

Hranická propast očima geologů

Jiří Otava, Milan Geršl, Josef Havíř, Ondřej Bábek, Marcel Kosina

Hranická propast se nachází nedaleko Zbrašovských aragonitových jeskyní na pravém břehu řeky Bečvy v Národní přírodní rezervaci Hůrka. Podle dosud provedených měření se jedná o nehlubší propast České republiky. Ač byla mnohokrát zkoumána potápěči i pomocí automatických sond, její přesná hloubka zůstává dodnes velkou záhadou. Podle posledního měření z roku 1995 činí 274,5 metrů, z toho -69,5 m suchá část a 205 m část zatopená. Ovšem ani speciální robot Hyball, který výzkum prováděl, dna nedosáhl. Podle odhadů speleologů a geologů může být hloubka dokonce až 800 metrů.

Hranická propast je součástí Hranického krasu, který je součástí hranického paleozoika. Hranický kras je vázán na výchozy prvohorních (devonských a karbonských) vápenců, nepravidelně vystupujících v izolovaných krátech na ploše cca 5x5 km po obou stranách průlomu řeky Bečvy ve kře Maleníku. Poloha Hranického krasu na rozhraní dvou významných evropských geologických celků – Českého masivu a Západních Karpat – předznamenala také jeho pestrý geologický vývoj.

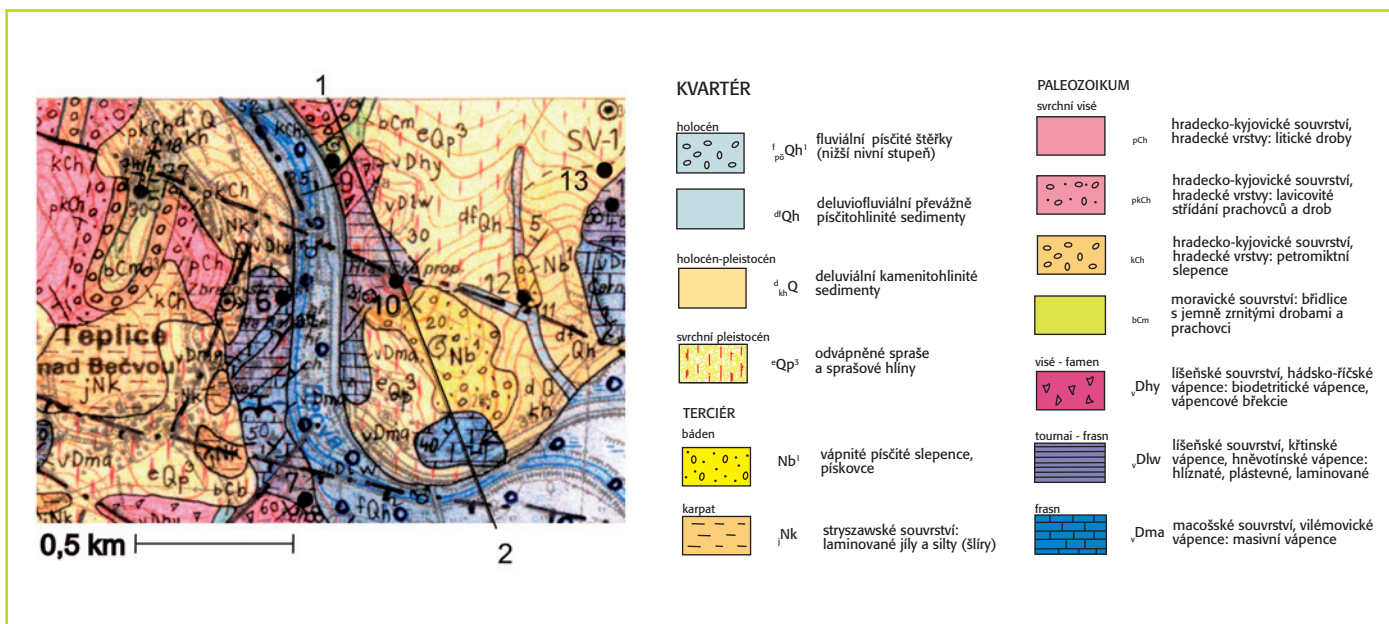
Usazování vápenců můžeme zařadit do geologického období středního až svrchního devonu a počátku karbonu (tj. asi před 380–350 miliony let), jedná se o vápence tzv. macošského a líšeňského souvrství. Maximální mocnost vápencových souvrství je odha-

