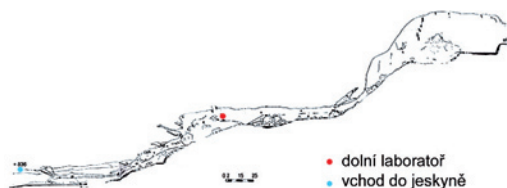


Speleolaboratoř v Grotta di Bossea

Kateřina Svobodová, Alexandr Komaško



Řez zpřístupněnou částí jeskyně (podle materiálu zapůjčeného speleolaboratoří v Grotta di Bossea)

V severozápadní Itálii v Ligurských Alpách (oblast Piemonte), nedaleko městečka Cuneo se nachází jeskyně Grotta di Bossea. Na pozvání vedoucího laboratoře doktora Guida Peana navštívili v září 2009 pracovníci Správy jeskyní ČR tuto po mnoha stránkách zajímavou jeskyni, kde provedli orientační mineralogický průzkum a seznámili se s místní speleolaboratoří.

Pro veřejnost byla zpřístupněna již roku 1874 (jako první v Itálii) a nachází se v ní nejstarší italská speleolaboratoř. Jeskyně vznikla v tektonicky ohraničeném pruhu triasových karbonátových hornin vložených mezi porfyroidy (porfyroid je krystalická břidlice vzniklá slabou metamorfózou kyselých eruptivních vyvřelin). Protéká jí podzemní tok, který se výrazně podílí na její modelaci. Je pro něj známá infiltrační oblast povrchových vod, známá je i jeho vývěrová oblast. Přesto je prozkoumaná jen menší část jeskynního systému, a to v blízkosti vývěru. V závislosti na měnící se geologické stavbě horninového masivu se mění vzhled i charakter jeskyně, která v blízkosti vstupu vznikla na středně ukloněném tektonickém styku vápenců v nadloží a porfyroidů v podloží. Porfyroidy, tedy nekrasovějící metamorfované horniny, jsou v blízkosti tektonické plochy značně porušené a snadno zvětrávají. Aktivní tok má díky rychlému klesání po spádnicí značný erozní potenciál. Proto se snadno zařezával do navětralých porfyroidů a odplovoval zvětraliny. Do vzniklé dutiny opadávaly stropní partie, které voda opět erodovala. Tato část jeskyně je tvořena mohutnou, strmě stoupající prostorou, širokou až 50 m, vysokou až 30 m a rozčleněnou do několika domů. Místy jsou ve stropu torza fosilních úrovní. Idealizovaný příčný řez je čočkovitého tvaru, spodní polovina čočky je v porfyroidech, horní ve vápencích. Tato část jeskyně je zpřístupněná pro veřejnost a vstupuje se do ní paleovývěrovou chodbou, vyúsťující ve svaahu asi 35 m nade dnem údolí.

Horninový blok, ve kterém je mezi porfyroidy a vápenci vyvinuta jeskyně, je utatý

příčnou tektonickou poruchou, za kterou jeskyně pokračuje jen v karbonátech (vápence, dolomity), zatímco porfyroidy jsou někde hluboko v podloží. Tato část jeskyně je víceméně horizontální a je zprvu tvořena úzkou vysokou chodbou s aktivním tokem v nadmořské výšce 940 m asi 140 m nade dnem údolí a s výše položenými, vodou již opuštěnými (fosilními) partiemi. V boku této

závisí na ročním období, intenzitě atmosférických srážek a na množství vody vázané ve sněhu. Průtok osciluje mezi 60 l/s (2.–3. týden v únoru) až 1 000 l/s (druhá polovina března až červen; období tání sněhů). Během 20 let monitorování byl zaznamenán maximální průtok 1 500 l/s. V říjnu 1996 však zde zažili katastrofickou událost. Její chronologický popis je dán na základě po-



Meteorologická stanice v Sala Orso

Foto V. Svoboda

chodby nad hladinou aktivního toku pramení voda hlubokého oběhu. Má výrazně vyšší obsah radonu a její teplota je o tři stupně Celsia vyšší nežli voda jeskynního toku. Strop jeskyně se postupně snižuje a aktivní tok přechází do sifonovitých partií. Během potápěčského průzkumu v roce 1995 bylo sice dosaženo hloubky cca 54 m, ale sifonovitý úsek nebyl ani během dalších pokusů překonán. Množství vody podzemního toku

zorování průvodců jeskyně, záznamu hydrografu a meteorologických stanic. Sedmého října ve dvě hodiny po půlnoci začaly intenzivní dešťové srážky. Od 11 hod. se začal v jeskyni zvyšovat průtok vody a 8. 10. ve 14 hod. dosáhl 1 330 l/s. Následně se zvýšil jen o desítky vteřinových litrů. Voda tekla kalná. Následující den v 0.15 hod. průtok poklesl na pouhé 3 l/s a následujících patnáct minut byl setrvalý stav. V 0.30 hod.

