolomity tvoria aj chodby smerujúce od Rázcestia k Pustej jaskyni (Bryndzova šopa, Kráľova galéria, Klenotnica, Brková chodba). Aj napriek miernej rekryštalizácii pod mikroskopom v dolomikrosparite často rozoznať fantómy intraklastov alebo bioklastov.

Nová litologická zmena nastáva v riečisku v Pekelnom dome. Uprostred dolomitov cez riečisko prechádza poloha tmavosivého vrstevnatého dolomitického vápenca (vzorka D-20 obsahuje 9,24 % MgO). Mikroskopicky predstavuje biointrasparit s bioklastmi echinodermát, foraminifer, ostrakód a schránok lastúrníkov. Intraklasty a bioklasty v sparitovom matrixe sú dobre zaoblené, bez mikritovej prímеси, miestami s charakterom oosparitu (obr. 20). Je to doteraz jediná zistená mikrofaciá v Demänovskom jaskynnóm systéme, v ktorej sparitový matrix a zaoblené alochemy jednoznačne potvrdzujú dobre premývané prostredie s účinkami dosahu vln. Táto poloha môže zodpovedať tmavosivým organodetrítickým vápencom vymedzeným A. Bielym et al. (1997) v ramsauských dolomitoch. V ich podloží i nadloží v jaskyni vystupujú dolomity. V sivých drobozrnných, miestami až jemnozrnných dolomitoch je vytvorená aj Brková chodba a následná Spojovacia chodba k Pustej jaskyni. Na začiatku Kráľovej galérie čiastočne rekryštalizovaný dolomit obsahuje biele očká, tzv birdseyes po anhydritoch (vzorka D-51, obr. 21).



Obr. 20. Biointrasparit so zaoblenými intraklastmi a bioklastmi charakteru ooidov z Pekelného domu Demänovskej jaskyni slobody. Foto: L. Gaál

Fig. 20. Biointrasparite with the rounded intracrysts and bioclast (ooids) in dolomitic limestone of Demänovská jaskyňa slobody Cave. Photo: L. Gaál



Obr. 21. Ramsauský dolomit s bielymi očkami (birdseyes) po anhydrite zo začiatku Kráľovej galérie v Demänovskej jaskyni slobody. Foto: L. Gaál

Fig. 21. Ramsau dolomite with birdseyes after anhydrite in Kráľova galéria Corridore in Demänovská jaskyňa slobody Cave. Photo: L. Gaál

Pustá jaskyňa

Hlavnou osou Pustej jaskyne je výrazný zlomový koridor Chodba trosiek smerujúci na SSV. Generálny smer karbonátov v prvej polovici chodby je približne V – Z (merané hodnoty 355/20° a 350/20°), teda takmer kolmý na smer chodby. Celý úsek Chodby trosiek je vytvorený v gutensteinskom súvrství, ale úseky severne od Hlineného domu a Achátový dóm sú už v ramsauských dolomitoch. Pri vchode (umelej prerážke) do Chodby trosiek sú odkryté tmavosivé doskovité vápnité dolomity s hrúbkou dosiek 2 – 13 cm. Pod mikroskopom predstavujú zvrstvený mikrit s vrstvami mikrosparitu, kalcitovými žilkami, kôrami oxidu železa

a sporadicky aj s neidentifikovanými bioklastmi. V ich nadloží sú v chodbe odkryté tmavosivé lavicovité gutensteinské vápence s mierne rekryštalizovanou mikrofaciou mikritu až mikrosparitu, ojedinele so zle zachovanými bioklastmi po ostrakódach, krinoidoch. Vo vzorke D-40 sa opäť objavujú železité kôry a mikrostylolity, svedčiace o podmorskom tlakovom rozpúšťaní, ktoré spôsobili aj zmenu mikrofacií (obr. 22). Tenké kalcitové žilky sú všade prítomné.

V zadnej časti jaskyne, v Achátovom dome, sú odkryté pomerne zvetrané sivé drobnorznné dolomity. Vo vzorke D-55 sú prítomné aj „očká“ s dolomitovými kryštálmi, o ktorých sa z Demänovskej jaskyne mieru zmienil S. Pavlarčík (1984). Vzorka D-56 z konca Achátového domu má na povrchu po zvetraní piesčité charakter. V sivých dolomitoch je vytvorená aj vstupná priepasť Pustej jaskyne (vzorka D-42 z dna priepasti).

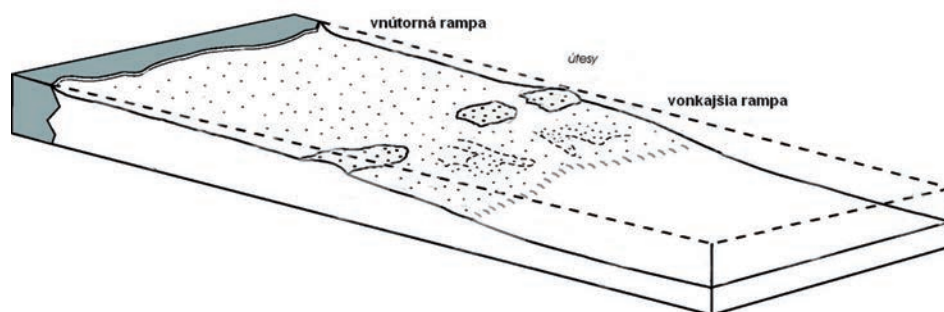
INTERPRETÁCIA VÝSLEDKOV A DISKUSIA

Mikroskopická analýza odobratých vzoriek z Demänovského jaskynného systému umožnila získať obraz o podmienkach sedimentácie karbonátov a o charaktere sedimentačného priestoru v prvej polovici stredného triasu. V prevažnej časti gutensteinských vrstiev dominuje mikritová a mikrosparitová mikrofacia s pomerne chudobnou faunou, ktorá pozostáva najmä z ostrakód, echinodermát, menej frekventovane z foraminifer a z tenkých schránok lastúrnikov. Dá sa preto predpokladať, že sedimentácia jemného vápnitého kalu prebiehala v plytkomorských pokojných podmienkach, bez výrazného vplyvu morských vín v subtidálnom pásme (pod stálou vodnou hladinou) zrejme v proximálnej, lagunárnej časti karbonátovej rampy (obr. 23). Charakter mikrofacií a relatívna chudobnosť fauny svedčí o menej priaznivých okolnostiach pre rozvoj organizmov. Môžeme predpokladať, že prevažná časť sedimentov gutensteinského súvrstvia sa usadila v anoxickom alebo slaboprekyslíčenom, mierne presolenom prostredí, v ktorom proces sedimentácie vápnitého kalu kontrolovali mikrobiálne organizmy schopné anaerobne rozkladať organické látky (napr. Oschmann, 2000). Sedimentačný bazén predstavoval mimoriadne rozsiahly a relatívne málo členitý plytký šelf (gutensteinské vrstvy sú v približne rovnakom zložení rozšírené v tatriku, veporiku, hroniku, siliciku, ale aj v severných vápencových Alpách) s pomalým zvažovaním morského dna k otvorenému moru. Morské dno s veľmi miernym sklonom mohli miestami narušiť len nevelké kalové nahromadenia alebo vyvýšeniny, prípadne



Obr. 22. Zvrstvený biomikrit s biomikrosparitom v gutensteinskom vápenci Chodbe trosiek v Pustej jaskyni. Foto: Ľ. Gaál

Fig. 22. Bedden biomicrorite with biomicrosparite in Gutenstein limestone in Pustá Cave. Photo: Ľ. Gaál



Obr. 23. Schematický model sedimentačného priestoru gutensteinských vápencov a ramsauských dolomitov. Podľa rôznych zdrojov zostavil E. Gaál

Fig. 23. Schematic model of sedimentation environs of Gutensteine limestone and Ramsau dolomite. According to different sources compiled by E. Gaál

prílivové-odlivové kanály. Svedčia o tom aj náznaky sklzových štruktúr v nespevnenom sedimente, indikované náhlymi mikrofaciálnymi zmenami alebo prítomnosťou mikrobrakciovitej štruktúry. Zmeny nastali zrejme aj vplyvom atmosferických podmienok, keď kalové anoxické sedimenty (tmavé mikrity) miestami vystriedali svetlejšie mikrospartitové oxidatívne polohy a vytvorili sa štruktúry podobné stromatolitom (napr. vzorka D-4 z Mramorového riečiska, alebo D-38 z Pustej jaskyne). Vplyvy pohybu vln badať vo vzorkách D-33 (vchod do Demänovskej ľadovej jaskyne) a D-28 i D-29 (Ružová galéria), v ktorých mikrity čiastočne vystriedali intrasparity až biointrasparity, z ktorých kalová hmota bola čiastočne odstránená. Išlo pravdepodobne o prúdenie vôd následkom prílivu a odlivu. O mierne presolených podmienkach svedčia najmä pomerne časté pseudomorfozy po anhydrite (zistené vo vzorkách D-26 v Demänovskej jaskyni mieru a D-14 i D-51 v Demänovskej jaskyni slobody). Dokazuje to aj pomerne častý výskyt sadrovca na jaskynných stenách (najmä v Demänovskej jaskyni mieru – Pavlarčík, 1986). Drobné sadrovcové kryštály pochádzajú nesporne zo síranov v gutensteinských vápencoch a dolomitoch, v ktorých sa v určitom časovom intervale sedimentácie počas aridnej alebo semiaridnej klímy vytvorili podmienky vzniku evaporitov následkom zvýšenia výparu v presolených lagúnach. Presolené lagúny boli charakteristické najmä pre spodnotriasové a permské sedimentačné bazény. Z tohto dôvodu môžeme predpokladať aj častý výskyt dolomitových polôh v gutensteinskom súvrství. V takomto prípade sa môže časť dolomitu synsedimentárneho alebo skorodiagenetického pôvodu vytvoriť tak, že kryštalizáciou sadrovca v presolených panvách sa z roztoku odstráni Ca, zvýši sa pomer Ca/Mg a vznikne protodolomit. V diagenetickom štádiu však dolomitizácia určite pokračovala, o čom svedčí zatlačanie sedimentu klencami dolomitu vo viacerých vzorkách. Existenciu diagenetického tlaku potvrdzujú aj pomerne časté mikrostylolity vo výbrusoch, ktoré sa vytvorili následkom tlakového rozpúšťania. Tlak karbonátového nadložía bol o to väčší, že gutensteinské súvrstvie sa nachádza v spodnej časti karbonátového komplexu v bezprostrednom nadloží plastických verfenských bridlíc. Vplyvom protitlaku pórových fluid v rigidnej karbonátovej hornine spravidla nastane šírenie mikrofraktúr a medzizrnových sklzov a dochádza k tlakovému rozpraskaniu. Z tohto dôvodu mohlo v gutensteinských vápencoch dôjsť k rozsiahlej propagácii prasklín, ktoré boli v neskoršom štádiu diagenézy vyplnené kalcitom. Biele kalcitové žilky sú zvlášť charakteristické pre gutensteinské vápence a dolomity.

Ku koncu sedimentácie karbonátov gutensteinského súvrstvia došlo k výrazným sedimentačnými zmenám. Zrejme vo viacerých horizontoch sa vytvorili oxidatívne podmienky, čo viedlo k čiastočnému rozmachu niektorých druhov morskej fauny, najmä krinoíd a brachiopód. Bolo to v období konca anisu, kedy napr. v sedimentačnej oblasti silicika dochádzalo v revolučnom rozmachu vápnitých rias v teplom a dobre okysličenom plytkom mori, čo viedlo k vzniku svetlosivých steinalmských vápencov. V Demänovskej doline badáme len slabší odraz tejto zmeny v podobe vzniku organogénnych („demänovských“) vápencov na hrebeni vrchu Siná, pod vchodom do Demänovskej jaskyne slobody a severne od Lúčok (Štúr, 1868; Volko-Starohorský, 1933), miestami aj s výstupom svetlejších vápencových polôh s dasykladaceovými riasami (Biely et al. 1997). V jaskynnom systéme k tomuto horizontu zodpovedá krinoidovo-brachiopódová lavica na začiatku Ružovej galérie v Demänovskej jaskyni mieru (vzorky D-27). Krinoidy nie sú veľkou vzácnosťou v gutensteinských vápencoch, známe sú aj z Álp alebo aj zo silicika (napr. Tollmann, 1976; Hips, 2003), raritou sú však vložky organogénnych lavíc v gutensteinskom súvrství s takou bohatou faunou. Vytvorenie krinoidovo-brachiopódovej akumulácie môže byť odrazom vzniku búrkových prúdov v distálnej časti karbonátovej rampy (porovn. Michalík, 1997) alebo sa mohli ukladať v preliačiniach miernych morských prúdov. Nad organodetrítickou lavicou v Ružovej galérii vystupujú ešte nezreteľne vrstevnaté sivé vápence (podobne ako na lokalite na hrebeni Sinej opísanej A. Bielym et al. 1997), preto nevidíme dôvod zaradenia tejto polohy do komplexu ramsauských dolomitov.

Hrubý súbor ramsauských dolomitov vystupuje takmer v polovici podzemných priestorov jaskynného systému. Ich časť je rekryštalizovaná, s jemnozrnnými alebo drobnozrnnými štruktúrami, miestami sa však čiastočne zachovala aj pôvodná mikritová a mikrosparitová mikrofácia s fantómami intraklastov a bioklastov. Môžeme teda tvrdiť, že do určitej miery pokračovali podobné podmienky sedimentácie, ako u podložných gutensteinských vrstiev, avšak časť dolomitov sa vytvorila v prostrednej a distálnej časti karbonátovej rampy. Svedčia o tom zárodky útesov a polohy biointrasparitov s charakterom ooidov. Biointrasparitová mikrofácia s opracovanými bioklastmi a s dobre zaoblenými intraklastmi v čistom sparitovom matrixe nepochybne dokazuje transport vápnitého (dolomitového) piesku po morskom dne vlnami. Pomerne pestrejšia paleta fauny v bioklastoch (úlomky lastúrnikov, ostrakód, krinoíd, ježoviek, možno aj rias) navyše prezrádza priaznivejšie podmienky s lepším okysličovaním morského prostredia. Domnievame sa, že táto poloha môže zodpovedať tmavosivým organodetrítickým vápencom vymedzeným A. Bielym et al. (1997) v súbore ramsauských dolomitov. Fáciu strednej časti karbonátovej rampy v ramsauských dolomitoch môžu reprezentovať rohovce, ktoré z jaskynnej steny zvlášť atraktívne vystupujú medzi Veľkým dómom a Rázcestím, na pravom brehu Demänovky, vyskytujú sa však aj v Demänovskej jaskyni mieru. Podľa mikroskopickej analýzy ide o zvrstvenú kremitú hmotu s množstvom ihlíc kremitých hubiek. Svedčí to o vytváraní útesových zárodokov, teda o začiatku diferenciacie morského dna na útesy a lagúny, ktorá sa v siliciku začínala v rovnakom stratigrafickom horizonte v aniských steinalmských vápencoch (napr. Scholz, 1972).

V ramsauských dolomitoch sú pomerne často zastúpené mikrobrekcie alebo brekcie, ktoré v prípade ich syngenetického pôvodu indikujú rozrušenie už spevnených sedimentov. Syngenetický pôvod brekcií prezrádza malá poloha zlepcov s dobre zaoblenými dolomitovými obliakmi za Liečebňou v Demänovskej jaskyni slobody. Pri takomto rozrušení pod hladinou morskej vody musíme predpokladať väčšiu aktivitu vln (takáto aktivita sa prejavuje aj v prípade spomínanej vložky dolomitického vápenca s ooidmi na riečisku v Pekelnom dome).

Pomerne značný podiel ramsauských dolomitov v jaskynnom systéme je prekvapujúcim poznatkom, a to aj v sintrom zdobených atraktívnych a priestranných chodbách. Veľká časť týchto chodieb je vytvorená po vrstevných plochách a zlomami oslabených miestach. Dobrým príkladom je Kráľova galéria a s ňou paralelné riečisko Demänovky, vyvinuté po vrstvách dolomitových lavíc smeru SZ – JV. V rozširovaní priestorov tu značnú úlohu zohrala aj erózia a korózia podzemného toku s vysokou kinetickou energiou najmä vo štvrtohorách. Dolomitové chodby mimo hlavného riečiska, kde neboli intenzívne atakované veľkým množstvom alogénnych vôd z kryštalinika, sú však prevažne úzke a nízke (napr. horné úseky Demänovskej jaskyne mieru, alebo Pustej jaskyne). Vrstevnatosť karbonátov hrala mimoriadne veľkú úlohu v usmernení krasových vôd a tým aj v tvorbe podzemných priestorov jaskynného systému. V prípade gutensteinského súvrstvia sa to zvlášť výrazne prejavuje v Demänovskej ľadovej jaskyni, ale smer a sklon vrstiev spôsobil aj asymetriu rozmiestnenia podzemných chodieb Demänovskej doliny tým, že prevažná väčšina jaskynných priestorov sa sústreďuje na pravý breh Demänovky. Existenciu sintrovej výzdoby v dolomitových častiach jaskynného systému môžeme vysvetliť prímiesou CaO v niektorých laviciach, ako aj vložkami dolomitických vápencov a organodteritických vápencov nad jaskynnými chodbami, z ktorých sa mohol presakujúcou vodou vylúhovať uhličitan vápenatý.

ZÁVER

Mikroskopickou analýzou horninového podkladu Demänovského jaskynného systému sa získalo niekoľko nových poznatkov, ktoré môžeme zhrnúť nasledovne.

- Okrem karbonátov gutensteinského súvrstvia značná časť – takmer polovica jaskynného systému – zasahuje do komplexu ramsauských dolomitov. Keďže ide o spodnú časť dolomitového komplexu, v jaskyni predpokladáme ich aniský vek. Aniský vek bol dokázaný foraminiferami z krinoidovo-brachiopódovej lavice v najvyššej časti gutensteinského súvrstvia v Ružovej galérii.
- V prevažnej časti karbonátov gutensteinského súvrstvia dominuje mikritová a mikrosparitová mikrofácia s pomerne chudobnou faunou, ktorá pozostáva najmä z ostrakód, echinodermát, menej frekventovane z foraminifer a z tenkých schránok lastúrníkov. Sedimentácia jemného vápneného kalu prebiehala v pokojných podmienkach plytkého mora, bez výrazného vplyvu morských vln v subtidálnom pásme v anoxickom alebo slaboprekysličenom, aj mierne presolenom prostredí, v ktorom proces sedimentácie vápneného kalu kontrolovali mikrobiálne organizmy schopné anaeróbne rozkladať organické látky. Kalové anoxické sedimenty občas vystriedali svetlejšie mikrosparitové oxidatívne polohy a vytvorili sa štruktúry podobné stromatolitom. Časť dolomitu v gutensteinskom vápenci môže byť synsedimentárneho alebo skorodiagenetického pôvodu, v štádiu diagenézy však dolomitizácia pokračovala.
- Veľká časť ramsauských dolomitov je rekryštalizovaná, podľa čiastočne zachovanej pôvodnej mikritovej a mikrosparitovej mikrofacie s fantómami intraklastov a bioklastov môžeme predpokladať podobné podmienky sedimentácie, ako u podložných gutensteinských vrstiev. Synsedimentárne mikrobekcie a bekcie indikujú rozrušenie už spevnených sedimentov. Vložka dolomitického vápenca v Pekelnom dome s biointrasparitovou mikrofáciou so zaoblenými bioklastmi a intraklastmi dokazuje transport vápneného (dolomitového) piesku po morskom dne vlnami zrejme v distálnej časti karbonátovej rampy. V prípade rohovcov pri Rázcestí ide o zvrstvenú kremitú hmotu s množstvom ihlic kremitých hubiek. Svedčí to o vytváraní útesových zárodokov, teda o začiatku diferenciacie morského dna na útesy a lagúny.

Predmetným výskumom sa získali len základné znalosti o litológii karbonátových hornín Demänovského jaskynného systému. Vzhľadom na význam a hodnoty podzemných priestorov sa však vyžaduje hlbšia stratigrafická a mikropaleontologická analýza, najmä v oblasti organodetritických polôh.

Poďakovanie

Moje úprimné poďakovanie patrí predovšetkým doc. RNDr. Pavlovi Bellovi, PhD., ktorý bol iniciátorom realizovaného výskumu a často ma odprevádzal aj v jaskynných priestoroch. Ďakujem ďalej doc. RNDr. Jánovi Sotákovi, DrSc., za láskavé určenie foraminifer a za cenné odborné konzultácie, ktoré zvýšili kvalitu tejto práce, ako aj doc. RNDr. Jozefovi Michalíkovi, DrSc., za hodnotné pripomienky. Ďakujem kolegom Pavlovi Staníkovi a Pavlovi Herichovi, ktorí mi významne pomáhali nielen pri terénnych prácach v jaskyni, ale aj pri zostavovaní geologickej mapy jaskyne. Vďaka patrí aj Mgr. Lucii Ledvényiovej, PhD. za rozpúšťanie rohovcov a Mgr. Jurajovi Šurkovi za umožnenie fotografovania výbrusového materiálu.

LITERATÚRA

- BELLA, P. 1993. Poznámky ku genéze Demänovského jaskynného systému. Slovenský kras, 31, Liptovský Mikuláš, 43–53.
- BELLA, P. 1996. K problematike genézy depresných častí Demänovskej jaskyne slobody a priľahlých ponorných jaskýň v Demänovskej doline. In Lalkovič, M. (Ed.): Kras a jaskyne – výskum, využívanie a ochrana. Zborník referátov, Liptovský Mikuláš, 103–109.
- BELLA, P. 2000. Genetické typy jaskynných priestorov v Demänovskej doline. In Lacika, J. (Ed.): Zborník referátov z 1. konferencie Asociácie slovenských geomorfológov pri SAV, Bratislava, 8–20.
- BELLA, P. 2013. Vtkové klesajúce chodby a nevytriedené fluvialne sedimenty v jaskyniach ponornej zóny stredohorského alogénneho krasu na príklade Demänovskej jaskyne slobody (Demänovská dolina, Nízke Tatry). Geographia Cassoviensis, 7, 1, Košice, 16–23.
- BELLA, P. – HOLÚBEK, P. 2007. Morfológia a genéza severovýchodnej vetvy Demänovskej ľadovej jaskyne. Slovenský kras, 45, Liptovský Mikuláš, 65–77.
- BELLA, P. – KADLEC, J. – HERCMAN, H. – GRADZIŃSKI, M. – BOSÁK, P. – PRUNER, P. – GAŠIOROWSKI, M. – NOWICKI, T. – CHADIMA, M. – SCHNABL, P. – ŠLECHTA, S. 2012. Odlišnosti vývoja alogénneho krasu Demänovskej doliny v spodnom pleistocéne a mladších obdobiach štvrtohôr. In Bella, P. – Papčo, P. (Eds.). Geomorfológia a integrovaný výskum krajiny. Zborník abstraktov konferencie Asociácie slovenských geomorfológov, Ružomberok, 12–16.
- BIELY, A. – BUJNOVSKÝ, A. – VOZÁROVÁ, A. – KLINEC, A. – MIKO, O. – HALOUZKA, R. – VOZÁR, J. – BEŇUŠKA, P. – BEZÁK, V. – HANZEL, V. – KUBEŠ, P. – LIŠČÁK, P. – LUKÁČIK, E. – MAGLAY, J. – MOLÁK, B. – PULEC, M. – PUTIŠ, M. – SLAVKAY, M. 1997. Vysvetlivky ku geologickej mape Nízkych Tatier. Geologický ústav D. Štúra, Bratislava, 1–232.
- ČILEK, V. 2004. Aragonit a hydromagnezit z Demänovskej jaskyne slobody. Aragonit, 9, Liptovský Mikuláš, 19–21.
- DROPPA, A. 1952. Nové časti jaskyne Slobody v Demänovskej doline. Zemepisný sborník, 4, 1–2, Bratislava, 33–49.
- DROPPA, A. 1955. Výskum Demänovských jaskýň. Geografický časopis, 7, 3–4, Bratislava, 133–163.
- DROPPA, A. 1956. Demänovská ľadová jaskyňa. Československý kras, 8–9, Praha, 92–110.
- DROPPA, A. 1957. Demänovské jaskyne – krasové zjavy Demänovskej doliny. Slovenská akadémia vied, Bratislava, 1–289.
- DROPPA, A. 1972. Geomorfologické pomery Demänovskej doliny. Slovenský kras, 10, Liptovský Mikuláš, 9–46.
- HAVIAROVÁ, D. 2012. Hydrogeochemická charakteristika jaskynných systémov Západných Karpát na príklade Demänovského jaskynného systému (Nízke Tatry) a jaskýň Silickej planiny (Slovenský kras). Dizertačná práca, Prírodovedecká fakulta UK, Bratislava, 1–179.

- HAVIAROVÁ, D. 2014. Smery prúdenia ponorných autochtónnych vôd z bočných krasových doliniek na pravej strane Demänovskej doliny. *Aragonit*, 19, 1–2, Liptovský Mikuláš, 15–20.
- HAVIAROVÁ, D. – PRISTAŠ, P. 2010. Výsledky nových stopovacích skúšok ponorových jaskýň v Demänovskej doline vo vzťahu k Demänovskej jaskyni slobody. *Aragonit*, 15, 2, Liptovský Mikuláš, 76–82.
- HERICH, P. – HOLÚBEK, P. 2015. Nad tabuľkami jaskýň Demänovskej doliny. *Spravodaj SSS*, 46, 3, Žilina, 9–10.
- HIPS, K. 2003. Gutensteini Formáció a Szilicei takaró Aggteleki fáciesében. *Földtani Közlöny*, 133, 4, Budapest, 445–468.
- HOCHMUTH, Z. 1988. Geomorfologický výskum a topografia Vodnej cesty medzi jaskyňami Vyvieranie a j. Slobody v Demänovskej doline. *Slovenský kras*, 26, Liptovský Mikuláš, 7–23.
- HOCHMUTH, Z. 1990. The contribution to the topic of the conservation of the Demänová Valley endokarst forms. *Studia Carsologica*, 3, 43–49.
- HOCHMUTH, Z. 1995. Some notes concerning the research of the phreatic zone in the cave system of Demänová Valley (Low Tatras, Slovakia). In Bella P. (Ed.): *Caves and Man. Proceedings of International Symposium, Demänovská dolina, Liptovský Mikuláš*, 11–15.
- HOLEČEK, V. 1923. O Demänovské časti Liptovského krasu. In *Liptovský kras. Jaskyne Demänovského údolia. Zvláštny otisk z Prúdiv*, 7, Bratislava, Liptovský Sv. Mikuláš, 35–64.
- HOLÚBEK, P. 2001. Neotektonické pohyby v Demänovskej jaskyni mieru a deštrukcia sintrovej výzdoby. *Slovenský kras*, 39, Liptovský Mikuláš, 55–57.
- HOLÚBEK, P. 2006. Sintrová mozaiková štruktúra ako prejav gravitačných svahových pohybov v Pustej jaskyni, Demänovská dolina. In Bella, P. (Ed.): *Výskum, využívanie a ochrana jaskýň. Zborník referátov, Demänovská dolina, Liptovský Mikuláš*, 110–112.
- KETTNER, R. 1927. Předběžná zpráva o dosavadních geologických výzkumech v Nížkých Tatrách. *Rozpravy II. třídy České akademie*, 36, 4, Praha, 1–19.
- KRÁL, A. 1922. Slovenský kras, průvodce po dolině Demänovské a Svatojánské. Brno, 1–47.
- MAHEL, M. – ANDRUSOV, D. – BUDAY, T. – FRANKO, O. – ILAVSKÝ, J. – KULLMAN, E. – KUTHAN, M. – MATĚJKA, A. – MAZÚR, E. – ROTH, Z. – SENEŠ, J. – SCHEIBNER, E. – ZOUBEK, V. 1964. Vysvetlivky k prehľadnej geologickej mape ČSSR 1 : 200 000, M-34–XXVI, list Banská Bystrica. Ústredný ústav geologický, Bratislava, 1–269.
- MICHALÍK, J. 1997. Tsunamites in a storm-dominated Anisian carbonate ramp (Vysoká Formation, Malé Karpaty Mts. Western Carpathians). *Geologica Carpathica*, 48, 4, Bratislava, 221–229.
- OSCHMANN, W. 2000. Microbes and Black Shales. In (Riding – Awramik, eds.). *Microbial sediments*. Springer, 137–148.
- PAVLARČÍK, S. 1984. Výskum Demänovskej doliny so zameraním na Demänovskú jaskyňu mieru (Geologická časť). Záverečná správa za rok 1981 – 1984. Manuskript, Archív Správy slovenských jaskýň, 1–38.
- PAVLARČÍK, S. 1986. Sadrovec v Demänovskej jaskyni mieru. *Slovenský kras*, 24, Liptovský Mikuláš, 193–195.
- PETRÁNEK, J. 1963. Usazené horniny. Československá akademie věd, Praha.
- POKORNÝ, M. 1949. Vývoj najmladších prostor jeskyň Demänovských. *Časopis Moravského musea v Brně*, 34, 1, Brno, 49–65.
- SENEŠ, J. 1968. Správa o geologicko-morfologickom výskume toku Demänovky v jaskyni Vyvieranie. *Slovenský kras*, 6, Bratislava, 76–83.
- SCHOLZ, G. 1972. An Anisian Wetterstein limestone reef in North Hungary. *Acta Mineralogica et Petrographica*, 20, Szeged, 337–362.
- STUR, D. 1868. Bericht über die geologische Aufnahme im oberen Waag- und Gran-Thale. *Jahrbuch der k. k. Geol. Reichsanstalt*, 18, Wien.
- ŠTÚR, D. 1960. Zpráva o geologickom mapovaní na hornom Považí a Horehróní. *Práce D. Štúra, vybraté state*, Bratislava, 182–267.
- TEREKOVÁ, V. 1984. Vyhodnotenie stopovacej skúšky v doline Vyvieranie. *Spravodaj SSS*, 15, 4, Liptovský Mikuláš, 39–41.

- TOLLMANN, A. 1976. Analyse des klassischen nordalpinen Mesozoikums. Franz Deuticke, Wien, 65–81.
- VITÁSEK, F. 1923. Demänovská ledová jeskyně. Časopis turistů, 35, Praha, 161–166.
- VITÁSEK, F. 1940. Der Rhythmus im Wachstum der Tropfsteine und die Demänová-Höhlen. Zeitschrift für Geomorphologie, 11, 2–3, 113–122.
- VOLKO-STAROHORSKÝ, J. 1933. Geologia Demänovskej doliny (Liptov). Věda přírodní, 14, 2–3, Praha, 58–63.
- VOLKO-STAROHORSKÝ, J. 1940. Štvrtovršie. Kvartér či Anthrozoikum, II. Výskumy v „Demänovskej doline”. Liptovský Sv. Mikuláš, 85–176.
- VOLKO-STAROHORSKÝ, J. 1950. Geologické pomery Demänovskej doliny. Československý kras, 3, 271–274.



SLOVENSKÝ KRAS ACTA CARSOLOGICA SLOVACA	54/2	131 – 138	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2016
--	------	-----------	------------------------

SINTRE ZAFARBENÉ KOVOVÝMI IÓNNI V MODREJ JASKYNI, NÍZKE TATRY, SLOVENSKO

MONIKA ORVOŠOVÁ¹ – STANISLAVA MILOVSKÁ² – TOMÁŠ MIKUŠ²
JÁN ŠMOLL³ – GABRIELA MAJERNÍČKOVÁ³ – IGOR KARKOŠIAK⁴

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

² Ústav vied o Zemi Slovenskej akadémie vied, Ďumbierska 1, 974 01 Banská Bystrica;
milovska@savbb.sk, mikuš@savbb.sk

³ Speleologický klub Červené vrchy Slovakia, Námestie SNP 2, 031 01 Liptovský Mikuláš;
smoll@alconet.sk

⁴ Moyzesova 176, 033 01 Liptovský Hrádok

M. Orvošová, S. Milovská, T. Mikuš, J. Šmoll, G. Majerníčková, I. Karkošiak: Flowstones colored by metal ions in the Blue Cave, Nízke Tatry Mts., Slovakia

Abstract: Blue Cave is a small cave with narrow passages and several domes, in which amazing blue-green stalactites occur. Cave is developed in Mesozoic dolomitic bedrock, which is tectonically juxtaposed to Permian basalts containing barite-sulphide mineralization. The blue-green colour of calcite stalactites results from the presence of Cu ions. The Cu concentration ranges from 211 ppm to 2096 ppm, the other present ions are Zn (up to 652 ppm), Fe (up to 76 ppm), and Ba (up to 65 ppm). Coloration of stalactites is due to metal ions transition derived from barium-sulphidic ore veinlets which occur in close proximity to the cave.

