

DESTRUKCE KALCITOVÝCH SPELEOTÉM V JESKYNÍCH MORAVSKÉHO KRASU

Destruction of calcite speleothem in the Moravian Karst caves

Marta Durdáková, Jiří Faimon

Ústav geologických věd PŘF MU, Kotlářská 2, 611 37 Brno; e-mail: 336134@mail.muni.cz

(24-23 Protivanov)

Key words: anthropogenic impact, cave, condensation, corrosion, destruction, fissure, straw stalactite

Abstract

Speleothem extensive damage was observed in the Moravian Karst caves during the last 20–30 years. It covers corrosion and falling of straw stalactites especially. Both the processes were studied in the Amatérská Cave and the Punkevní Caves, the sites where the damage is most extensive. The results indicate that corrosion dominates in the Amatérská Cave whereas speleothem falling seems more extensive in the Punkevní Caves. Based on fissile cracks in calcite wall, the falling was interpreted as result of a mechanical damage. As the corrosion impact was found only on the outer site of stalactite wall, it was interpreted as consequence of calcite dissolution by condensed water (condensation corrosion). An anthropogenic impact is ambiguous.

Úvod

V posledních 20–30 letech je v jeskyních Moravského krasu pozorováno rozsáhlé chemické a mechanické poškození speleotém. Nejvíce postižená jsou brčka – drobné duté stalaktity rourkovitého tvaru s vnitřním centrálním kanálkem. Stěna brčka je tvořena především kalcitem (Štelcl – Zimák 2001). Délka brček se v Moravském krasu pohybuje v řádech několika centimetrů až decimetrů, vnější průměr je 4–5 mm. Rychlost růstu brček se odhaduje na 0,2–2 mm/rok (Příbyl et al. 1992). Dřívější hypotézy o mechanismu destrukce brček vycházely z představy (1) chemické koroze skapovými vodami s následným (2) porušením integrity a opadnutím brčka. Tradičně se spekuluje o antropogenních vlivech, ať už přímých (zprístupňování a provoz jeskyní), nebo nepřímých (znečištění krasových vod, doprava, těžba nerostných surovin). Cílem práce je (1) zmapování celkového rozsahu poškození, (2) lepší pochopení příčin destrukce a (3) identifikace případných antropogenních vlivů.

Metodika

Sběr brček proběhl ve dvou termínech, v listopadu 2008 a v srpnu 2009, 3 roky po předcházejícím sběru. Hlavní sběr byl proveden v z. macošské větvi Amatérské jeskyně (Javorová chodba, Absolonův dóm/Honzovo království, Dóm pestrých jílu, Dóm Roztoka) a v Punkevních jeskyních (Masarykův dóm). Ve všech případech byla brčka sesbírána z klastických sedimentů, sintrů a jeskynních hlín. Z Amatérské jeskyně pocházelo 37 vzorků (6 kompletních brček a 31 segmentů brček), z Punkevních jeskyní pak 130 vzorků (23 kompletních brček, 107 segmentů).

Brčka byla podrobena morfologickému a morfometrickému studiu pod binokulární lupou a studiu podélných i příčných leštěných výbrusů (1) optickým polarizačním mikroskopem (XPL, PPL Olympus BX 51) a (2) skenova-

cím elektronovým mikroskopem SEM (CAMECA SX100). Morfologické studium bylo zaměřeno na tvar brčka, náznaky koroze, náznaky mechanického poškození (chybějící část stěny, díry ve stěně, výskyt štěpných trhlin) a povahu lomů. Při morfometrickém studiu byly měřeny délky brček/segmentů, vnější průměry brčka, průměr centrálního kanálku, tloušťka stěny a úhel lomu brčka.

Bodové chemické analýzy stěny brčka byly provedeny elektronovou mikrosoudou CAMECA SX100 metodou WDX.

Výsledky

Amatérská jeskyně

Průměrná délka studovaných brček (a jejich segmentů) z Amatérské jeskyně byla $5,1 \pm 3,6$ cm (směrodatná odchylka), vnější průměr brčka byl $4,7 \pm 0,6$ mm. Úhly lomů se pohybovaly v rozmezí od 29 do 89°. Průměrný počet kalcitových individuí v příčném řezu stěnou brčka byl $2,65 \pm 0,5$, velikost individuí byla 283 ± 24 μ m. Kromě kalcitu byly ve stěně brčka nalezeny i jiné minerální fáze: jílové minerály a oxidy/hydroxidy Fe, nejčastěji podél ploch štěpnosti kalcitu. Sporadicky bylo pozorováno vrůstání nově vytvořeného kalcitu do stěny brčka. Chemické analýzy potvrdily převahu kalcitu v kalcitové stěně. Koncentrace MgO nepřesáhly 0,12 hmot. %. Z nekarbonátových složek byl přítomen SiO₂ (max. 0,62 hmot. %) a P₂O₅ (max. 0,12 hmot. %).