průtok stoupl na 734 l/s a po následujících pěti hodinách se nic nezměnilo. Kolem šesté hodiny začíná znatelný pokles průtoku. Pracovníci jeskyně ráno zpozorovali nízký průtok čisté vody. Protože dešťové srážky trvaly, byli znepokojeni a rozhodli se toho dne přerušit prohlídky jeskyně. Od 14 hod. průtok prudce klesá a v 15.05 hod. dosahuje opět jen 3 l/s. Následoval dramatický vzestup a po pouhých 10 minutách povodňová vlna kalné vody již přesáhla průtok 4 000 l/s. Vývěry nezvládaly přitékající vodu odvádět, ta zaplavila spodní část jeskyně, ve svahu se objevily nové vývěry a přebytek vody zaplavil sifonovitou paleovývěrovou chodbou s turistickým vstupem, kterou vytékal ven. Došlo k znefunkčnění hydrografu, proto následující údaje o průtoku jsou jen přibližné. Předpokládá se, že průtok přesáhl 5 000 l/s, maximální průtok trval asi tři hodiny, pak postupně klesal a po 24 hodinách dosáhl úrovně běžné povodně. Událost názorně ilustruje možné nebezpečí průzkumu jeskyní s podzemním tokem i význam přístrojů v podzemí na rozklíčování průběhu takovéto mimořádné události.

Inspirace pro monitoring českých jeskyní

Laboratoř v jeskyni Grotta di Bossea založila speleoskupina Alpi Maritime del C.A.I. z Cunea, která ji provozuje dodnes. Přestože pracovníci laboratoře jsou dobrovolníci a přístroje na měření v jeskyni pořízují jen díky sponzorským darům, jejich spolupráce s turínskou univerzitou a dalšími vědeckými institucemi garantuje vysokou úroveň bádání. Výsledky laboratoře své práce prezentují na řadě sympozií i v odborných publikacích.