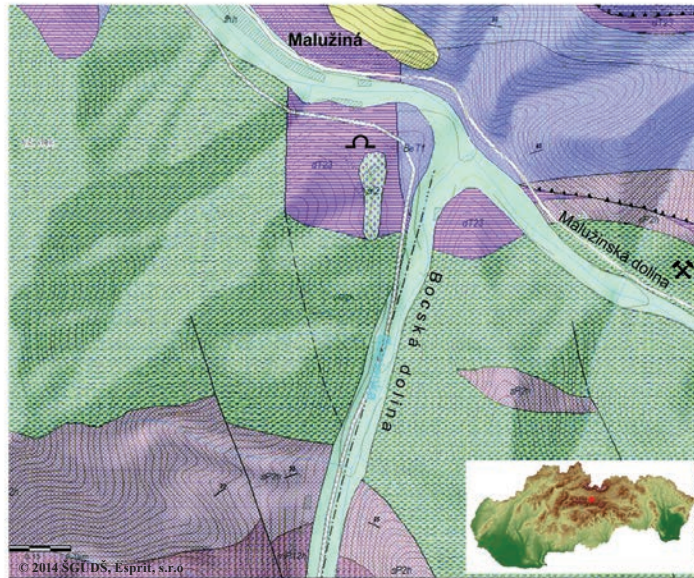
Key words: blue-green stalactites, cave, Nízke Tatry Mts., Slovakia

ÚVOD

Krasové územia na Slovensku sa navzájom geomorfologicky veľmi odlišujú a sú jedinečné, od planín a plátô až po nízke a vysoké hory. Materskými horninami jaskýň sú prevažne vápence a dolomity. Mnohé z týchto jaskýň sú extrémne bohaté na rozmanité variácie typov speleotém, niektoré pozorujeme len v niektorých alebo len v jednej jaskyni. Iné jaskyne zriedkavo asociujú s rudnými žilami, ktoré im poskytujú výnimočnú jaskynnú mineralógiu a sintrové formy, zaujímavé z estetického aj vedeckého hľadiska. Na svete je známych niekoľko príkladov, keď prítomnosť rudných telies v krasovom masíve spôsobila výskyty unikátnych speleotém, ako napríklad modré (zelené) aragonitové heliktity, štíty, jazerné hrádze a brčká nezvyčajných priemerov (10 až 15 mm) v jaskyniach Grotte de L'Asperge a Blue Cave vo Francúzsku (Cabrol, 1976, 1979), heliktity modrej a zelenej farby v Aven des Crozes v Španielsku (J. Wagner, osobná informácia) alebo výskyt farebných nátekových kôr v jaskyni Mbobo Mkulu v Južnej Afrike (Martini, 1980), kde pokrývajú jaskynné steny unikátnymi minerálmi zelenej (atakamit so sadrovcom) a modrej farby (sampleit s leikofosfítom), ktorých zložky pochádzajú z nadložia z čiernych bridlíc bohatých na sulfidy. Na Slovensku sme v jaskyniach doteraz nepoznali žiadne výskyty sfarbených speleotém modrozelenej farby. Iba prednedávnom jaskyniari našli speleotémy neopakovateľnej modrozelennej farby v Modrej jaskyni v Nízkyh Tatrách. Zistiť pôvod zafarbenia je hlavnou úlohou predkladaného článku.

GEOGRAFICKO-GEOLOGICKÁ CHARAKTERISTIKA OKOLIA A OPIS JASKYNE

Modrá jaskyňa sa nachádza v blízkosti obce Malužiná v katastri Nižnej Boce na ľavej strane rieky Bocianky v Bocianskej doline na severných svahoch Nízkych Tatier (obr 1). Ide o neaktívnu výverovú jaskyňu, jeden z niekoľkých výverov riečky Bocianky. Situovaná je v blízkosti vyústenia Malužinskej dolinky do hlavnej Bocianskej doliny, kde došlo k výraznej akumulácii fluviálnych nánosov štrkových sedimentov, ktoré vytvárajú v nadloží jaskynného vchodu rozsiahlu riečnu terasu.



Hronikum *Hronicum*

- Lúžňanské súvrstvie: kremenné a arkóзовé pieskovce, kremence, trias
Lúžna beds: quartzy and arkosic sandstones, quartzites, Triassic
- Sivé, svetlosivé a biele dolomity, brekcie, vápence, rauwaky, trias
Gray, light-gray and white dolomites, breccias, limestones, rauhwacks, Triassic

Malužinské súvrstvie (perm) *Malužina Formation (Permian)*

- Pestrofarebné pieskovce, prachovce, ilovité bridlice, s medzivrstvičkami karbonátov a evaporitov;
variegatedly coloured sandstones, siltstones, shales with carbonate and evaporite intercalations
- Tholeitové bazalty a andezity, polohy vulkanoklastik
Tholeiite basalts and andesites, volcanoclastic layers
- Pestrofarebné pieskovce, prachovce, ilovité bridlice, s konkréciami karbonátov;
variegatedly coloured sandstones, siltstones, with carbonate nodules
- Fluviálne piesčité štrky, stredný pleistocén
Fluvial sandy gravels, Middle Pleistocene
- Svahoviny- svahové hliny a sutiny
Deluvium- deluvial loams and debris
- Jaskyňa Cave
- Banské dielo
Mine workings

Obr. 1. Geologická mapa s pozíciou Modrej jaskyne (červený krúžok)
Fig. 1. A geological map with the location of Blue Cave (full red circle)

Jaskyňa je vyvinutá v triasových karbonátových horninách hronika, ktoré stratigraficky tvoria nadložie paleobazaltov ipoltickej skupiny. Materskou horninou sú sivé lavicovité a masívne dolomity, miestami dolomitické vápence. Fluviokrasovú členitú jaskyňu tvoria väčšie a menšie siene spolu s kratšími odbočkami bez výraznej smernej chodby. Na jaskynných stenách a stope sú často zachované kupolovité freatické tvary alebo sú priestory deštruované s výrazným opadom materskej horniny, ktorá na podlahe tvorí nahromadené sutinoviská. Dĺžka jaskyne nepresahuje viac ako 700 m. Výplň jaskyne tvoria aj alochtónne sedimenty piesčitého a štrkového charakteru. Niektoré okruhliaky granitoidov merajú aj 40 cm v priemere. V sintrovej výzdobe prevládajú stalaktity nad stalagmitmi, vzácné sú vyvinuté do nezvyčajnej dĺžky, keď dosahujú aj viac ako jeden meter oproti stalagmitom vysokým len niekoľko centimetrov. Modrozelené zafarbenie sa týka predovšetkým stalaktitových foriem, ktoré vystupujú spolu s nátekovými kôrami bežnej okrovej alebo bielej farby bez náznakov zafarbenia (obr. 2a,b). Vyskytujú sa len v juhovýchodnej časti jaskynného systému.

Jaskynné chodby obsahujú alochtónny riečny sediment splavený z nekrasového okolia granitoidných hornín kryštalinika Nízkych Tatier spolu s paleobazaltmi, ktoré sú odkryté v blízkosti nad jaskyňou a tvoria pomerne veľkú zbernú plochu pre dažďovú vodu presakujúcu do jaskyne. I keď sa v jaskynných priestoroch vyskytujú prenikajúcich zrudnených žíl priamo nepozorovali, prítomnosť sulfidického zrudnenia v paleobazaltoch v oblasti nad jaskyňou je veľmi pravdepodobná. V okolí Malužinej je známych niekoľko štôlní, v ktorých sa ťažili baritové žily, sprevádzané impregnáciami medených a železných rúd. Z mineralogického a genetického hľadiska výskyt v okolí Malužinej skúmal viacero autorov (Turan, 1962; Petro, 1974; Friedl, 1985). Baritová a medená mineralizácia je viazaná na horniny ipoltickej skupiny



Obr.2a. Bohatá stalaktitová výzdoba modrozelenej farby na stope jaskyne. Foto: P. Staník

Fig. 2a. Riched greenblue colored stalactite decoration on the cave ceiling. Photo: P. Staník



Obr. 2b. Zafarbené brká spolu s bežnými bielymi nátekovými formami vedľa seba. Foto: P. Staník

Fig. 2b. Coloured soda straws side by side with common white flowstones. Photo: P. Staník

hronika, a to v oblasti asi 3 km na V od obce v dolinkách pravostranných prítokov potoka Tajchovka (Slávik, 1967) a v lome v doline Svidovo, asi 2,8 km JZ od obce (Friedl, 1985). Žily medenej mineralizácie sú v asociácii so zlomami vytvorenými počas alpínskeho násunu jednotky hronika. Tieto štruktúry sú sprevádzané cirkuláciou hydrotermálnych fluíd. Nositeľom medenej mineralizácie sú impregnačné typy rúd v permských bazaltoch (Ilavský et al., 1975; Rojkovič, 1990). V rámci Cu mineralizácie viazanej ako výplň mandlí a pórov v paleobazaltoch opísal Friedl (1985) niekoľko minerálov, ktoré zaradil do nasledujúcej schémy: I. hematit, II. pyrit, III., IV. chalkopyrit, bornit, V. galenit, sfalerit, VI. markazit, VII. chalkozín, covellín, malachit, azurit, limonit, chryzokol.

METODIKA

Drobný fragment skúmanej sintrovej kôry s veľkosťou cca $2 \times 2 \times 1$ cm bol odobratý z porušených nátekov na strope chodby. Farbu sme identifikovali podľa Munsellovej farebnej škály hodnotou C25 až D25. Na leštenej ploche sa vzorka analyzovala naprieč profilom od povrchu k báze (obr. 4). Chemické zloženie bolo stanovené pomocou energiodisperznej röntgenovej fluorescenčnej mikrospektrometrie (μ -EDXRF spektrometria), prístroj M4 TORNADO (Bruker) a vlnovo-disperznej spektroskopie (WDS), elektrónový mikroanalyzátor JEOL JXA 8530FE na Ústave vied o Zemi SAV v Banskej Bystrici. μ -EDXRF spektrometria je nedeštruktívna metóda určená na semikvantitatívne stanovenie prvkov s vysokou citlivosťou obzvlášť pre ťažšie prvky. Bola vytvorená mapa plošnej distribúcie prvkov a prvkové analýzy v líniových profiloch na naleštenom úlomku kvapľa. Analýzy prebiehali vo vákuu, excitačné rtg žiarenie (Rh anóda) sa emitovalo pri 50kV/600 μ A, fluorescenčné žiarenie bolo analyzované SDD detektorom s rozlíšením 145 eV. Excitačný lúč bol polykapilárnou optikou fokusovaný na priemer 25 μ m, interakčná hĺbka je 10 – 1000 μ m. Snímanie líniového profilu prebiehalo za podmienok: čas snímania – 48 s/1 cyklus (10 cyklov), úsek – 413 μ m/s. Mapovanie distribúcie prvkov: veľkosť snímaného bodu – 25 μ m, vzdialenosť bodov – 20 μ m.

Na presné stanovenie chemického zloženia kalcitu pomocou elektrónovej mikroanalýzy sa použil uhlíkom pokovovaný leštený výbrus (výrez kolmý na prírastkové vrstvy nátekovkej kôry). Podmienky merania: urýchľovacie napätie 15kV, prúd 10nA, priemer lúča 8 μ m, ZAF korekcia, čítací čas píku 20 s, pozadia 5 s. Použité štandardy: Ca (Ka) PETL – diopsid, Ba (La) PETL – barit, Mn (Ka) LIFL – rodonit, Mg (Ka) TAP – olivín, Si (Ka) TAP – plagioklas an65, Sr (Ka) TAP – celestín, Fe (Ka) LIFH – hematit, Cu (Ka) LIFH – kuprit, Zn (Ka) LIF – willemit.

Na predbežné stanovenie minerálneho zloženia fragmentu kvapľa bola použitá μ -ramanovská spektroskopia (prístroj LabRam HR 800, Horiba-Yvon).

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Doterajším mineralogickým štúdiom pomocou ramanovskej mikrospektroskopie sa vo vzorke z „modrého kvapľa“ stanovil kalcit. Dosiaľ neboli zistené žiadne odlišné formy CaCO_3 , ako ani iné fázy, ktoré by mohli kumulovať med' a ostatné prvky. Výsledky mikrosondových analýz a μ -EDXRF spektrometrie potvrdili v kalcite prítomnosť niekoľkých „cudzorodých“ rudných prvkov. Najvyšší obsah zo všetkých prímiesnych prvkov dosahuje Cu – v jednotlivých analyzovaných prírastkových zónach od 370 ppm do 2960 ppm (2,96 hm. %), v nižších koncentráciách sa akumuluje Zn (od 49 ppm po 530 ppm) a identifikované boli aj minimálne množstvá bária (do 63 ppm) a železa (do 76 ppm) (tabuľka 1).

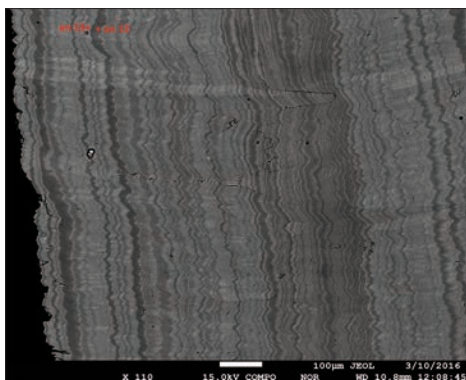
Tabuľka 1. Výsledky elektrónovej mikroanalýzy (v hm. %) farebného fragmentu nátekovkej kôry. Modrá jaskyňa. Body prvých šiestich analýz sú vyznačené na obr. 3

Table 1. Results of electron microprobe analysis (in wt. %) of colored flowstone relict. Points of the first six analysis are recorded on the figure 3. Blue Cave

Analýza /číslo Sample/ No.	CaO hm.%	BaO hm.%	MgO hm.%	SiO ₂ hm.%	SrO hm.%	FeO hm.%	CuO hm.%	ZnO hm.%	MnO hm.%	CO ₂ hm.%	Total hm.%
JMM1 tmavý/dark	53,972	0,016	1,031	0	0	0,011	0,476	0,049	0,074	43,829	99,458
JMM2 svetlý/light	52,142	0	1,196	0,029	0	0	2,96	0,652	0	44,258	101,237
JMM 3 svetlý/light	50,944	0,035	1,168	0	0,024	0,045	1,966	0,167	0	42,48	96,829
JMM4 svetlý/light	52,089	0	1,14	0	0,037	0,041	1,92	0,148	0	43,306	98,681
JMM5 svetlý/light	53,818	0	1,049	0	0	0,003	2,586	0,265	0,018	44,967	102,706
JMM 6 okraj/rim	52,63	0	1,207	0,021	0	0,076	1,771	0,143	0	43,755	99,603
JMM 7 svetlý/light	52,182	0,018	1,112	0,003	0	0,009	2,535	0,326	0	43,76	99,945
JMM 8 tmavý/dark	54,659	0,063	1,053	0	0,009	0,004	0,211	0	0	44,185	100,184
JMM 9 svetlý/light	53,662	0,008	1,016	0,018	0	0,062	1,451	0,081	0,037	44,158	100,493
JMM10 svetlý/light	52,287	0,01	1,165	0	0,014	0,021	2,133	0,344	0	43,693	99,667
JMM11 tmavý/dark	54,117	0,009	0,928	0	0	0	0,951	0,087	0	44,058	100,15
JMM12 tmavý/dark	55,211	0,016	0,962	0,017	0	0,003	0,368	0,066	0	44,649	101,292
JMM13 svetlý/light	52,264	0,033	1,222	0,009	0	0,008	2,581	0,534	0,046	44,122	100,819

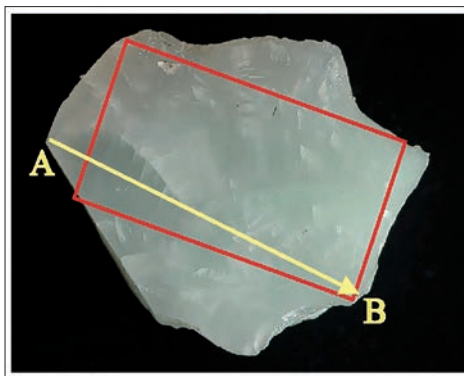
Positívnu koreláciu preukazovali ióny medi a zinku. Prítomnosť týchto ťažších prvkov v štruktúre kalcitu umožňovala pri odrazených elektrónoch (BSE) sledovať opticky veľmi výrazné prírastkové vrstvičky sitrovej nátekovkej hmoty. Svetlejšie lamely predstavujú pri BSE miesta s vyšším obsahom prvkov Cu a Zn (atómov s vyšším atómovým číslom) a tmavšie opačne, prírastky s menším obsahom kovov Cu a Zn, teda prítomnosť „čistejšieho“ kalcitu (obr. 3).

Zonálnosť koncentrácie Cu a Zn sa prejavuje konkordantne s prírastkovými lamelami sitrovej kôry, preto usudzujeme, že ide o variácie dané rýchlosťou zvetrávania rudnej mineralizácie v nadloží, ktorá je závislá od klimatických faktorov – teploty a množstva zrážok. Tieto parametre sú premenlivé v rôznych časových mierkach a v profile sitrovej kôry sa prejavujú jednak dlhodobé klimatické trendy, ale pravdepodobne aj sezónne variácie vytvárajúce jemnú, viac-menej pravidelnú lamináciu (obr. 3 a 6).



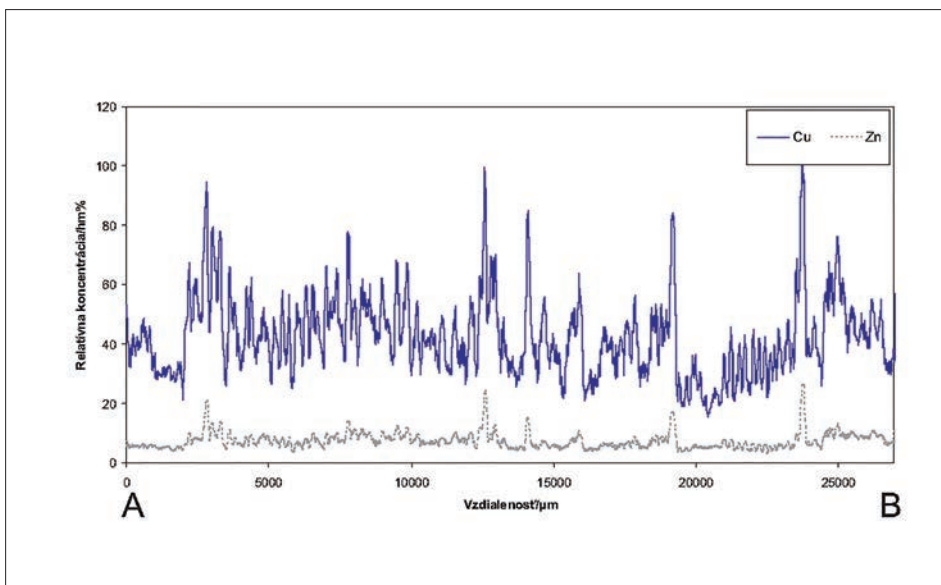
Obr. 3. Jemná chemická zonálnosť sintrovanej kôry spôsobená premenlivou koncentráciou Cu a Zn. Fotografia z mikrosondy pri odrazených elektrónoch (BSE)

Fig. 3. BSE image of subtle chemical zoning caused by variable concentration of Cu and Zn



Obr. 4. Rez skúmanou vzorkou sintrového náteku. Bod A – začiatok profilu, bod B – koniec profilu

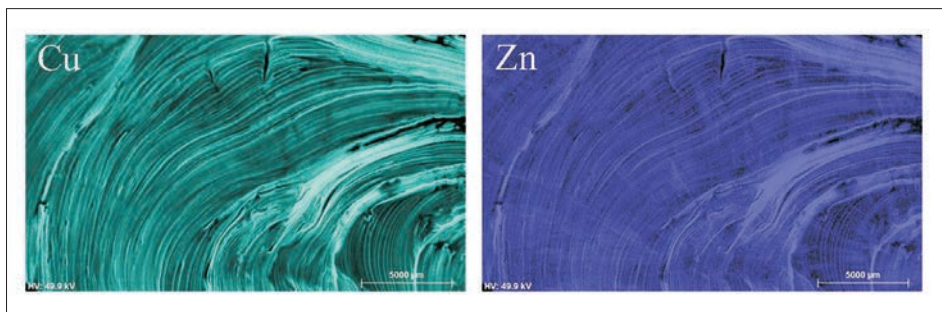
Fig. 4. Cut of the analyzed flowstone sample. Point A – beginning and B – the end of profile



Obr. 5. Líniový diagram koncentrácie Cu a Zn v profile kvapľa. Diagram zobrazuje zmeny obsahu prvkov v jednotlivých nárostových zónach v smere vytýčeného profilu, pozri obr. 4, bod A – začiatok profilu, bod B – koniec profilu (µ-EDXRF spektrometria)

Fig. 5. Line scan of Cu and Zn concentration in stalactite section, see figure 4, profile from A to B). The plot shows concentration changes in particular growth zones (µ-EDXRF spectrometry)

Speleotémy môžu byť zafarbené minimálnym obsahom (niekoľko 10 – 100 ppm) prechodných prvkov (Cu^{2+} , Ni^{2+} , Co^{2+} , Cr^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} a iné) zo zvetrávajúcich rúd a vstupujúcich do štruktúry kalcitu. Často ich zafarbia na zelenú, modrú, žltú a iné farby (White, 1997). Najznámejším alebo najčastejším iónom zafarbujeúcim speleotémy do



Obr. 6. Plošná distribúcia rudných prvkov Cu a Zn v reze kvapľa (μ -EDXRF spektrometria)
 Fig. 6. Elemental map of Cu and Zn concentration in stalactite section (μ -EDXRF spectrometry)

výnimočnej modrozelenej farby je medený ión Cu^{2+} , ktorý môže substituovať Ca^{2+} v kalcitovej alebo aragonitovej štruktúre. Už malé koncentrácie (niekoľko 100 ppm) tohto medeného iónu môžu sfarbiť speleotémy na zelenú až modrú farbu (Cabrol, 1976).

ZÁVER

Výskyt modrozeleno sfarbených stalaktitov a iných nátekových speleotém v Modrej jaskyni je jedinečný. V takom plošnom rozšírení a intenzite zafarbenia sa doteraz nepozorovali v žiadnej z jaskýň našich krasových území. Výsledky mikrochemických analýz dokázali, že príčinou zafarbenia je prítomnosť medených iónov v štruktúre kalcitu v rozsahu od 0,37 až 2,96 hm. %, čo je v porovnaní s jaskyňami vo svete až o niekoľko rádov vyššia koncentrácia. Okrem Cu sa analyzovali aj zvýšené obsahy Zn (do 600 ppm), Ba (do 65 ppm) a Fe (do 80 ppm), ktoré nemajú vplyv na zafarbenie speleotém, ale indikujú blízkosť zdroja v podobe rozptýlených rudných žiliek, ktoré sú v tejto oblasti rozšírené. Obsahy Cu, Zn a Fe navzájom korelujú a ich nezvyčajne vysoká koncentrácia v nátekových speleotémach pravdepodobne súvisí so zvetrávaním Fe-Cu-Zn rúd v blízkom nadloží jaskyne, odkiaľ sa rozpustené v presakujúcej vode dostávajú do jaskynných priestorov. Prírastkové lamely sú vzácnou pravidelné, majú rôznorodú periodicitu. Nadväzujúci výskum bude zameraný na zistenie veku modrých speleotém (U-Th datovaním) a štúdium klimatických podmienok ich tvorby pomocou stabilných izotopov a chemickej zonálnosti.

Poďakovanie. Tento výskum sa realizuje za podpory grantu VEGA 2-0193-15. Veľké poďakovanie patrí jaskyniarom zo Speleologického klubu Červené vrchy Slovakia, s ktorými pri výskume spolupracujeme.

LITERATÚRA

- CARBOL, P. 1976. Les aragonites coralloides, vues au microscope électronique a balayage. *Spelunca*, 46, 3, 50–52.
- CARBOL, P. 1979. Trois types de concretions d'aragonite très rares. *Spelunca*, 3, 119–121.
- FERENC, Š. – ROJKOVIČ, I. 2001. Copper mineralization in the Permian basalts of the Hronicum Unit, Slovakia. *Geolines*, 13, 22–27.
- FRIEDL, I. 1985. Štúdium mineralizácie vo vulkanických horninách permského veku na lokalite Malužiná – Svidovo. Študentská vedecká práca, archív kat. lož. geol. PriF UK, 64.
- ILAVSKÝ, J. – BAJANÍK, Š. – ŠTOHL, J. – VOZÁR, J. 1975. Vulkanizmus a metalogenéza v Západných Karpatoch. *Geologické práce správy* 64, GÚDŠ, Bratislava, 97–134.

- MARTINI, J. E. 1980. Mbobomkulite, hydrombobomkulite and nickelalumite, new minerals from Mboobo Mkulu Cave, eastern Transvaal. *Ann. Geol. Surv., South Africa*, 14, 2, 1–10.
- PETRO, M. 1974. K problematike genézy žilného barytu v efuzívnych horninách melafýrovej série. In *Materiály z III. celoslovenskej geologickej konferencie, I. časť*, SGÚ, Bratislava, 327–324.
- ROJKOVIČ, I. 1990. Ore bearing permian volcanism in the Western Carpathians. *Acta geol. et geogr. Univ. Com., geologica*, 45, Bratislava, 71–88.
- SLÁVIK, J. 1967. Nerastné suroviny Slovenska. SVTL, Bratislava, 510.
- TURAN, J. 1962. Barity z Nízkyh Tatier a priľahlých oblastí. *Geol. práce, zošit 62*, Bratislava, 115–123.
- WHITE, W. B. 1997. Colour of speleothems. In Hill, C. & Forti, P. (Eds.): *Cave Minerals of the World*. NSS, Huntsville, 239–244.

FLOWSTONES COLORED BY METAL IONS
IN THE BLUE CAVE, NÍZKE TATRY MTS., SLOVAKIA

S u m m a r y

The Modrá jaskyňa (Blue Cave) is situated close to Malužiná village on left side of Bocianka creek on northern flanks of Nízke Tatry Mts. Host rocks of the cave are massive or bedded dolomites and limestones of Lower- to Middle Triassic age. Its stratigraphic underlier is formed by Permian basalts of Malužiná formation, that is tectonically juxtaposed to its topographic overlier. The main fluviokarst passage of the cave is >700m long and connects several larger halls and galleries. The cave's unique feature is presence of blue-green speleothems, mainly stalactites, that occur closely together with normally-coloured ones (white and ochreous) and in unprecedented colour intensity and extent.

Blue-green speleothems were subject to mineralogical and geochemical study. The blue-green colour is caused by anomalously high concentration of copper. Microprobe and micro-XRF (X-ray fluorescence spectrometry) investigation showed increased concentration of Cu (370-2960 ppm), Zn (to 600 ppm), Ba (to 65 ppm) and Fe (to 80 ppm), that indicate recent weathering of Cu-Fe-Zn mineralization in close proximity.

Raman spectroscopy confirmed calcite as the only CaCO₃ isomorph, with no heterogeneity or presence of other copper-bearing phase.

Zoning in Cu and Zn concentration is concordant with growth banding and their concentrations are believed to be controlled climatically. Periodicity in chemical zoning occurs on several orders of scale (Fig. 3 and 6) and may reflect both seasonality and long-term climatic trends. The high concentration of Cu Fe and Zn as well as their correlation is likely caused by weathering of Fe-Cu-Zn ores in close overlier of the cave, enriching the dripwater with respect to these elements. Use of these chemically laminated speleothems as a paleoclimatic archive will be subject of further research.

SLOVENSKÝ KRAS ACTA CARSOLOGICA SLOVACA	54/2	139 – 148	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2016
--	------	-----------	------------------------

GENÉZA ZÁVRTOV VPLYVOM TEKTONIKY – OBLASŤ DLHÉHO VRCHU (MALÉ KARPATY, KUCHYNSKO-OREŠANSKÝ KRAS)

TOMÁŠ POTOČNÝ¹ – TAMÁS CSIBRI¹ – ALEXANDER LAČNÝ^{1,2}

¹ Katedra geológie a paleontológie, Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského Mlynská dolina, Ilkovičova 6, 842 15 Bratislava 4; tomas.potocny@gmail.com

² Štátna ochrana prírody SR, Správa Chránenej krajinej oblasti Malé Karpaty, Štúrova 115, 900 01 Modra

T. Potočný, T. Csibri, A. Lačný: The genesis of sinkholes influenced by tectonics – area of the Dlhý vrch hill (Malé Karpaty Mts., Kuchyňa-orešany Karst)

Abstract: The aim of this work is to bring new knowledge about the tectonics and lithology, as important factors in genesis of karst phenomena in the region of the Dlhý Vrch hill, which is located in Kuchyňa-Orešany Karst. Karst sinkholes were localized on linear discontinuities of NW – SE direction in this area. By analyzing structural measurements and mapping work we describe lithology-tectonic impact associated with origin of the karst sinkholes. The formation of sinkholes involved mainly fault structures of NW – SE (S1) and NE – SW (S2) directions. Equally important is lithology in process of karst forms creation

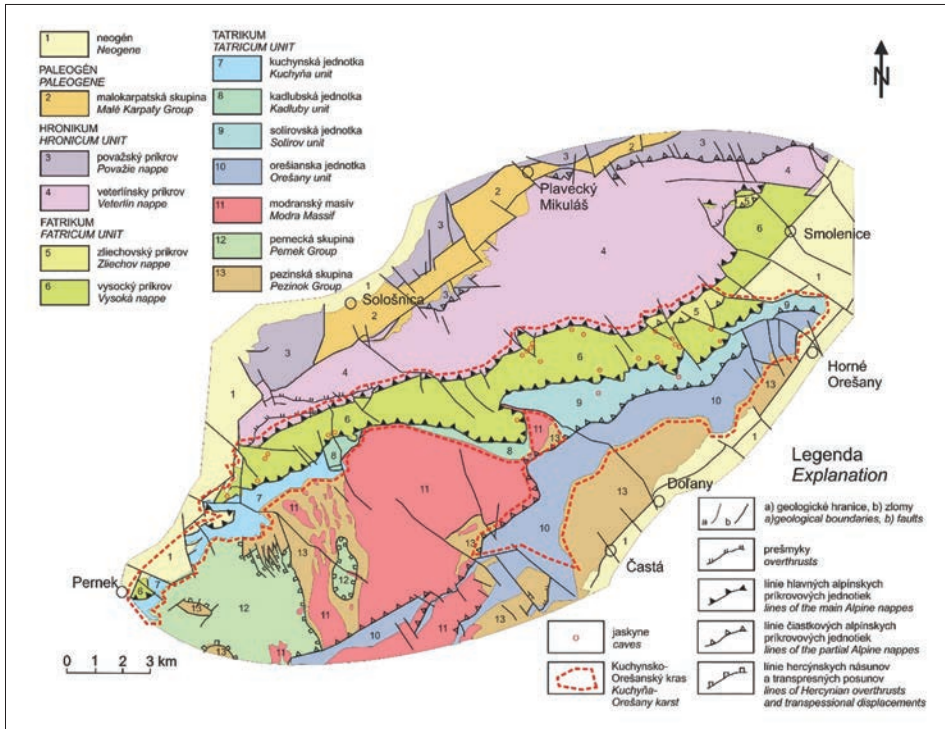
Key words: Malé Karpaty Mts., Kuchyňa-orešany Karst, sinkholes, structure analysis

ÚVOD

Cieľom práce je priniesť nové poznatky o tektonike a litológii ako o faktoroch vzniku závrto v oblasti Dlhého vrchu v Kuchynsko-orešanskom krase. V blízkom okolí boli lokalizované krasové závrty na lineárnych diskontinuitách SZ – JV smeru. Pomocou analýzy realizovaných štruktúrnych meraní a mapových prác bol opísaný litologicko-tektonický vplyv spojený so vznikom krasových závrto. Na vzniku závrto sa podieľajú najmä zlomové štruktúry SZ – JV a SV – JZ smerov. Pri vzniku krasových foriem je však nemenej dôležitá aj litológia. Pri našej práci sme sa zamerali hlavne na disolučný závr Orešanská sonda, nachádzajúci sa v skúmanom území. Tým, že v závrte aktívne pôsobia trnavskí jaskyniari a časť úsekov bola prekopaná, závr nám ponúka možnosť skúmať podmienky vzniku a litologicko-tektonický charakter až do hĺbky takmer 20 metrov.