dována na 1 000 m. Pro starší macošské souvrství platí, že šlo o sedimentaci na karbonátových plošinách, v lagunách a na korálových útesech v teplém prosluněném tropickém moři. Vápence líšeňského souvrství již odrážejí prohloubení sedimentační pánve, usazování úlomkovitého materiálu vzniklého především rozrušením starších vápenců. K sedimentaci dochází na svahu a v depresích a vzniklá facie bývá obecně nazývána kalciturbidity. Sedimentace líšeňského souvrství byla v okolí Hranické propasti završena usazováním brekcí (místa s fosfority) stáří svrchní famen (devon) až svrchní tournai (spodní karbon).

Krasování vápenců probíhalo v několika periodách (OTAVA 2005), zjednodušeně řečeno vždy, když se hornina v důsledku geologických pochodů stala souší a atmosférické vody ji tak mohly postupně rozpouštět. Prvopočátek krasového procesu proběhl patrně již v prvohorách v období středního až svrchního devonu a počátku karbonu. Nedávné výzkumy (HAVÍŘ – BÁBEK – OTAVA, 2004) prokázaly výrazné přerušení sedimentace mezi macošským a líšeňským souvrstvím v prostoru Zbrašovských aragonitových jeskyní. V Hranické propasti se zatím bohužel tuto část profilu nepodařilo zastihnout, je však nanejvýš pravděpodobné, že zde v dosud nepoznané hloubce existuje. Tato „oslabená zóna“ se stala nejen příčinou prvotního zkrasování, ale byla využívána i během všech následných krasových

fází. Ve visé (spodní karbon) pak byl Hranický kras zalit mořem a zakryt mohutnou, několik kilometrů mocnou vrstvou flyšovými usazenin tzv. kulmské facie. Jak brekcie s fosfority, tak i sedimenty kulmské facie se nacházejí v zářezu trati jen několik stovek metrů severozápadně od propasti. V průběhu variské orogeneze byly prvohorní sedimenty zvrásněny a zesupinaty s výraznou vergencí (směrem pohybu) k JV až VJV. Běžně se tak dostávaly starší sedimenty do superpozice nad mladší sedimenty (např. BÁBEK – OTAVA 2006). V důsledku vyšších tlaků a teplot došlo ke zbrídlučnatění, které je zvláště dobře pozorovatelné u vápenců.

Odnos nekrasových sedimentů a obnažení vápencového podloží trvalo desítky milionů let. Další fáze krasování je proto předpokládána až v mladších druhohorách (křídě), jejím důkazem je výskyt sedimentů rudického typu v paleokrasových dutinách. Ty byly již v minulosti zastíženy v nedalekém lomu Skalka hranické cementárny, ve vrtech v širším okolí lomu i v Hranické propasti, v údolí Bečvy při průzkumech pro stavbu přehrad, dále ve Zbrašovských aragonitových jeskyních a v nově ražené spojovací štole, balneologických vrtech v Teplicích nad Bečvou a jinde. Jedná se o pestrobarevné červené, fialové, okrové, zelené i bílé kaolinické křemenné štěrky, písky a jíly, místy zpevnělé, které se usadily patrně ve spodní křídě. Tyto sedimenty vznikly kaolinickým a lateritickým zvětváním a jsou



Zakrytá geologická mapa okolí Hranické propasti (OTAVA et al. 2008)

odrazem působení specifického paleoklimatu (subtropické až tropické, humidní), pod jehož vlivem se střední Evropa ocitla dvakrát v rovníkovém pásu.