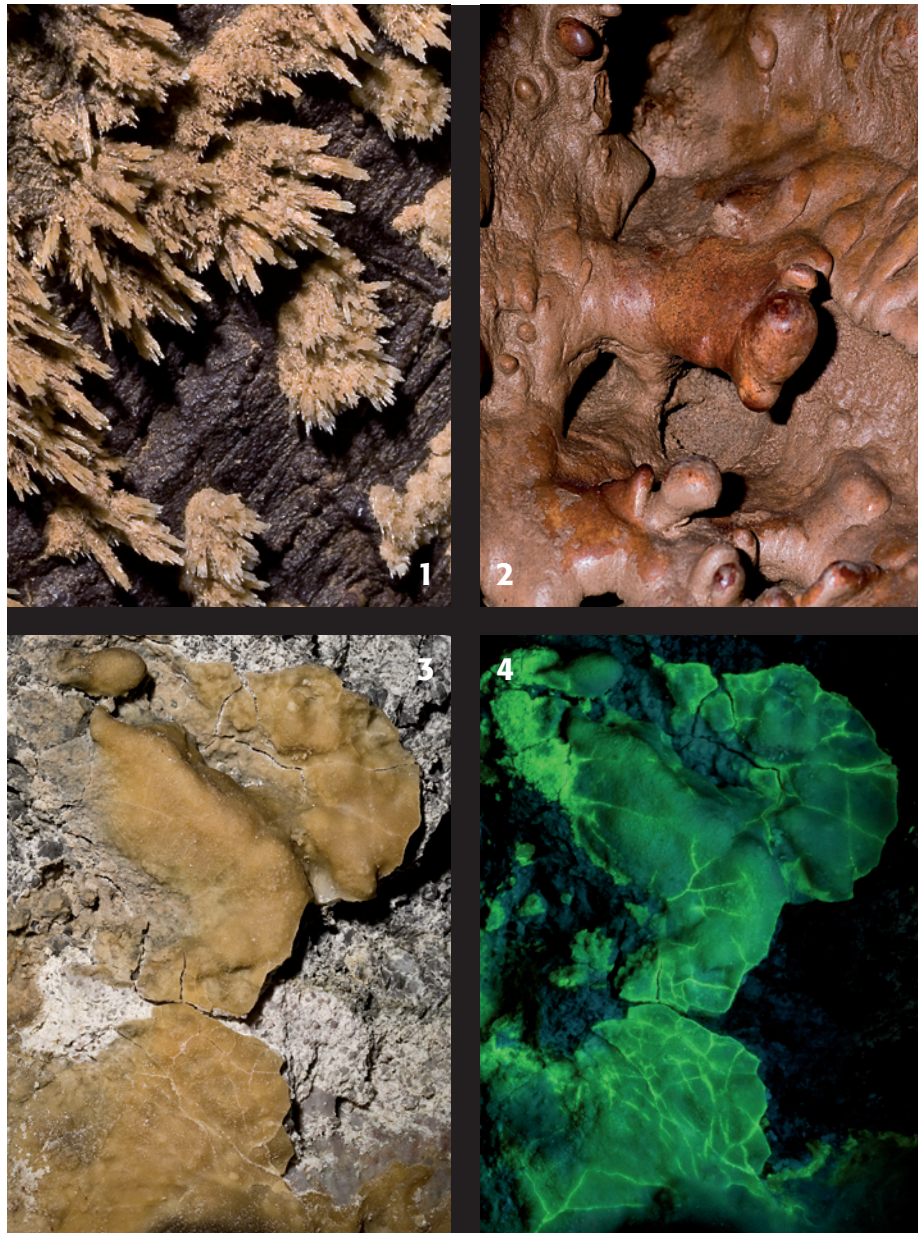
První přístroje v jeskyni byly instalovány již roce 1969, laboratoř v pravém smyslu slova se však stala až počátkem 80. let 20. století. Nacházela se v horní nezpřístupněné části jeskyně s aktivním tokem. Dnes se z ní stala předsunutá (tzv. horní) laboratoř, kde se měří chemicko-fyzikální parametry vody a vzduchu z nejdlehlších a špatně přístupných partií jeskyně.

Od roku 1982 laboratoř začala intenzivně spolupracovat s univerzitou v Turíně – nejdříve s Istituto di Geologia, později s Dipartimento Georisorse e Territorio na studiu oběhu vod v karbonátových horninách. V roce 1995 byla dokončena dolní laboratoř, která se nachází u turistické trasy, v Sala del Tempio. Dnes je to hlavní středisko výzkumu a má dvě části: hydrogeologickou a meteorologickou. Dříve bylo součástí laboratoře i biologické oddělení, situované v jeskynním výklenku navazujícím na dolní laboratoř, tzv. Sacrestii, a studovaly se tu formy života osidlující krasové podzemní prostředí. Oddělení prokázalo např. negativní vliv pastvy na kopci nad jeskyní na jeskynní živočichy a podařilo se mu

prosadit kvóty na počet pasoucích se zvířat. V současné době však již nefunguje. Dnes se v Sacrestii soustavou trychtýřů a okapů jímá skapová voda pro další měření.

Hydrogeologické oddělení se zabývá studiem vod v krasovém podzemí a s tím spojených speleogenetických jevů (k roku 1990 to byla jediná podzemní laboratoř na studium krasových jevů v Itálii). Probíhají tu jak kontinuální, tak periodická měření fyzikálních a chemických parametrů na vodách přivádě-

ných hadicemi z různých míst jeskyně. Voda se vyhodnocuje buď ihned, nebo se uchovává v automatickém sampleru pro pozdější analýzy. Zjišťuje se u ní průtok (průměrný průtok podzemního toku je 250–400 l/s, množství skapové vody, teplota (některé teploměry měří i s přesností 0,01 °C), pH, tvrdost, elektrická vodivost, obsah Rn a množství CO₂, nitráty, sulfáty, chloridy a další veličiny. Z některých vzdálených stanovišť jsou data do laboratoře stahována počítačem automaticky,



Obr. 1 Aragonitové agregáty až 15 mm dlouhé. Mimo nejmladší vrcholové partie jsou zbarveny povodňovými sedimenty.

Obr. 2 Lesklé kůry v různých odstínech hnědé jsou tvořeny apatitovými povlaky.