LOKALIZÁCIA A GEOMORFOLOGICKÉ POMERY

Malé Karpaty patria do pásma Centrálnych Západných Karpát, sú tektonicky ostro odlišené od okolitej Viedenskej a Dunajskej panvy. Sú najzápadnejším jadrovým pohorím pretiahnutého tvaru v smere JZ – SV v dĺžke približne 100 km. Nami skúmaná oblasť sa nachádza asi 4 kilometre západne od obce Horné Orešany. Ohraničená je dolinami Horná a Dolná Parina, ktoré sa v severovýchodnej časti spájajú, v západnej časti je vymedzená dolinkou Medziskalie. Skúmané územie zaradujeme v zmysle Stankovianskeho (1974) do Kuchynsko-orešanského krasu (obr. 1), ktorý tvorí súvislý pás krasových hornín naprieč Malými Karpatmi od Kuchyne po Horné Orešany. Od roku 1974 sa Kuchynsko-orešanský kras považuje za samostatnú geomorfologickú jednotku, no v minulosti



Obr. 1. Schéma rozmiestnenia tektonických jednotiek v skúmanej časti Malých Karpát so zvýrazneným skúmaným územím Kuchynsko-orešanského krasu podľa: Polák et al., (2011), upravené Lačným (2013)

Fig. 1. Scheme of deployment tectonic units in the Malé Karpaty Mts. with highlighted study area of Kuchyňa-orešany Karst in accordance to: Polák et al. (2011) modified by Lačný (2013)

bol súčasťou Smolenického krasu (Droppa, 1951). Podľa Mitterovej rajonizácie krasu Malých Karpát (1983) sa skúmané územie zaraďuje do celku Kras Pezinských Karpát a podcelku Kuchynsko-orešanský kras. Značná časť územia Kuchynsko-orešanského krasu je pokrytá pôdnym pokryvom, čo znemožňuje realizáciu detailného štruktúrno-geologického výskumu. Nachádza sa v ňom množstvo krasových závrto. Severne od Kuchynsko-orešanského krasu sa nachádza Smolenický a Plavecký kras.

GEOLÓGIA ÚZEMIA

Malé Karpaty patria z hľadiska regionálnej geológie do tatransko-fatranského pásma Centrálnych Západných Karpát a tvoria ucelené horské pásmo (Plašienka, 1999). Morfológicky ich ostro vymedzujú od okolitej Viedenskej a Dunajskej panvy okrajové zlomy SV – JZ smeru. Menej zastúpené sú zlomy SZ smeru a uplatňujú sa aj zlomy s horizontálnou zložkou pohybu. Pohorie sa morfológicky oddelilo od neogénnych paniev počas neskorého neogénu (Minár et al., 2011). Počas kvartéru sa formovala riečna sieť, ktorá mala veľký význam na prehlbovanie údolí a vznik jaskýň.

Skúmané územie je situované v jednotke fatrika (Polák et al., 2011), kde ju zastupuje vysocká jednotka, ktorá má relatívne plynkový vývoj. V nižšej časti jednotky sú zastúpené horniny stredného triasu – vysocké (gutensteinské) vápence. Práve závrty

Orešanská sonda je vytvorený v týchto tmavých, platformových vápencoch. V nadloží sa v pokračujúcom slede nachádzajú ramsauské dolomity. Vrchný trias je charakteristický mohutným vývojom karpatského keupru. Sedimentáciu vo vrchnom triase ukončujú fosiliferné vápence fatranského súvrstvia. V spodnej časti jursko-spodnokriedového vývoja vysokej jednotky sa nachádzajú tmavé krinoidové vápence kopieneckého súvrstvia (hetanž), ktoré prechádzajú do hľuznatých vápencov pristodolského súvrstvia. Doger sa začína červenými krinoidovými vápencami, ktoré prechádzajú cez rádiolarity ždiarskeho súvrstvia do vrchnojurských červených hľuznatých vápencov jaseninského súvrstvia. Práve v tomto súvrství je situovaná aj Jaskyňa na Dlhom vrchu. Spodnokriedový sled reprezentujú rohovcové a brekciovité vápence padlovodského, hľbočského a bohatského súvrstvia. Najvrchnejšiu časť vysokej jednotky tvoria strednokriedové silicifikované sliene porubského súvrstvia (Polák et al., 2012).

METODIKA

Meranie štruktúrnych prvkov spolu s mapovaním prebiehalo tak v podzemí, ako aj na povrchu. Na zmapovanie jaskynných priestorov sme si zvolili metódu polygónových ťahov. Vlastné meranie sme realizovali pomocou prístroja Stabila LE 50, ktorá pracuje na princípe lasera, čím sa práca značne uľahčila a urýchlila. (V jednom kroku meria azimut, sklon a vzdialenosť medzi bodmi polygónového ťahu.) Počas mapovania boli vykonané aj merania štruktúrnych prvkov pomocou geologického kompasu typu Freiberg.

ŠTRUKTÚRNE MERANIA

Povrchové štruktúrne merania – Dlhý vrch

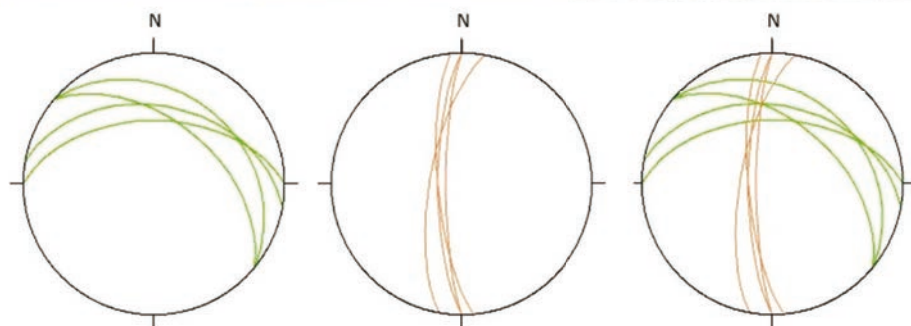
Povrchové štruktúrne merania sme realizovali na dvoch blízkych lokalitách (445 m n. m.) južne od kóty Dlhý vrch (480 m n. m.), približne 1 km severne od Orešanskej sondy. Tieto lokality sa nachádzajú v jaseninskom súvrství, ktoré je reprezentované svetlosivými, zelenkavými až červenofialovými doskovitými, tenkolavicovitými kalovými vápencami (Polák et al., 2012). V súvrství sa vyskytujú viacmetrové polohy hľuznatých vápencov, čo bol aj prípad nami skúmaných odkryvov. Vzdialenosť medzi meranými odkryvmi je približne 50 metrov.

Západný odkryv sme označili ako DV01. Jeho približné rozmery sú 50 × 20 metrov. Už z diaľky vidieť zjavnú tektonickú porušenosť vápencov (obr. 2). Primárna vrstvosť S0 je viditeľná menej, ukladá sa na S až SSV. Tektonické poruchy S1 majú S – J smer.

Druhý odkryv s označením DV02 vystupuje asi 50 metrov východne od DV01. Jeho rozmery sú o niečo väčšie ako rozmery odkryvu DV01. Primárna vrstvosť S0 je dobre viditeľná v celom odkryve (obr. 3), upadá na V. Tektonické poruchy S1 majú SSZ – JJV smer a pretínajú celý odkryv. Na odkryve sme náhodne lokalizovali aj dosiaľ nevidovanú menšiu jaskyňu. Nazvali sme ju Jaskyňa na Dlhom vrchu.

Štruktúrne merania pod povrchom – Orešanská sonda

Orešanská sonda (380 m n. m.) je krasový závrť nachádzajúci sa v skúmanom území cca 7 km západne od obce Horné Orešany. Závrť leží na mierne sklonenom južnom svahu Dlhého vrchu (481 m n. m.). Asi 250 metrov na juhovýchod od závrťu sa v doline riečky Parná nachádza krasová vyvieraciačka. Z vyvieracky prúdi voda splavená z okolitej oblasti, pričom predpokladáme jej spätosť s Orešanskou sondou a okolitými závrťmi. Orešanskú sondu radíme k disolučným závrťom. Pod závrťom vznikli voľné priestory, ktoré

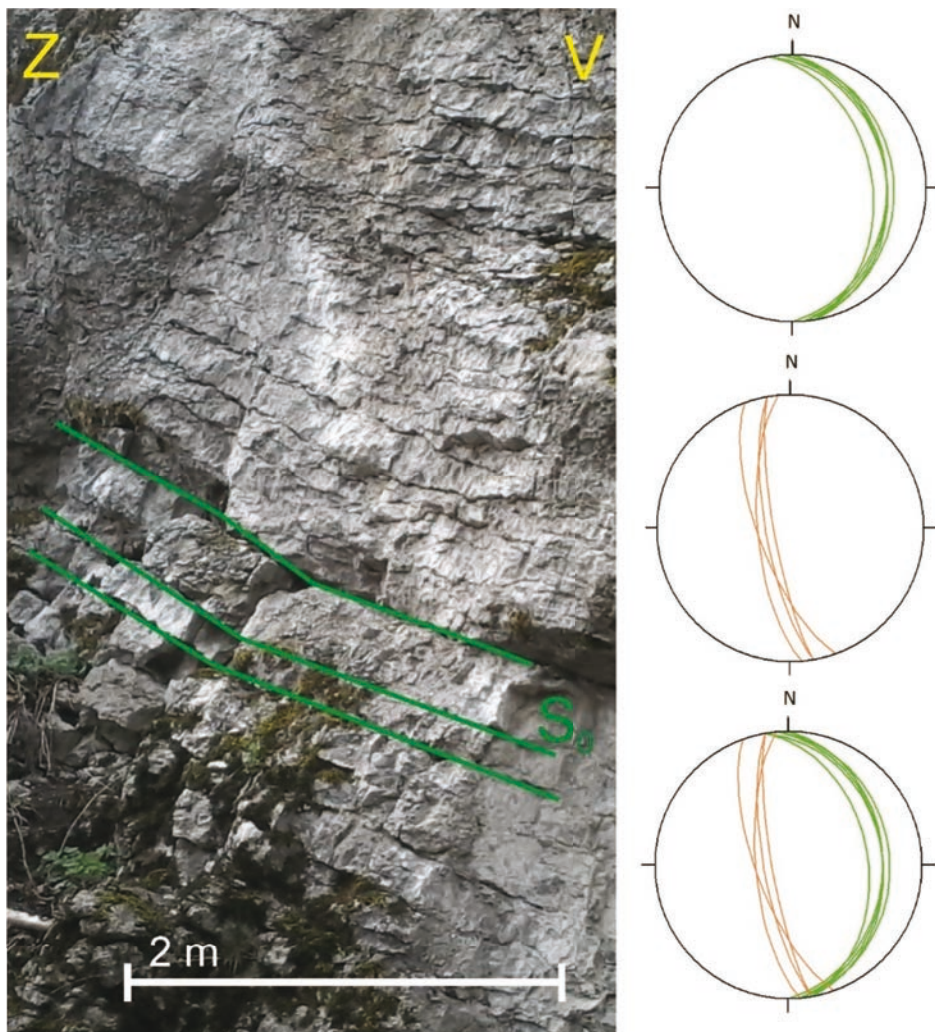


Obr. 2. Tektonické diskontinuity S1 (oranžové) a vrstvosť S0 (zelené) s nameranými hodnotami zobrazené na projekčnej sieti na lokalite DV01

Fig. 2. Tectonic discontinuities S1 (orange) and bedding S0 (green) with measured values displayed on stereonet, on the site DV01

sú vymodelované v tmavých vysokých (gutensteinských) vápencoch stredného triasu (Polák et al., 2012). Práce na jaskyni sa začali v roku 2004. Ako opisuje Lačný (2005), na jeseň roku 2005 objavili jaskyniari prvých 15 metrov voľných priestorov smerujúcich k vyvieracke (obr. 4, 5).

Podľa Lačného (2011) je vyvieracka zaujímavá hlavne množstvom vytekajúcej vody, najmä v jarných mesiacoch. Závrť Orešanská sonda pravdepodobne odvodňuje túto krasovú plošinu. Miernejší sklon vplýva na lepšie podmienky infiltrácie zrážkových vôd a následnú intenzívnejšiu koróziu v oblasti závrťov. Je predpoklad, že závrť vznikol na tektonickej poruche prechádzajúcej Dlhým vrchom, čomu nasvedčuje aj dolinka tiahnu-

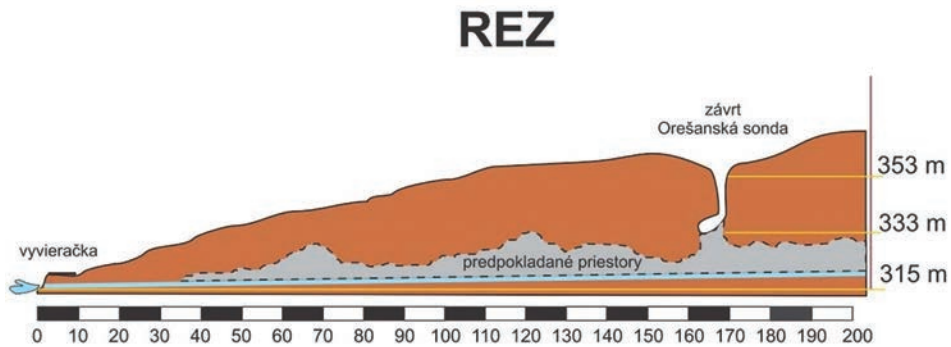


Obr. 3. Vrstvovitosť S₀ (zelené) a diskontinuity S₁ (oranžové) s nameranými hodnotami zobrazené na projekčnej sieti na lokalite DV02

Fig. 3. Bedding S₀ (green) and discontinuity S₁ (orange) with measured values displayed on stereonet, on the site DV02

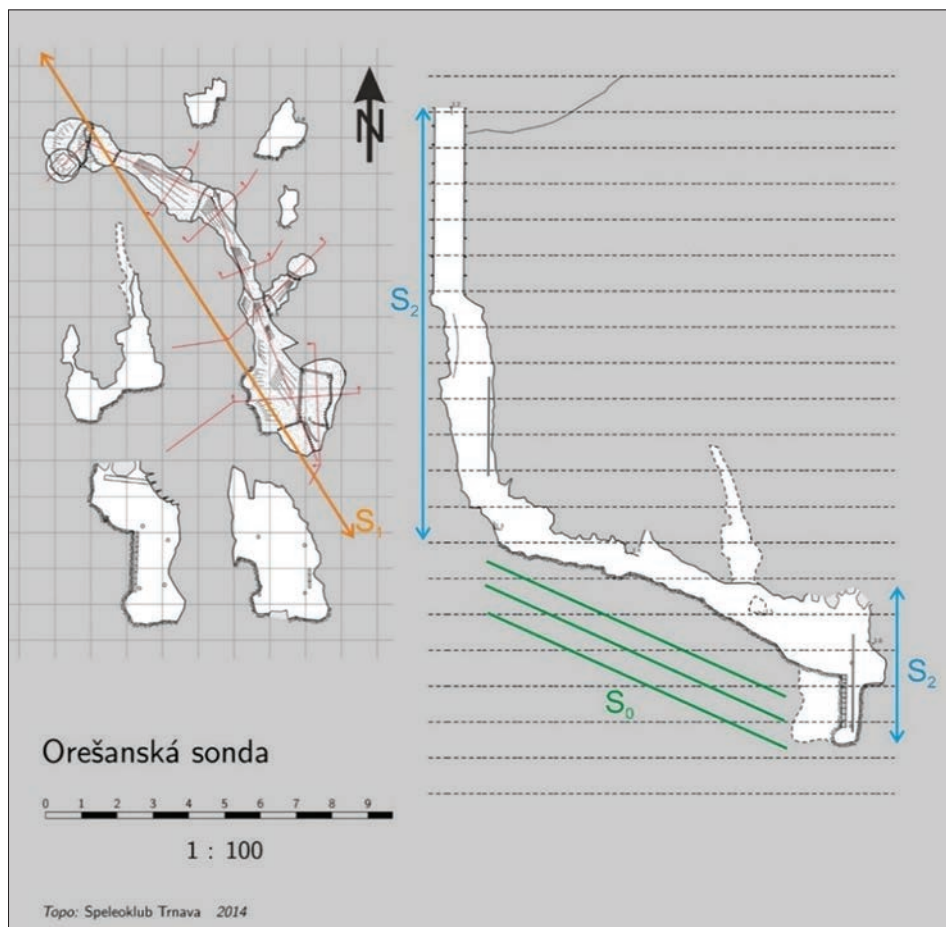
ca sa povedľa Orešanskej sondy (Lačný, 2011). Na severozápad od Orešanskej sondy sa nachádzajú dva menšie závrty, ktoré vznikli pravdepodobne na kombinácii litologického rozhrania hornín karpatského keupru a podložných stredotriasových karbonátov a SZ – JV líniovou tektonickou poruchou prechádzajúcou Dlhým vrchom (481 m n. m.). V území môžeme nájsť ešte niekoľko závrto, ktoré vznikli na tektonickej poruche SZ – JV smeru (Veselský et al., 2014) (obr. 6).

Orešanská sonda mala podobné príčiny vzniku. V jaskyni sme pozorovali tri skupiny štruktúrnych prvkov. Primárnu vrstvovitosť (S₀), tektonické poruchy (S₁) SZ – JV smeru, ktoré kopírujú steny jaskyne a tektonické poruchy (S₂) SV – JZ smeru, tvoriace vertikálne stupne (obr. 6).



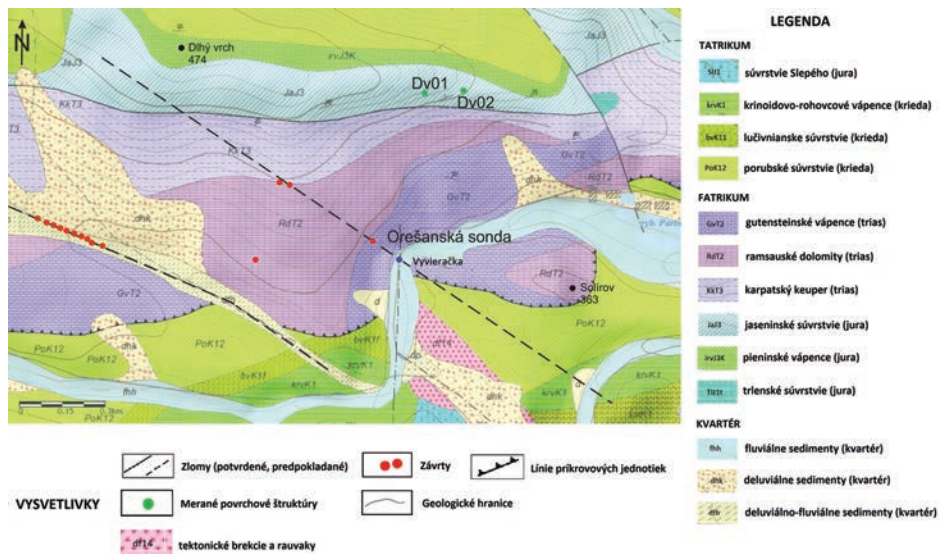
Obr. 4. Rez územím s jaskyňou, vyvieračkou a predpokladanými podzemnými priestormi podľa Lačného (2005)

Fig. 4. Cross section by cave and exsurgence with anticipated underground spaces by Lačný (2005)



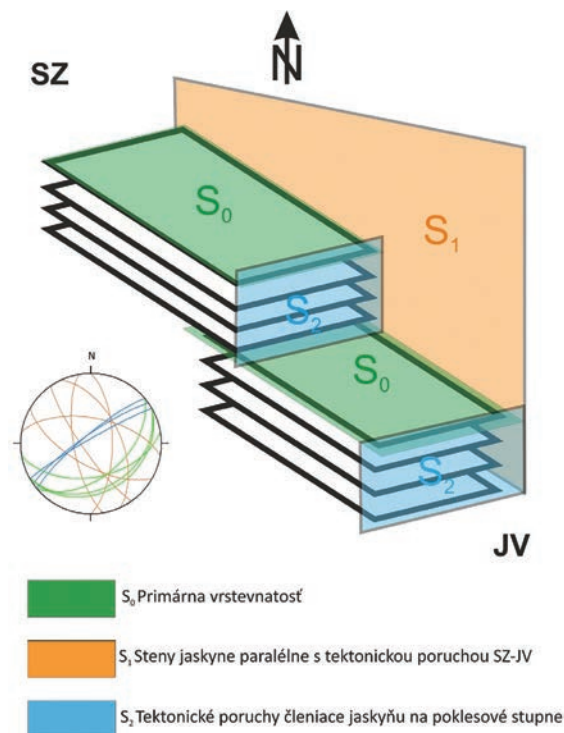
Obr. 5. Mapa jaskyne Orešanská sonda s vyznačením meraných štruktúr

Fig. 5. Map of cave Orešanská sonda with measured structures



Obr. 6. Geologická mapa skúmanej oblasti s lokalizáciou štruktúr (zostavil: Potočný s podkladmi Veselský et al., 2014, Geologická mapa Slovenska M 1 : 50 000 [online], zdroj: <<http://mapserver.geology.sk/gm50js>>)

Fig. 6. Geological map of study area with localization of structures (compiled by Potočný with map basis of Veselský et al., (2014) and Geological map of Slovakia 1 : 50 000 [online], source: <<http://mapserver.geology.sk/gm50js>>)

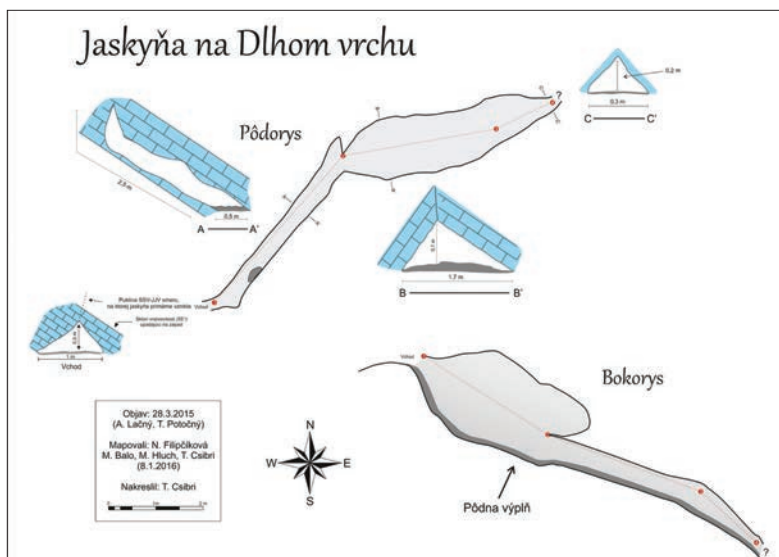


Obr. 7. Schéma zobrazuje 3 typy diskontinuit, ktoré podmienujú vznik jaskyne Orešanská sonda (Potočný, 2015)
Fig. 7. Scheme show 3 types of discontinuities, which indicated formation of cave Orešanská sonda (Potočný, 2015)

Tmavé gutensteinské vápence tvoria doskovité až lavicovité vrstvy, ktoré majú SV – JZ smer a ukláňajú sa na JV. Diskontinuita S1, na ktorej jaskyňa vznikla, má smer SZ – JV, ako väčšina zlomov v skúmanom území. Podľa litológie sa domnievame, že ide o dextrálne (pravostranné) smerné posuny. Tieto štruktúry boli najdominantnejšie v štádiu vzniku jaskyne. Zlomové poruchy S2 rozdeľujú jaskyňu vo vertikálnom profile na skalné stupne. Domnievame sa, že sú mladšie ako zlomová štruktúra S1. Majú smer SV – JZ a subvertikálny sklon (obr. 7).

Jaskyňa na Dlhom vrchu

Ako už bolo vyššie spomenuté, jaskyňa je vytvorená v ružovkastých hľuznatých vápencoch jaseninského súvrstvia a je situovaná pri odkryve DV02. Jej úvodná časť je založená na diskontinuite so smerom SV – JZ až SSV – JJZ, ktorá je nad vchodom do jaskyne dobre viditeľná. Druhá časť jaskyne je už založená na pukline smeru VSV – ZJZ. Na konci jaskyne vidno jej pokračovanie; zrejme znovu bude prebiehať v smere diskontinuity SV – JZ. Na mape (obr. 8) a príslušných rezoch môžeme pozorovať zmenu charakteru chodieb – z úzkej a vysokej chodby sa stáva plochá a široká plazivka. Podľa prvého mapovania má jaskyňa dĺžku 11 metrov. Primárna vrstvosť upadá na JV až VJV pod sklonom 55°, podobne ako v prípade jaskyne Orešanská sonda. V jaskyni môžeme nájsť aj tektonické zrkadlo, na ktorom evidentne vidieť poklesovú zložku pohybu ľavej časti jaskyne. Primárnu puklinu smeru SV – JZ tak môžeme zadefinovať ako súčasť párových zlomov k diskontinuite S1, ktorá má SZ – JV smer a na ktorej primárne vznikla jaskyňa Orešanská sonda.



Obr. 8. Mapa Jaskyne na Dlhom vrchu

Fig. 8. Map of the cave Jaskyňa na Dlhom vrchu

ZÁVER

Počas terénnych výskumov sa nám podarilo zmapovať jaskyňu Orešanská sonda, určiť a namerať všetky štruktúrne prvky podmieňujúce vznik jaskyne. Určili sme primárnu vrstvosť a dva systémy tektonických diskontinuit, na ktorých kombinácii jaskyňa vznikla. Vrstvy vysokých (gutensteinských) vápencov sa v jaskyni ukláňajú primárne

na JV. Prvý systém tektonických porúch S1 má smer SZ – JV, paralelný so smerom jaskyne. Zlomové štruktúry rovnakého smeru sú v skúmanom území významne zastúpené. Rovnakú orientáciu majú takisto závrtové línie v okolí Orešanskej sondy a Dlhého vrchu (Veselský et al., 2014). Druhý typ tektonických porúch S2 má SV – JZ orientáciu; členia jaskyňu vo vertikálnom profile na poklesové stupne.

Úvodná časť Jaskyne na Dlhom vrchu primárne vznikla na diskontinuite SV – JZ smeru, ktorá je súčasťou párových zlomov k diskontinuitám S1. Druhá časť jaskyne pokračuje po diskontinuite VSV – ZJZ smeru. Po výkopových prácach trnavských jaskyniarov vidieť pokračovanie jaskyne, ktoré sa zrejme znovu napojí na párovú diskontinuitu SV – JZ smeru.

Na povrchu bolo možné identifikovať iba štruktúrne prvky S0 a S1. Všetky plochy vrstvitosti S0 namerané na povrchu upadajú na S, SV až V. Primárna vrstvitosť na DV01 sa ukláňa na S, respektíve SV, na DV02 sa ukláňa prevažne na V. Pri porovnaní s vrstvitosťou nameranou v jaskyni a na povrchu sa domnievame, že ide o prevrásnenie pôvodného uloženia hornín pri kompresii JV – SZ v následnej Z – V kompresii. Nie je však vylúčený ani syngenetický vznik týchto štruktúr. Namerané štruktúrne prvky S1 smeru SSZ – JJV približne korešpondujú s priebehom podpovrchových zlomových štruktúr v Orešanskej sonde.

Práca tak verifikovala významný vplyv zlomových štruktúr SZ – JV smerov, ktoré sú zastúpené v oblasti tak na povrchu, ako aj v podzemí. Významne sa podieľajú na vzniku jaskýň na tomto území. Zlomové štruktúry majú vplyv i na infiltráciu zrážok, ktoré sa neskôr dostávajú na povrch v podobe Orešanskej vyvierajúcej.

Poďakovanie: Chceme sa poďakovať Ing. Jurajovi Halamovi za pomoc pri mapovacích prácach a za vizualizáciu finálnej mapy jaskyne Orešanská sonda. Príspevok bol vypracovaný s podporou projektu VEGA 1/0095/14 „Komplexný výskum krasových fenoménov Malých Karpát“.

LITERATÚRA

- DROPPA, A. 1951. Smolenický kras v Malých Karpatoch. Zemepisný zborník, 3, Bratislava, 7–52.
- GEOLOGICKÁ MAPA SLOVENSKA M 1 : 50 000 [online]. Bratislava: Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, 2013. [cit. 15. 11. 2015]. Dostupné na internete: <http://mapserver.geology.sk/gm50js>.
- LAČNÝ, A. 2005. Orešanská sonda. Spravodaj Slovenskej speleologickej spoločnosti, 4, 34–35.
- LAČNÝ, A. 2011. Príspevok ku genéze krasu a jaskýň v Dlhom vrchu. Slovenský kras. Acta Carologica Slovaca, Liptovský Mikuláš, 57–76.
- LAČNÝ, A. 2013. Vplyv litológie a tektoniky na vznik jaskýň v Kuchynsko-orešanskom krase. Acta Geologica Slovaca, 5(1), 97–105.
- MITTER, P. 1983. Geomorfologická rajonizácia krasu Malých Karpát. Slovenský kras, 21, 3–34.
- MINÁR, J. – BIELIK, M. – KOVÁČ, M. – PLAŠIENKA, D. – BARKA, I. – ŠTANKOVIANSKY, M. – ZEYEN, H. 1999. New morphostructural subdivision of the Western Carpathians: An approach integrating geodynamics into targeted morphometric analysis. Tectonophysics, 502,1–2, 158–174, 2011.
- PLAŠIENKA, D. Tektochronológia a paleotektonický model jursko-kriedového vývoja Centrálnych Západných Karpát. Veda. Vyd. SAV, Bratislava, 125.
- POLÁK, M. (Ed.) – PLAŠIENKA, D. – KOHÚT, M. – PUTIŠ, M. – BEZÁK, V. – MAGLAY, J. – OLŠAVSKÝ, M. – FILO, I. – HAVRILA, M. – BUČEK, S. – ELEČKO, M. – FORDINÁL, K. – NAGY, A. – HRAŠKO, Ľ. – NÉMETH, Z. – MALÍK, P. – LIŠČÁK, P. – MADARÁS, J. – SLAVKAY, M. – KUBEŠ, P., KUCHARIČ, Ľ. – BOOROVÁ, D. – ZLINSKÁ, A. – SIRÁŇOVÁ, Z. – ŽECOVÁ, K. 2012. Vysvetlivky ku geologickej mape regiónu Malých Karpát 1 : 50 000. Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava, 287 p.
- POLÁK, M. – PLAŠIENKA, D. – KOHÚT, M. – PUTIŠ, M. – BEZÁK, V. – FILO, I. – OLŠAVSKÝ, M. – HAVRILA, M. – BUČEK, S. – MAGLAY, J. – ELEČKO, M. – FORDINÁL, K. – NAGY, A. – HRAŠKO, Ľ. – NÉMETH, Z. – IVANIČKA, J. – BROSKA, I. 2011. Geologická mapa regiónu Malých Karpát v M 1 : 50 000. MŽP SR. Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava.

- POLÁK, M. – PLAŠIENKA, D. – KOHÚT, M. – PUTIŠ, M. – BEZÁK, V. – MAGLAY, J. – OLŠAVSKÝ, M. – HAVRILA, M. – BUČEK, S. – ELEČKO, M. – FORDINÁL, K. – NAGY, A. – HRAŠKO, Ľ. – NÉMETH, Z. – MALÍK, P. – LIŠČÁK, P. – MADARÁS, J. – SLAVKAY, M. – KUBEŠ, P. – KUCHARIČ, Ľ. – BOOROVÁ, D. – ZLINSKÁ, A. – SIRAŇOVÁ, Z. – ŽECOVÁ, K. 2012. Vysvetlivky ku geologickej mape regiónu Malé Karpaty 1 : 50 000. Štátny geologický ústav, Bratislava, 287 p.
- POTOČNÝ, T. 2015. Vplyv tektoniky na vznik krasových závrto v oblasti Dlhého vrchu (Malé Karpaty, Kuchynsko-orešanský kras). Bakalárska práca, Katedra všeobecnej geológie a paleontológie PríF UK, Bratislava, 45.
- STANKOVIANSKY, M. 1974. Príspevok k poznaniu krasu Bielych hôr v Malých Karpatoch. Geografický časopis, 26, 3, 241–257.
- VESELSKÝ, M. – LAČNÝ, A. – HÖK, J. 2014. Závrty na Dlhom vrchu: modelová štúdia ich vzniku na lineárnych diskontinuitách (Malé Karpaty). Geologica Slovaca, Bratislava, 6(2).

THE GENESIS OF SINKHOLES INFLUENCED BY TECTONICS – AREA OF THE DLHÝ VRCH HILL (MALÉ KARPATY MTS., KUCHYŇA-OREŠANY KARST)

S u m m a r y

Studied area is located about 4 kilometers east of the village Horné Orešany. By Stankoviansky (1974) and Mitter (1983) is classified to the Kuchyňa-orešany Karst. In within geology of the Malé Karpaty Mts. are classified into fatricum nappe (Andrusov et al., 1973). According to Polak et al. (2012) on the geological structure of the area of interest implicated mainly limestone (gutenstein, thin bedded marly, red nodular limestones) in normal layered stream. Caves (sinkholes) of this area was described mainly by Lačný (2005, 2011, 2013) and by Veselský et al. (2014).

