

AEROSOLY V ATMOSFÉŘE CÍSAŘSKÉ JESKYNĚ (MORAVSKÝ KRAS)

The aerosol in the atmosphere of the Císařská cave (the Moravian Karst)

Jiří Faimon¹, Jindřich Štelcl¹, Jiří Zimák², Pavel Slavík³

¹Katedra mineralogie, petrologie a geochemie, PřF MU, Kotlářská 2, 611 37 Brno, e-mail: faimon@sci.muni.cz

²Katedra geologie, PřF UP, 771 46 Olomouc

³Dětská léčebna se speleoterapií, 679 14 Ostrov u Macochy

(24-23 Protivanov)

Key words: calcite, quartz, organic matter, particles, speleotherapy, ultrafiltration

Abstract:

The speleo-aerosol, a potential therapeutic factor in speleotherapy, was studied in the Císařská cave. The ultrafiltration was used for the particle separation. The matter found on the ultrafilters consisted of ultra-fine matter (UFM) and rougher particles (RP) about 1 micrometer in diameter. Ca and Si were found as major and minor element in the UFM, respectively. The rest of UFM probably consisted of organic matter. In the RP, Ca and Si were found as major and K, Na, Al, Na, and Fe as minor elements. The stoichiometric ratios of the elements related to CaCO_3 , SiO_2 , feldspar, and clay minerals. Based on the structural X-ray analysis, however, just calcite and quartz were proved.

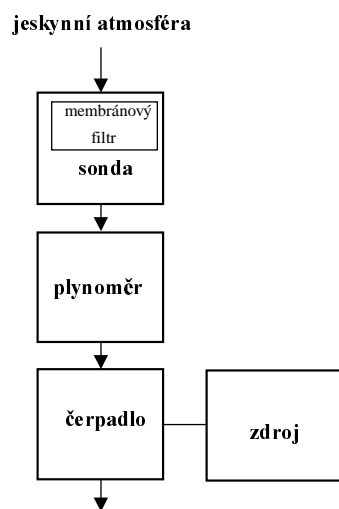
Císařská jeskyně je v současné době využívána ke speleoterapii dětských pacientů s chronickými respiračními chorobami. Fyzikální mechanismus terapeutického účinku - navzdory historicky dlouhodobému praktickému využívání - je stále málo pochopen (Horvath 1986, Karakoca et al. 1995). Přes nesporné komplexní působení všech klimatických faktorů (čistota vzduchu, snížená teplota, vysoká vlhkost, zvýšené koncentrace CO_2 , zvýšená radiace) je právě jeskynním aerosolům (speleo-aerosolům) přikládán klíčový význam. Tento geochemický fenomén dosud nebyl systematicky studován. Výzkum Císařské jeskyně, prováděný od roku 1998, má přispět k osvětlení tohoto problému.

Základní klimatologické parametry jeskyně, monitorované v průběhu roku 1999, jsou velmi stabilní ($t \sim 7-8^\circ\text{C}$, relativní vlhkost 98-100 %, parciální tlaky $\text{CO}_2 \sim 3-5 \cdot 10^{-4}$ atm). Částice aerosolu byly izolovány ultrafiltrací (obr. 1) na membránových filtrech Synpor 400 nm (rychlost filtrace $15 \text{ m}^3/\text{den}$, celkové množství prosátého vzduchu k analýze $\sim 100-300 \text{ m}^3$). Hmoty zachycené na filtru byla studována standardními metodami (SEM, RTG-difrakce, elektronová mikrosonda kombinovaná s EDXR). Bohužel, vzhledem k povaze filtru (filtr byl během analýzy propalován elektronovým paprskem), nebylo možné provést kompletní kvantitativní analýzy. Všechny další údaje o složení tak jsou založeny na semikvantitativních odhadech.

Filtrační koláč byl světle šedé až černé barvy a byl tvořen ultra-jemnou hmotou s rozptýlenými „hrubšími“ částicemi o průměru pod 1 mm. Matrici ultrajemné fáze pravděpodobně tvoří organická hmota (zkoumaná hmota neposkytla v oblasti sekundárního RTG záření žádný analytický signál). V matrici byl zaznamenán zvýšený obsah Ca a minoritní obsah Si. Analyzované „hrubší“ částice

obsahovaly Ca, Si jako majoritní a Na, K, Al, Fe jako minoritní prvky. Molární poměry odpovídaly CaCO_3 , SiO_2 , živcům a jílovým minerálům. Prášková difrakční RTG-analýza však prokázala pouze přítomnost kalcitu a křemene.

Složení hmoty na filtrech je nečekaně pestré. Překvapivě jsou především relativně vysoké obsahy silikátů (včetně křemene) a organické hmoty, jejíž přesná identifikace dosud nebyla provedena. Velmi aktuální zůstává výzkum původu a mechanismu vzniku těchto aerosolů. S tím souvisí studium dispergace skapových vod (v závislosti na dynamice skapů a atmosférických srážek) a stabilizace vzniklých speleo-aerosolů organickými látkami, radionuklidy a atmosférickými iony.