U 75,7 % vzorků byly pozorovány štěpné trhliny ve stěně brčka a u 59,5 % vzorků projevy koroze. Trhliny se vyskytovaly nejčastěji u brček tenkostěnných (mocnost stěny < 2 mm). Koroze se projevovala výhradně na vnější straně stěny brčka vyleptanými důlky (kavernami) o velikosti až 1 cm, většinou ve spojení s rezavě hnědým zabarvením.

Punkevní jeskyně

Průměrná délka brček (jejich segmentů) z Punkevních jeskyní byla $6,0 \pm 4,0$ cm (směrodatná odchylka), vnější průměr brčka byl $4,6 \pm 0,8$ mm. Úhly lomu byly v rozmezí od 39° do 90° . Obvod stěny brčka byl tvořen $2,66 \pm 1,2$ kalcitovými individui o velikosti 250 ± 161 μ m. Kromě kalcitu byly nalezeny i další minerální fáze: jílové minerály, oxidy/hydroxidy Fe, plagioklas, biotit a křemen. Tyto minerály byly uzavřeny v dutinkách uvnitř stěny brčka.

Kromě Ca byly v brčkách z Punkevních jeskyní zaznamenány zvýšené koncentrace K_2O (max. 0,13 hmot. %), SiO_2 (max. 0,19 hmot. %) a SO_3 (max. 0,15 hmot. %). Štěpné trhliny byly identifikovány u 58,5 % brček a chemické poškození u 5,4 % brček.

Diskuze

Na základě krátkého časového rozmezí 2–3 roky od posledního sběru vzorků lze konstatovat, že (1) k opadu brček dochází i v současnosti a (2) rozsah destrukce je značný. Zvláště nález 140 kusů destruovaných brček v Punkevních jeskyních na malé ploše Masarykova domu je enormní. Brčka z obou lokalit mají obdobné morfolokické a morfometrické parametry, mírně se liší variabilitou: brčka z Punkevních jeskyní vykazují vyšší variabilitu jak v počtu, tak ve velikosti kalcitových individuí v porovnání s brčky z Amatérské jeskyně. Vnitřní uspořádání brček může předurčovat odolnost brček vůči destrukci.

Štěpné trhliny ve stěně brčka jsou důležitým ukazatelem mechanického poškození brček. Lze předpokládat, že trhliny se primárně tvoří při mechanickém namáhání brčka díky extrémně velké štěpnosti kalcitu. Na vzniku trhlín se v minulosti mohl podílet člověk, především při zpřístupňování jeskyní. Častý protiargument o časové nekonzistentnosti není korektní: primární trhliny se mohly v průběhu času rozšiřovat jako důsledek spolupůsobení

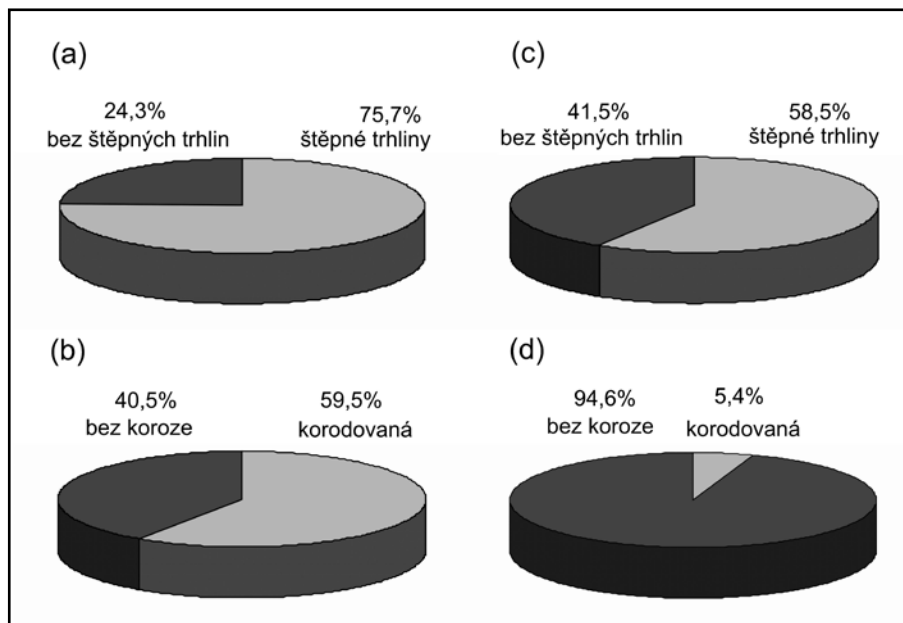
slabých vnějších vlivů až po narušení integrity kalcitové stěny a opadnutí brčka v dnešní době. Porovnání rozsahu výskytu štěpných trhlín v brčkách z obou jeskyní však nepotvrdilo významné rozdíly, dokonce vyšší četnost vykazují trhliny v brčkách Amatérské jeskyně (obr. 1a, c). To je zdánlivě v rozporu s předpokládaným antropogenním vlivem, kdy antropogenní zásahy v Punkevních jeskyních mohou být vnímány jako rozsáhlejší. Budováním vstupní štolý Amatérské jeskyně se však tyto vlivy do značné míry vyrovnaly. Mikrostruktura některých štěpných trhlín naznačuje, že by se na jejich rozšiřování mohla podílet i tzv. biokoroze. Existují i hypotézy o pnutí vzniklém rekrystalizací kalcitové stěny (Faimon et al. 2006), nicméně přímé důkazy o tomto mechanismu chybí. Pevnost kalcitové stěny mohou snižovat také nekarbonátové minerální fáze (jílové minerály, oxidy a hydroxidy Fe v Amatérské jeskyni, křemen, biotit, plagioklas, jílové minerály, oxidy a hydroxidy Fe v Punkevních jeskyních) nebo kalcit nové generace narušením vnitřního uspořádání klenců kalcitu ve stěně. Cizí fáze ve stěně brčka zřejmě nevznikaly syngeneticky, ale byly do jeskyně zavlečeny. Distribuce nekarbonátových složek (SiO_2 , P_2O_5 , K_2O , SO_3) v závislosti na délce (a stáří) brčka naznačuje, že tyto složky nesouvisí s antropogenním znečištěním.