The aim of this work was to bring new knowledge about the tectonics and lithology, as important factors in genesis of karst phenomena in the region of the DlhýVrch hill. By analyzing structural measurements and mapping work on the surface, and in one of the sinkhole phenomena in this area (Orešanská sonda) was described lithology-tectonic impact associated with origin of the karst sinkholes. During the field research, we discovered a new cave – Cave on the Dlhý vrch hill.

During structural measurements in sinkhole Orešanská sonda we identified three lines of discontinuities, which give rise to the cave. As S0 we defined the primary bedding with NE – SW direction and SE plunge. There are two tectonic discontinuities. The discontinuity S1 with NW – SE direction is parallel to the direction of the cave. The discontinuity S2 with NE – SW direction creates in the vertical profile of the cave vertical “ramp” stages. Both discontinuities are characterized by subvertical imposition.

The first part of the Cave on the Dlhý vrch hill was arise on NE – SW direction discontinuities while the second part of the cave continues on the discontinuities of ENE – WSW direction. In the visible continuation of the of the cave the tendency increased to 45 degree. It is likely that the cave will intersect by discontinuity S2, and will create similar vertical stages like in the cave Orešanská sonda.

On the surface we identified only two structural elements S0 and S1. The primary bedding (S0) measured on the surface on outcrops DV01 and DV02 has direction from N – NE to E. When we compared this datas with datas measured in the sinkhole, we assume refolding of initial deposit of rocks in compression of NW – SE direction in a subsequent compression of W – E direction. However, it is not excluded the syngenetic formation of these structures. The discontinuity S1 with NW – SE direction roughly correspond with the subsurface measured datas from the sinkhole Orešanská sonda.

The work thus confirmed a major influence of discontinuity of NW – SE direction (S1), which are represented in the surface and even in sinkhole. Significantly involved in the formation of caves in this area. These structures also have an influence on rainfall infiltration, which later passed on to the surface in the form of Orešany exsurgence.

SLOVENSKÝ KRAS ACTA CARSOLOGICA SLOVACA	54/2	149 – 157	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2016
--	------	-----------	------------------------

REZY SEDIMENTÁRNOU VÝPLŇOU KAVERNY V TURECKOM VRCHU, SLOVENSKO

FRANTIŠEK TEŤÁK

Štátny geologický ústav D. Štúra, Mlynská dolina 1, Bratislava, frantisek.tetak@gmail.com

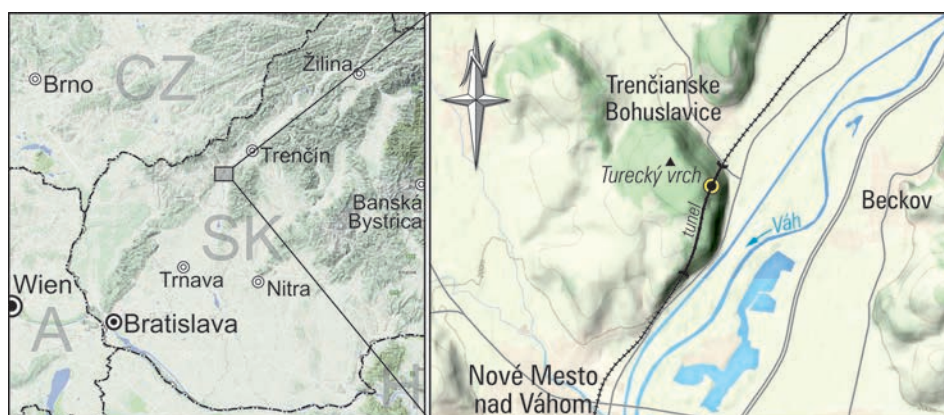
F. Teťák: Sections through cave sedimentary filling in Turecký vrch hill, Slovakia

Abstract: This article is the result of an unusual occasion to study the cave clastic sediments on several sections. Research during the excavation of the Turecký vrch tunnel has provided the measurement data of faults and layering responsible for cavities origin. Eleven sections spaced 0.8 to 1.6 meters provide 3D image of the cavern shape and filling. The cavern with a length of 15 m, width of 10 m and a height more than 9 m filled clastic sediments derived wholly from the Turecký vrch-hill massive. Clastic sediments were partly autochthonous, originated from the walls of the cavern (breccia and boulders), but there occur also laminated infiltration of a sand. In the upper part of the cavern was found a sedimentary record of erosion channel filled by laminated sand. Analysis of sediments allowed us to interpret the evolution of cave filling. Following inclination of laminated sand can be assumed neotectonic tilting of Turecký vrch massif.

Key words: cave sediments, laminated sands, sedimentology

ÚVOD

Počas razenia železničného tunela Turecký vrch pri Novom Meste nad Váhom (obr. 1) bolo pozorovaných viacero menších dutín (kavern). Kaverny boli bez výplne, ale aj vyplnené klastickými sedimentmi. Zaujímavá bola najmä kaverna odkrytá pri razení kaloty v dňoch 8. júla 2010 až 12. júla 2010 a neskôr aj pri doberaní lavíc. Kaverna bola vyplnená klastickými sedimentmi. GPS súradnice približnej lokalizácie kaverny sú N48°47'26,8" E17°51'46,4".



Obr. 1. Lokalizácia tunela Turecký vrch a kaverny v rámci tunela
Fig. 1. Location of Turecký vrch tunnel and cavern

GEOLOGICKÉ PROSTREDIE A METODIKA

Tunel Turecký vrch bol razený v triasových karbonátoch (vápencoch a dolomitoch) považského príkrovu hronika (Maglay et al., 2005). Predpoklad výskytu voľných krasových priestorov pod telesom tunelovej rúry si vyžiadala potrebu ich monitoringu a sanácie. Monitoring a postup sanácie rozoberajú Molčan a Teťák (2016).

Rozmermi a charakterom výplne bola významná najmä kaverna odkrytá pri razení kaloty 8. až 12. júla 2010 a potom pri doberaní lavíc na úseku 1483,6 až 1496,5 tunelmetra. Výplni kaverny bola venovaná zvýšená pozornosť najmä pre sťažené podmienky razby tunela a riziku zavalenia čelby slabšie spevneným sedimentom. Preto bola skrátaná dĺžka záberu na 1 až 1,5 m. Čelba nemala úplne rovný zrez. Vo svojej dolnej strednej časti z technických dôvodov asi o 1 m vystupovala do priestoru tunela, aby sa znížilo nebezpečenstvo jej zavalenia, čo mierne komplikovalo následnú interpretáciu. Vďaka skráteniu záberu razenia tunela bola výplň kaverny zastihnutá až v jedenástich čelbách (SK-180 až SK-190). Na základe ich podrobného zdokumentovania a fotografií bolo možné interpretovať tvar a výplň kaverny (obr. 2). Podobná metodika umelo kopaných profilov (stien) sa používa pri výskume jaskynných sedimentov (napr. Valen et al., 1996; Kadlec et al., 2001).

Kaverna vznikla vo svetlosivých vrstevnatých triasových dachsteinských vápencoch a dolomitoch považského príkrovu hronika (Maglay et al., 2005). Boli hrubovrstevnaté, miestami s tenkými nepravidelnými vložkami tmavosivých a zelenkavých ílov. Karbonáty boli prevažne monoklinálne uložené, no najmä stredom čelby sa v tejto časti tunela ťahalo výrazne prevrásnené až tektonicky drvené pásmo.

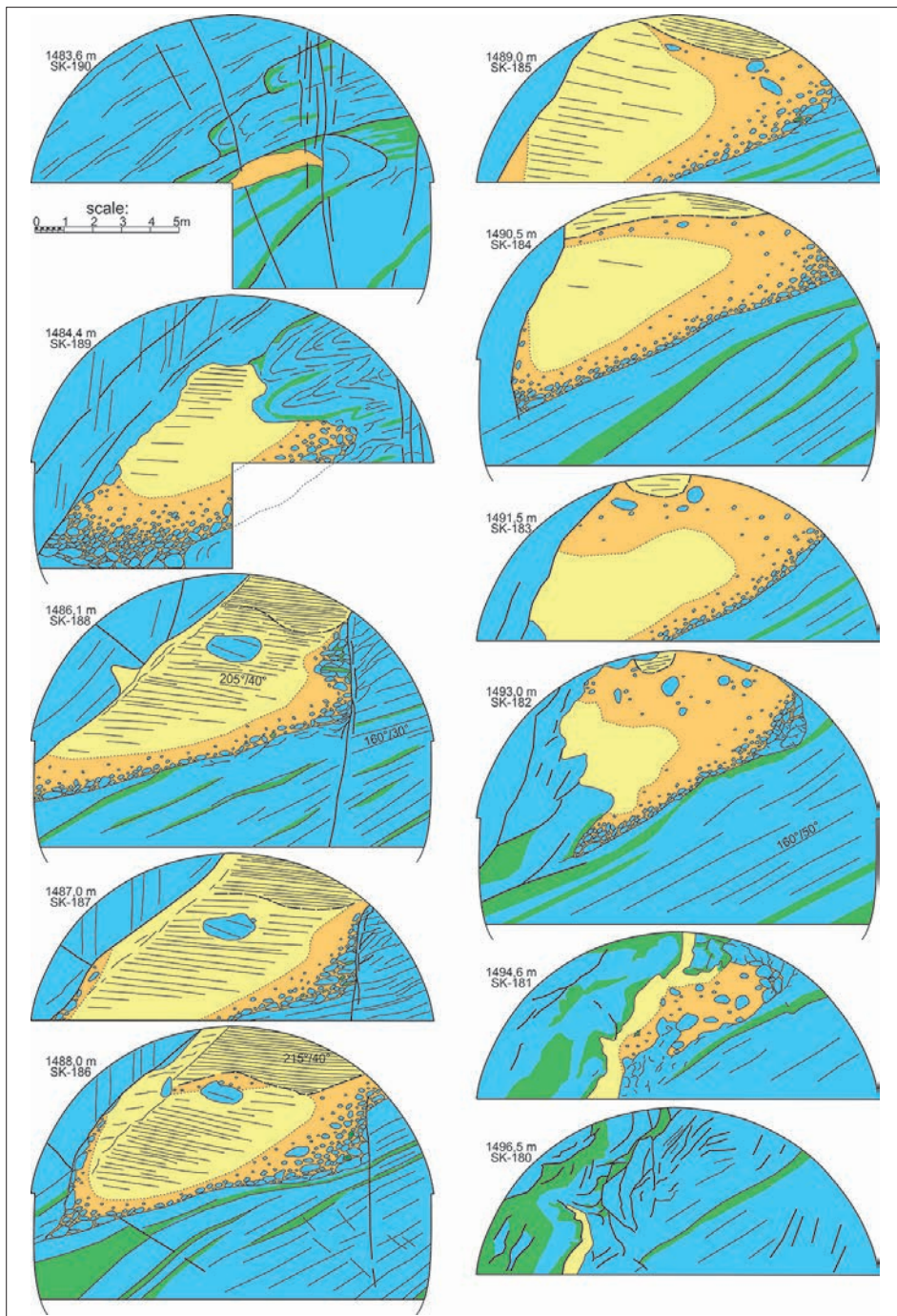
VÝSLEDKY

Kaverna mala nepravidelný vretenovitý tvar (obr. 3 a 4). Pozorovaná dĺžka kaverny v telese tunela bola 15 m, jej maximálna šírka 10 m a výška presahovala 9 m. Strop kaverny nebol v profile tunela zastihnutý. Kaverna vznikla na križovaní zlomových puklín a vrstevnatosti. Dno bolo založené najmä na plochách vrstevnatosti monoklinálne uložených karbonátov s prevládajúcim sklonom $160^{\circ}/30^{\circ}$ (smer sklonu/veľkosť sklonu). Predispozíciou pre steny kaverny boli pukliny zlomov predovšetkým s orientáciou $170^{\circ}/80^{\circ}$ (obr. 2). Kaverna vznikla v mieste intenzívneho rozpukania a prevrásnenia karbonátov, čo vidieť najmä v prvých a posledných čelbách zachycujúcich kavernu.

Litológia sedimentov

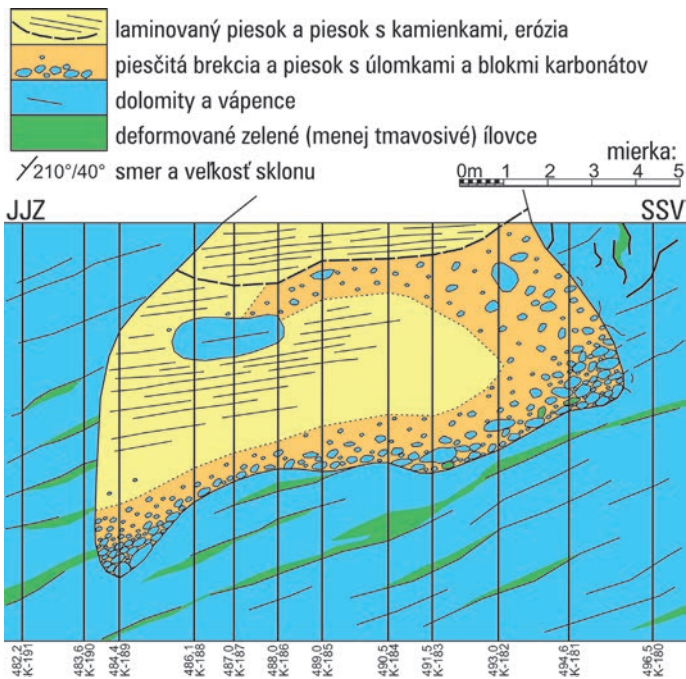
Úsek kaverny zastihnutý tunelom úplne vyplnili klastické sedimenty rôznej zrnitosti. Klasy boli tvorené výlučne horninami, ktoré tvoria masív Tureckého vrchu. Sú to vápence a dolomity a len zriedka aj zelenkasté a sivé ílovce (obr. 6). Najväčší blok mal priemer cca 2 metre. Najjemnejšia zrnitosť je jemnozrnný až siltový piesok.

Na šikmom dne jaskyne sa uložili ostrohranné neopracované, chaoticky usporiadané úlomky karbonátov až karbonátová brekcia (obr. 6). Klasy boli len nevýrazne gradačne usporiadané a len zriedka presahovali 50 cm. Väčšie úlomky sa navzájom dotýkali iba zriedka. Priestor medzi nimi bol vyplnený hrubozrnným pieskom a menšími ostrohrannými úlomkami karbonátov. Táto hornina bola litifikovaná len čiastočne a možno ju klasifikovať ako karbonátovú brekciu. Brekcia prechádzala do nadložja plynule do bezštruktúrneho hrubo- až strednozrnného karbonátového piesku až pieskovca, zriedkavo s úlomkami do 5 cm. Ďalej do nadložja vystupoval strednozrnný piesok. Bol výrazne laminovaný, s laminami bielej, žltej, hrdzavohnedej až sivej farby (obr. 7). Laminácia

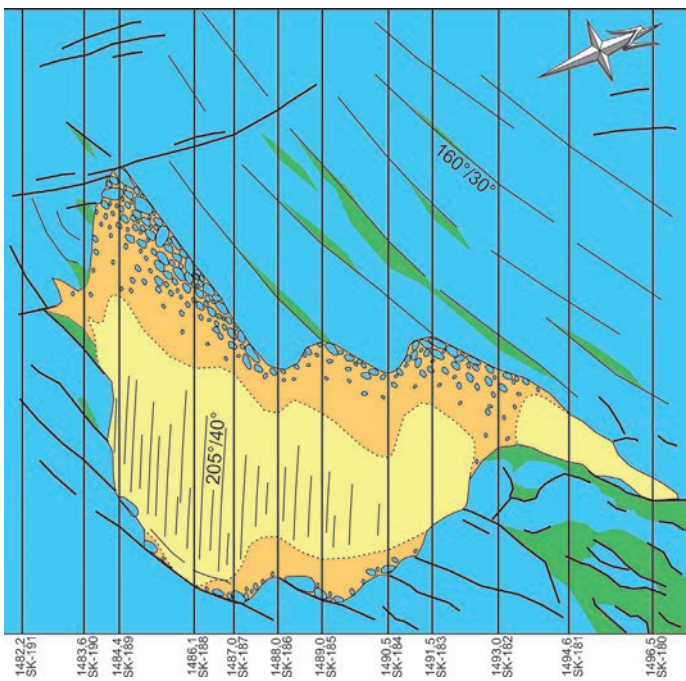


Obr. 2. Čiastočne schematizované zobrazenie čelieb tunela v časti s kavernou. Zostavil F. Teťák na základe svojich pozorovaní a materiálov firmy GEOFOS, s. r. o.

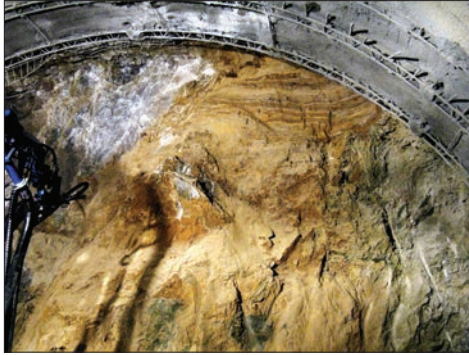
Fig. 2. Simplified top headings including cavern. Compiled by F. Teťák on the basis of own observation and sand materials of GEOFOS, s. r. o.



Obr. 3. Interpretácia kaverny vo vertikálnom reze osou tunela. Zostavil F. Teťák
 Fig. 3. Interpretation of cavern in vertical section. Compiled by F. Teťák



Obr. 4. Kaverna v horizontálnom reze medzi lavicou a kalotou. Zostavil F. Teťák
 Fig. 4. Cavern in horizontal section. Compiled by F. Teťák



Obr. 5. Piesková a brekciová výplň kaverny (1486,1 m, SK-188). V hornej časti je zreteľná laminovaná výplň po erózii. V prostrednej časti vyčnieva kamenný blok. Foto: F. Teťák
 Fig. 5. Sandy and breccia filling of cavern (1,486.1 m, SK-188). On the top of top heading was obvious erosion filled by laminated sand. In the middle of section situated large boulder. Photo: F. Teťák



Obr. 6. Karbonátová brekcia v spodnej časti kaverny (1488,0 m, SK-186). Medzi neopracovanými klastami karbonátov je karbonátový piesok hrdzavej farby (rozmer zobrazeného poľa je približne 60 × 80 cm). Foto: F. Teťák
 Fig. 6. Carbonate breccia situated at the bottom of the cavern (1,488.0 m, SK-186). The space among angular carbonate clasts filled rust-colored sand (image size of the photo is 60 × 80 cm). Photo: F. Teťák



Obr. 7. Detail laminovaného pieskovca v strednej časti kaverny (1488,0 m, SK-186). Hrúbka zobrazených sedimentov je približne 1 m. Foto: F. Teťák
 Fig. 7. Detail of laminated sandstone in the middle of the cavern (1,488.0 m, SK-186). The thickness of shown sediments was 1 m. Photo: F. Teťák



Obr. 8. Detail laminovaného pieskovca v hornej časti (1489,0 m, SK-185). Hrúbka zobrazených sedimentov je približne 1 m. Foto: F. Teťák
 Fig. 8. Detail of laminated sands at the top of cavern (1,489.0 m, SK-185). The thickness of displayed sediments is 1 m. Photo: F. Teťák

tvorila ostro ohraničené cykly s hrúbkou od niekoľko mm až do 10 cm. Cyklus sa začínal ostro sedimentom tmavšej farby a končil sa svetlejšou farbou. Tmavšiu farbu spôsobujú Fe-oxidy vyzrážané v priepustnejšom piesčitom sedimente na kontakte s menej priepustným siltovým horizontom (Kadlec et al., 2001). Tento typ klastických sedimentov býva označovaný aj ako infiltračné sedimenty a v prípade pravidelnej laminácie ako rytmy. Deformácia laminácie unikajúcou vodou počas kompaktácie sedimentu nebola pozorovaná. Hornina bola litifikovaná len čiastočne (dala sa rýpať prstom). Miestami sa odlučovala



Obr. 9. Jednoduché sintrové útvary na stene kaverny – hore v strede (1488,0 m, SK-186). Svetlá vrstva piesku pri stene jaskyne pravdepodobne vznikla ako výplň priestoru uvoľneného po kompaktácii sedimentov výplne kaverny.

Foto: F. Teťák

Fig. 9. The walls of the cavern were covered by thin flowstone – up in the middle (1,488.0 m, SK 186). Compaction of cavern sediments opened probably space below ceiling of the cavern. This space filled light brown disordered sand and debris. Photo: F. Teťák

na plochách laminácie. Sklon laminácie bol stabilne $210^{\circ}/40^{\circ}$. V spodnej časti neboli pozorované žiadne prerušenia sedimentácie eróziou dna jaskyne alebo blokmi padnutými do laminovaných sedimentov. Okrem vertikálnej gradácie od brekcie cez bezštruktúrny pieskovec po laminovaný pieskovec bola vyvinutá aj rovnaká laterálna postupnosť.

Vyššie opísaný prvý cyklus vyplňania kaverny sa končil horizontom bezštruktúrnych pieskov s úlomkami až blokmi karbonátov. Do týchto hruboklastických sedimentov bolo zarezané koryto so strmými eróznymi stenami (obr. 5). Vyplňal ho výrazne laminovaný piesok (obr. 8).

V tejto kaverne nebol pozorovaný alochtónny klastický materiál pochádzajúci spomimo masívu Tureckého vrchu. Pri razení tunela sa však zistili aj dutiny s alochtónnymi klastmi – obliaky pravdepodobne vážskeho pôvodu (informácia T. Molčan). Chudobná sintrová výzdoba sa v kaverne pozorovala len na jednom mieste (obr. 9). Nezistili sa žiadne kvaple, ani in situ, ani v úlomkoch.

DISKUSIA

Technologické postupy razby tunela výrazne obmedzili čas na spracovanie profilov. Obmedzený prístup k nestabilnej stene (nemožnosť dostať sa k jej vyšším častiam, lebo výška kaloty bola takmer 6 m) neumožnili detailnejšie štúdium ani určenie veku sedimentov výplne kaverny.

Z tiltingu laminácie a čiastočnej litifikácie sedimentov možno predpokladať, že výplň kaverny bola staršieho veku. Keďže v tejto kaverne nebol pozorovaný alochtónny materiál, predpokladám, že sedimenty boli spláchnuté občasnými prívalovými tokmi z povrchu masívu Tureckého vrchu.

Genéza sedimentov

Kaverna vznikla na križovaní vrstevnatosti, viacerých puklinových systémov a tektonicky porušenej zóny. Spočiatku bola suchá bez zaplavenia. Nasvedčuje tomu pozorovaný chudobný sintrový povlak na stenách (obr. 9). Neskôr došlo k zaplaveniu kaverny. Vyplňanie kaverny prebiehalo vo vodnom prostredí v dvoch cykloch. Sedimentologicky možno interpretovať vývoj kaverny takto (obr. 2 a 3).

Rozlišujeme dva druhy sedimentov výplne kaverny (White, 2007) – autochtónne a alochtónne. Autochtónnymi sedimentmi sú úlomky až bloky karbonátov, ktoré padali zo stropu a stien (prípadne z komína) a ukladali sa bez väčšieho transportu a veľkostného triedenia na šikmom dne kaverny ako jednotlivé úlomky a bloky až karbonátová brekcia tmelená alochtónnym pieskom (obr. 6). Alochtónny pôvod je vo vzťahu ku kaverne, no

vo vzťahu k masívu Tureckého vrchu je pôvod pieskov autochtónny. V brekcii na dne kaverny sme pozorovali len nevýrazné veľkostné triedenie klastov. Ďalej od okraja kaverny sedimentoval bezštruktúrny piesok a ešte ďalej v kaverne výrazne laminovaný piesok (obr. 7).

Kaverna bola zaplavená vodou, čo zastavilo padanie úlomkov zo stien. Toto zaplavenie prebehlo bez viditeľnej erózie starších sedimentov. Do kaverny pri privalových dažďoch občasně toky prinášali karbonátový piesok vyplachovaný z puklín masívu Tureckého vrchu. Názory na vznik rytmických laminovaných sedimentov nefluviálneho pôvodu sa líšia. Valen et al. (1996) predpokladajú, že táto laminácia (v ich prípade jaskynné sedimenty na svahu ľadovcového údolia) sú sedimentmi turbiditných prúdov. Keďže v našom prípade nebola pozorovaná výraznejšia zrnitostná gradácia jednotlivých lamín ani iné znaky turbiditných prúdov, nepredpokladám energiu gravitačného prúdu až na úrovni turbiditného prúdu. Drobné laminy môžu zodpovedať gravitačným prúdom s nižšou energiou unášania sedimentu neseného v suspenzii (White, 2007). Kadlec et al. (2001) interpretujú genézu jaskynných rytmitov v Zazdēnej jaskyni ako sedimenty prinášané z povrchu krasu do jaskyne závrtni a komínmi privalovou dažďovou vodou a sedimentujúce v nízkoenergetickom prostredí bez vplyvu prúdu. Spustené mohli byť jednorazovou udalosťou – búrkou či topením snehu. Kaverna bola zväčša vyplnená vodou až po strop, čomu nasvedčujú len chudobné sintrové povlaky na stene kaverny. Úplné zaplavenie bolo v období, keď do kaverny nepadali žiadne ostrohranné úlomky (Valen et al., 1996). Prvý cyklus vyplňania kaverny sa končil nepravidelným horizontom bezštruktúrnych pieskov s úlomkami až s blokmi karbonátov. Svojou veľkosťou sa vymykal až 2 m veľký blok, ktorý padol zo stropu do laminovaných sedimentov a bol nimi obklopený (obr. 5). Hojné padanie úlomkov zo stropu bolo následkom poklesu hladiny vody v kaverne (Valen et al., 1996). V našom prípade to dokladá následná erózia týchto sedimentov eróznym korytom. Analogické rytmické jaskynné sedimenty, ale aj bloky karbonátov do nich padnuté zo stropu opisujú napr. Kadlec et al. (2001) zo Zazdēnej jaskyne v Moravskom krase.

V ďalšom cykle vývoja výplne kaverny bola časť sedimentov erodovaná vodným tokom prípadne prúdom vody padajúcej komínom. Vzniklo erózne koryto so strmými brehmi a nepravidelným povrchom. Pravdepodobne ho nevytvorila jedna udalosť, ale vytváralo sa dlhšie obdobie (obr. 5). Uvoľnený priestor kaverny znovu zaplavila voda, čo malo za následok jeho vyplnenie laminovanými pieskami bez úlomkov padnutých zo stropu kaverny (obr. 8).

Po úplnom zaplnení kaverny sedimentmi, pravdepodobne kompakciou sedimentárnej výplne, došlo k otvoreniu priestoru pri šikmom strope kaverny. Tento priestor bol zaplnený chaoticky neusporiadaným pieskom a najmä v spodnej časti aj úlomkami karbonátov (obr. 9).

Na základe sklonu laminácie pieskov, ktorý bol nameraný k j.jz. ($210^{\circ}/40^{\circ}$, obr. 4), vyplýva, že tok ukladajúci klastický materiál prúdil kavernou od ssv. na j.jz. smerom k bezštruktúrnym pieskom a brekcii na západnom okraji kaverny. Sklon šikmej laminácie až 40° nie je vo vodnom prostredí udržateľný. Kadlec et al. (2001) uvádzajú sklon rytmitov iba 5 až 20° . Preto na základe veľkosti sklonu laminácie a jej smeru predpokladám, že posledným procesom utvárajúcim súčasnú pozíciu sedimentov bolo mierne naklonenie masívu Tureckého vrchu (cca o 30°). Zjednodušene povedané severovýchodná časť masívu bola vyzdvihnutá a juhozápadná poklesla. Väčšia časť rotácie a naklonenia (tiltingu) tektonických blokov v tejto oblasti sa udiala už v neogéne (Marko a Kováč, 1996), no napr. v jaskyniach neďalekej oblasti Dobrej Vody sú pozorované aj recentné pohyby (Briestenský a Stemberk, 2007).

ZÁVER

Opísané poznatky sú výsledkom nie bežnej príležitosti vidieť jaskynné klastické sedimenty vo viacerých rezoch. Hoci nebol priestor na podrobné sedimentologické a speleologické štúdium, svojím charakterom bola táto príležitosť jedinečná. Dokladá prítomnosť väčších jaskynných priestorov na Tureckom vrchu, analyzuje ich sedimentárnu výplň a prináša nové fakty k diskusii o mladom tektonickom naklonení celého masívu.

PodĎakovanie. Chcem poďakovať firme GEOFOS, s. r. o., Žilina za možnosť zúčastniť sa geologického výskumu tunela Turecký vrch. Tiež ďakujem RNDr. Tomášovi Molčanovi za pomoc pri dokumentácii čelby tunela a pri vzniku tohto článku.

LITERATÚRA

- BRIESTENSKÝ, M. – STEMBERK, J. 2007. Recent displacements registered in selected caves of Dobrá Voda karst area in Slovakia. *Acta Geodyn. Geomater.*, 4, 1, 31–38.
- KADLEC, J. – HERCMAN, H. – BENEŠ, V. – ŠROUBEK, P. – DIEHL, J. – GRANGER, D. 2001. Cenozoic history of the Moravian karst (northern segment): Cave sediments and karst morphology. *Acta Mus. Moraviae, Sci. geol.*, 111–160.
- MAGLAY, J. – PRISTAŠ, J. – NAGY, A. – FORDINÁL, K. – BUČEK, S. – HAVRILA, M. – KOVÁČIK, M. – ELEČKO, M. – BARÁTH, I. 2005. Geologická mapa regiónu Trnavská pahorkatina v mierke 1 : 50 000. *Št. geol. úst. D. Štúra, Bratislava*.
- MARKO, F. – KOVÁČ, M. 1996. Rekonštrukcia miocénnej tektonickej evolúcie Vaďovskej kotliny na základe analýzy štruktúrneho a sedimentárneho záznamu. *Mineralia Slovaca, Bratislava*, 28, 81–91.
- MOLČAN, T. – TEŤÁK, F. 2016. Tunel Turecký vrch – sanácia krasových javov (Turecký vrch railway-tunnel – treatment of karst area). *Česká tunelárska asociace a Slovenská tunelárska asociácia ITA-AITES*, 25, 1, 24–28.
- VALEN, V. – LARSEN, E. – MANGERUD, J. – HUFTHAMMER, A. K. 1996. Sedimentology and stratigraphy in the cave Hamsundhellereen, western Norway. *Journal of Quaternary Science*, 11, 185–201.
- WHITE, W. B. 2007. Cave sediments and paleoclimate. *Journal of Cave and Karst Studies*, 69, 1, 76–93.

SECTIONS THROUGH CAVE SEDIMENTARY FILLING IN TURECKÝ VRCH HILL, SLOVAKIA

S u m m a r y

During the excavation Turecký vrch railway tunnel near Nové Mesto nad Váhom town (Fig. 1) were observed several smaller cavities (caverns). They were without filling, but some of them were filled with a clastic sediments. Cavern of my interest exposed top headings excavated since July 8th to July 12th 2010 and later at the bench excavation. Cavern required specific attention mainly because of the difficult conditions of excavation. As a result, the steps of excavation shortened to 0.8 – 1.6 meters. Sedimentary interpretation was complicated due to the fact that the top headings were not completely straight. In its lower middle part the top headings stand out more than 1 m into the tunnel area to reduce the danger of fall. Based on the photos and well documented 11 top headings we interpreted 3D cavern shape and filling (Fig. 2). The cavern originated in bedded light gray layered Triassic limestones and dolomites of the Považie Nappe of Hronikum (Maglay et al., 2005). Carbonates were thick bedded interlayered with thin irregular gray and greenish clays. They mostly lay monoclinally, but they were also tectonically crushed.

The cavern had an irregular fusiform shape (Fig. 3 and 4). The observed length of cavern in the body of tunnel was 15 m, its maximum width was 10 m and height overlap 9 m. The tunnel profile

did not reach the ceiling of cavern. The cavern originated at crossing of fault systems and bedding planes. The cave bottom originated mainly on the monoclinical bedding planes with prevailing inclination $160^{\circ}/30^{\circ}$. Cracks fractures predestine origin of the cavern walls primarily oriented at an angle $170^{\circ}/80^{\circ}$ (Fig. 2). Walls of the cavern were covered only by thin flowstone crust (Fig. 9). We did not observe flowstone as fragments in sediments. Cavern excavated by tunnel was completely filled with clastic sediments of varying granularity. Sedimentary material derived floodwaters exclusively from the Turecký vrch-hill. They were limestones and dolomites and rarely the greenish gray clays. The finest granularity was silt up to fine grained sand. Diameter of the largest boulder was about two meters. In this cavern we did not observe clastic material sourced out of the Turecký vrch massif. In other cracks were found also allochthonous clasts – pebbles.