Klasické krasovění probíhalo i ve třetího- rách a přetvářelo samozřejmě nejen podzemní dutiny, ale i povrchový reliéf. Tvary předmi- ocenního reliéfu Hranického krasu částečně tušili již geologové, kteří zpracovávali vrtné profily získané během ložiskového průzkumu a výzkumu v 50. a 60. letech 20. století. Tepr- ve komplexní zpracování 269 vrtů a zobrazení paleoreliéfu v 3D zobrazení (BIL, SKÁČELOVÁ in OTAVA et al. 2004) ukázalo podobnost s dobře vyvinutým krasovým povrchem, jak jej známe například z Moravského krasu nebo mnoha míst Slovenska či Slovinska. Vyvinuta jsou zde stará krasová údolí, závrtové řady, obří depre- se či poloslepá údolí. Tato perioda krasovění byla ukončena miocenní mořskou záplavou (karpát, spodní baden), která zkrasovělý re- liéf znovu pohřbila pod mohutnou vrstvou nekrasových sedimentů, takže v současnosti na povrch vystupují pouze ojedinělé obnažené vápencové výchozy (Hůrka, Velká a Malá Koby- lanka, U Kostelíčka, Zbrašov apod.). Miocenní moře zanechalo své stopy nejen na povrchu, ale i v podzemních prostorách Hranického kra- su, kde byly v sedimentech nalezeny zkameně- lé schránky tehdy žijících měkkýšů (např. nález hřebenatek ve Zbrašovských aragonitových jeskyních). Hřebenatky jsou poměrně běžné i ve vápňitých pískovcích vystupujících při horní hraně Hranické propasti. Častým fenomé- nem jsou stopy po vrtání mořských organismů na stěnách bývalých podmořských jeskyní a zá- vrtů, ale i na vápencových valounech.

Zhruba ve stejné době, tedy ve spodním badenu, docházelo k sunutí karpatských přík- rovů k SZ na Český masiv; čelo těchto příkrovů můžeme pozorovat např. poblíž lomu Skalka

hranické cementárny. Asi 1 km severovýchod- ně od Hranické propasti byla navrtána tros- ka paleontologicky prokázaného eocenního karpatského příkrovu mocná více než několik desítek metrů. Došlo tak samozřejmě nejen k posunutí a rozlámání uložených sedimentů, ale zejména k oživení starých geologických zlomů a hydrotermálního krasovění.

Historie geologického poznání

Historie geologického poznávání propasti sahá až do 16. století. Dvacáté století přineslo řadu výzkumů, na jejichž základě bylo formu- lováno mnoho názorů na genezi geologického vývoje této oblasti.

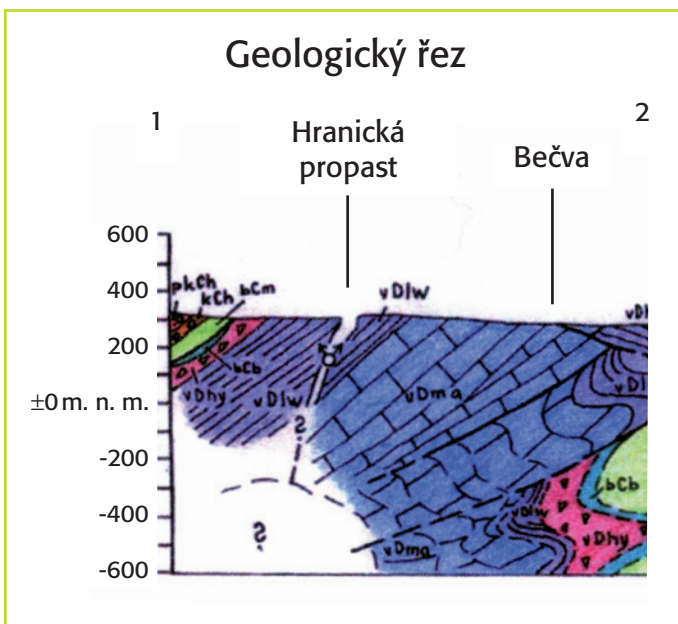
M. Remeš počátkem 20. století provedl ze- vrubnou rešerši tehdejších znalostí o propasti. J. Šindel zaznamenal podrobná měření vodních stavů a teplot, H. Hassinger vytvořil opěrné dílo zabývající se Moravskou bránou a okolím pře- devším z pohledu geomorfologického vývoje oblasti. Z obecně geologického pohledu se ob- lasti zabývali v minulosti K. Zapletal, V. Homola a velmi intenzivně v rámci základního geologic- kého, ložiskového i karsologického průzkumu J. Dvořák a J. Slezák (např. 1953). Geomorfo- logickými i karsologickými souvislostmi se zabývali J. Kunský, V. Panoš (1953) J. Dosed- la a V. Strnad (1955), kteří rovněž podrobně zhodnotili vývoj ná- zorů. Poslední shrnutí znalostí o studované oblasti bylo téma- tem bakalářské práce M. Geršla, studium kenozoických sedi- mentů kry Maleníku je pak náplní diplo- mové práce (GERŠL 2001). V minulé de- kádě opět ožil zá-

