# Likvidace lampenflory

## v jeskyních Moravského krasu

Jiří Hebelka

Ve veřejnosti přístupných jeskyních s elektrickým osvětlením se na celém světě setkáváme s problémem výskytu a rozšiřování různých druhů převážně nižších rostlin v okolí osvětlovacích těles. Jedná se zejména o řasy, sinice, mechorosty, kapradiny a výjimečně o semenné rostliny. Porosty lampenflory mění habitus krápníkové výzdoby a produkují huminové kyseliny, které mohou tuto výzdobu nenávratně poškodit.

Tyto rostliny se v závislosti na druhu použitého světelného zdroje, druhu substrátu, jeho vlhkosti a dalších faktorech vyskytují ve vzdálenostech od několika centimetrů až po několik desítek metrů od světelného zdroje a mohou pokrývat rozlehlé plochy jeskyně a krápníkové výzdoby. Ve zpřístupněných jeskyních jsou cizorodým prvkem, který se v jeskyních bez osvětlení nevyskytuje. Chceme-li jeskyně uchovat v původním stavu před jejich osvětlením, narážíme na problém, jak stávající porosty lampenflory odstranit a zamezit jejich opětovnému růstu bez negativního vlivu na jeskynní geoekosystémy.

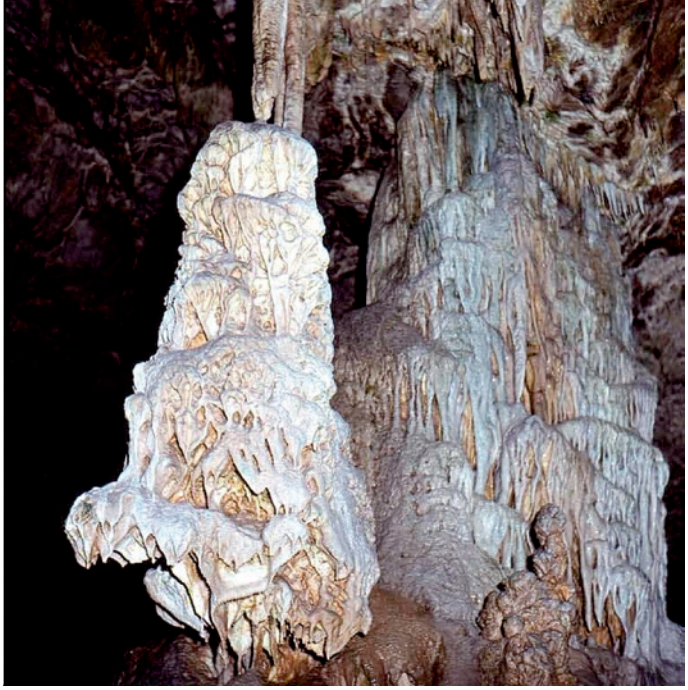
Problematikou likvidace lampenflory v jeskyních Moravského krasu se začalo zabývat oddělení dokumentace organizace Moravský kras pod vedením Dr. O. Štelcla v roce 1978. Zpočátku byly používány mechanické metody likvidace (kartáče, tlaková voda) – jejich účinnost byla malá a dlouhodobě žádná. Vážným nebezpečím těchto metod je možnost dalšího šíření lampenflory do okolních, dosud nepostižených prostor či poškození stěn a sintrů. Proto se od jejich použití upustilo a byly zkoušeny metody využívající ultrafialového záření. Vyznačují se velmi dobrou účinností na krátkou vzdálenost a minimálními vedlejšími účinky. Uhynulá lampenflora získává po ozáření rezavě hnědé zbarvení a je nutno ji odstranit některou z mechanických metod. Limitujícím faktorem použití metod UV záření je jejich malý dosah (UV záření z lampy o výkonu 30 W je účinné na vzdálenost 50–70 cm, zatímco lampenflora se vyskytuje i ve vzdálenostech větších než 15 metrů od stávajících světelných zdrojů). Z tohoto důvodu se tyto metody v Moravském krasu neosvědčily – je možné je aplikovat pouze v menších jeskynních prostorách. Další nevýhodou je, že v prostorách s bohatou krápníkovou výzdobou a úzkých puklinách se projevuje zastínění, které podstatně snižuje, nebo dokonce znemožňuje účinky UV záření.

Další cestou k odstranění nežádoucí lampenflory jsou metody chemické. Ty však mohou při použití nevhodných chemikálií způsobit ještě více problémů a škod než mechanické odstraňování. Při hledání a zkoušení vhodné látky je nutno zvážit její ekologickou přijatelnost, bezpečnost pro personál a vzhledem k nepřetržitému provozu v jeskyních Moravského krasu i pro návštěvníky. Po vyloučení sloučenin, které obsahují vysoce jedovaté látky, jako jsou arzen, kyanid, olovo nebo rtuť, a mírně jedovaté látky, které se rychle nerozpadají a mohly by se hromadit v jeskyních, jako chlorační hydrokarbony a jiné uhličitanové sloučeniny, dále vysoce aromatických sloučenin (formaldehyd) a jiných fytotoxických prostředků, u nichž není dostatek informací o možných negativních vlivech na jeskynní ekosystémy, se jako nejvhodnější pro likvidaci lampenflory ukázaly sloučeniny s okruhu dezinfekčních prostředků na bázi chloru. Výzkumy s použitím těchto prostředků byly prováděny v 70. letech 20. století na Novém Zélandu ve Waitomo Caves. Jako účinné látky byly vytipovány dvě chlornanové sloučeniny: chlornan vápenatý $Ca(ClO)_2 \times 2H_2O$ a chlornan sodný NaClO.