Cavern was filled in two cycles probably in watered environment (Fig. 2 and 3). On sloping bottom of the cave dropped angular rock fragments (carbonates) loosen from the walls and chimney. Fragments were angular, slightly gradationally arranged and rarely exceeds 50 cm. The larger boulders touched each other rarely. The space between fragments filled coarse-grained sand and smaller angular fragments. This sediment was only slightly lithified and could be classified as a carbonate breccia (Fig. 6). Breccia passes smoothly into the structure-less coarsegrained to the middlegrained carbonate sand rarely with angular fragments up to 5 cm. The crash debris from the walls of the cavern stopped and the middlegrained sand deposited above the breccia. The cavern filled occasional floods supplying carbonate sand from surface and cavities of Turecký vrch massif. Sand was significantly laminated with white, yellow, rust-brown to gray colored laminas (Fig. 7). The lamination composed few mm to 10 cm thick cycles. These cycles always began with dark colored sand and followed with light colored sand. Dark colored sand enriched Fe-oxides. Single lamina may correspond to a simple event. Minimum flowstone crust on the walls of the cavern suggests prevailing watered cave. The sand was only partially lithified (can be scratch by fingernail). Sediments were breaking apart on the lamination planes. The lamination inclined stably to $210^{\circ}/40^{\circ}$. Erosion and fallen blocks did not interrupt the laminated sediment. The succession from breccia through structure-less sandstone to the laminated sand developed vertically and even horizontally. The first cycle of the cavern filling terminated horizon of structure-less sand with debris and boulders of carbonates. Interesting was up to 2 m large boulder of carbonate fallen from the ceiling into laminated sandy sediment. Analogous examples of laminated cave sediments with fallen carbonate blocks described Kadlec et al. (2001) from the Moravian Karst. Consequently the cavern sediments eroded floodwaters. Stream cut erosional channel into coarse-grained sand and breccia. Probably it does not respond to one event, but longer period (Fig. 5). The erosion created bottom with steep banks and irregular surface. Eroded channel filled laminated sand of the second sedimentation cycle (without basal breccia) (Fig. 8). Compaction of cavern sediments opened space below ceiling of the cavern. This space filled disordered light sand and debris (Fig. 9). The present sloping of sand lamination 40° and its inclination to structure-less sand and breccia on the west side of the cavern proves that the last process creating the present position of sediments was the neotectonic tilting of Turecký vrch massif. The southwestern part of the massif decreased, while the northeastern part rose. We cannot identify the age of cavern and its filling. Based on tilted lamination and moderate lithification of sediments we assume an elder filling of cavern. Submitted article brings results of a unique occasion to study the cave clastic sediments in eleven sections.



SLOVENSKÝ KRAS ACTA CARSOLOGICA SLOVACA	54/2	159 – 166	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2016
--	------	-----------	------------------------

NOVÁ STANIŠOVSKÁ JASKYŇA, NOVÉ SPELEOLOGICKÉ OBJAVY A POZNATKY Z HYDROLOGICKÉHO PRIESKUMU

PETER HOLÚBEK^{1,3} – PETER LAUČÍK^{1,3} – PAVEL HERICH^{2,4} – MICHAL DANKO³

- 1 Slovenské múzeum ochrany prírody a jaskyniarstva, Školská 4, 031 01 Liptovský Mikuláš; peter.holubek@smopaj.sk; peter.laucik@smopaj.sk
- 2 Štátna ochrana prírody SR, Správa slovenských jaskýň, Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš; herich@ssj.sk
- 3 Slovenská speleologická spoločnosť, Speleoklub Nicolaus, 1. mája 1959/36, 031 01 Liptovský Mikuláš; michal.danko@gmail.com
- 4 Slovenská speleologická spoločnosť, Jaskyniarsky klub Demänovská Dolina; herich@speleodd.sk

P. Holúbek, P. Laučík, P. Herich, M. Danko: The Nová Stanišovská Cave, the new speleological findings and knowledges of the hydrological research

Abstract: The paper reports new findings from speleological and revelations from hydrological research of the Nová Stanišovská Cave, which is located on the northern side of the Low Tatra Mts. in the Jánska Valley, east toward to the famous Demänovská Valley. Speleological exploration in 2011 leads to a discovery of a new underground spaces. The recent known length of the cave is 3242 meters. The cave is mostly horizontal. In a period of heavy rains and raising of water levels it is partially flooded by water. There is also permanent and occasional water course. At the beginning of 2016, the permanent water course was signed by harmless colorant. Water came out from the cave 700 meters away from Nadina resurgence after 28 hours.

Key words: Nová Stanišovská Cave, Jánska Valley, speleological exploration, tracing test, the Nadina resurgence

ÚVOD

Nová Stanišovská jaskyňa predstavuje významnú lokalitu Jánskej doliny, po objavoch v závere roku 2011 dosiahla dĺžkou 3242 metrov. Geneticky súvisí so Stanišovskou jaskyňou (dl. 3138 m) a Malou Stanišovskou jaskyňou (dl. 872 m). História jej objavovania a geomorfologickými pomermi sa podrobne zaoberajú Hochmuth a Holúbek (1996a,b), Holúbek (2011). Geomorfologickým pomerom v bezprostrednom okolí jaskyne, najmä opisu mohutného svahového zosunu v ústí Stanišovskej dolinky, sa venoval Mitter (1982). Po dlhších výkopových prácach sa v jej odľahlej časti zvanej Sifón s dychom podarilo objaviť v roku 2011 viac ako 500 metrov nových chodieb, ktoré podstatne zmenili doterajší pohľad na jaskyňu, jej genézu a hydrologické pomery v nej.

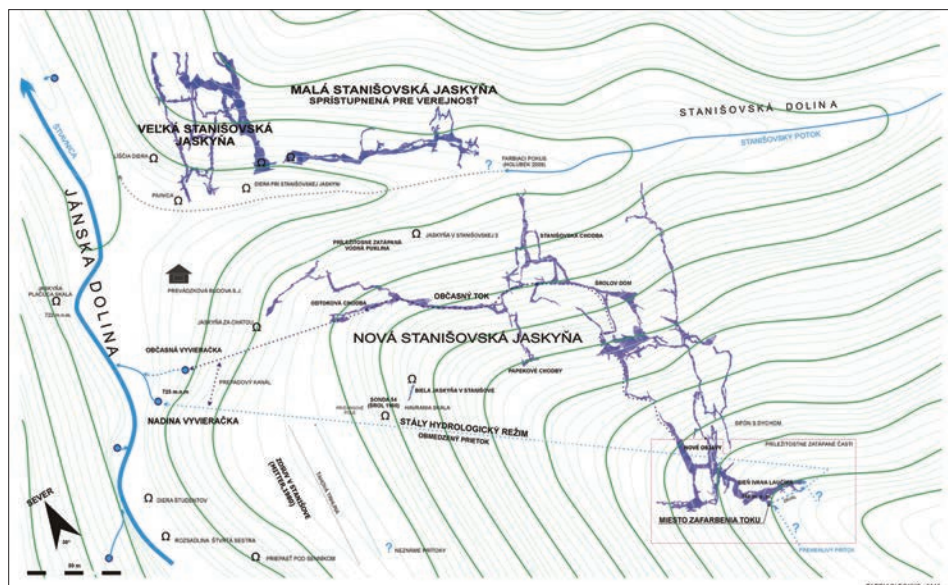
STRUČNÁ HISTÓRIA OBJAVU NOVÝCH ČASTÍ

Sifón s dychom predstavuje hlinenými sedimentmi zanesenú freatickú chodbu, vedúcu z Dujničových partií na juh a smerujúcu ku styku nekrasu s karbonátovým komplexom. Do objavu bola chodba zanesená takmer po strop, medzi sedimentom a stropom bolo iba niekoľko centimetrov. Pri priaznivých klimatických podmienkach tu bolo cítiť miernu výmenu vzduchu, čo podnietilo jaskyniarov zo Speleoklubu Nicolaus k sondážnym prácam už v roku 1995. Prenikli sme tu vtedy do nízkeho priestoru, no objavy v neďalekej



Obr. 1. Poloha jaskyne
Fig. 1. Cave location

Jaskyni zlomisk v roku 1996 prerušili prieskum týchto častí. K ich opätovnému prieskumu sme sa vrátili až v roku 2002. S vynaložením značného pracovného úsilia sme najskôr pracovali západne od meračského bodu (ďalej m. b.) 296 (m. b. podľa mapy priloženej



Obr. 2. Situačná mapa Novej Stanišovskej jaskyne s okolím
Fig. 2. A situation map of the New Stanišovská Cave with surroundings

v práci Hochmuth a Holúbek 1996a). Postúpili sme tu asi 6 metrov, no úzka, depresívna chodba nenasvedčovala, že sa rozšíri. Až sondovanie v hlinených sedimentoch južne od m. b. 296 prinieslo úspech. Po prekopaní asi 6 metrov zanesenej chodby sme prenikli 11. 12. 2011 do rozsiahleho pokračovania jaskyne s vodným tokom.

OPIS NOVÝCH ČASTÍ JASKYNE

Hlinený sífón ústi do nových priestorov tesnou, úzkou chodbou, napája sa z boku do rozsiahlej chodby, ktorej dno pokrývajú hlinené sedimenty. Tá po 60 metroch ústi do väčšej **Siene oddychu**, z ktorej vybiehajú tri chodby. Južná ústi po 80 metroch do nízkeho sífónovitého, zahlineného priestoru, kde sa na stenách nachádzajú stovky ulít slimákov *Bythynenella austriaca*, ktoré podľa fotografie určili nezávisle od seba J. Grego z Banskej Bystrice a E. Stworzewicz z Krakova. Ide o druh, ktorý obyčajne žije v prameni alebo v jeho blízkosti, zriedka blízko ponoru a ešte zriedkavejšie v jaskyni. Do týchto častí jaskyne ich priplavila prívalová voda z častí, kde sú veľmi hojné, ale doteraz nepoznáme ich zdroj. Po 6 metroch sa sífón otvára opäť do zahlinenej chodby s profilom 4 × 4 m. Zo západu pri m. b. 540 ohraničuje chodbu zával. Za ním sa nachádza **Sieň Ivana Laučička**, ukončená opäť závalom. Zo siene šikmo klesá 8 metrov dlhá zahlinená rúrovitá chodba, na konci ktorej tečie permanentný vodný tok s výdatnosťou rádovo litre za sekundu. Tento tok sa v jaskyni objavuje pri m. b. 589, kde vyteká z priestoru tvoreného blokmi horniny. Prienik do ďalších priestorov proti toku nie je jednoduchý, pokúšali sa o to bez úspechu poľskí jaskyniari z Krakova. Z východu Sieň Ivana Laučička ohraničuje zával, v ktorom sa sondovalo. Táto pomerne nepríjemná prekážka nie je stabilná. Smeruje strmo hore a aj karbonátový masív, v ktorom je chodba vytvorená, je značne narušený, takže tu hrozí veľké objektívne nebezpečenstvo. V súčasnosti sa kope v závale smerom dole, kde je tesný, strmo klesajúci zahlinený kanál s nejasným zakončením.



Zo Siene oddychu smerom na západ a neskoršie na juh vedie odtoková chodba. Má profil 4 × 4 m. Vo výraznom hlinenom záreze chodby tečie občasný vodný tok pri topení snehu alebo po výdatných zrážkach. Chodba sa končí pri m. b. 499 zahlinením. Iba 10 metrov na juh odtiaľto je m. b. 107, kde sa začína Chodba diamantových pieskov. Celý tento neznámy priestor je pravdepodobne zaplnený sedimentmi s klasickým sífónovým V-profilom.

Na juho-juhozápad zo Siene oddychu vedie tesná puklinová chodba, ústiaca po 50 m do siene s pôdorysnými rozmermi 10 × 20 m pri priemernej výške 5 m. Priamo na juh smerujú rúrovité kanály (južne od m. b. 503), úplne zanesené jemným pieskom pochádzajúcim zo žulového jadra Nízkych Tatier. Generálne sú však tieto priestory vytvorené na poruche severozápad-juhovýchod. V časti, ktorá smeruje k Jánskej doline, sa končia doteraz nedostatočne preskúmanou zablatenou úžinou. V opačnom smere sa cez paralelnú chodbu napájajú tieto chodby do Siene oddychu.

KLIMATICKÉ POMERY NOVÝCH OBJAVOV

Z klimatického hľadiska môžeme považovať túto časť Novej Stanišovskej jaskyne za statickú. Nezaznamenali sme intenzívnejšie prúdenie vzduchu. Výmena vzduchu v úzkom

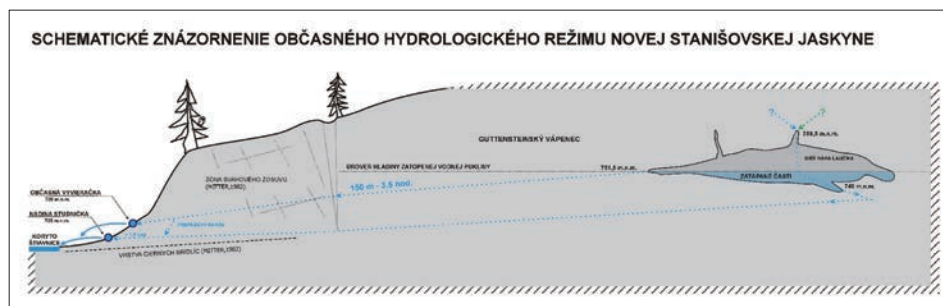
priestore Sifónu s dychom sa nedá vždy identifikovať. Podľa doterajších poznatkov sa tu prievan objavuje v súvislosti so zmenou vonkajšieho tlaku vzduchu. Nové objavy totiž predstavujú priestory s odhadovaným objemom niekoľko tisíc m³, a tak každá zmena tohto tlaku sa prejavuje prúdením pozorovateľným v Sifóne s dychom. V závale v Sieni Ivana Laučika je citelný prievan pri sondovaní, môže to byť však iba lokálna cirkulácia. Merania teploty sa tu doteraz nerealizovali, pretože tieto časti jaskyne sú dlhodobo neprístupné. V blízkej budúcnosti tu plánujeme umiestniť teplomer so záznamníkom.

ZHRNUTIE SÚČASNÝCH POZNATKOV O HYDROLOGICKÝCH POMEROCH V JASKYNI

Donedávna bol v Novej Stanišovskej jaskyni známy len občasný tok, ktorý sa objavoval v obdobiach topenia sa snehu a zvýšenej zrážkovej aktivity. V extrémnych obdobiach (dlhodobý dážď, topenie snehu) je zatápaná Vodná puklina vo vstupných častiach jaskyne, čo predstavuje prekážku brániacu vo vstupe do podzemia. V období, keď poklesne hladina vody vo Vodnej pukline a v jaskyni ešte tečie občasný vodný tok, je možné ho sledovať len od chodby Diamantových pieskov, kde sa objavuje, potom podteká západnú časť Zrúteného domu, prechádza sifónovitým úsekom Pieskových chodieb až do Šrolovho domu, smeruje na Rázcestie, ale ešte predtým sa ponára v nevysoké ľavostrannej odbočke (Kos a Dvořák, 2002). Ďalej sa objavuje v Chodbe utrpenia, odkiaľ tečie hlavným ťahom jaskyne až do Odtokovej chodby smerom na západ, kde preteká cez zával na jej začiatku pri Vstupnom dome. Cez neprielezný zával, ktorý sa dá obísť, preteká do vertikálnych priestorov ukončených sutinoviskom. Voda, ktorá sa tu stráca, bola 7. februára 2010 zafarbená fluoresceínom (P. Holúbek). Vzdušnú vzdialenosť cca 150 metrov prekonalo



Obr. 4a. Hydrologická situácia v Novej Stanišovskej jaskyni v suchom období
Fig. 4a. Hydrological situation of the New Stanišovská Cave in the dry period



Obr. 4b. Hydrologická situácia v Novej Stanišovskej jaskyni v období zvýšených vodných stavov
Fig. 4b. Hydrological situation of the New Stanišovská Cave in the period of increased water levels

farbivo za 3,5 hodiny, keď sa ukázalo v Občasnej vyvieračke v nadmorskej výške 726 metrov nad morom, a s 1,5-hodinovým oneskorením v markantne nižšej koncentrácii sa zistilo aj v neďalekej Nadinej vyvieračke. Táto skutočnosť svedčí o zložitejšej komunikácii medzi občasným podzemným tokom a vodnými cestami oboch vyvieračiek, pravdepodobne aj o bifurkácii odtokového kanálu Občasnej vyvieračky.



V nových priestoroch za Sifónom s dychom v roku 2011 bol v jaskyni objavený aj stály vodný tok. Podzemný tok je nevšedným oživením inak vcelku pochmúrnej Siene Ivana Laučika a zároveň jednou z možných indícií pri hľadaní odpovedí na otázky perspektív pokračovania jaskyne. Pomedzi bloky závalu sa možno dostať k podzemnému toku na troch miestach. V čase pozorovania (v decembri 2015) bola výdatnosť podzemnej bystriny odhadom okolo 8 l/s. V mieste prítoku, ktoré sa nachádza v menšej sieni objavenej P. Pokrievkom ml., vyviera podzemná bystrina sifónovito zo spevneného závalu z južnej steny siene (m. b. 589). Tento tok tečie voľným priestorom asi 4 m. Stráca sa v dolomitovej sutine na dne, aby sa znovu objavil v tesných prielezoch o 50 m východnejšie. Smer potoka i dispozícia jaskynného priestoru naznačuje pokračovanie jaskyne na tomto úseku smerom na východ. Nemožno pochybovať o tom, že výdatnosť permanentného prítoku je premenlivá v čase. Všetky novoobjavené priestory sú v čase výdatných zrážok zaplavované vodou do výšky m. b. 295, čo predstavuje nadmorskú výšku 751,5 m. Zaplavený je aj Sifón s dychom, ktorý bráni prístupu do týchto častí. Na overenie výšky hladiny sme v jaskyni umiestnili polystyrénové plávajúčky, ktoré dokázali existenciu veľkého jazera v týchto častiach jaskyne a zdvihnutie vodnej hladiny do nadmorskej výšky 751,5 m.

Obr. 5. Riečisko bez vody v suchom období predstavuje povodňový prepád v odtokovej chodbe v nových častiach jaskyne za sieňou Ivana Laučika. Foto: J. Šanda

Fig. 5. In the dry period a watercourse without water presents a flood overflow in the drain passage in the new cave parts behind the Ivan Laučik's Hall. Photo: J. Šanda

Farbiaci pokus uskutočnený 11. januára 2016 (P. Holúbek, P. Laučík, Z. Jurík, M. Vrbičan, J. Orfánus) v stálom toku v Novej Stanišovskej jaskyni potvrdil predpoklad jeho hydrologického prepojenia s Nadinou vyvieračkou v nadmorskej výške 725 m, vzdialenej vzdušnou čiarou približne 700 m. V čase pokusu bol prietok Nadinej vyvieračky odhadnutý na 9 l/s. Občasná vyvieračka bola neaktívna. Na stopovací pokus sa použilo 350 g fluorescenčného farbiva, rozriedeného v 10 litrov vody v plastovej bandaske. Prvý vizuálne registrovateľný závoj zafarbenej vody bol zaznamenaný v Nadinej vyvieračke o 28 hodín od ofarbenia podzemného toku. Koncentrácia farbiva kulminovala zhruba po 1,5 hodine od registrovania farbiva. Ďalšiu 1,5 hodinu koncentrácia fluoresceínu klesala až do vizuálne nezaznamenateľných hodnôt (obr. 4).

DISKUSIA K NOVÝM POZNATKOM O HYDROLOGICKÝCH POMEROCH

Z uvedených farbiacich pokusov vyplynulo, že Nová Stanišovská jaskyňa má dva hydrologické systémy:

1. stály hydrologický systém (aktívny aj v čase sucha), vodný tok tečie zo Siene Ivana Laučika do Nadinej vyvieracky;

2. občasný hydrologický systém (aktívny len v čase zvýšených vodných stavov), tok tečie počas zvýšených vodných stavov, a to z priestorov za Sifónom s dychom do Diamantových pieskov a cez hlavný ťah jaskyne do Občasnej vyvieracky. Ďalší, menší občasný tok vzniká po zvýšení hladiny v sifóne zvanom Ventil pri m. b. 243. Ak hladina stúpne k m. b. 325, tak prepadosť tu začne tiecť voda k m. b. 72 do Šrolovho domu. Výdatnosť tohto toku je v období, keď sa dá dostať do jaskyne, iba niekoľko dl/s, čiže rádovo nižšia ako tok tečúci cez Diamantové piesky k Občasnej vyvieracke. V období výraznejších zrážok je jeho výdatnosť pravdepodobne vyššia. O pôvode tejto vody nemáme žiadne poznatky, je však možné, že ide o rovnaký tok, ktorý sa objavuje v priestoroch za Sifónom s dychom, ktorý sa delí a neznámymi kanálmi sa dostáva aj k sifónu Ventil.



Obr. 6. Voda vytekajúca z občasnej vyvieracky za-farbená v jaskyni dňa 7. 2. 2010. Foto: P. Holúbek
Fig. 6. Water flowing from an occasional spring coloured in the cave on February 7, 2010. Photo: P. Holúbek

Voda permanentného toku odteká zo Siene Ivana Laučika cez zatiaľ neznáme odtokové kanály s prevýšením okolo 25 m do Nadinej vyvieracky. Tieto kanály sú geneticky veľmi mladou časťou jaskyne, čo usudzujeme z ich obmedzenej kapacity, prípadne môže ísť o komplikovanie toku vody svahovými zosunmi, ktoré opísal P. Mitter (1982). Pri topení snehu v masíve Slemä (1514 m n. m.) a výdatnej zrážkovej činnosti je prítok do siene Ivana Laučika väčší, ako stíha odtekať do Nadinej vyvieracky. Je pravdepodobné, že v obdobiach výdatnej zrážkovej činnosti sem zatiaľ neznámym jaskynným systémom prúdi voda z doteraz neznámych povrchových ponorov, ktoré sa nachádzajú v oblasti nad 751,5 m n. m. Nedá sa vylúčiť ponor vôd Stanišovskej dolinky, ale ani Štiavnice v Jánskej doline. Omnoho menej pravdepodobná, ale nie úplne nereálna sa javí možnosť, že sem príležitostne prúdi voda z menších občasných tokov zo zbernej oblasti západných svahov masívu Slamä a Ohnišťa. Priestory medzi Sieňou Ivana Laučika a Sieňou oddychu slúžia v tomto období ako zásobník vody s odhadovaným

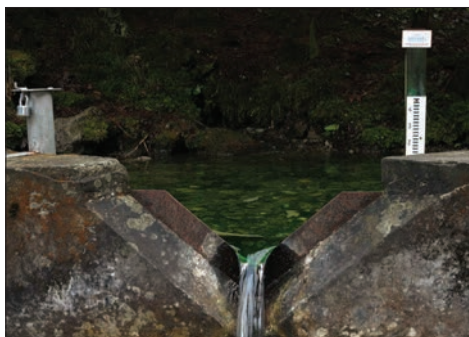
objemom okolo 1000 m³. Nálezy drobných slimákov svedčia o tom, že sem prúdia aj povrchové vody zo zatiaľ neznámych ponorov. Vodná hladina sa tu začína dvíhať a stúpa až do výšky 6,5 metra, kým nezačne byť aktívny prepadosť v nadmorskej výške 751,5 metra, cez ktorý sa voda začne prelievať do Chodby diamantových pieskov a vytvorí známy občasný tok, ktorý tečie hlavným ťahom jaskyne až do Občasnej vyvieracky v nadmorskej výške 726 m. V čase zvýšenej hydrologickej aktivity nemožno tiež vylúčiť dotovanie občasného toku, popri vodách stáleho toku, aj ďalšími vodami z iných občasných prítokov. V závere tejto vetvy existuje ešte prepadosť kanál na nižšie situované permanentné riečištko Nadinej vyvieracky. Z údajov dlhodobého pravidelného hydrologického monitorovania

výdatnosti Nadinej vyvierajúcej vykonávaného O. Kernerom, pracovníkom SHMÚ, možno konštatovať, že výdatnosť vôd Nadinej vyvierajúcej v režime, keď netečie Občasná vyvierajúca, približne zodpovedá výdatnosti prítoku v Sieni Ivana Laučíka Novej Stanišovskej jaskyne. Zdá sa, že voda na svojej podzemnej ceste zo Siene Ivana Laučíka k Nadinej studničke nepriberá žiadne významnejšie prítoky, iba malé s vyššou mineralizáciou, čiže autochtónneho pôvodu. Meranie konduktivity D. Haviarovej zo dňa 23. 9. 2012 prinieslo nasledujúce výsledky: tok v Novej Stanišovskej jaskyni v Sieni Ivana Laučíka mal konduktivitu 381 $\mu\text{S cm}$, voda z Nadinej vyvierajúcej 342 $\mu\text{S/cm}$.

Nevyriešenou otázkou tiež zostáva, kam sa stráca voda zo Stanišovského potoka, ktorý sa ponára v sutinovom dne Stanišovskej dolinky, približne 100 m vyššie vchodov do Stanišovských jaskýň. Neďaleko týchto miest sa nachádzajú koncové časti Malej Stanišovskej jaskyne a z juhu Stanišovské chodby Novej Stanišovskej jaskyne. Farbiaci pokus tu uskutočnili v roku 2009 P. Holúbek, Z. Hochmuth a Z. Jurík, no bez pozitívneho výsledku, hoci niekoľko dní sledovali Nadinu vyvierajúcu a nevýdatné vývery vôd pritekajúce do povrchovej Štiavnice západne od priestorov Stanišovskej jaskyne. Ponorné vody zo Stanišovskej dolinky tečú pravdepodobne popod Stanišovskú jaskyňu a vytekajú skryto v štrkových nánosoch Štiavnice. V severnej časti Stanišovskej chodby, v dómiku za závalom pri m. b. 124 smerujúcim na povrch, sa pri m. b. 129 nachádza meandrovitá strmo klesajúca chodba, kde možno počuť vodný tok, ale pre úžiny sa nemožno až na predpokladané riečisko dostať. Negatívny výsledok farbiaceho pokusu pravdepodobne indikuje existenciu neznámych podzemných priestorov pod Veľkou a Malou Stanišovskou jaskyňou, ktoré sa pod nimi ťahnu smerom na sever, do neznámych výverov inklinujúcich do štrkových sedimentov Štiavnice.



Obr. 7. Farbenie ponárajúceho sa toku v Stanišovskej jaskyni dňa 23. 10. 2009. Foto: P. Holúbek
Fig. 7. Colouring of the sinking flow in the Stanišovská Valley on October 23, 2009. Photo: P. Holúbek



Obr. 8. Zafarbený výver vody z Nadinej studničky v januára 2016. Foto: P. Holúbek
Fig. 8. A coloured water spring from the Naďa's Spring on January 2016. Photo: P. Holúbek

ZÁVER

Po nových objavoch sa Nová Stanišovská jaskyňa stala 16 najdlhšou jaskyňou Slovenska. Otvorili sa nové perspektívy prieskumu, najmä smerom na juh ku kryštálickému

jadru Nízkych Tatier. Predpokladáme, že ponorová oblasť, kde do podzemia vnikali vody, ktoré sa podieľali na vzniku jaskyne, sa nachádza v masíve Ohnišťa, približne v polovici krasovej časti Jánskej doliny, oproti vyvieráčke Hlbokô. Dnes je z týchto ponorov zachovaný fragment priestorov v Kanálovej jaskyni, ktorá dosahuje dĺžku 65 m, a blíži sa k nim sonda jaskyniarov združených okolo Stanislava Šrola, vykopaná približne 30 m južne od vchodu do Kanálovej jaskyne v 70. rokoch minulého storočia. Je však otáznе, ako a či vôbec sú tieto priestory dostupné, pretože v Novej Stanišovskej jaskyni sa nevyskytujú žiadne okruhliaky z kryštálických hornín, iba jemný piesok. Predpokladáme, že južne od dnešného komplikovaného ukončenia jaskyne sa nachádza sifonálna zóna, ktorá tvorila bariéru pre okruhliaky, ktoré sa do podzemia dnes známych častí Novej Stanišovskej jaskyne nedostali. Podobne aj v Stanišovskej jaskyni sa nachádza iba piesok z kryštálického jadra Nízkych Tatier. Túto skutočnosť potvrdila približne 2 metre hlboká sonda A. Droppu. O tom, že situácia v Novej Stanišovskej jaskyni je výsledkom pôsobenia aj vôd pochádzajúcich zo Stanišovskej dolinky, ktorej časť je budovaná pieskovcovými lunzskými vrstvami, svedčia okruhliaky z tohto materiálu, zriedkavo sa nachádzajúce v zasedimentovanej chodbe pri m. b. 574.

Na výkopových prácach, prieskume, objavoch a dokumentácii sa po roku podieľali nasledujúci jaskyniari: P. Amler, J. Bakowski, P. Bobak-Miedzińska, Jaroslav Bohatý, F. Danihel, M. Danko, L. Faitl, J. Ficker, P. Ficker, D. Gratkowska, P. Gratkowski, I. Harna, P. Herich, L. Holík, A. Holúbek, P. Holúbek, M. Jaworska, Z. Jurík, O. I. Kadebskaja, J. Kolasa, B. Kompanický, M. Kováčik, P. Kříž, M. Křížová, L. Kubičina, M. Kwiatkowski, M. Latoń, P. Laučík, V. Laučík, M. Lejava, M. Lisý, B. Liška, P. Maceček, M. Macho, B. Maričová, M. Miedziński, P. Mitro, P. Neuschel, J. Orfanus, A. Pánek, R. Piovarčí, P. Plavec, P. Pokrievka ml., P. Procházka, M. Rosa, K. Schrötterová, P. Sienkiewicz, A. Turan, A. Tureček, J. Vajs, L. Vlček, P. Vojtuš, S. Votoupal, M. Vrbičan, J. Vronka ml., J. Vronka st., A. Witas, S. Zagorski.

LITERATÚRA

- DROPPA, A. Krasové javy Jánskej doliny na severnej strane Nízkych Tatier. *Československý kras*, 21, 73–96, 1972.
- DROPPA, A. Stanišovská jaskyňa na severnej strane Nízkych Tatier. *Geografický časopis*, 13, Bratislava, 296–307, 1961.
- HOCHMUTH, Z. – HOLÚBEK, P. Mapovanie a prieskum Novej Stanišovskej jaskyne. *Spravodaj SSS*, 1, 27, Liptovský Mikuláš, 19–23, 1996b.
- HOCHMUTH, Z. – HOLÚBEK, P. Geomorfologické pomery a topografia Novej Stanišovskej jaskyne. *Slovenský kras*, 34, Liptovský Mikuláš, 75–90, 1996.
- HOLÚBEK, P. Čo nové v Novej Stanišovskej jaskyni? *Spravodaj SSS*, 42, 2, Liptovský Mikuláš, 25–32, 2011.
- KOS, P. – DVOŘÁK, Z. Nová hydrologická pozorování v Nové Stanišovské jeskyni. *Spravodaj SSS*, 33, 4, Liptovský Mikuláš, 12–13, 2002.
- MITTER, P. Geomorfologický výskum štátnej prírodnej rezervácie Ohnište. Závěrečná správa, MSKaOP, Liptovský Mikuláš. In *O troch jaskyniaroch*, Slovenská speleologická spoločnosť, Liptovský Mikuláš 2013, 88–119, 1982.