kladní geologický výzkum oblasti v rámci mapovacích projektů České geologické služ- by, odevzdány byly mapové listy v měřítku 1 : 25 000, zahrnující Hranický kras, a to Hra- nice 25-123 a Kelč 25-141 včetně textů „Vysvětl- vek“ (OTAVA et al. 2004 a 2008). Současně pro- bíhal strukturální výzkum V. Dvořáka a J. Havíře. Biostratigrafickým a litofaciálním výzkumem se zabývá především O. Bábek a jeho žáci.

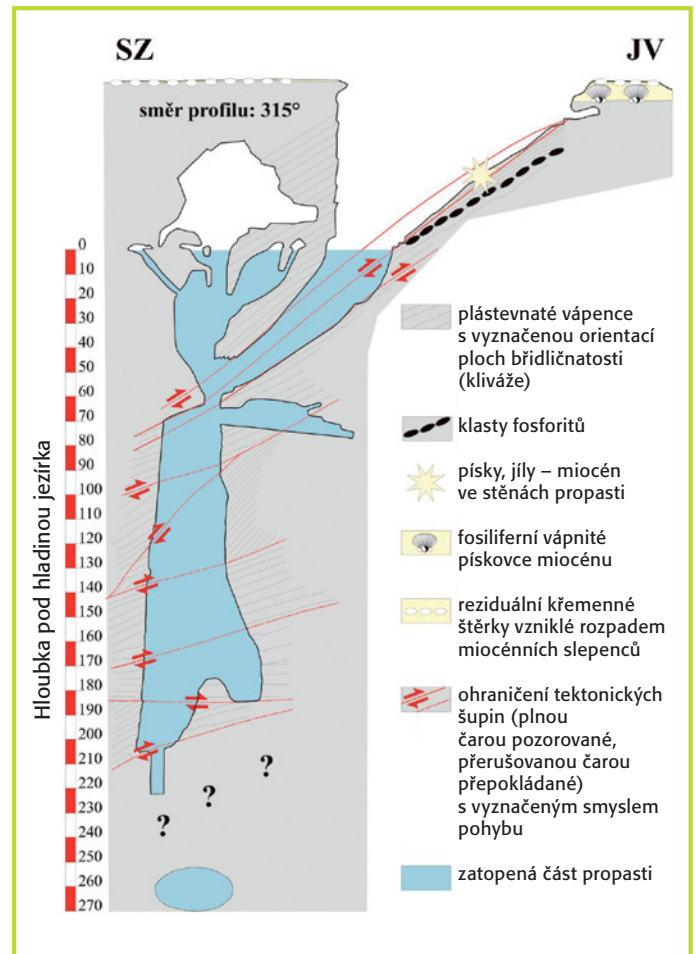
Strukturální výzkum propasti a jeho výsledky

Příložený schematický řez propastí vznikl spojením povrchových měření na stěnách su- ché části Hranické propasti a odhadů úklonů břidličnatosti „plástevných“ vápenců z něko- likahodinového záznamu sestupu modulu Hyball v roce 1995. Tato ponorka totiž byla vybavena nejen kamerou, ale do obrazu byl kontinuálně promítán azimut a sklon, v němž kamera snímala stěny propasti.