Brčka z Amatérské jeskyně jsou zřetelně více postižena korozi než brčka z Punkevních jeskyní (obr. 1b, d). Typická je koroze vnější stěny brčka, v některých případech i s lokální destrukcí stěny brčka. Koroze vnitřní stěny brček (ze strany vnitřního kanálku) nebyla zaznamenána a nebyla tak nalezena žádná souvislost mezi poškozením speleotém a znečištěním povrchových vod. To je konzistentní s hydrogeochemickou studií, při které byla většina skapových vod identifikována jako přesycených ke kalcitu (Faimon et al. 2006). Postižení vnější strany stěny brčka potvrzuje vliv tzv. kondenzační koroze. Ta může

být indukována změnami mikroklimatu jeskyně, avšak identifikovat antropogenní vlivy by vyžadovalo mnohem detailnější studii. Za zmínku stojí typické kontaminace jíly v místě koroze, vliv jílu na korozi je však nejasný.

Závěry

Porovnání obou studovaných jeskyní ukazuje, že jak mezi stavbou brček, tak v míře postižení jsou určité rozdíly. V Amatérské jeskyni mírně převažuje zastoupení štěpných trhlín, avšak opad brček se zdá intenzivnější v Punkevních jeskyních. Kvantitativní porovnání nebylo možné: data by musela být normována hustotou výskytu brček v daném místě, která nebyla pro tuto studii dostup-



Obr. 1. Poškození brček v jeskyních Moravského krasu. Amatérská jeskyně: a – štěpné trhliny, b – koroze; Punkevní jeskyně: c – štěpné trhliny, d – koroze.

Fig. 1. Damage of straw stalactites in the caves of the Moravian Karst. Amatérská cave: a – fissures, b – corrosion; Punkevní caves: c – fissures, d – corrosion.

ná. Mechanické poškození je bezesporu odvozeno od pnutí v kalcitové stěně. To mohlo vznikat antropogenními aktivitami především v minulosti (při zpřístupňování jeskyní).

Koroze brček jasně dominuje v Amatérské jeskyni. Poškozená místa výhradně na vnější stěně brčka naznačují, že jsou důsledkem působení zkondenzované vody (kondenzační koroze). Tento proces souvisí s mikroklimatickými podmínkami v jeskyni – nakolik však byly tyto

podmínky antropogenně ovlivněné, je nejasné. Studie je součástí diplomové práce (Durdáková 2011).

Poděkování

Autoři děkují recenzentovi článku J. Štelcovi ze podnětné připomínky. Práce byla podporována výzkumným záměrem MSM0021622412 MŠMT ČR.

Literatura

- Durdáková, M. (2011): Mechanická destrukce kalcitových speleotém (Moravský kras). – MS, diplomová práce, PřF MU Brno.
- Faimon, J. – Štelcl, J. – Schwarzová, M. – Zajíček, P. – Zimák, J. (2006): Recentní krasové procesy: destrukce speleotém. MS, závěrečná zpráva, PřF UP Olomouc.
- Příbyl, J. – Ložek, V. – Kučera, B. – Bosák, P. – Cílek, V. – Jančařík, A. – Kirchner, K. – Panoš, V. – Sklenář, K. – Sločík, J. – Smejkal, V. – Štěrba, O. – Vošátko, J. – Vlček, V. (1992): Základy karsologie a speleologie. – 354 s. Academia, Praha.
- Štelcl, J. – Zimák, J. (2001): Mineralogické zhodnocení brček opadajících v jeskyních Moravského krasu. – In: Bella, P. (ed.): Výskum, využívanie a ochrana jaskýň. – Zborník referátov z 3. vedeckej konferencie, 100–103. Správa jaskýní, Liptovský Mikuláš.