Obr. 3 Foto in situ. Kalcitové kůry na navětralých porfyroidech vyhlížejí v normálním světle nenápadně.

Obr. 4 Stejný záběr při krátkovlnném UV záření. Světlezelená fluorescence prozrazuje přítomnost opálu. Intenzivnější zeleň na puklinách je vyvolána větším množstvím opálu a dokládá vliv výparu vody ze vztlínajících roztoků na tvorbu opálových akumulací. Současně potvrzuje, že v daném případě musíme hledat zdroj oxidu křemičitého ve zvětrávaných porfyroidech.

Foto A. Komaško

na jiných je pracovníci laboratoře cca jednou za měsíc vybírají na místě.

Meteorologické oddělení se soustřeďuje na studium vzduchu, mikroklimatu a energetické rovnováhy podzemního prostředí. Spolupracuje s ARPA Piemonte (regionální agentura ochrany životního prostředí) při studiu některých důležitých klimatických a meteorologických aspektů podzemního prostředí a s radiačním oddělením ARPA Valle d'Aosta při studiu přírodní radioaktivity v podzemí. V jeskyni je u vzduchu sledována teplota, směr a rychlost proudění, evaporace/kondenzace, relativní vlhkost, atmosférický tlak, obsah CO_2 (tyto parametry ovlivňují životní podmínky četných druhů jeskynních živočichů a procesy rozpouštění či vylučování uhlíkatu vápenatého, což ovlivňuje i destrukci či tvorbu výzdoby), obsah Rn (CO_2 a Rn mohou mít ve vysokých koncentracích negativní vliv na zdraví návštěvníků i pracovníků hůře větraných jeskyní). Jak jsme se již zmínili, jedním ze studovaných jevů je také přítomnost ^{222}Rn v jeskyni. Měří se jeho koncentrace jak ve vzduchu jeskyně, tak ve vzduchu umělé dutiny na tektonické poruše uvnitř porfyroidů (které tvoří dno zpřístupněné části) v Sala del Tempio, ve vodě podzemního toku, skapové vodě i v jeskynním pramenu vody s hlubokým oběhem. K měření se používají hlavně komerčně vyráběné přístroje Alpha Guard a na několika místech jeskyně jsou rozmístěny pasivní dozimetry. V roce 2006 se na měření radonu v jeskyni podílela i RNDr. Lenka Thinová z pražské Fakulty jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT, která se problematikou radonu

zabývá v České republice. Mimo jeskyni se měří teplota vzduchu, tlak, vlhkost a množství srážek. Následně se zjišťují možné vztahy mezi jeskynním a venkovním prostředím.

Hlavním cílem laboratoře je dokonale poznat podzemní prostředí (jak z hlediska hydrogeologie, tak i klimatologie) a vytvořit obecný model, který by se dal aplikovat i na obdobné jeskynní systémy.

Nález nových minerálů

Orientační mineralogický průzkum, který pracovníci SJ ČR při příležitosti návštěvy speleolaboratoře uskutečnili, přinesl své ovoce. K jejich velkému překvapení, ale i k překvapení italských kolegů zjistili v jeskyni přítomnost opálu, a to dokonce na mnoha místech. Nalezený opál (amorf-ní oxid křemičitý) byl mikroskopické velikosti a v jeskyni byl identifikovatelný jen díky mineralogické UV lampě a krátkovlnnému UV záření (254 nanometrů), ve kterém se projevuje jasně zelenou fluorescencí. Nalezené plochy opálonosných povlaků jsou různé velikosti, a to od mm^2 po dm^2 . Ve zpřístupněné části je čeští jeskyňáři našli v blízkosti rozhraní porfyroid/vápenec. Vyskytují se na vápenci i na porfyroidech. V části zvané Laghi Milano opál našli i se sádrovcem (vodnatý síran vápenatý, jehož akumulace vznikají zejména výparem vody). Přítomnost sádrovce v jeskyni nebyla všeobecně známa s výjimkou několika spolupracovníků laboratoře, kteří však v době nálezů nebyli přítomni. Zdroj oxidu křemičitého v těchto místech lze hledat v chemickém zvětvávání porfyroidu a opá-