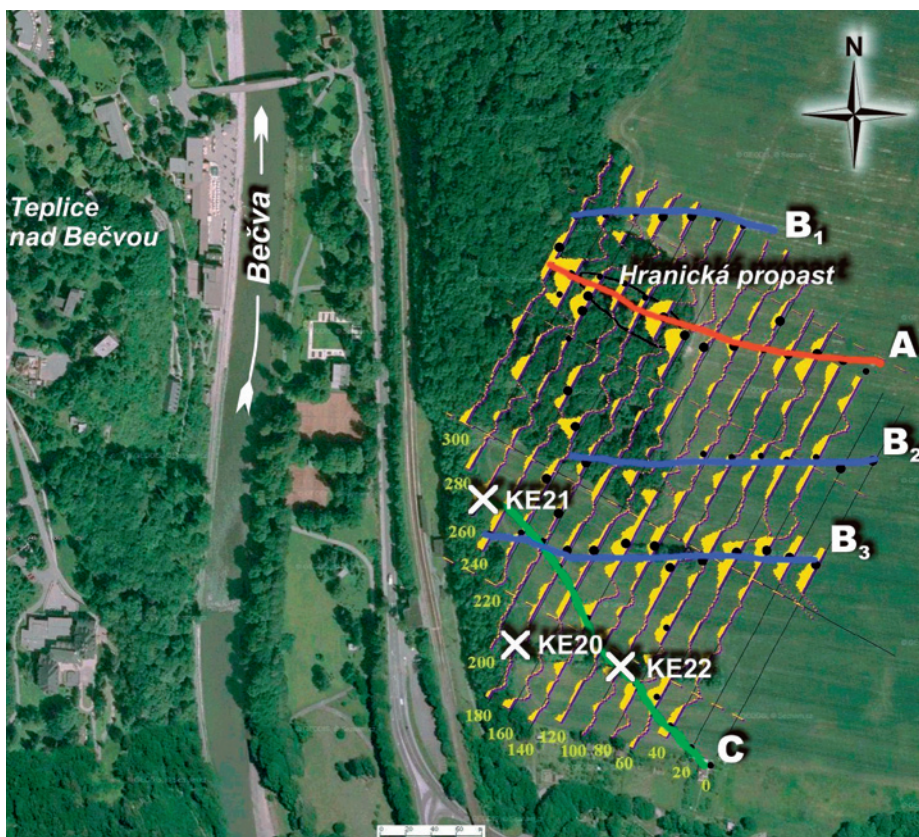
V tektonické stavbě prvohorních vápenců Hranické propasti dominují dva strukturální prv- ky. Prvním je variská šupinová stavba, tvořená tektonickými šupinami řádově nejméně sta- metrových rozměrů uklánějícími se k SZ. Dru- hým prvkem jsou velké strmé pukliny směru ZSZ-VJV až SZ-JV, z nichž některé protínají



Linie řezu a legenda viz geologická mapa



Strukturální a geologická situace zakreslená do schematického řezu F. Travěnce – Sabbath



Ortofotografie okolí Hranické propasti se znázorněnými interpretacemi výsledků geofyzikálního měření. Podrobnější vysvětlení viz text.

celý prostor Hranické propasti. Ve vápencích je vyvinuta výrazná kliváž (břidličnatost), spjatá s intenzivní střížnou deformací.

Řádově stometrové tektonické šupiny vápenců tvoří rozsáhlá deskovitá tělesa omezená zřetelnými násunovými plochami. V blízkosti tektonických rozhraní lze pozorovat doprovodné střížné struktury, reprezentované především řádově decimetrovými asymetrickými vrásami a flexurami ohýbajícími plochy kliváže. Osy těchto drobných vrás a flexur jsou převážně téměř vodorovné, nebo jen mírně ukloněné, a jsou orientovány od směru SZ–JV, přes S–J až po směr SV–JZ. Na plochách kliváže i na plochách omezujících tektonické šupiny bylo místy pozorováno rýhování.

Velké strmé pukliny směru ZSZ–VJV až SZ–JV protínají jak plochy kliváže, tak i diskontinuity oddělující tektonické šupiny. Představují tedy mladší fenomén vzniklý až po vytvoření variské šupinové stavby. Diskutované strmé pukliny se dominantním způsobem projevují při krasovění vápenců v širším okolí Teplic nad Bečvou. Detailně byl vztah mezi strmými a krasovými dutinami studován v prostoru Zbrašovských jeskyní (HAVÍŘ et al. 2004).

Mikrobiologie v Hranické propasti

Přes poměrně obsáhlé geologické výzkumy byly do současnosti v Hranickém krasu opomíjeny podstatné a zajímavé skutečnosti, týkající se mikrobiálních vlivů v horninovém prostředí a krasových dutinách. Malá pozor-

nost byla dosud věnována například minerální bioprecipitaci, biokorozi anebo přímo vlivu mikrobiálního života na speleogenezi nebo tvorbu jeskynních výplní.