SLOVENSKÝ KRAS ACTA CARSOLOGICA SLOVACA	54/2	167 – 191	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2016
--	------	-----------	------------------------

PREPOŠŤSKÁ JASKYŇA – PREDBEŽNÉ VÝSLEDKY PALEOZOOLOGICKÉHO VÝSKUMU

TOMÁŠ ČEKLOVSKÝ¹ – MARTIN SABOL² – JÁN OBUCH³ –
– RADOSLAV BEŇUŠ² – HERVÉ BOCHERENS⁴ –
– MIRIAM NÝVLTOVÁ FIŠÁKOVÁ⁵ – MARIANNA KOVÁČOVÁ²

¹ Slovenské múzeum ochrany prírody a jaskyniarstva, Školská 4 Liptovský Mikuláš; ceklovsky@smopaj.sk

² Katedra geológie a paleontológie, Prírodovedecká fakulta UK v Bratislave; sabol@fns.uniba.sk; kovacova@fns.uniba.sk

³ Botanická záhrada UK v Bratislave, pracovisko Blatnica; jan.obuch@rec.uniba.sk

⁴ Forschungsbereich Paläobiologie-Biogeologie Universität Tübingen, Bundesrepublik Deutschland; herve.bocherens@uni-tuebingen.de

⁵ Archeologický ústav ČAV v Brne, Česká republika; nyvltova@arub.cz

T. Čeklovský, M. Sabol, J. Obuch, R. Beňuš, H. Bocherens, M. Nývtová Fišáková, M. Kováčová: Prepošťská Cave – Preliminary results of paleozoological research

Abstract: Submitted article presents results of a new study of faunal fossil remains from the Prepošťská Cave, the Middle Palaeolithic site from the Horná Nitra region. The faunal analysis is focused on the fossil record of Janšák's collections from 1927 and Bárta's collections from 1965 to 1967. The results document a Neanderthal hunting game during the Micoquian and palaeoenvironment of the surrounding region. The last datings by ¹⁴C method places the objective settlement to the period > 49 – 24,5 ka uncal BP. Based on the taxonomic determination of findings and the isotopic analyses, determined taxa represent an interstadial assemblage, which lived in forest-steppe environment with the presence of water source in the vicinity, as well as a cold steppe assemblage. Marks of human activity and the activity of predators were found on the bones. Settlements of Neanderthals took a short-term period and the cave served probably as a hyena den during the man absence.

Key words: Prepošťská Cave, faunal assemblage, taxonomy, taphonomy, isotopes, palaeoenvironment, Last Glacial

ÚVOD

Na základe doterajších poznatkov sídlili na území Slovenska v priebehu posledného glaciálu aj ľudia neandertálskeho typu (*Homo neanderthalensis*). Obdobie posledného glaciálu (115 000 – 11 650 cal BP; MIS 5d – MIS 1) bolo na našom území charakteristické častými klimatickými zmenami, vyvolanými v rámci klimatických oscilácií II. až III. radu. Tieto zmeny formovali ekologické podmienky a životné prostredie, odrazom čoho je rozdielne zloženie fauny, flóry a ich vysoká druhová diverzita v jednotlivých fázach predmetného obdobia.

Z hľadiska osídlenia nášho územia v minulosti je dôležitý archeologický výskum jaskynných lokalít, pri ktorom sa často nachádzajú aj osteologické zvyšky pleistocénnej fauny. Napriek veľkému množstvu nálezov fosilného materiálu je len málokto spracovaný podrobnejšie. Prepošťská jaskyňa (Bojnica I) na území hornej Nitry patrí medzi najdôležitejšie paleolitické lokality na Slovensku, z ktorej pochádza bohatý,

ale dosiaľ detailnejšie nespracovaný fosílny materiál. Na základe súčasných metód paleontologického výskumu v spojitosti s údajmi z iných vedných odborov (taxonomické vyhodnotenie, tafonómia, rádiometrické datovania, izotopové analýzy, paleobotanika) sa začali riešiť aj niektoré nezodpovedané otázky súvisiace s interakciou človeka a jeho životného prostredia v minulosti.

LOKALIZÁCIA A DEJINY VÝSKUMU

Prepoštská jaskyňa (Bojnice I) reprezentuje jedno z dvoch zachytených neanderťalských osídlení na území hornej Nitry ($48^{\circ}46'40,63''$ S a $18^{\circ}34'59,59''$ V) (obr. 1). Na južnom okraji Bojníc, juhozápadne od Bojnického zámku sa nachádza travertínová stena s niekoľkými veľkými prevismi, ktorá sleduje orientáciu približne JJZ – SSV. Na južnom okraji travertínovej kaskády, ktorá vznikla sedimentárnou činnosťou termálnych vyvieraciek a na ktorej stojí prepoštský dom, sa nachádza 7 m dlhá, 11 m široká a 4 – 8 m vysoká dutina (Prošek, 1952), ktorá má charakter skalného abri až menšej jaskyne. Jej otvor leží v nadmorskej výške 242 m (Bella et al., 2007). Pôvodná veľkosť jaskyne (previsu) mohla byť väčšia (Bárta, *rukopis*). Jej predpolie je tvorené kaskádou, ktorú vytvoril pôvodne vytekajúci prameň. Naľavo i napravo od jaskyne sa nachádzajú ďalšie menšie previsy – 52 m východne (Puklinová jaskyňa) a 42 m na západ (previs v skale, ľudovo nazývaný „Hajzel“), ktoré sú však bez doloženého paleolitického osídlenia (Neruda a Kaminská, 2013).

Hoci jaskyňa bola známa odnepamäti, ako archeologickú lokalitu ju pre vedu objavil až K. Medvecký v roku 1926. Začiatkom septembra 1926 vykonali Medvecký a G. Turba za pomoci študentov gymnázia prvé výkopy a získali významné archeologické a paleontologické nálezy (Medvecký, 1927). Prvý systematický výskum začali 18. júla 1927 Š. Janšák, J. Eisner a čiastočne aj J. Babor. Janšák kopal iba pod skalným previsom vnútri jaskyne, na kaskádu pred previsom vyhadzoval prekopané sedimenty, následkom čoho vznikla pred previsom menšia plošina. Janšák rozdelil plochu výskumu na štvorce

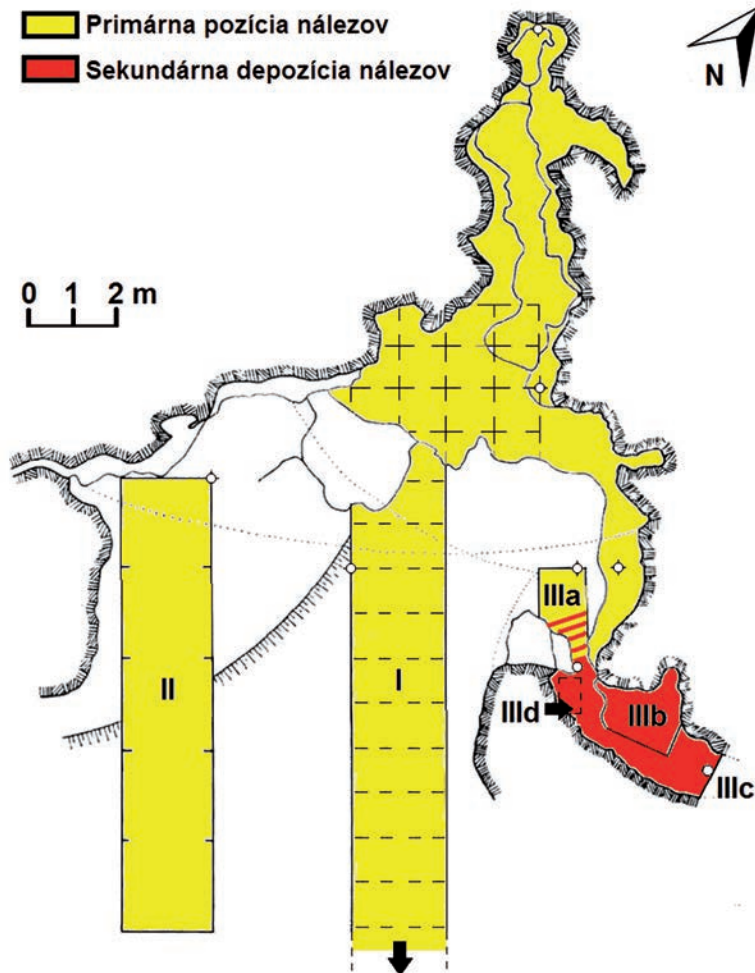


Obr. 1. Situovanie lokality Prepoštská jaskyňa (Bojnice I) na výseku mapy hornonitrianskej oblasti (zdroj: <https://www.google.com/earth/>)

Fig. 1. Location of site Prepoštská Cave (Bojnice I) on the map section of horná Nitra region (source: <https://www.google.com/earth/>)

vo veľkosti 1 × 1 m a odkrýval vrstvy po 10 cm (obr. 2) (Neruda a Kaminská, 2013). Prvými systematickými výskumami sa síce získal veľmi bohatý archeologický materiál, avšak výsledky týchto výskumov neposkytli žiadne možnosti geochronologického datovania jednotlivých nálezov. Paleolitické pamiatky sa totiž našli takmer vo všetkých vrstvách zachytených vtedajšími výskumami od najmladších polôh až po najstaršiu. Zvyšok sedimentárnej výplne jaskyne bol neskôr úplne prekopaný a vyhádzaný pri rozličných amatérskych zásahoch (Prošek, 1952).

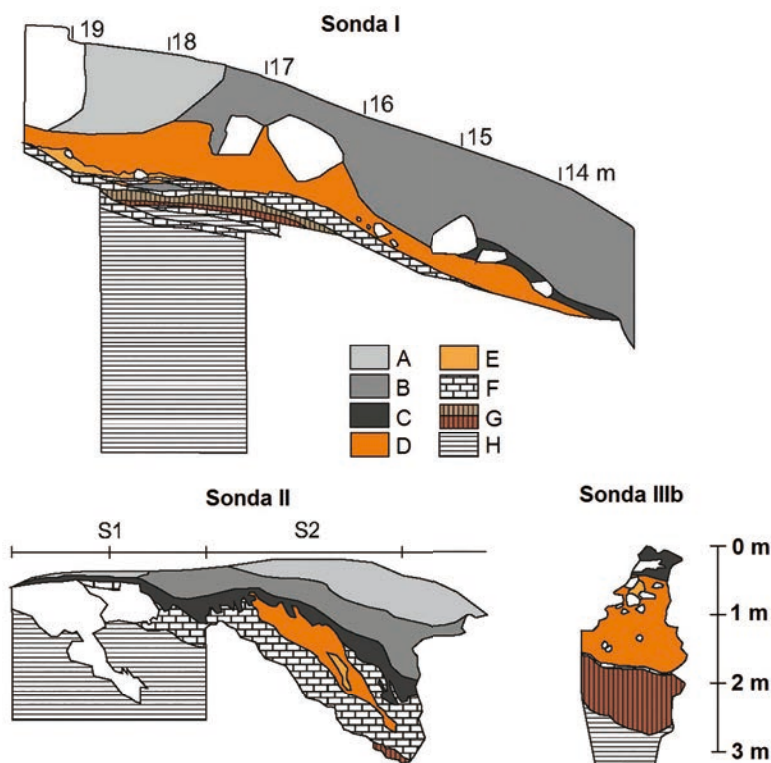
Pre nezvyčajne nápadné bohatstvo kamenných nástrojov i vzácne zachované zvieracie pozostatky tu Štátny archeologický ústav v Martine uskutočnil na jeseň 1950 nový výskum, vedený F. Proškom. Proškova sonda, položená približne stredom lokality, mala šírku 2 m a dĺžku 22 m (číslované od juhu na sever), pričom severný okraj (štvorec 22)



Obr. 2. Pôdorys Prepoštskej jaskyne s vyznačenou Proškovou sondou I, Bártovými sondami II a III (upravené podľa Bárta, 1972) a Janšákovými štvorcami v severnej časti (Čeklovský, 2015)
 Fig. 2. Ground plan of Prepoštská Cave with marked Prošek's trench I, Barta's trenches II and III (modified after Bárta, 1972) and Janšák's quarters in northern part (Čeklovský, 2015)

nadväzoval na južnú hranu výkopu Janšáka z roku 1927 v strede jaskynného previsu a pokračoval po svahu pred jaskyňou (obr. 2). V najvyššej časti, čiastočne zasahujúcej do jaskyne, sa podarilo zachytiť zvyšok pôvodnej nálezovej situácie v jaskyni (sonda I) (obr. 3). Paleolitická kultúrna vrstva obsahovala veľmi početné kamenné nástroje a odštepky, rôzne zvieracie kosti, množstvo drevených uhlíkov a fragmentov spálených kostí (Prošek, 1952).

V rokoch 1965 až 1967 pokračoval vo výskume previsu J. Bárta (Bárta, 1965). Západne od Proškovej sondy otvoril nový výkop so šírkou 2 a dĺžkou 10 m (sonda II), pričom štvorce čísloval po dvoch metroch od severu k juhu (štvorce 1 – 5). Odkrývanie sa robilo po 5 cm a paleolitické artefakty, ako aj uhlíky boli zafixované vo východnom



Obr. 3. Prepošťská jaskyňa – profily východných stien sond (upravené podľa Proška, 1952, originálnej dokumentácie Bárta a zjednotené podľa Neruda a Kaminskej, 2013)

A – sivohnedý sediment premiestnený zo starších výkopov; **B** – sivohnedá navážka; **C** – tmavosivá humózná hlina; **D, E** (kultúrne vrstvy) – žltohnedá sprašová hlina; **F** – bielosivá travertínová doska; **G** (kultúrna vrstva) – nesúvislý travertín, sivý až sivohnedý v povrchovej časti, svetlohnedý až hnedý na báze; **H** – bielosivý až žltý sypký travertínovo-penový sinter.

Fig. 3. Prepošťská Cave – cross section of eastern trench walls (modified after Prošek, 1952, original Bárta's documentation and united after Neruda & Kaminská, 2013).

A – gray-brown sediment displaced from earlier excavations; **B** – gray-brown batch; **C** – dark-gray humic clay; **D, E** (cultural layers) – yellow-brown loess clay; **F** – greyish white travertine slab; **G** (cultural layer) – incoherent travertine, gray to gray-brown in the surface portion, light brown to brown at the base; **H** – greyish white to yellow travertine-foam sinter

profile sondy, ktorej východiskový nultý bod bol 3 m západnejšie od Proškovej sondy I (obr. 2). Ďalej sa Bárta zamerlal na výskum malého priestoru vo východnej časti previsu označovaného ako „Kostnica“ (sonda III, rozdelená na časti IIIa až IIIId). Sonda IIIa bola situovaná 5 m východne od Proškovej sondy a mala rozmery 2 × 1 m. Sonda IIIb bola za vstupnou časťou Kostnice pri jej severovýchodnom okraji, v mieste maximálneho rozšírenia chodby. Sonda IIIc sa nachádzala oproti vchodu do Kostnice a oproti vchodu samotnej Prepoštskej jaskyne. Sled vrstiev v sonde IIIb bol preskúmaný do hĺbky 320 cm (obr. 3) a všetky vrstvy sa zvažovali do stredu, rovnako aj celý priestor sa ku dnu zužoval, akoby mal puklinový charakter. Paleolitické artefakty sa nachádzali vo veľkom hĺbkovom rozptyle. Zvieracie kosti v sonde IIIa ležali viac-menej horizontálne, čo dokladá ich primárnu polohu, zatiaľ čo kosti v sonde IIIb boli uložené tak, že Kostnica mala skôr charakter „odpadového priestoru“ (Bárta, *rukopis*, s. 52). Priestor Kostnice bol pre malú šírku sotva vhodný na osídlenie. Nálezy majú skôr charakter druhotného uloženia (okrem nálezov zo sondy IIIa), ovplyvneného aj zatekaním vody do nižšie situovaných miest pred skalným previsom (Neruda a Kaminská, 2013).

V Kostnici sa vo vrstvách tmavohnej hliny našlo takmer 3000 kusov kamenných nástrojov a odštepov. Z kostených nástrojov boli nájdené kostené nákovky (retušéry) na priostrovanie kamenných nástrojov, s výraznými stopami po úderoch, datované do obdobia staršieho ako 50 000 BP (Bárta, 1972). Posledný revízný výskum Neruda a Kaminskej (2013) priniesol nové výsledky. Rádiometrické datovanie pomocou metódy ¹⁴C umiestnilo predmetné osídlenie do doby pred 44 800 uncal BP a archeologický výskum odhalil kultúru micoquien, korešpondujúcu s vrstvou 7a na moravskej lokalite Kůlna.

PREDBEŽNÉ VÝSLEDKY PALEONTOLOGICKÉHO VÝSKUMU

Taxonomická analýza

Počas paleontologického výskumu (2012 – 2015), ktorý ešte nie je ukončený, sa preskúmalo 11 256 zvieracích kostí a zubov alebo ich úlomkov. Analýza fauny bola zameraná na nálezy z Janšákových zberov z roku 1927 (uložené v SNM – Múzeum Andreja Kmeťa v Martine) a Bártových zberov z rokov 1965 až 1967 (uložené v Hornonitrianskom múzeu v Prievidzi). Taxonomická analýza priniesla veľký počet zistených taxónov (tabuľka 1). Najzaujímavejšie sú nálezy leva jaskynného, jeleňa obrovského, nosorožca srstnatého či mamuta srstnatého, ako aj zástupcov obojživelníkov, plazov a mikromammálií. Kosti obojživelníkov a vtákov taxonomicky determinoval J. Obuch a kosti drobných cicavcov (hlodavce, hmyzožravce) určoval a opísal M. Sabol.

Na základe stanovenia kvantifikačnej jednotky „minimálny počet jedincov“ (MNI), resp. „kombinovaný minimálny počet jedincov“ (MNIc) (LYMAN, 1994) sa zistilo, že z predátorov dominujú v spoločenstve hyena jaskynná (MNIc = 9) a vlk dravý (MNI = 5), z kopytníkov dominujú nosorožec srstnatý (MNI = 7), kôň (MNIc = 6) a pratur divý a/alebo zubor stepný (MNI = 4). Nálezy fauny sú ešte doplnené o taxóny, ktoré určili O. Fejfar a D. Jánossy v roku 1965 (tabuľka 2).

Tafonomická analýza

Sintrové povlaky na povrchu kostí, ako aj v ich dutinách sú dobrým ukazovateľom pôvodnej akumulácie a fosilizácie kostí v jaskynnom prostredí. Posintrovanie (resp. pokrytie vrstvou sintra) kostí svedčí o tom, že museli ležať istý čas na povrchu vnútri jaskynného priestoru. Navyše sa sinter tvorí len za istých klimatických podmienok, najmä v teplejších a vlhkejších obdobiach. O tom, že kosti ležali istý čas na povrchu

Tabuľka 1. Determinovaná fauna z Prepoštskej jaskyne (NISP – celkový počet určených kostí/ fragmentov)

Table 1. Determined fauna from Prepoštská Cave (NISP – number of identified specimens)

Taxón	Janšákove štvrce – NISP	Bártove sondy								NISP
		? (A)	II	IIIa	IIIb	IIIb ₁	IIIb-c	IIIc	III (?)	
<i>Mammuthus primigenius</i>	5				6		2		2	10
<i>Coelodonta antiquitatis</i>	4		3	6	42	1			18	70
<i>Equus</i> sp.	15			1	45	1			21	68
<i>Capra</i> sp. / <i>Ovis</i> sp.		2								2
<i>Bos primigenius</i>					2				2	4
<i>Bison priscus</i>					4				2	6
<i>B. primigenius</i> / <i>Bison priscus</i>	11				17				28	45
Bovidae indet.	2	9	1		1			1	1	13
<i>Megaloceros giganteus</i>	2				2	1	1	1	3	8
cf. <i>Cervus elaphus</i>	8				3				2	5
<i>M. giganteus</i> / <i>C. elaphus</i>	6								1	1
<i>Capreolus capreolus</i>		13								13
<i>Rangifer tarandus</i>	7	1			9				30	40
Cervidae indet.	5		2		16				9	27
Bovidae / Cervidae indet.	4	1	2		3		1		1	8
<i>Sus scrofa</i>	3	14	1		1				1	17
Ungulata indet.	6		2	1	17	2			13	35
Chiroptera indet.								4		4
<i>Talpa europaea</i>	1					1		1		2
<i>Neomys foldiens</i>	20									
<i>Crocidura leucodon</i>								29		29
Eulipotyphla indet.					4					4
<i>Panthera spelaea</i>	1				1				1	2
Felidae indet.					1	1				2
<i>C. crocuta spelaea</i>	27				53	2	2	2	40	99
<i>Vulpes</i> cf. (<i>Alopex</i>) <i>lagopus</i>				1	2					3
<i>Vulpes vulpes</i>			1	3	1					5
<i>Vulpes</i> sp.	1				5			3	3	11
<i>Canis lupus</i>	9				16	3	6	11	18	54
<i>C. c. spelaea</i> / <i>Canis lupus</i>	7		2		2	1		1	11	17
<i>Ursus</i> ex gr. <i>spelaeus</i>	2				6				1	7
<i>Ursus</i> sp.					11	4		2	2	19
<i>Martes</i> sp.					1	1				2

Taxón	Janšákove štvořce – NISP	Bártovė sondy								
		? (A)	II	IIIa	IIIb	IIIb ₁	IIIb-c	IIIc	III (?)	NISP
<i>Mustela nivalis</i>					4				2	6
<i>Mustela erminea-nivalis</i>					7					7
cf. <i>Gulo gulo</i>					1					1
<i>Meles meles</i>					1			3	5	9
Mustelidae indet.					1			1		2
Carnivora indet.	1		1		6	1			6	15
<i>Spermophilus citellus</i>	1				1					1
Sciruidae indet.	1				1					1
<i>Glis glis</i>								1		1
<i>Cricetus cricetus-major</i>	7			1	5	6		5	4	21
<i>Arvicola amphibius</i>	2		3	3	14	6		8	22	56
<i>Microtus agrestis</i>								3	3	6
<i>Microtus arvalis</i>						3		6		9
<i>Microtus agrestis-arvalis</i>	24			4						4
Arvicolinae indet.								3	2	5
Cricetidae indet.					2					2
<i>Apodemus sylvaticus-flavicolis</i>	22							5		5
<i>Mus musculus</i>	11									
Rodentia indet.	19		2	2	35	13		16	5	73
Eulipotyphla / Rodentia indet.				4	47	9		107	122	289
cf. <i>Ochotona</i> sp.					1					1
<i>Lepus</i> sp.	5	1	5		4	1		1	33	45
Mammalia indet.	1199	39	197	303	1216	50	6	17	4833	6661
<i>Anas platyrhynchos</i>	1				4					4
<i>Bucephala clangula</i>	1				1					1
Anatidae indet.	1		1							1
<i>Apus melba</i>					1	1				2
Falconiformes indet.					1					1
<i>Lagopus lagopus</i>	6		2		5	1		3		11
<i>Lagopus mutus</i>			3					2		5
<i>Tetrao tetrix</i>	6			1	5	3		1		10
<i>Tetrao urogallus</i>					2					2
Galliformes indet.		1			4				2	7
<i>Crex crex</i>	1			1	2	2		1		6
<i>Fulica atra</i>						1				1

Taxón	Janšákove štvorce – NISP	Bártove sondy								
		? (A)	II	IIIa	IIIb	IIIb ₁	IIIb-c	IIIc	III (?)	NISP
<i>Numenius arquata</i>						1				1
<i>Corvus corax</i>				1						1
<i>Corvus cornix</i>	1									
<i>Corvus monedula</i>	2			1		1				2
cf. <i>Pyrrhocorax</i> sp.						1				1
<i>Asio flammeus</i>					1	2				3
<i>Asio</i> cf. <i>otus</i>					1					1
<i>Bubo scandiacus</i>	1									
<i>Strix aluco</i>	1									
<i>Strix uralensis</i>			1							1
Aves indet.	34	3	9	10	129	28		38	188	405
<i>Emys orbicularis</i>	3									
Serpentes indet.								67		67
<i>Rana temporaria</i>			1							1
<i>Bufo</i> sp.	1									
Anura indet.	1			1	10	2		53	31	97
Amphibia indet.								1		1
Gastropoda indet.	1								1	1
Vertebrata indet.	2		14	12	100	6		213	925	1270

vystavené vonkajším vplyvom, svedčia aj stopy po zvetrávaní a stopy po činnosti iných živočíchov (predátorov a hlodavcov). Na analyzovaných kostiach sa našli aj ľudské zásahy v podobe spálených častí kostí, stôp po objínaní (tlčení) a rezaní (tabuľka 3 a 4). Akumulácia nálezov v Kostnici (sonda III) bola pravdepodobne tiež výsledkom činnosti človeka, slúžiac mu ako úložný priestor alebo odpadová jama, keďže malé rozmery tejto časti náleziska neboli vhodné na obývanie.

Kosti boli tlčené tupším kamenným nástrojom, zväčša nato, aby sa rozbili a získala sa z nich kostná dreň. Stopy po rezaní v podobe tenkých zárezov na dlhých kostiach (obr. 4) sú opísané ako „dismembering“ (porcovanie tela; Binford, 1981). Na základe zistených údajov je možné predbežne konštatovať, že neandertálcovia lovíli v blízkosti lokality predovšetkým jelene obrovské, soby, pratury, zubry, kone, nosorožce a možno aj mamuty (obr. 5).

Stratigrafia

Na exaktné určenie veku fosílnych nálezov bolo použité rádiokarbónové datovanie (AMS ¹⁴C), ktoré sa uskutočnilo v laboratóriu Ion Beam Physics vo švajčiarskom Zürichu. Materiál použitý na datovanie je uvedený v tabuľke 5.

Získané rádiokarbónové údaje z 5 vzoriek s časovým rozsahom 43 109 – 38 147 cal BP z Bártovej sondy IIIb časovo zodpovedajú obdobiu neskorého micoquieniu (Kaminská, 2005), kým datovaný nález koňa (ETH-51814) je výrazne mladší (30 055 – 29 220 cal BP). Podľa najnovšej regionálnej chronostratigrafickej tabuľky (INQUA,

Tabuľka 2. Fauna z Prepoštskej jaskyne určená O. Fejfarom a D. Jánossym (in Neruda a Kaminská, 2013)

Table 2. Fauna from Prepoštská Cave determined by O. Fejfar and D. Jánossy (in Neruda & Kaminská, 2013)

Rad / Trieda	Taxón	NISP
Carnivora	<i>Canis lupus</i>	2
	<i>Mustela erminea</i>	6
Rodentia	<i>Allactaga jaculus</i>	1
	<i>Citellus</i> sp.	1
	<i>Dicrostonyx torquatus</i>	1
	<i>Microtus gregalis</i>	18
	<i>Microtus ratticeps</i>	6
	<i>Microtus arvalis</i>	54
	<i>Myodes</i> sp.	1
	<i>Arvicola</i> sp.	42
Eulipotyphla	<i>Erinaceus</i> sp.	5
	<i>Talpa</i> sp.	1
Lagomorpha	<i>Ochotona pusilla</i>	5
	<i>Lepus</i> sp.	1
Aves	Anatidae indet.	2
	Charadriidae indet.	2
	<i>Surnia ulula</i>	3
	Corvidae indet.	4
	<i>Lagopus</i> aff. <i>lagopus</i>	4
	<i>Tetrao tetrix</i>	6
Amphibia	<i>Rana</i> sp.	6

2011) zodpovedá prvý časový rozsah viac-menej obdobiu interštádiálu hengelo a druhý interštádiálu denekamp. Z Bártovej sondy IIIb-c predstavuje získaný údaj zo vzorky mamuta srstnatého absolútny vek 36 900 – 35 000 cal BP, reprezentujúci „prechodný“ údaj medzi vyššie uvedenými skupinami zistených vekov a zodpovedajúci obdobiu štádiálneho charakteru. Bárta (1972) odhaduje vek kamenných nástrojov, ktoré našiel vo vrstvách tmavohnedej hliny v Kostnici (sonda III), na viac ako 50 000 BP. Neruda a Kaminská (2013) datovali vzorky AMS metódou v anglickom Oxforde a nimi zistené vekové rozhranie (> 49 000 – 44 800 uncal BP) korešponduje s vekmi nálezov z vrstvy 7a na lokalite Kúlňa. Z uvedeného vyplýva, že v Prepoštskej jaskyni zistené nekalibrované a kalibrované vekové údaje celkovo spadajú do stredopleniglaciálneho obdobia glaciálu vislan v rámci MIS 3 a zachytávajú vrchnú časť stredného paleolitu s prechodom až do obdobia mladšieho paleolitu.

Pre biostratigrafické účely sa použilo 13 ml druhu *Arvicola amphibius* z Bártových sond II (n = 1), IIIb (n = 4), IIIb₁ (hĺbka 130 – 140 cm; n = 2), IIIc (hĺbka 30 – 40 cm; n = 2) a III (-; n = 4). Zistené indexy vypočítané z hrúbky skloviny a dĺžky zuba (Heinrich, 1990) boli porovnané s údajmi z iných európskych pleistocénnych lokalít (obr. 6.). Index s najväčšou výpovednou hodnotou (súbor vzoriek zo sondy III) hodnotovo zodpovedá indexom z typovej lokality Burgtonna 2 (stredná časť posledného glaciálu).