Obr. 1 - Zařízení pro ultrafiltraci jeskynní atmosféry.
Fig. 1 - The device for the ultrafiltration of speleo-atmosphere.

Literatura:

- Horvath, T. (1986): Speleotherapy: a special kind of climatotherapy, its role in respiratory rehabilitation. - Int. Rehabil. Med. 8, 90-92.
- Karakoca, Y. - Demir, A.U. - Kisacik, G. - Kalyoncu, A.F. - Findik, S. (1995): Speleotherapy in asthma and allergic diseases. - Clin. Exp. Allergy 25, 666-667.

DYNAMIKA SKAPOVÝCH VOD (CÍSAŘSKÁ JESKYNĚ, MORAVSKÝ KRAS)

The dynamics of dripping waters (the Císařská Cave, the Moravian Karst)

Jiří Faimon¹, Jindřich Štelcl¹, Jiří Zimák², Pavel Slavík³

¹Katedra mineralogie, petrologie a geochemie, PřF MU, Kotlářská 2, 611 37 Brno, e-mail: faimon@sci.muni.cz

²Katedra geologie, PřF UP, 771 46 Olomouc

³Dětská léčebna se speleoterapií, 679 14 Ostrov u Macochy

(24-23 Protivanov)

Key words: ground water, model, precipitation, soil water, supersaturation

Abstract:

The dynamics of dripping waters was studied in the Císařská cave. The dependency of the dripping water fluxes on precipitation is discussed in terms of the simple two-reservoir model. The parameters of the model: kinetics constants were $k_0 = 12 \text{ liter day}^{-1} \text{ mm}^{-1}$, $k_1 = 2 \text{ day}^{-1}$, $k_2 = 0,03 \text{ day}^{-1}$. The initial contents of soil reservoir and ground water reservoir were $n_0 = 15 \text{ liters}$ and $m_0 = 130 \text{ liters}$, respectively. The residence time of water in the soil reservoir and the ground water reservoir were found to be 0.5 day and 33.3 day. A tight correlation between the fluxes of dripping waters and saturation index was not found.

Dynamika a složení skapových vod jsou klíčové fenomény recentních krasových systémů. Řídí růst a roz-pouštění jeskynních sintrů, kontrolují vlhkost vzduchu a parciální tlaky CO_2 v jeskynní atmosféře, určují složení a koncentraci speleo-aerosolů apod. Rychlost skapů úzce souvisí s množstvím srážek na povrchu. Důležitou roli při tom hraje půdní voda a hladina podzemní vody (obr. 1).

Závislost mezi srážkami a skapovými vodami lze popsat zjednodušeným modelem (obr. 2). Rezervoár půdní vody o celkovém obsahu n [litry] odpovídá lokální snosové oblasti modelového skapu. Je napájen srážkami s [mm] a sám sytí rezervoár podzemních vod m [litry]. Podzemní vody s volnou hladinou jsou vlastním zdrojem skapových vod d [ml/min].

Pokud předpokládáme, že toky závisí lineárně na obsahu vody v rezervoárech, pak lze model kvantitativně popsat diferenciálními rovnicemi

$$+ \frac{dn}{dt} = k_0 s - k_1 n, \quad (1)$$

$$+ \frac{dm}{dt} = k_1 n - k_2 m, \quad (2)$$

kde m a n jsou množství vody v jednotlivých rezervoárech [litry], s jsou srážky [mm]. Kinetické konstanty k_0 [litr den⁻¹ mm⁻¹], k_1 [den⁻¹], k_2 [den⁻¹].

Stacionární stavy jednotlivých rezervoárů

$$n_{ss} = \frac{k_0 s}{k_1}, \quad (3)$$

$$m_{ss} = \frac{k_0 s}{k_2}. \quad (4)$$

Rychlost skapu d v ml/min je úměrná aktuálnímu obsahu rezervoáru m

$$d = k_2 m. \quad (5)$$

Závislost rychlosti skapů na intenzitě srážek byla experimentálně sledována po dobu 3 měsíců v Císařské jeskyni. Na obr. 3 je ukázána závislost množství srážek a dvou různých skapů v prostoru Nagelova dómu. Přes rozdílnou intenzitu oba vykazují velmi podobnou dynamiku. V grafu je vynesena také modelová závislost. Parametry modelu ($k_0 = 12 \text{ litr den}^{-1} \text{ mm}^{-1}$, $k_1 = 2 \text{ den}^{-1}$, $k_2 = 0,03 \text{ den}^{-1}$, počáteční hodnoty $n_0 = 15 \text{ litrů}$, $m_0 = 130 \text{ litrů}$) byly hledány