Zatopená část Hranické propasti představuje prostředí s nízkým obsahem organických látek, což umožňuje osídlení oligotrofními mikroorganismy, které v podobných podmínkách mohou nezdřídka dosáhnout dominance. Průměrná teplota vodního prostředí v propasti se pohybuje okolo 16 °C a umožňuje výskyt psychrotrfních (vlhkomilných) až psychrofilních (chladnomilných) mikroorganismů. Z hlediska orientačních metod výzkumu, podle charakteru stěn bakterií anebo prokaryot celkově, ve vodních prostředích obecně převažují gramnegativní tyčky nad grampozitivními (Gramovo barvení). V případě minerálních vod jsou často izolovanými kmeny například zástupci „rodů“ *Pseudomonas*, *Sphingomonas*, *Aeromonas*, *Vibrio* nebo skupiny *Flavobacterium-Cytophaga-Flexibacter*.

V zatopených prostorách Hranické propasti jsou tedy již od roku 1977 pozorovány a dokumentovány specifické speleotémy. Poprvé byly popsány F. Travěncem (1977). Okolnosti nálezů jsou uvedeny v prepisu ze záznamu z potápěčského deníku: „Dne 28. prosince 1977 jsem si při potápění v Hranické propasti, Hranický kras, okres Přerov, v tzv. Jižní trhlíně, v části Heligón všiml pod vodou podivných stalaktitických útvarů, silně připomínajících tvarem a konzistencí dětskou „nudli“ u nosu. Jelikož je žádný z kolegů potápěčů nezna-

a dosud si jich nikdo nevšiml, nazval jsem je pracovně „soplíky“. Usoudil jsem, že se jedná o kolonie specializovaných bakterií.“

Prostředí výskytu specifických speleotém

Soplíky byly dosud nalezeny v takových hloubkách, kde se při běžném poklesu hladiny vod v Hranické propasti nevynořují na suchu. Maximální dosud pozorovaná hloubka soplíků je -66 m. Je velmi pravděpodobné, že se vyskytují i ve větších hloubkách, ale dosud jim při ponorech se vzduchem nebyla potápěčiči, zejména pro problémy s dusíkovým opojením, věnována dostatečná pozornost. Při zatím asi deseti sestupech s heliem, vykonaných na lokalitě Hranická propast od 2. 5. 1981, jak zaznamenal F. Travěnc, měli potápěči tolik problémů s vlastním zvládnutím ponoru, že se nemohli věnovat pozorování těchto útvarů.

Tyto specifické speleotémy se vyskytují v místech dosahu denního světla (v Jezírku) i ve vzdálených jeskynních prostorách, v místech trvalé tmy.

Mikrobiální analýza prostředí a speleotém v Hranické propasti

Vzorky byly odebrány z pěti míst v zatopené části a z jednoho místa v suchých prostorech Hranické propasti. Byly uskutečněny čtyři odběry vzorků vody a biofilmu z povlaků a doplňující odběr vzorku z guána.

Z celkového počtu psychrotrfních izolátů z vody bylo 18 kmenů psychrofilních (29,5 %). V případě izolátů z povlaků bylo 5 kmenů psychrofilních (28 %). Překvapivým zjištěním bylo dominantní postavení grampozitivních bakterií v souboru izolovaných kmenů, které téměř dvojnásobně převyšovaly gramnegativní izoláty.

V preparátu zhotoveného přímo z povlaků byl nalezen menší počet rozsivek (diatom) a torza vláknitých řas. V preparátu z bujonové kultury (varem připravený preparát) byl pozorován velký počet gramnegativních kolonií rozrůstajících se z nehomogenizovaných částí povlaků. Z grampozitivních buněk byly hojně tyčky uspořádané do vláken a sporulující (vytvářející spory) buňky s oválnými sporama, které povětšinou buňky nezduřovaly.

Závěr

Z mikroskopických preparátů a kulturačních metod je zřejmé, že povlaky obsahují živou složku, překvapivě poměrně hojný komplex jednobuněčných i mnohobuněčných řas, rozsivek, jakož i kultivovatelné a pravděpodobně i nekultivovatelné prokaryotní (buněčné) organismy. V případech, kdy je tento komplex strukturovaný, se tedy jedná o biofilm, i když objekty s převahou vněbuněčných polymerů vylučovaných mikroorganismy a zachycenými částicemi jsou také velmi pravděpodobné.