Tabuľka 3. Počet kostí / fragmentov z Jansákových zberov postihnutých tafonomickými činiteľmi
 Table 3. Number of bones / fragments from Jansák's collection attacked by tafonomic agents

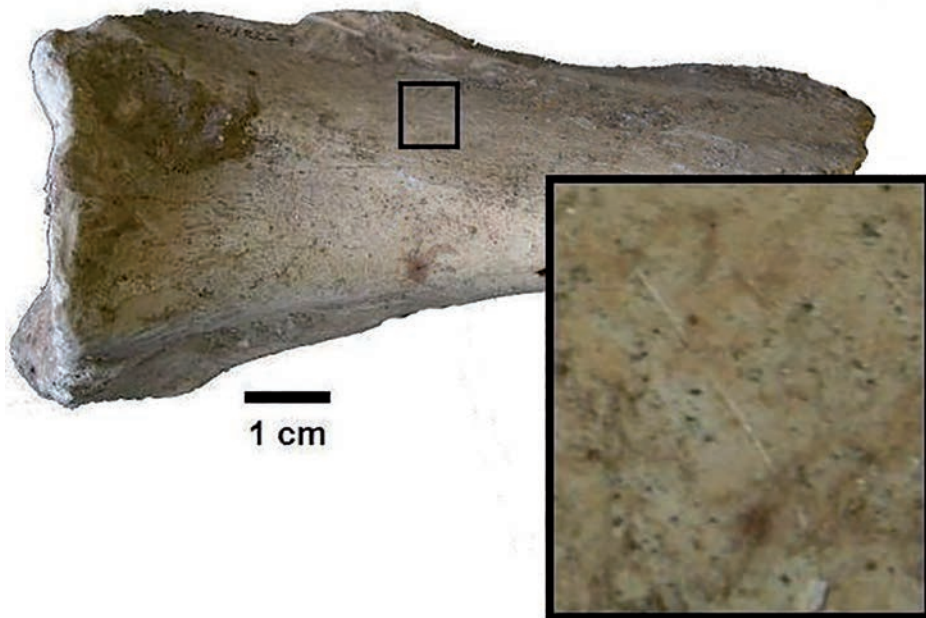
Štvorec	Vrstva	NISP	Farba kostí		Sinter	Mn povla- ky	Človek		Živočíchy		Abrázia
							Tlčenie	Pálenie	Hryzenie	Hlodanie	
I	1	2									
	2	121			7	75		42			
	3	133			3	103		23			
	4	11				11					
II	55 cm	30			2	8		9			
	2	93			8	19	1	10			
	4	5			1	5					
	2	9			1			1			
III	3	52				49					
	4	55				54	2	1			
	2	57			2	50		3	1		
	3?	37			4	29		3			
VI	2	314			161	151		3			2
	3	95			3	1					1
IX	3	89			72	66		4			
	2	144			7	123		16	1		
	3	92			88	85					
	4	113			6	99	2	4			
Farská záhrada		12			5					1	
	?	37			4	10	1	7	1		
Spolu		1501			374	938	7	126	3	1	3

Tabuľka 4. Počet kostí z Bártovych zberov postihnutých tafonomickými činiteľmi (v stĺpci „hĺbka“ predstavuje žltá farba holocéenne vrstvy a oranžová farba pravdepodobné holocéenne vrstvy sedimentu)

Table 4. Number of bones from Jansák's collection attacked by tafonomic agents (in column "depth" a yellow color presents the Holocene layers and an orange color the probable Holocene layers of sediments)

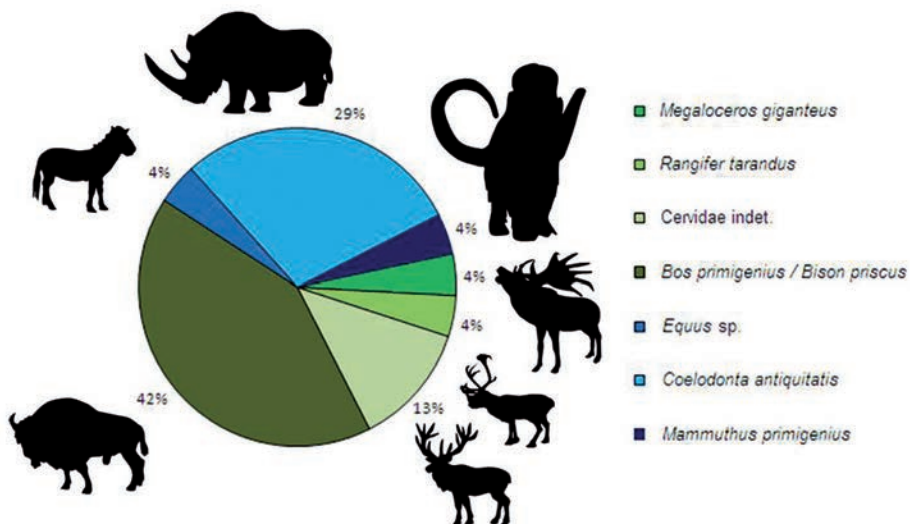
Sonda	Hĺbka (cm)	NISP	Farba kostí			Sinter	Mn povlaky	Človek			Živočchy	
								Tlačenie	Rezanie	Pátenie	Hryzenie	Hlodanie
II	-	253				179	56	1	2	49	7	
	A/30 – 40	25				15						
	A/40 – 50	5				1						
	A/50 – 60	5				4						
	A/60 – 70	4				4						
IIIa	poloha A	45				22	20			1	2	
	0 – 15	23										
	10 – 15	26				1				4		
	15 – 30	27					1					
	30 – 40	5								1		
	vrstva I	240				240	141			15		
	vrstva III	35				20	25			4		
	120 – 130	21				3	3				1	
	130 – 140	20				2						
	140 – 150	16				7	2					
IIIb ₁	180 – 240	52										
	240 – 250	10				1					1	
	240 – 310	7					4				1	
	250 – 260	4										
	270 – 280	26				14	14					

Sonda	Hĺbka (cm)	NISP	Farba kostí				Sinter	Mn povlaky	Človek			Živočíchy		
									Tlačenie	Rezanie	Pálenie	Hryzenie	Hlodanie	
IIIb	110 – 120	5					1							
	113 – 122	78					10							
	122 – 135	92					3			1		1		
	135 – 150	118					2			1		3		
	150 – 170	124					1							
	160 – 170	9					10							
	170 – 185	30					1					1		
	2 m	1042					127		13	724		64	3	
	vrstva 10	3										1		
	predná č.	7					2					1		
	zadná č.	10					1				1	3		
	spodná č.	17					1					2		
	dno	3					1							
	IIIb-c	-	346					42		6	196	23	1	
20 – 60		18					13				7	1		
IIIc	0 – 20	9												
	20 – 30	163												
	30 – 40	135					1							
	40 – 60	204					4							
	60 – 70	11										1		
	80 – 110	26					3							
III	110 – 120	30					1					1		
	120 – 130	32												
	-	6394				1332		16	384	36	3			
Spolu		9755				2069		37	9	1380	156	8		



Obr. 4. Stopy po činnosti človeka – zárez na lopatke jeleňovitého kopytníka (A-IX/826.7) z Bártovej sondy IIIb

Fig. 4. Human activity – a cutmark on the cervid shoulder blade (A-IX/826.7) from Bárta's trench IIIb



Obr. 5. Pomer celkového počtu kostí (NISP) jednotlivých taxónov postihnutých činnosťou človeka (tlčenie a rezanie)

Fig. 5. A ratio among the individual taxa NISP attacked by human activity (percussion marks and cutmarks)

Tabuľka 5. Výsledky rádiokarbového datovania z zürichského laboratória Ion Beam Physics (Švajčiarsko). Na kalibráciu bol použitý softvér Calib Radiocarbon Calibration Program (©1986 – 2014 M. Stuiver a P. J. Reimer) v kombinácii s prácou Stuivera a Reimerovej (1993)

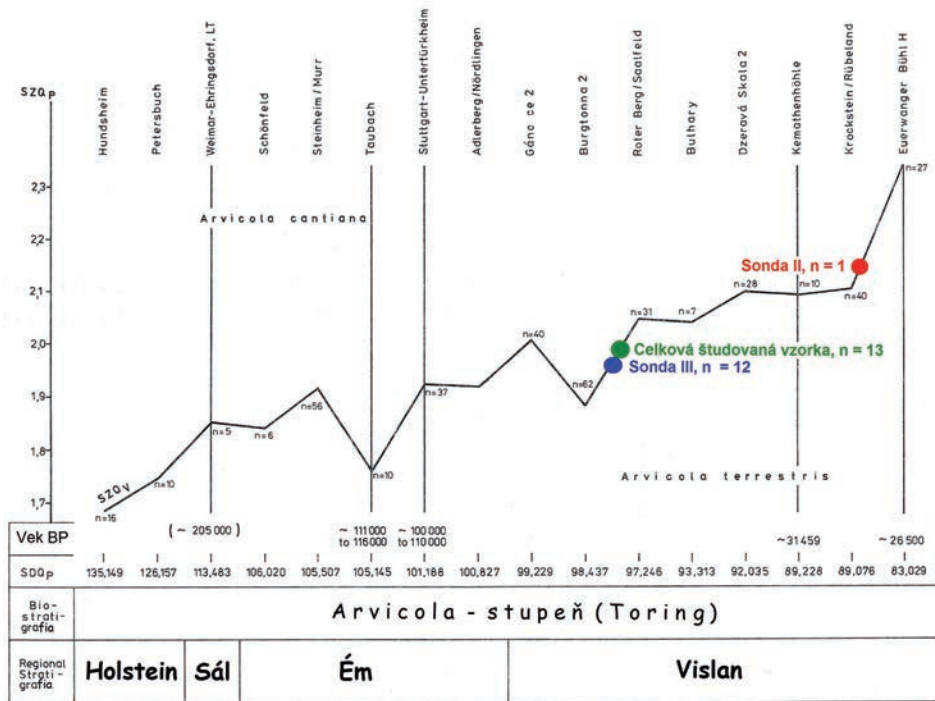
Table 5. Results of radiocarbon dating from Zürich's Ion Beam Physics Laboratory (Switzerland). For calibration was used the Calib Radiocarbon Calibration Program (©1986 – 2014 M. Stuiver & P. J. Reimer) in combination with the work Stuiver & Reimer (1993)

Labor. číslo	Číslo Taxón Vzorka	Sonda (vrstva)	Vek ¹⁴ C	Kalibrovaný vek	
				1σ rozsah (začiatok : koniec)	2σ rozsah (začiatok : koniec)
ETH-51814	A-IX/817.2 <i>Equus sp. mandibula</i>	Sonda IIIb (vstupné 2m)	24677 ± 127 BP	29347 : 29631 cal BP	29220 : 30055 cal BP
ETH-51815	A-IX/817.4 <i>Coelodonta antiquitatis</i> P/M	Sonda IIIb (vstupné 2m)	37749 ± 516 BP	41989 : 42723 cal BP	41631 : 43109 cal BP
ETH-51816	A-IX/820.41 <i>Canis lupus patella</i>	Sonda IIIb (-)	37303 ± 476 BP	41723 : 42415 cal BP	41372 : 42771 cal BP
ETH-51817	A-IX/816.9+A-IX/816.10 <i>C. Crocuta spelaea C dext.</i>	Sonda IIIb (vstupné 2m)	34167 ± 338 BP	38662 : 39536 cal BP	38147 : 38157 cal BP 38406 : 40383 cal BP
ETH-51818	A-IX/815.11 <i>Vulpes sp. metapodium</i>	Sonda IIIb (vstupné 2m)	37250 ± 476 BP	41687 : 42380 cal BP	41335 : 42736 cal BP
ETH-57301	A-IX/827.13 <i>Mammuthus primigenius fr. os planum</i>	Sonda IIIb-c (20–60 cm)	33697 ± 310 BP	35700 : 36650 cal BP (68.2%)	35000 : 36900 cal BP (95.4%)
ETH-57302	A-IX/816.3 <i>Bos primigenius / Bison priscus</i> m2	Sonda IIIb (vstupné 2m)	37617 ± 489 BP	39650 : 40400 cal BP (68.2%)	39200 : 40800 cal BP (95.4%)

miatky najrôznejšieho veku zmiešali do novovekej vrstvy a stratigrafická sekvencia tak nie je jednoznačná. Potvrďuje to aj posledné datovanie Neruda a Kaminskej (2013), keď jedna vzorka uhlíka z Kostnice (hĺbka 50 – 60 cm), ktorá mala jednoznačne zodpovedať strednému paleolitu, bola datovaná do obdobia eneolitu (3071 ± 30 BP). Antrakologické určenie tiež potvrdilo holocénne druhy (Neruda a Kaminská, 2013).

Potravné a ekologické nároky

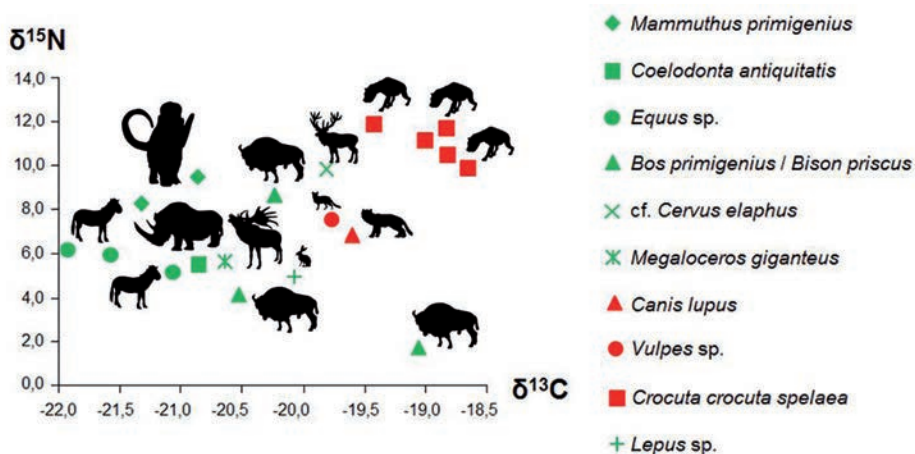
Na základe stanovenia pomeru izotopov $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ a $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$, extrahovaných z kolagénu fosilného materiálu, sa určili potravné a ekologické nároky analyzovaných druhov zvierat (obr. 7 a 8). Podľa zisteného pomeru týchto izotopov sa určilo, v akom prostredí sa analyzovaný jedinec pohyboval. Výsledky vzoriek rastlinožravcov priniesli údaje typické tak pre obyvateľov tzv. mamutej stepi (termín používaný pre chladné stepné až lesostepné prostredie počas posledného glaciálu; Guthrie, 2001), ako aj pre zástupcov pohybujúcich sa v otvorenom lesnom až lesostepnom prostredí počas teplejšieho a vlhkejšieho obdobia (obr. 8).



Obr. 6. Vývojový trend hrúbky skloviny m1 pleistocénnych populácií rodu *Arvicola* v strednej Európe (upravené podľa Heinricha, 1990)

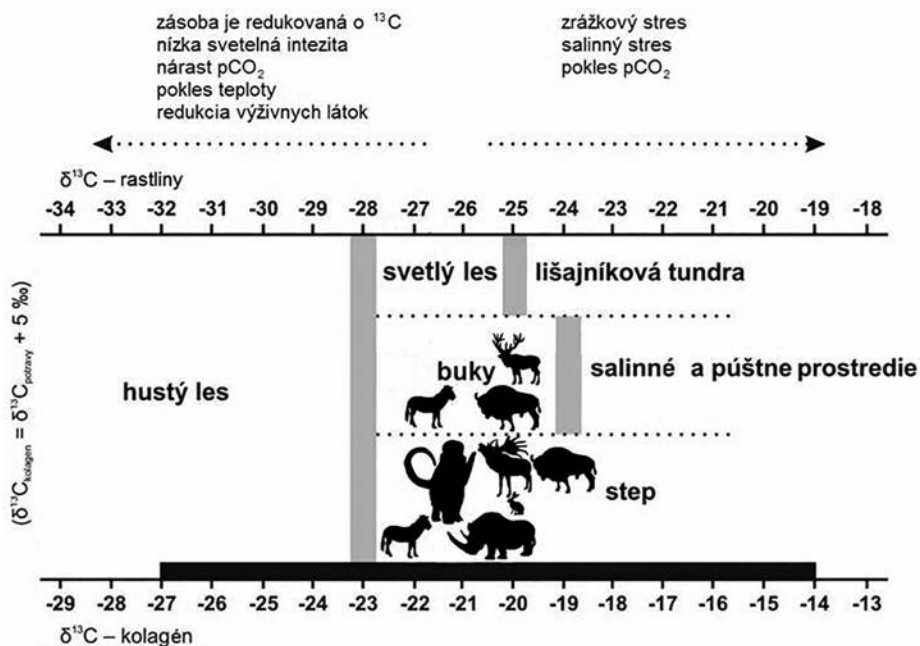
Fig. 6. Evolutionary trend of m1 enamel of the Pleistocene population of genus *Arvicola* in Central Europe (modified after Heinrich, 1990)

Hodnoty získané z nálezov hyen sú typické pre predátora, ktorého korisťou boli najmä soby, pratury, zubry a kone (Bocherens et al., 2011; Bocherens, 2015). Avšak hodnoty $\delta^{15}\text{N}$ získané z nálezov psovitých (líška a vlk) sú pomerne nízke. V prípade líšky tieto hodnoty zodpovedajú konzumácii malej koristi (vtáky, hľadavce), čo je pre ňu typické (Feldhamer et al., 2003). Čo sa týka vlka, nízke hodnoty môžu zodpovedať konzumácii



Obr. 7. Grafické znázornenie výsledkov izotopových analýz z Matematicko-prírodovedeckej fakulty Univerzity Eberharda Karlsa v Tübingene (Nemecko) a z Centra pre aplikované izotopové výskumy Georgijskej univerzity v meste Athens (USA)

Fig. 7. Graphical representation of the isotopic analyzes results from the Faculty of Science of Eberhard Karls University in Tübingen (Germany) and the Center for Applied Isotope Studies of the University of Georgia in Athens (USA)



Obr. 8. Prostredie rastlinožravcov na základe pomeru pomeru izotopov ^{13}C

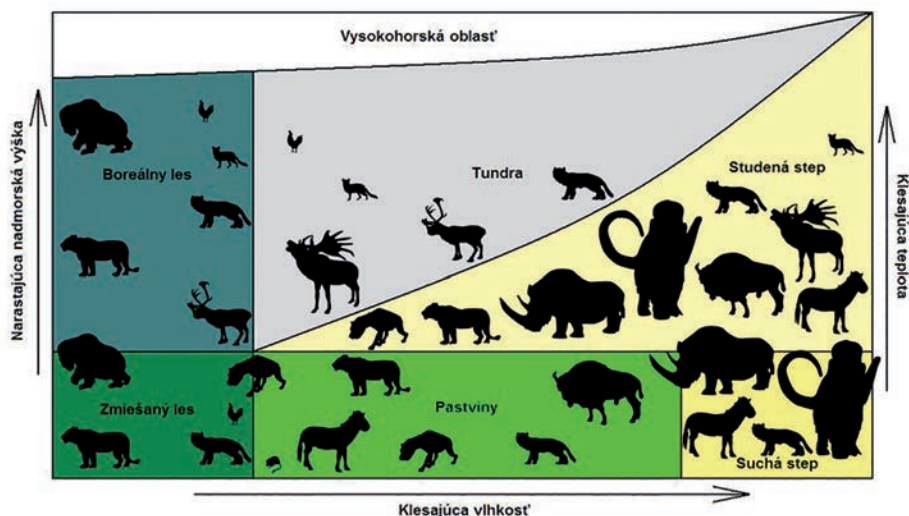
Fig. 8. Environment of herbivores based on the isotope ^{13}C ratio

menšej koristi (hlodavce, zajacovité), hoci hodnoty $\delta^{15}\text{N}$ majú tiež tendenciu klesať s narastajúcou nadmorskou výškou. Nie je preto vylúčené, že analyzované vzorky z Prepoštskej jaskyne pochádzajú z vlka, ktorý žil pôvodne vo vyššej nadmorskej výške (horské oblasti; > 1000 m n. m.), kým hyena z tejto lokality sa pohybovala v nížinnej oblasti.

PRÍRODNÉ PROSTREDIE NEANDERTÁLCOV NA SKÚMANEJ LOKALITE

Pri rekonštrukcii paleoprostredia bojnickej stanice sa analyzovali údaje získané detailným výskumom dosiaľ nespracovaného faunistického fosilneho materiálu, ako aj údaje získané zo starších publikovaných prác, venovaných okrem fauny aj flóre a sedimentárnemu záznamu. Paleoekologické podmienky na lokalite a v jej okolí počas sedimentácie fosiliférnych sedimentov je možné interpretovať v prvom rade na základe environmentálnych a klimatických požiadaviek zistených taxónov pleistocénnej fauny (obr. 9). Výlučne pleistocénne druhy predstavujú taxóny *Cricetus major*, *Panthera spelaea*, *Crocota crocuta spelaea*, *Ursus ex gr. spelaeus*, *Megaloceros giganteus*, *Bison priscus*, *Coelodonta antiquitatis* a *Mammuthus primigenius*, ku ktorým sú priradené aj fosilne zvyšky koňa *Equus* sp. (Čeklovský, 2014). Taxóny *Lagopus lagopus*, *Bubo scandiacus*, *Vulpes cf. lagopus* a *Rangifer tarandus* sa v holocéne na území Slovenska nevyskytovali a nevyskytujú sa tu ani dnes, takže z tohto pohľadu sa v rámci tejto štúdie považujú tiež za pleistocénne. Pri všetkých ostatných taxónoch (okrem datovaných vzoriek, napr. vlk dravý) je z dôvodu nejednoznačnej stratigrafickej pozície otáznе, nakoľko ide o pleistocénny a nakoľko o holocénny materiál. Interpretácia je v tomto prípade založená na stupni zachovania materiálu a zachovanej dokumentácii. Takto sú za výlučne holocénny materiál považované len vzorky taxónov *Capreolus capreolus* a *Capra* sp. / *Ovis* sp.

Veľké množstvo určeného fosilneho materiálu patrí drobnej faune stavovcov. Zaujímavý je nález vtáka druhu *Tachymarptis (Apus) melba* (dážďovník skalný), ktorý predstavuje teplomilný druh (Boev, 1998). Predchádzajúcim výskumom sa zistilo, že pod jaskynným previsom Prepoštskej jaskyne sa pôvodne nachádzalo travertínové jazierko s vodným rastlinstvom (Prošek a Ložek, 1951). Nie je preto vylúčené, že aj nálezy žiab,



Obr. 9. Grafické znázornenie vrchnopleistocénnych biómov a možná distribúcia zisteného faunistického spoločenstva (Čeklovský, 2015)

Fig. 9. Graphical representation of Upper Pleistocene biomes and possible distribution of identified faunal assemblage (Čeklovský, 2015)

Tabuľka 6. Údaje z databázy „Paleoflora“ (Utescher a Mosbrugger, 1990 – 2006) s použitou metódou „Coexistence Approach“ podľa Mosbruggera a Uteschera (1997)

MAT – priemerná ročná teplota; **CMM** – priemerná teplota v najchladnejších mesiacoch; **WMM** – priemerná teplota v najteplejších mesiacoch; **MAP** – priemerné ročné zrážky; **MPWET** – priemerné zrážky v najvlhkejšom období; **MPDRY** – priemerné zrážky v najsuchšom období

Table 6. Data from “Paleoflora“ database (Utescher & Mosbrugger, 1990 – 2006) by using the "Coexistence Approach" by Mosbrugger and Utescher (1997)

MAT – average annual temperature; **CMM** – average temperature in the coldest months; **WMM** – average temperature in the hottest months; **MAP** – average annual precipitation; **MPWET** – average precipitation in the wettest period; **MPDRY** – average precipitation in the driest period

Taxón	MAT (°C)		CMM (°C)		WMM (°C)		MAP (mm)		MPWET (mm)		MPDRY (mm)	
	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
<i>Acer</i> sp.	2,7	24	-15,6	20,6	16,2	28,6	115	2559	19	370	1	135
<i>Corylus avellana</i>	1,3	19	-15,4	8,9	14,2	28,3	389	1151	45	149	3	57
<i>Corylus</i> sp.	-4,9	24	-32,4	16,7	12,9	29,4	389	1682	45	343	3	73
<i>Fagus</i> sp. (<i>F. silvat.</i>)	5,9	20,8	-4,7	13,3	17,3	28,1	740	1384	96	195	26	94
<i>Fagus</i> sp.	2,7	23,1	-11,5	17	17,3	28,5	422	2100	46	448	5	94
<i>Fagus sylvatica</i>	5,9	15,7	-4,7	7,4	17,1	24,8	534	1018	65	164	16	41
<i>Fraxinus</i> sp.	2,7	24	-14,1	16,7	14,9	33,9	148	1682	28	343	2	75
<i>Pinus cembra</i>	-3,9	12,1	-17,3	1,1	12	22,5	378	1560	59	210	14	80
<i>Pinus sylvestris</i>	-9,2	10,8	-36,8	1,1	15,6	20,3	246	1595	62	227	2	54
<i>Populus</i> sp.	-6,7	26	-24,4	13,6	9,8	35,6	160	1613	33	358	0	93
<i>Quercus</i> sp.	0	27	-22,7	25,9	13,7	28,3	201	3905	33	610	5	180
<i>Salix viminalis</i>	5	15,4	-3,8	9,8	15	26,4	558	1632	97	202	15	47
<i>Ulmus laevis</i>	0,3	16,9	-13,8	9,2	16,6	24,7	318	1028	40	170	9	44
Výsledok	5,9 – 10,8 °C		-3,8 – 1,1 °C		17,3 – 20,3 °C		740 – 1018 mm		97 – 149 mm		26 – 41 mm	

korytnačky, hadov a teplomilnejších druhov vtákov sú pleistocénneho veku, pretože aj v období posledného glaciálu mohlo toto jazierko vytvárať v okolí jaskyne priaznivejšie, teplejšie prostredie. Aj biostratigrafická korelácia nálezov m1 druhu *Arvicola amphibius* preukázala ich pleistocénny vek (stredná časť glaciálu vislan). Na Slovensku do tohto časového intervalu spadá väčšina jaskynnej fauny, ktorej vedúcimi fosíliami sú aj taxóny určené pri tomto výskume: *Spermophilus citellus*, *Glis glis*, *Cricetus cricetus*, *Arvicola amphibius*, *Apodemus sylvaticus* a *Apodemus flavicolis*. Aj tieto nálezy mikrofauny doplnené o taxóny určené O. Fejfarom a D. Jánossym v roku 1965 (tabuľka 2) indikujú skôr mierne klimatické podmienky interštadiálov než chladnú klímu štadiálov.

Na determináciu prostredia je dôležitá aj rekonštrukcia rastlinného pokryvu. V Bártovej sonde IIIb₁ (hĺbka 240 – 310 cm) sa našiel odtlačok listu krytosemennej rastliny (A-IX/763.5), ktorý patril možno buku. E. Krippel vo svojich nepublikovaných

správach z roku 1967 uvádza zo sondy IIIc (hĺbka 20 – 30 cm) uhľiky borovice (*Pinus* sp.), duba (*Quercus* sp.), topoľa (*Populus* sp.), buka (*Fagus* sp.), brešta? (*Ulmus* sp.), liesku (*Corylus* sp.), vrbu (*Salix* sp.) a zo sondy IIIc (hĺbka 60 – 70 cm) borovicu?. E. HAJNALOVÁ vo svojich nepublikovaných správach z roku 1984 uvádza zo sondy IIIc javor (*Acer* sp.), zo sondy III (hĺbka 20 – 30 cm) javor, dub, vrbu, jaseň (*Fraxinus* sp.), liesku, topoľ, brešta? a zo sondy III (hĺbka 50 – 60 cm) javor a buk (Neruda a Kaminská, 2013). Uvedené floristické spoločenstvo mohlo koexistovať len za určitých klimatických podmienok. Na zistenie týchto podmienok boli taxóny analyzované prostredníctvom databázy „Paleoflora“ (tabuľka 6). Z analýzy vyplýva, že uvedené spoločenstvo rastlín mohlo koexistovať pri priemernej ročnej teplote v intervale 5,9 – 10,8 °C, kým priemerná teplota v najchladnejších mesiacoch bola v intervale –3,8 – 1,1 °C a priemerná teplota v najteplejších mesiacoch v intervale 17,3 – 20,3 °C. Priemerný ročný úhrn zrážok pre spolužitie tohto spoločenstva spadá do intervalu 740 – 1018 mm, priemerný úhrn zrážok v najvlhkejšom období spadá do intervalu 97 – 149 mm a v najsuchšom období do intervalu 26 – 41 mm. Uvedené hodnoty poukazujú na teplú a vlhkú klímu interštadiálneho až interglaciálneho charakteru.

Prepoštská jaskyňa je travertínovou lokalitou z obdobia posledného glaciálu (vislan). Rádiokarbónové datovanie preukázalo viacero fáz (etáp) osídlenia tejto stanice v časovom rozpätí > 49 000 uncal BP (Neruda a Kaminská, 2013) až 24 677 ± 127 uncal BP (Čeklovský, 2015). Chronostratigraficky spadajú zistené údaje do strednopleniglaciálneho obdobia posledného glaciálu v rámci MIS 3, v ktorom sa vystriedalo niekoľko chladnejších (štadiálnych) a teplejších (interštadiálnych) období, končiac interštadiálom denekamp. Van Andel et al. (2003) rozlišuje v rámci MIS 3 stabilnú teplú fázu (57 000 – 44 000 BP), prechodnú fázu (44 000 – 37 000 BP) a skorú studenú fázu (37 000 – 29 000 BP), pričom v období stabilnej teplej fázy na úrovni 48. rovnobežky v strednej Európe sa priemerná ročná teplota pohybovala v rozmedzí 0 – 5 °C a priemerný ročný úhrn zrážok bol okolo 300 mm. Pri porovnaní týchto údajov s údajmi zistenými na skúmanej lokalite (5,9 – 10,8 °C; 740 – 1018 mm) je zrejme, že prostredie v okolí Prepoštskej jaskyne bolo v čase prítomnosti neandertálcov teplejšie a vlhkejšie, takže malo výrazný lokálny charakter, s veľkou pravdepodobnosťou ovplyvnený termálnym travertínovým zriedlom.

Podľa nánosov fauny mäkkýšov a odtlačkov listov prevažne z rákosia a vrb (Prošek a Ložek, 1951) možno usudzovať, že travertín sa v Prepoštskej jaskyni usadzoval v jazierku približne na začiatku posledného glaciálu (MIS 5d). Po ukončení tejto vodnej sedimentácie sa travertín vysušil a spevnil a jaskyňa bola následne osídlená (> 49 000 uncal BP podľa Nerudu a Kaminskej, 2013). Spolu s kamennými nástrojmi sa v nálezovej vrstve našli aj uhľiky a spálené i nespálené zvieracie kosti (Bárta, 1972). Táborisko bolo založené na sypkom a miestami až pevnom travertíne v období stabilnej teplej fázy, čo potvrdzuje aj rozbor vyššie uvedenej makro- a mikrofauny. Kultúrna vrstva bola následne postihnutá pôdotvorným procesom, avšak tú časť kultúrnej vrstvy, ktorá bola uložená v plytkej priehlbine priamo pod skvapom jaskyne, pokrývala v najvlhkejšom období uvedenej teplej fázy pevná travertínová doska. Ostatné časti kultúrnej vrstvy, uložené vyššie v jaskyni, neboli chránené travertínovou doskou a boli na počiatku skorej studenej fázy, v dobe tvorby sprašovej hlíny, porušené mrazom (Prošek a Ložek, 1951). Š. Janšák vo svojej správe uvádza, že z jaskyne vytekala voda a zalievala svah. Pri Proškovom výskume sa tiež ukázalo, že pred jaskyňou bola travertínová kaskáda, vytvorená prameňom, ktorý kedysi vyvierať z jaskyne (Prošek, 1952). Podľa toho sa dá predpokladať periodické striedanie období, keď jaskyňa fungovala ako vyvieračka (?) alebo bola suchá, využívaná hyenami ako brloh, resp. slúžiaca ako dočasné sídlisko neandertálcov.

Na základe tafonomického vyhodnotenia sa zistilo, že neandertálci lovíli jelene obrovské, soby, pratury, zubry, kone, nosorožce a možno aj mamuty (?), ktoré sa chodili napájať k rieke Nitre a Handlovke alebo priamo k neďalekému travertínovému jazierku. Neandertálci dovliekli koristiť na lokalitu, vyrezávali z nej časti mäsa, ktoré si aj tepelne upravovali. Po odchode človeka kosti ešte obhrýzali hlodavce a predátory, ktoré takisto mohli loviť niektoré z uvedených rastlinožravcov alebo mohli do jaskyne zavliecť zdochliny, resp. ich časti z okolia. Výsledky analýzy zameranej na vek a obdobie úhynu (sezonalita) skúmaných jedincov preukázali, že tri hyeny (vo veku 3,5; 5,5 a 11 rokov) a jeden kôň (vo veku 3,5 roka) uhynuli na konci zimného obdobia (apríl – máj). Druhý analyzovaný jedinec koňa (vo veku 5 rokov) uhynul na konci vegetačného obdobia (október – november), teda v čase, keď sú zvieratá dobre vypasené a s najväčšou pravdepodobnosťou lovené človekom.

Predbežné výsledky paleontologického výskumu poukazujú na dominantné postavenie hyen medzi mäsožravcami z hľadiska počtu jedincov (MNIc = 9), ako aj z hľadiska počtu nimi ohryzených kostí. Hyeny pravdepodobne vytlačili do vyšších nadmorských výšok konkurentov z čeľade psovité (*Canis lupus*). Prítomnosť vlčích fosílií na nálezisku môže byť svedectvom ich transportu na lokalitu lovcami alebo predátormi. Najväčším konkurentom hyen bol však okrem človeka pravdepodobne lev jaskynný. Toto tvrdenie vychádza z izotopovej analýzy fosílnych zvyškov veľkých mäsožravcov z 25 vrchnopleistocénnych európskych lokalít (Bocherens et al., 2011). Predpokladá sa, že levy jaskynné vďaka svojej veľkosti mohli loviť veľké rastlinožravce, ako sú bizóny, kone, nosorožce a mladé mamuty (Stuart a Lister, 2011). Vlky a líšky mohli byť takto vytlačené väčšími predátormi (hyenovitými, mačkovitými) do vyšších nadmorských výšok, živiak sa tak menšou korisťou (vtáky, zajace), resp. boli všežravé. Predátory (najmä hyeny) sa živili aj zdochlinami, keďže stopy po hryzení sa našli aj na kostiach iných mäsožravcov (hyena, vlk, medveď, kuna, jazvec).

Horné Ponitrie je veľká kotlina otvorená v juhozápadnom smere a pozostáva z menších kotlín. Takmer zo všetkých strán je obklopená pohoriami, ktoré ju chránili od studených vetrov, a preto mala priaznivé klimatické podmienky na osídlenie. Nad Hornonitrianskou kotlinou sa dvíha vulkanické pohorie Vtáčnik. Na sever od Vtáčnika je pohorie Žiar, ktoré oddeľuje hornú Nitru od Turca. Prevažná časť územia bola zalesnená a na osídlenie boli vhodné úzke údolia riek Handlovky, Nitrice a najmä Nitry (Remiášová, 1984). Práve Prepoštská jaskyňa bola výhodným miestom na založenie krátkodobého tábora, pretože je z nej dobrý výhľad na celú dolinu hornej Nitry a zároveň bola miestom chrániacim pred nepriaznivým počasím. Neandertálci okrem jaskýň a jaskynných previsov obývali aj iné vhodné terény, kde si stavali jednoduché prístreškové konštrukcie. Vznikali „open-site“ (otvorené) sídliská, ktoré slúžili na krátkodobý pobyt loveckého charakteru. Tak to bolo pravdepodobne na „open-site“ sídlisku v Prievidzi na Mariánskom vršku (Bárta, 1980). Z Mariánskeho vrška dovidieť dobre i na travertínovú kopu nad Prepoštskou jaskyňou v Bojniciach a nemožno vylúčiť ani súvis s touto lokalitou v tom zmysle, že mohlo ísť o zhodnú skupinu neandertálcov loviacich v širšom areáli hornej Nitry, pričom ich centrom mohlo byť sezónne sídlo v Prepoštskej jaskyni. Takýmto miestom krátkodobého pobytu mohla byť i poloha v Bojniciach II, na čo poukazuje okrem nálezov podobného charakteru a ich zaradenia do mladého moustérienu i otvorený terén (Bárta, 1980).