lové akumulace jsou důsledkem výparu vody ze vzlinajících roztoků. Tento předpoklad mimo jiné potvrzují jeho zvýšené akumulace na puklinách sintrových povlaků na porfyroidech. První opálové výskyty v nepřístupné části byly nalezeny nedaleko „přístaviště“ u počátku fosilní větve. Zde jednak opět se sádrovcem a v úzkém komínu i s aragonitem (uhlíkat vápenatý, krystalující v kosočtverečné soustavě), o jehož přítomnosti v jeskyni do nálezů pracovníků SJ ČR neměli místní jeskyňáři po-něti. Další opálonosné povlaky byly zjištěny v pokračování této větve nedaleko partií s excentrickou výzdobou mezi Lago Morto a La galleria delle Meraviglie. Zde se opál vyskytuje jednak v povlacích na stěnách jeskyně, jednak na prosintrovaných šterkových sedimentech přemostujících puklinovou chodbu. V dalším pokračování jeskyně byly zjištěny apatitové povlaky, další nový minerál. Sádrovec, aragonit i apatit (fosforečnan vápenatý) čeští jeskyňáři určili na základě analogie s ověřenými výskyty z jiných jeskyních makroskopicky.

Přestože z časových důvodů nebylo možné prozkoumat celou jeskyni alespoň orientačně, výsledky dílčího průzkumu velice potěšily italské kolegy; pro „jejich“ jeskyni to znamenalo nález tří nových minerálů – opálu, apatitu a aragonitu. Také to byl důvod, proč pracovníky Správy jeskyní ČR pozvali k dokončení průzkumu a upřesnění nalezených výskytů.

K. Svobodová a A. Komaško pracují na Správě Koněpruských jeskyní

K významnému životnímu jubileu Jana Čeřovského

Při osobním setkání vás upoutá jeho kultivovaný projev a široký rozhled nejen v oboru ochrany přírody, který se mu stal celoživotním povoláním a posláním zároveň. Čerstvý osmdesátník RNDr. Jan Čeřovský, CSc. (narozeniny oslavil 2. února) vykročil na dráhu profesionálního ochránce přírody před více než šedesáti lety.

Absolvent Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy (obor biologie-botanika) a vůbec první vědecký aspirant v oboru ochrany přírody u nás nastoupil v roce 1960 do Státního ústavu památkové péče a ochrany přírody, od tohoto roku až do svého odchodu do „papírového“ důchodu v roce 2002 pracoval ve službách státní československé, respektive české ochrany přírody. Jan Čeřovský je doma i ve světě uznávanou osobností. Je jedním ze zakladatelů ekologické výchovy u nás, jejíž smysl viděl především v systematické práci s mladými lidmi a ve vytvoření účinného systému přípravy pedagogů. Inicioval

a koordinoval systém naučných stezek v Československu, který se úspěšně rozvíjí dodnes. V mezinárodní ochraně přírody se od konce 50. let uplatnil v Mezinárodní unii pro ochranu přírody (IUCN), kde byl v roce 1966 jmenován místopředsedou stálé Komise IUCN pro výchovu. V roce 1988 byl zvolen členem Rady IUCN a o dva roky později viceprezidentem IUCN. Spolupracoval s dalšími mezinárodními organizacemi (UNESCO, UNEP, Federace EUROPARC). V roce 1994 spoluzakládal evropské mezinárodní sdružení Planta Europa, které do roku 2001 řídil a poté zde působil jako poradce.

Významná je jeho činnost pedagogická (působil na domácích i zahraničních vysokých školách, mj. jako hostující profesor v USA, ve Spojeném království, Slovinsku či na dvou německých akademiích ochrany přírody a péče o krajinu) a publikační. Uveřejnil kolem 400 vědeckých a odborných pojednání, je autorem,

spoluautorem nebo editorem 15 knižních publikací. Některé jeho práce vyšly v cizích jazycích. Za všechny jmenujme jeho vůbec první knihy *Rok mladého přírodopisce ochránce* (1950) či dobrodružný příběh mladých přírodovědců *Výprava na jezero Plagesee* (1955), přeloženou též do němčiny, a dosud poslední publikaci *Botanicky významná území České republiky* (2007), kde byl hlavním editorem a jedním ze spolutaťů. Překládá odborné publikace a texty z angličtiny, němčiny a ruštiny. Je držitelem řady domácích i zahraničních ocenění; za celoživotní přínos ochraně přírody převzal 4. října 2009 z rukou premiéra Jana Fischera Cenu ministra životního prostředí.

U příležitosti významného jubilea jsem položila panu doktorovi Čeřovskému několik otázek. Věřím, že erudované a bohatými zkušenostmi podložené odpovědi zaujmou i naše čtenáře.