Očekávaný výskyt striktně vlhkomilných prokaryot (buněčné mikroorganismy) v prostorech Hranické propasti byl potvrzen, i když

například předběžně morfologicky indikovaný výskyt aktinomycet (bakteriální mikroorganismy) a dalších skupin autotrofních a heterotrofních (necizopasných a cizopasných) mikroorganismů ve vzorcích cestou izolace a kultivace kmenů potvrzen nebyl. Procentuální zastoupení izolovaných psychrofilních prokaryot ve vodě a v povlacích bylo téměř shodné, netvořilo však většinu zkoumané mikrobioty (společenstvo mikroorganismů), na rozdíl od psychrotrofních izolátů s širším teplotním růstovým rozmezím.

Z kultivovatelných mikroorganismů, které bylo možno alespoň předběžně určit, zde převažovali zástupci rodu *Pseudomonas*, kteří se ve vodách i biofilmech vyskytují často, a to i v jeskyních a podobných extrémních prostředích. Řada z nich byla izolována přímo z minerálních či podzemních vod (BA'DAA 2001, VERHILLE a kol. 1999, ŠVEC a kol. 2004). Další skupinou, která se ojediněle vyskytovala jak ve vodě, tak v biofilmech byli zástupci rodu *Bacillus*, jejichž endospory jsou vysoce odolné vůči extrémním vlivům prostředí (chemickým i fyzikálním). Vzhledem k širokému růstovému teplotnímu rozmezí izolovaných spory vytvářejících kultur (5–30 °C, u některých i více), které obsahuje i teplotní rozmezí vyplývající z měření v Hranické propasti, lze očekávat, že se kmeny obsažené v tomto mikrobiálním společenstvu mohou aktivněji zařadit i do širších ekologických vztahů, mohou tedy existovat i v prostředí odlišném. Rod *Pseudomonas*, který je rozšířen naprosto obecně a je velmi biochemicky aktivní, schopný růstu jak v aerobním, tak i v mírně anaerobním prostředí, má též široké růstové teplotní rozmezí a může se dosti výrazně podílet na mikrobiálním složení studovaných povlaků. Nadpoloviční část izolátů reprezentovaly překvapivě grampozitivní tyčky, ovšem jejich rodová či druhová identifikace byla často neúspěšná.

Přestože při pozorování na lokalitě i v detailně odebraných vzorcích byly nalezeny inkrustace (potažení kůrou) popisovaných mikrobiálních útvarů aragonitem nebo kalcitem a byla zjištěna i některá stadia skutečné litifikace (zkamenění), tyto otázky byly zatím odloženy.

Geofyzikální průzkum v okolí Hranické propasti

V roce 2006 proměřili geofyzikové a geologové metodou velmi dlouhých vln (VDV) oblast o rozloze cca 12 ha v okolí Hranické propasti. Cílem geofyzikálního mapování bylo ověření vhodnosti metody v tomto terénu, vyhledání vodivé zóny odpovídající krasovým strukturám a příprava dalších metod geofyzikálního mapování v Hranickém krasu, které by vedly k lokalizaci dalších podzemních prostor.

Výsledky geofyzikálních měření

V proměřované ploše se nacházela vlastní Hranická propast a blízké závrtové útvary. I přes obtížný terén se podařilo (až na body přímo v propasti a jeden bod na stěně skalky jižně od propasti) změřit celou plochu s relativně malými chybami a konzistentními daty mezi profily. Byly nalezeny tři významné vodivé struktury o směru V–Z (v mapě na str. 20 – linie označené B₁, B₂ a B₃). S nimi je téměř paralelní struktura samotné Hranické propasti, která se ve vlastní propasti stáčí do směru SZ–JV (linie A). Všechny tyto struktury míří na Zbrašovské aragonitové jeskyně a dá se předpokládat, že mají stejný původ a že na nich dochází k vývěrům hydrotermálních fluid. Odlišnou strukturou je pravděpodobně subvertikální zajílovaná puklina (linie C).