DISKUSIA

Zistené taxóny rastlín a zvierat na jednotlivých archeologických lokalitách odrážajú rôzne teplotné, vlhkostné a iné prírodné podmienky, v akých tu človek žil. Zmeny týkajúce sa prírodného prostredia mali okrem výskytu a diverzity fauny podstatný vplyv aj na vývoj človeka a jeho kultúr, na druhej strane limitovali postup osídľovania európskych priestorov. V rámci týchto posunov došlo aj k osídleniu Slovenska, preto nálezy z vrchného pleistocénu na Slovensku nemôžeme hodnotiť izolovane, ale v širšom európskom kontexte. Slovensko sa postupne usiluje dobehnúť počet i stav poznania najmä susednej Moravy, ktorá svojím zemepisným charakterom bola výhodnejším severojužným (takisto aj v opačnom smere) komunikačným priechodom v strednej Európe. Slovenské lokality zohrávajú veľmi špecifickú rolu, ale sú okrem výnimiek nedostatočne publikované. Špecifikom slovenského stredného paleolitu je väzba ľudských aktivít na vývery minerálnych prameňov, okolo ktorých sa tvorili karbonátové sedimenty – travertíny, ktoré sú považované za istý fenomén kvartéru aj v iných častiach Európy (Nemecko, Maďarsko, Taliansko) a v Malej Ázii. Hlavným rysom Slovenska je značná členitosť reliéfu, ktorá ovplyvňuje a vždy ovplyvňovala klímu a prírodné prostredie. Podhorské terény so zmiešanými ekosystémami bývajú plošne značne obmedzené a sledujú hlavne vodné toky. Rozdiel v nadmorských výškach je markantný v oblasti hornej Nitry, kde vo vzdialenosti do 5 km nastáva zmena nadmorskej výšky z 300 na 1000 metrov. Celé územie Slovenska možno rozdeliť na dve základné jednotky – rozsiahle nížiny na juhozápade, juhu a juhovýchode krajiny a hornatý terén, ktorý sa tiahne severnou a strednou časťou Slovenska od západu na východ a tvorí tak prirodzenú bariéru voči Poľsku a čiastočne aj voči Morave (Neruda a Kaminská, 2013).

Územie dnešného Slovenska sa v období posledného glaciálu nachádzalo medzi dvoma zaľadnenými oblasťami, a to medzi Alpami a kontinentálnym zaľadnením severnej Európy. Kontinentálny ľadovec v severnej časti Európy neexistoval po celú dobu posledného glaciálu. Ľadovec dosiahol prvýkrát severný okraj Baltského mora počas MIS 4 a druhýkrát až počas LGM (MIS 2), keď sa dostal až do strednej časti Nemecka a Poľska (Svendsen et al., 2004). Klíma celej rozsiahlej Európy bola takto vždy ovplyvňovaná dvoma veľkými gradientmi: gradient sever – juh a gradient západ – východ. Severojužný gradient je pritom prerušený horskou bariérou západovýchodného smeru, ktorá klimaticky oddeľuje celú strednú Európu. Narastajúca kontinentálna klíma počas posledného glaciálu postupne menila mierne, vlhké zimy a chladnejšie letá na mrazivé zimy a suché letá. Navyše východná časť strednej Európy (kam patrí aj Slovensko) nebola ochladzovaná prílivom studeného vzduchu zo severného Atlantiku (Barron et al., 2003) a vďaka zvlášť rozmanitému reliéfu vznikli nápadné regionálne kontrasty s rozdielnym množstvom zrážok. Podstatný vplyv na faunu, flóru a človeka v jednotlivých oblastiach tak nemala makroklima, ale lokálny klimatický model (Musil, 2014). Tieto skutočnosti sa museli výrazne odraziť aj na klíme v oblasti hornej Nitry.

V periglaciálnych oblastiach (oblasť nachádzajúca sa v predpolí kontinentálneho ľadovca) strednej Európy prevládala v období štádií tundra s machmi, lišajníkmi a trávami. Stromy rástli riedko a prežili len odolné druhy – breza trpasličia (*Betula nana*) a vŕba sieťkovaná (*Salix reticulata*). Južnejšie boli studené stepi a pásmo tajgy s borovicou (*Pinus* sp.), brezou (*Betula* sp.), smrekom (*Picea* sp.) a smrekovcom opadavým (*Larix decidua*). Pri rekonštrukcii jednotlivých biómov je dôležité si uvedomiť, že teploty v období štádií boli síce nízke a podobné dnešnej Arktíde, avšak intenzita insolácie bola značne vyššia a atmosféra mala menšiu koncentráciu oxidu uhličitého.



Obr. 10. Biómy v Európe počas Dansgaard-Oeschgerovho teplého eventu (hengelo) ca 41 000 – 38 000 BP (upravené podľa Huntleyho a Allena, 2003)

Fig. 10. Bioms in Europe during the Dansgaard-Oeschger warm event (Hengelo) ca. 41 ka – 38 ka BP (modified after Huntley & Allen, 2003)

Nedá sa teda predpokladať, že glaciálne podmienky v strednej Európe boli podobné dnešnej Sibíri (Musil, 2014). Horniny sa stálym rozmrazovaním a zamŕzaním stále drobili, zosúvali sa do dolín, odkiaľ ich odnášali prívaly vody, ktorá vo vlhkých obdobiach nemohla vsiaknuť do zamrzutej zeme. Vo výústeniach dolín sa voda roztekala do šírky, strácala prenosnú silu a ukladala unášaný materiál do náplavových kužeľov. Toky riek Nítry a Handlovky boli relatívne vodnaté a vo vlhkých obdobiach unášali v údoliach hrubé náplavy štrkov, pieskov alebo hliny, ktoré svojou mohutnosťou poukazujú na podmienky, v ktorých mohli jedine vzniknúť – odlesnená krajina, nepriepustné zamrznuté vrstvy zeme a výdatné zrážky (Ložek, 1962). Štádiály mali aj suché obdobia, keď vznikali podmienky na veterný odnos prachového materiálu zo zvetraného povrchu zeme nespoveného rastlinstvom. Vietor prenášal prach a ukladal ho na záveterných miestach. Tak vznikali aj na hornom Ponitří vrstvy spraší, z ktorých sú dnes sprašové hliny (Brtek, 1982), vyskytujúce sa aj v samom okolí Prievidze a severne od nej (Maglay et al., 2011).

V teplejších interštádiáloch prevládala na území dnešného Slovenska, Moravy, Poľska, Maďarska a Ukrajiny parková krajina, ktorá nezodpovedá ani dnešnej tundre, ale ani lesu alebo stepi (obr. 10). Krajina bola vtedy veľmi rozmanitá a mozaikovitá. Súvislejšie lesné porasty boli väčšinou obmedzené na údolia väčších a stredne veľkých vodných tokov. Všetky doterajšie štúdie (napr. Huntley a Allen, 2003; Musil, 2005) do-

kumentujú prítomnosť ihličnanov a ojedinele aj teplomilných listnatých stromov, ako sú dub (*Quercus* sp.), brest (*Ulmus* sp.), hrab (*Carpinus* sp.), jelša (*Alnus* sp.) a lieska (*Corylus* sp.). Trávnatá step mala pomerne veľké zastúpenie kvitnúcich bylín (Kaminská, 2005). Biómy posledného glaciálu boli svojím spôsobom jedinečné a dnes sa nikde nevyskytujú. Druhová diverzita fauny bola v období posledného glaciálu prekvapivo vysoká a je spojená s veľkou heterogenitou rastlinného pokryvu.

V Európe je obdobie posledného glaciálu doménou kultúr moustérienu a micoquienu, ktorých tvorcami boli neandertálcami. Listnaté lesy interglaciálu nahradili ihličnaté a brezové porasty, v nižších polohách sa rozprestierali trávnaté stepi a neandertálcami museli prispôbiť zmeneným podmienkam. Lov zvierat patril k hlavným zdrojom obživy neandertálcov a v micoquienskej kultúre už predstavoval organizovanú záležitosť. Súviselo to so zdokonalením kamenných nástrojov a zbraní – úštep je jemnejšie tvarovaný kosteným retušerom, hrot je uchycovaný v asfalte či živici a popri parohovej a kostenej industrii sa objavujú aj drevené nástroje. Zároveň dochádza k špecializácii lovu (Kaminská, 2005). Zvýšila sa kvalita bývania, práca s ohňom a celkový rozumový vývoj človeka. Táboriská neboli vyberané náhodne, ale s istým zámerom, vychádzajúcim zo znalosti terénu a priestoru, v ktorom sa skupiny lovcov a zberačov pohybovali. Najčastejšie vyhľadávali miesta pri minerálnych prameňoch, kde sa chodili zvieratá napájať, ako aj rozličné strategické polohy, odkiaľ mohli lovcovia sledovať pohyb stádovitej zveri. Pomerne početné doklady osídlenia neandertálcami umožnili rozdeliť náleziská na lovecké táboriská, miesta nálezov kamennej suroviny a jej prvotného opracovania, ale aj na základné tábory, ktoré mali dlhšie trvanie. Na územiach, kde na to boli podmienky, neandertálcami často vyhľadávali jaskyne. Pred chladom a pred dravými zvieratami sa chránili stavbou jednoduchých konštrukcií alebo prístreškov. Tie sa najčastejšie objavili na miestach, kde sa zdržali dlhší čas (Kaminská, 2005).

V prostredí horného Ponitria hojnosť zveriny potvrdzujú okrem zvyškov ulovených zvierat z Prepoštskej jaskyne aj ďalšie nálezy z okolia. AÚ SAV v Nitre pod vedením Z. Pivovarovskej robil zisťovací výskum na stavbe amfiteátra v Bojnických kúpeľoch. Urobili sa dve sondy a v jednej z nich (sonda A) v hĺbke 180 cm našli sánku s dentíciou mamuta (*Mammuthus primigenius*; Schmidt, 1960). Okrem toho sa pri ťažbe v andezitovom lome našla v nadložnej kvartérnej ílovitej vrstve nad dolomitom stehnová (?) kosť nosorožca (Remiášová, 1968). Nálezy dopĺňala aj vzorka mamutieho kla (*Mammuthus primigenius*) z Lehoty pod Vtáčnikom (Remiášová, 1978).

ZÁVER

Výsledky rádiokarbónového datovania (AMS ^{14}C) umiestnili predmetné osídlenie Prepoštskej jaskyne do obdobia v časovom rozmedzí > 49 000 až 24 677 uncal BP a spadajú do strednopleniglaciálneho obdobia posledného glaciálu v rámci MIS 3, v ktorom sa vystriedalo niekoľko chladnejších a teplejších klimatických oscilácií. V čase osídlenia jaskyne neandertálcami malo prostredie v okolí lokality lokálny charakter. Na základe izotopovej analýzy $\delta^{13}\text{C}$ a $\delta^{15}\text{N}$ reprezentujú analyzované taxóny spoločenstvo interštádiálneho charakteru, ktoré žilo v teplejšom a vlhkejšom období v lesostepnom prostredí s prítomnosťou vodného zdroja (travertínové jazierko, resp. travertínový prameň, napájadlo). Toto tvrdenie potvrdzuje aj analýza fauny, flóry a sedimentárneho záznamu, získaná zo starších publikovaných prác. Osídlenia jaskyne človekom boli krátkodobé (prechodné) a v období neprítomnosti človeka jaskyňa slúžila pravdepodobne ako hyeny brloh. Podobný stav je možné sledovať aj na iných stredopaleolitických lokalitách na Slovensku či v Európe.

Tento výskum bol realizovaný aj vďaka finančnej podpore Ministerstva školstva Slovenskej republiky (grant VEGA 1/0396/12 *Paleoprostredie neandertálcov na území Slovenska v kontexte klimatických zmien počas vrchného pleistocénu*) a Univerzity Komenského v Bratislave (grant UK/9/2013).

LITERATÚRA

- BARRON, E. – VAN ANDEL, T. – POLLARD, D. 2003. Glacial environments II: Reconstructing the Climate of Europe in the Last Glaciation. In VAN ANDEL, T. H. – DAVIES, W. (Eds.): Neanderthals and modern humans in the European landscape during the last glaciation: Archaeological Results of the Stage 3 Project. McDonald Institute Monographs, Cambridge, 57–78.
- BÁRTA, J. 1965. Bojnice vo svetle paleolitického osídlenia. *Horná Nitra – vlastivedný zborník*, II, Stredoslovenské vydavateľstvo, Banská Bystrica, 9–18.
- BÁRTA, J. 1972. Pravek Bojníc: od staršej doby kamennej po dobu slovanskú. Vydavateľstvo Obzor, Bratislava, 38 s.
- BÁRTA, J. 1980. Stredopaleolitické nálezy na Mariánskom vršku v Prievidzi. *Horná Nitra – vlastivedný zborník*, IX, Vydavateľstvo Osveta, Martin, 31–51.
- BELLA, P. – HLAVÁČOVÁ, I. – HOLUBEK, P. 2007. Zoznam jaskýň Slovenskej republiky (stav k 30. 6. 2007). Slovenské múzeum ochrany prírody a jaskyniarstva, Liptovský Mikuláš, 364 s.
- BINFORD, L. R. 1981. Bones: Ancient Men and Modern Myths. Academic Press, New York, 312 s.
- BOEV, Z. 1998. A range fluctuation of Alpine swift (*Apus melba* (L., 1758)) (Apodidae – Aves) in Northern Balkan Peninsula in the Riss-Wurm interglacial. *Biogeographia, Nuova Serie*, Siena, 19, 213–218.
- BOCHERENS, H. 2015. Isotopic tracking of large carnivore palaeoecology in the mammoth steppe. *Quaternary Science Reviews*, 117, 42–71.
- BOCHERENS, H. – DRUCKER, D. G. – BONJEAN, D. – BRIDAULT, A. – CONARD, N. J. – CUPILLARD, C. – GERMONPRÉ, M. – HÖNEISEN, M. – MÜNZEL, S. C. – NAPIERALA, H. – PATOU-MATHIS, M. – STEPHAN, E. – UERPMANN, H.-P. – ZIEGLER, R. 2011. Isotopic evidence for dietary ecology of cave lion (*Panthera spelaea*) in North-Western Europe: Prey choice, competition and implications for extinction. *Quaternary International*, 245, 249–261.
- BRTEK, J. 1982. Vývoj, súčasný stav a ochrana fauny horného Ponitria. *Horná Nitra – vlastivedný zborník*, X, Vydavateľstvo Osveta, Martin, 83–111.
- ČEKLOVSKÝ, T. 2014. Nálezy pleistocénnych koní z neandertálskej lokality Bojnice I – Prepoštská jaskyňa. *Acta Geologica Slovaca*, 6 (2), 179–189.
- ČEKLOVSKÝ, T. 2015. Paleoprostredie na území Bojníc v čase prítomnosti neandertálcov – Modelový príklad na lokalite Prepoštská jaskyňa. *Manuskript*, archív katedry geológie a paleontológie, Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského, Bratislava, 164 s.
- FELDHAMER, G. A. – THOMPSON, B. C. – CHAPMAN, J. A. 2003. Wild Mammals of North America: Biology, Management and Conservation. JHU Press, 1 232 s.
- GUTHRIE, R. D. 2001. Origin and causes of the mammoth steppe: a story of a cloud cover, woolly mammal tooth pits, buckles and inside-out Berginia. *Quaternary Science Reviews*, 20, 549–574.
- HEINRICH, W. D. 1990. Some aspects of evolution and biostratigraphy of *Arvicola* (Mammalia, Rodentia) in the centra european Pleistocene. In FEJFAR, O. – HEINRICH, W. D. (Eds.): International Symposium Evolution, Phylogeny and Biostratigraphy of Arvicolids (Rodentia, Mammalia), Rohanov (Czechoslovakia). Geological Survey, Praha, 165–182.
- HUNTLEY, B. – ALLEN, J. R. M. 2003. Glacial Environments III: Palaeo-vegetation Patterns in the Last Glacial Europe. In VAN ANDEL, T. H. – DAVIES, W. (Eds.): Neanderthals and modern humans in the European landscape during the last glaciation: Archaeological Results of the Stage 3 Project. McDonald Institute Monographs, Cambridge, 79–102.
- KAMINSKÁ, L. 2005. Hôrka-Ondrej: Osídlenie spišských travertínov v staršej dobe kamennej. Archeologický ústav SAV, Košice, 145 s.

- LOŽEK, V. 1962. Aké prírodné pomery prekonala príroda hornej Nitry v najmladšej geologickej minulosti. *Horná Nitra – vlastivedný zborník*, I, Stredoslovenské vydavateľstvo, Banská Bystrica, 203–228.
- LYMAN, R. L. 1994. Vertebrate Taphonomy. *Cambridge University Press*, Cambridge, 524 s.
- MAGLAY, J. – MORAVCOVÁ, M. – ŠEFČÍK, P. – VLAČIKY, M. – PRISTÁŠ, J. 2011. Prehľadná geologická mapa kvartéru Slovenskej republiky 1 : 200 000. Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava.
- MEDVECKÝ, K. A. 1927. Paleolitická jaskyňa v Bojniciach. *Sborník Muzeálnej slovenskej spoločnosti*, XXI, Martin, 109–111.
- MOSBRUGGER, V. – UTESCHER, T. 1997. The coexistence approach – a method for quantitative reconstructions of Tertiary terrestrial palaeoclimate data using plant fossils. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 134, 61–86.
- MUSIL, R. 2005. Klima v posledním glaciálu (The climate of the Last Glacial). *Acta Musei Moraviae, Sci. geol.*, 90, Brno, 223–246.
- MUSIL, R. 2014. Morava v době ledové: Prostředí posledního glaciálu a metody jeho poznávání. Masarykova univerzita, Brno, 228 s.
- NERUDA, P. – KAMINSKÁ, L. 2013. Neanderthals at Bojnice in the context of Central Europe. *Anthropos*, 36, /N.S.28/, Brno, 249 s.
- PROŠEK, F. 1952. Výskum Prepoštské jeskyně v Bojnicih r. 1950. *Archeologické rozhledy*, IV, SAÚ, Praha, 3–9.
- PROŠEK, F. – LOŽEK, V. 1951. Zpráva výzkumu kvartéru paleolitického sídliště v Bojnicih. *Věstník ÚÚG*, 26, Praha, 104–107.
- REMIÁŠOVÁ, M. 1968. Archeologické nálezy na hornej Nitre. *Horná Nitra – vlastivedný zborník*, IV., Stredoslovenské vydavateľstvo, Banská Bystrica, 295–301.
- REMIÁŠOVÁ, M. 1978. Nález mamutieho kla v Lehote pod Vtáčnikom. *Archeologické výskumy a nálezy na Slovensku v roku 1977*, Nitra, s. 204.
- REMIÁŠOVÁ, M. 1984. Najstaršie osídlenie horného Ponitria. *Horná Nitra – vlastivedný zborník*, XI, Vydavateľstvo Osveta, Martin, 9–50.
- SCHMIDT, Z. 1960. Nález spodnej čeľuste mamuta v Bojnických kúpeľoch. *Sborník SNM – časť prírodovedná*, VI, Bratislava, 3–10.
- STUART, A. J. – LISTER, A. M. 2011. Extinction chronology of the cave lion *Panthera spelaea*. *Quat. Sci. Rev.*, 30, 2329–2340.
- STUIVER, M. – REIMER, P. J. 1993. Extended ¹⁴C Data Base and Revised Calib 3.0 ¹⁴C Age Calibration Program. *Radiocarbon*, 35 (1), 215–230.
- SVENDSEN, J. I. – ALEXANDERSON, H. A. – STAKHOV, V. I. – DEMIDOV, I. – DOWDESWEL, J. A. – FUNDER, S. – GATAULLIN, V. – HENRIKSEN, M. – HJORT, C. – HOUMARK-NIELSEN, M. – HUBBERTEN, H. W. – INGÖLFSSON, Ó. – JACOBSSON, M. – KJAER, K. H. – LARSEN, E. – LOKRANTZ, H. – LUNKKA, J. P. – LYSÄ, A. – MANGERUD, J. – MATIUCHOV, A. – MURRAY, A. – MÖLLER, P. – NIESSEN, F. – NIKOLSKAYA, O. – POLYAK, L. – SAARNISTO, M. – SIEGERT, C. – SIEGERT, M. J. 2004. Late Quaternary ice sheet history of northern Eurasia. *Quaternary Science Reviews*, 23 (11–13), 1229–1271.
- VAN ANDEL, T. – DAVIES, W. – WEININGER, B. 2003. The Human Presence in Europe during the Last Glacial. Period I: Human Migrations and the Changing Climate. In VAN ANDEL, T. H. – DAVIES, W. (Eds.): Neanderthals and modern humans in the European landscape during the last glaciation: Archaeological Results of the Stage 3 Project. McDonald Institute Monographs, Cambridge, 31–56.

INÉ ZDROJE

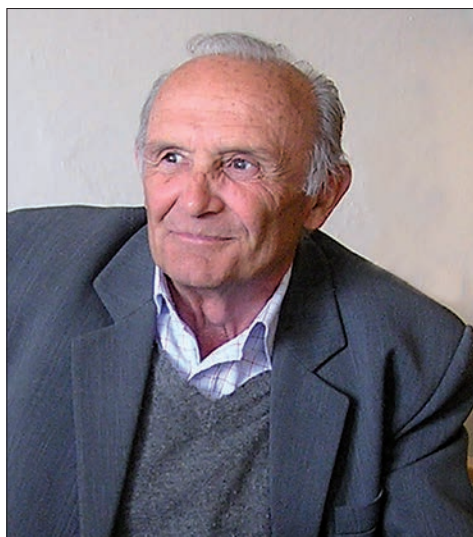
- INQUA, 2011. Regional chronostratigraphical correlation table:
http://www.stratigraphy.org/upload/Quaternary_last270ka.pdf
- UTESCHER, T. – MOSBRUGGER, V. 1990–2006. The Palaeoflora Database:
<http://www.palaeoflora.de>



SLOVENSKÝ KRAS ACTA CARSOLOGICA SLOVACA	54/2	193 – 129	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2016
--	------	-----------	------------------------

SPOLOČENSKÁ KRONIKA – *SOCIAL CHRONICLE*

K OSEMDESIATKE doc. RNDr. JOZEFA JAKÁLA, DrSc.



Mnohé významné a vedecky činné osoby sú obdarené dlhým životom. Asi preto, aby mohli čo najdlhšie a najhlbšie objasňovať tajomstvá prírody tak, aby ľudstvo malo z prírody čo najväčší osov a zároveň sa zachovala jej funkčnosť a osobité zákonitosti. Jedny z najväčších tajomstiev prírody s najzložitejšími zákonitosťami sa vyskytujú v krase, ktorý na Slovensku zaberá rozsiahle územie a ktorého skúmaniu náš jubilant venoval celý svoj život. Dosiahol pritom také výsledky, že ho právom posunuli na špičku krasových odborníkov nielen u nás na Slovensku. Chápanie krasu položil na nové, moderné environmentálne základy v oveľa širších dimenziách, než boli známe dovtedy. Mladšej generácii bol a naďalej je vzorom, od ktorého sa bolo stále čo naučiť. Od neho sme si navždy zapamätali, že kras predstavuje zložitý geosystém so špecifickými prvkami, ktoré sú navzájom prepojené pevnými väzbami a ich narušenie ohrozuje jeho stabilitu. Geoekologické chápanie krasovej krajiny výrazne pomohlo následnej aplikácii teoretických poznatkov v praxi a racionálnemu využívaniu i ochrane krasových javov. Komplexný pohľad jubilanta na problematiku krasovej krajiny, ako aj jeho metodologické prístupy geomorfologického výskumu planinového krasu či morfoštruktúrnej typológie krasu neustále u nás pozitívne ovplyvňujú výskum krasových území a speleologický prieskum jaskýň.

Jozef Jakál, rodák z obce Bystričany na hornej Nitre (28. novembra 1936), sa pomerne skoro zapájal do aktivít slovenského jaskyniarstva. Využívajúc svoje znalosti o krase a jaskyniach spracoval v rokoch 1968 – 1969 odborný scenár expozície Múzea slovenského krasu v Liptovskom Mikuláši a ešte v roku 1968 ho zvolili za predsedu organizačného

výboru pre obnovenie činnosti Slovenskej speleologickej spoločnosti. V rokoch 1970 až 1989 zastával funkciu jej podpredsedu. V roku 1970 sa stal prvým riaditeľom novovytvorenej Správy slovenských jaskýň v Liptovskom Mikuláši, na čele ktorej stál do roku 1973. Uvedomujúc si, že sprístupňovanie, prevádzka a ochrana sprístupnených jaskýň musia vychádzať z vedeckých poznatkov, v Múzeu slovenského krasu (vtedy tvorilo organizačnú zložku Správy slovenských jaskýň) začal budovať výskumné oddelenie. Ako riaditeľ Správy slovenských jaskýň prispel aj k počiatočnému rozvoju speleoterapie v našich jaskyniach. V roku 1970 bol hlavným organizátorom úspešnej medzinárodnej vedeckej konferencie konanej pri príležitosti 100. výročia objavenia Dobšinskej ľadovej jaskyne a o tri roky neskôr mal značný podiel na organizovaní 6. medzinárodného speleologického kongresu v Olomouci. Zastával funkciu tajomníka kongresu a zabezpečoval prípravu štyroch exkurzných trás po krasových územiach a jaskyniach na Slovensku. Na valnom zhromaždení Medzinárodnej speleologickej únie (UIS) založili odbornú komisiu pre typológiu krasu, ktorej tajomníkom sa stal J. Jakál. Za angažovanosť a iniciatívu pri úspešnej realizácii speleologického kongresu mu udelili striebornú medailu Univerzity Palackého v Olomouci. Od roku 1970 sa stal editorom zborníka *Slovenský kras*, zaviedol v ňom novú štruktúru s dôrazom na uverejňovanie originálnych vedeckých štúdií a zabezpečil jeho pravidelné ročné vydávanie. Redigoval ho až 26 rokov a v súčasnosti je najdlhšie pôsobiacim členom redakčnej rady. V roku 1984 zostavil knižnú publikáciu *Praktická speleológia*, ktorá je dodnes základnou pomôckou slovenských speleológov.

Keďže o životnej dráhe doc. Jakála sa už na stránkach nášho časopisu písalo podrobnejšie, na tomto mieste uvedieme len najvýznamnejšie momenty jeho mimoriadne plodnej vedeckej činnosti. Na Geografickom ústave Slovenskej akadémie vied, kde sa doteraz často zastaví, postupne zastával funkciu samostatného vedeckého pracovníka, vedúceho vedeckého pracovníka, vedeckého tajomníka ústavu, vedúceho oddelenia geomorfológie a kvartéru i zástupcu riaditeľa. Hneď po obhajobe dizertačnej práce vydal v roku 1975 knihu *Kras Silickej planiny*, ktorá sa stala základnou literatúrou tohto významného krasového územia na Slovensku. Po obhajobe práce *Krasový reliéf a environmentálne problémy krasu Slovenska* v roku 1993 mu bola udelená hodnosť doktora vied (DrSc.). Pôsobil ako vedecký tajomník Slovenskej geografickej spoločnosti pri SAV, ktorej je aj čestným členom. Bol predsedom komisie pre ochranu reliéfu Slovenského zväzu ochrancov prírody a krajiny, voleným predsedom Vedeckého kolégia pre vedy o Zemi a vesmíre pri SAV, ako aj predsedom prípravného výboru na založenie Asociácie slovenských geomorfológov pri SAV. Bol dlhoročným členom redakčnej rady *Geografického časopisu* i hlavným redaktorom časopisu *Geomorphologia Slovaca*. Dve volebné obdobia pôsobil ako vedecký tajomník Karpatsko-balkánskej geomorfologickej komisie. V rámci Medzinárodnej geografickej únie (IGU) pracoval ako dopisujúci člen v komisiách zameraných na problematiku udržateľného rozvoja a manažmentu krasových území a environmentálnych zmien a ochrany krasových území. Pôsobil vo viacerých poradných orgánoch Ministerstva životného prostredia SR, Ministerstva školstva SR, ako aj Slovenskej akadémie vied. Je aj členom redakčnej rady časopisu *Aragonit* od jeho založenia v roku 1996.

Okrem komplexného geografického prístupu k riešeniu environmentálnych problémov krasovej krajiny sa vedecko-výskumná činnosť Jozefa Jakála zamerala aj na typológiu krasu Slovenska. Mapa geomorfologickej typológie krasu Slovenska v mierke 1 : 500 000 s anglickou textovou prílohou vyšla v edícii *Geographia Slovaca* v roku 1993. Takisto sa zaoberal morfológiou, genézou a typológiou poljí v Západných Karpatoch. Navštívil a skúmal kras bývalej Juhoslávie, Talianska, Rakúska, Nemecka, Maďarska, Bulharska, Rumunska a Kuby. S prednáškami vystúpil na medzinárodných speleologických

kongresoch v Stuttgarte (1969), Olomouci (1973) a Sheffielde (1977), ako aj na mnohých ďalších domácich i zahraničných sympóziách a konferenciách (napr. vo Viedni, Budapešti, Postojnej, Tübingene či Frankfurte nad Mohanom). Za jeho tvorivú vedeckú činnosť mu Slovenská akadémia vied v rokoch 1986 a 1996 udelila striebornú a zlatú plaketu Dionýza Štúra. Medzi jeho významné ocenenia patrí aj národná cena Slovenskej republiky za vypracovanie Atlasu SSR v roku 1982. Za dlhoročnú aktívnu organizačnú i odbornú činnosť sa stal čestným členom Slovenskej speleologickej spoločnosti, ako uznávaný odborník bol menovaný do Speleologického poradného zboru a Rady štátnej ochrany prírody Ministerstva kultúry SSR. V roku 2005 zostavil farebnú knižnú publikáciu o jaskyniach svetového prírodného dedičstva na Slovensku, ktorá o tri roky neskôr vyšla aj v upravenej anglickej verzii. Publikácia získala ocenenie Literárneho fondu za vedeckú a odbornú literatúru.

V rámci pedagogickej činnosti jubilant externe prednášal predmety *Všeobecná geomorfológia* a *Kvartér a metódy jeho výskumu*. V roku 1996 na Prírodovedeckej fakulte UK v Bratislave po obhajobe habilitačnej práce *Geosystém krasovej krajiny* získal vedecko-pedagogickú hodnosť docent. Bol viackrát oponentom alebo členom komisií pri docentských habilitáciách a profesorských inauguráciách na Univerzite Komenského v Bratislave a Prešovskej univerzite v Prešove. Do roku 2010 vykonával funkciu predsedu Spoločnej odborevej komisie doktorandského štúdia v odbore *Fyzická geografia a geoekológia*.

Počas uplynulých 80 rokov život pripravil doc. Jakálovi nielen rovnú, občas aj dosť hrboľatú cestu. Za jeho názory a vykonané skutky si ho váži široká verejnosť, vedci, priatelia, jaskyniari.

Pokiaľ mu zdravotný stav dovoľuje, jubilant doteraz spolupracuje so Správou slovenských jaskýň, Slovenským múzeom ochrany prírody a jaskyniarstva i Slovenskou speleologickou spoločnosťou. Bez jeho osoby si ani teraz nevieme predstaviť žiadne významné jaskyniarske podujatie či vedeckú konferenciu. Jožko, dovol', aby sme Ti v mene veľkej rodiny slovenských jaskyniarov zaželali ešte mnoho pekných dní medzi nami a v prostredí vápencových bráľ krasovej krajiny. Vykonal si pre nás veľa, vždy si nám ukázal správnu cestu, za čo Ti patrí veľká vďaka. So želaním dobrého zdravia sa pripájame k symbolickej kytiči gratulantov z radov jaskyniarov, geografov či ochranárov. Ad multos annos!

Pavel Bella, Ľudovít Gaál

Slovenský kras, ročník 54, číslo 2
Acta Carsologica Slovaca

Rok vydania:	apríl 2017
Vydanie:	prvé
Evidenčné číslo:	EV 3878/09
Vydavateľ:	Slovenské múzeum ochrany prírody a jaskyniarstva a Štátna ochrany prírody Slovenskej republiky – Správa slovenských jaskýň, Liptovský Mikuláš
Sídlo vydavateľa a adresa redakcie:	Slovenské múzeum ochrany prírody a jaskyniarstva, Liptovský Mikuláš, Školská ul. 4, 031 01 Liptovský Mikuláš, IČO: 361 45 114
Jazyková korektúra:	Mgr. Bohuslav Kortman (slovenský jazyk), Ing. Peter Gažík (anglický jazyk)
Anglické preklady:	autori príspevkov
Grafika:	Ing. Jiří Goralski
Tlač:	
Náklad:	400 výtlačkov
Cena:	Nepredajné
Obálka:	Unikátna sintrová výzdoba v Modrej jaskyni, Nízke Tatry. Foto: P. Staník

ISSN 0560-3137