Protože však v tehdejším Československu nebyl dostupný, jako náhrada bylo použito chlorové vápno, které je směsí chlornanu vápenatého $Ca(ClO)_2 \times 2H_2O$ s chloridem vápenatým $CaCl_2$. Pokusy byly prováděny

***Obr. 1*** *Likvidace lampenflory v Kateřinské jeskyni*

***Obr. 2*** *Punkevní jeskyně – stav před aplikací chlornanu sodného*



***Obr. 3*** *Punkevní jeskyně – stav po aplikací chlornanu sodného*

nejprve na malých plochách o rozměrech 20 × 20 cm. Ke stoprocentnímu úhynu bylo zapotřebí postřik 2–4% roztoku chlorového vápna třikrát opakovat. Pro další aplikaci na větších plochách (1 × 1 m) ve Sloupsko-šošůvských jeskyních byla proto koncentrace chlorového vápna zvýšena na 4–10 %. Tato koncentrace se osvědčila a byla používána pro celkovou likvidaci lampenflory v letech 1980–1983 ve všech turisticky přístupných jeskyních Moravského krasu. Koncentrace uvolněného chloru, která byla měřena Okresní hygienickou stanicí v Blansku, se pohybovala pod mezí registrace použité techniky.

Od roku 1984 do roku 1990 byl k likvidaci lampenflory používán chloramin T. Oproti chlorovému vápnu se vyznačuje menší toxicitou a výbornou rozpustností ve vodě. Vzhledem k jeho nižší toxicitě bylo nutno zvýšit jeho koncentraci na 10–15 %.

Od roku 1991 je v jeskyních Moravského krasu používán 4% roztok chlornanu sodného. Zkoušky byly prováděny obdobným způsobem jako u chlorového vápna. Účinnost tohoto prostředku dosahovala po jednorázovém použití průměrně 80 %. Tato látka nezanechává na ošetřovaném povrchu žádný povlak, úhyn lampenflory je indikován jejím vybělením. Praktické zkušenosti ukázaly, že v současné době se z dostupných látek jeví jako nejvhodnější chemikálie pro likvidaci lampenflory chlornan sodný. V jeskyních Moravského krasu je prováděna jednou ročně, mimo hlavní turistickou sezonu v období minimálního skapu. Množství chlornanových směsí, nutných pro opakovanou likvidaci lampenflory, se rok od roku snižuje.

V roce 1996 byly autorem ve Sloupsko-šošůvských jeskyních zahájeny experimenty s likvidací lampenflory pomocí peroxidu vodíku ($H_2O_2$), který je podstatně šetrnější k jeskynnímu prostředí. Protože se jednalo o novou metodu, byli k ověření její účinnosti a nalezení optimálních koncentrací pH, resp. k odhalení případných negativních účinků, požádáni o spolupráci pracovníci PřF MU Brno a PřF UP Olomouc, kteří tuto metodu dále rozpracovali (Faimon *et al.* 2002). Dalšími zkouškami v jeskyních Moravského krasu však bylo prokázáno, že peroxid vodíku zdaleka nedosahuje účinnosti chlornanových směsí. Účinnost peroxidu vodíku je dostačující pro likvidaci plísní, pro likvidaci mechů a řas je nutná opakovaná aplikace a výsledky nejsou jednoznačné.

Zkušenosti za dvacetileté období aplikace chlornanu sodného ve čtyřech turisticky zpřístupněných jeskyních Moravského krasu naznačují, že tato metoda likvidace ve spojení s preventivními opatřeními omezujícími další růst lampenflory (zkrácení doby osvitu, snížení intenzity světla, osvětlení svítidly o specifických vlnových délkách, odstranění nečistot z jeskyně, které podporují růst lampenflory aj.), je schopna problematiku vegetace kolem jeskynních svítidel uspokojivě řešit.

*Fotografie J. Hebelka*

*Autor pracuje na Správě jeskyní ČR, Moravský kras*


## SUMMARY

**Hebelka J.: Lampenflora Removal and Eradication from the Moravský kras/Moravian Karst Show Caves**

The author describes measures taken to remove and to eradicate lampenflora (a community consisting of various lower plant species occurring in close or remote proximity to artificial light sources, *e.g.* lamps) in four show caves in the Moravský Kras/Moravian Karst. Lampenflora growths, particularly algae, cyanobacteria often called blue-green algae, mosses or bryophytes, ferns, only exceptionally vascular plants) produce humic acids, which can irreversibly damage karst ornaments. Effectiveness of mechanical measures, *e.g.* using brushes and pressured water which started to be applied in the late 1970s has proved to be very low. Their main disadvantages include both possibility of further lampenflora spreading in spaces not penetrated yet and mechanical damage of walls and sinters. Another method displaying quite high effectiveness uses ultraviolet radiation. Moreover, a short range is a limiting factor: UV radiation emitted by a 30 W lamp is effective maximally within the distance of 50–70 centimetres. Thus, further methods can involve chemicals, but their possible affects on cave ecosystems should be carefully assessed. In the late 1970s, sodium hypochlorite $Ca(ClO)_2$ x $2H_2O$ and sodium hypochlorite NaClO were tested in the Moravský kras/Moravian Karst caves. Later, tests with chlorinated lime were also performed. When the 4% solution was repeatedly, namely three times applied, the treatment was effective. In 1984–1990, 10–15% chloramines-T solution was used: the chemical substance is, in comparison with chlorinated lime, less toxic and better soluble in water. Since 1991, 4% sodium hypochlorite solution has been applied: at present, it is the most effective agent in lampenflora removal and eradication. In addition, since 1994 experiments with hydrogen peroxide ($H_2O_2$) which is more cave environment friendly have been also carried out. Moreover, it was confirmed that hydrogen peroxide is not as effective as hypochlorite mixtures and the results are even after repeated applications not unambiguous.