Po vyhodnocení výsledků geofyzikálního průzkumu byla navržena tři místa pro odvrtní pilotních průzkumných vrtů. Získaný horninový materiál měl přispět k určení původu výplní krasových depresí a ke zjištění jejich stáří. Lokalizace vrtů je vyznačena na mapě na str. 20 symboly s čísly vrtů KE20, KE21, KE22. Získané vzorky však poskytly jen chudou mikrofaunu, která je nejspíše pseudoasociací, tedy směsí různě starých fosilií, vytvořenou redepozicí nebo mísením různých hornin při svaňových procesech. Ve vzorcích převažovaly polámané a rekrystalované jehlice hub, méně často silicifikované radiolarie *Cenosphaera* sp. a aglutinované foraminifery. Foraminifery *Bathysiphon* sp., *Rhabdammina discreta* Brady, *Glomospira* gr. *gordialis* (J&P), *Caudammina ovuloides* (Grzyb.), které mohou pocházet

z paleocenních či starších členů frýdlantského souvrství podslezské jednotky. Vzhledem k těmto skutečnostem tedy nebylo možné na základě mikropaleontologické analýzy určit stáří sedimentárních výplní a stále tak nelze vyloučit jejich neogenní či kvartérní stáří.

J. Otava, M. Geršl a J. Havíř pracují v České geologické službě Brno, O. Bábek v Ústavu geologických věd PřF MU, Brno, M. Kosina v České sbírce mikroorganismů PřFMU Brno

LITERATURA:

BÁBEK O., OTAVA J. (2006): Biostratigrafické doklady pro tence šupinovitou stavbu hranického paleozoika, moravskoslezská zóna. Geol. výzk. Mor. Slez. v r. 2005, 60-63. – BADA N., YAZOURH A., SINGER E., IZARD D. (2001): *Pseudomonas breneri* sp. nov., a new species isolated from natural mineral waters. Res. Microbiol. 152, 493-502. – DOSEDLA J., STRNAD V. (1955): Poznámky ke geomorfologickému vývoji Hranické propasti, Sborník KVM Olomouc (SLUKO). III.59-74. Olomouc. – DVOŘÁK J., SLEZÁK L. (1953): Jeskyně v oblasti hranického devonu. Čs. kras, VI, 175-184. Brno. – GERŠL M. (2001): Kenozoické sedimenty na severovýchodní části kry Maleníku. MS diplomová práce Přírodov. fak. MU Brno. 82 str., 20 obr., Brno. – HAVÍŘ J., DVOŘÁK V., OTAVA J. (2003): Nové výsledky strukturálního studia paleozoika okolí Hranic. Geol. výzk. Mor. Slez. v r. 2002, 48-51. – HAVÍŘ J., BÁBEK O., OTAVA J. (2004): Vztah struktur, stratigrafie a krasování ve Zbrašovských aragonitových jeskyních. Geol. výzk. Mor. Slez. v r. 2003, 46-50. Brno. – OTAVA J. (red.) (2004): Vysvětlivky a základní geologická mapa České republiky 1:25 000, list 25-123 Hranice. Česká geologická služba Praha. – OTAVA J. (2005): Polycyclic origin of fossil karst at Hranice Palaeozoic, Czech Republic. 14th International congress of speleology, abstract book, 121-122, Athens. – OTAVA J. (red.) (2008): Vysvětlivky a základní geologická mapa České republiky 1:25 000 list, 25-141 Kelč. Česká geologická služba Praha. – PANOŠ V. (1953): Hranický kras a rezervace Hůrka. Čs. kras VI, Brno.

SUMMARY

Otava J., Geršl M., Havíř J., Bábek O. & Kosina, M.: The Hranice Abyss from the viewpoint of geologists

The Hranice abyss is not only an excellent site for divers. Its dry parts are approx. 70m deep and the depth of water column below is certainly more than 205m. In the article, history of geological research there is followed with the geological history, which has been described and presented for the most interesting surrounding sites. The cave has developed in the Upper Devonian limestones by

hydrothermal processes. Relics of the sediments deposited during the Miocene marine transgression were found in the abyss walls and in its surroundings.

The article also deals with the structural geology – the video record made by the submarine module Hyball r.o.v. together with the surface measurements have been used to specify dips of cleavage (bedding) and to construct the section. A short review concerning the research of microbiota found in the flooded part of the abyss is presented. Finally, the results of geophysical research (the very long wave method) are also described in the article.