

Mikroklimatický monitoring v jeskyních Gruzie

Petr Zajíček

V rámci projektu České rozvojové agentury v Gruzii – „Zvýšení efektivity řízení Jeskynní chráněné oblasti Imereti II“, který řešili odborní pracovníci Správy jeskyní ČR, bylo mj. plánováno zavedení trvalého monitoringu mikroklimatických poměrů ve vybraných jeskyních. Úkol se podařilo

realizovat již v roce 2015, ve kterém byl zahájen zkušební režim monitoringu. V posledních letech jsou již dostupné ucelené soubory výsledků měření a správce jeskyní tak má k dispozici důležité podklady pro efektivní péči a ochranu tohoto podzemního přírodního dědictví Gruzie.

Zpřístupněná trasa v jeskyni Prometheus. Foto Petr Zajíček, archiv SJČR



Jeskynní mikroklima patří ke specifickým složkám podzemního prostředí. Pokud není výrazně ovlivňováno antropogenními vlivy, bývají jeho hodnoty velmi stabilní, protože se vyznačuje schopností se během krátké doby vrátit do původních dlouhodobě stálých hodnot. Uvedená zákonitost platí i v případě veřejnosti zpřístupněných jeskyní, kdy během turistické sezony dochází k drobným výkyvům, především k opakovanému nárůstu teploty. Správa jeskyní České republiky se již řadu let zabývá monitorováním jeskynního mikroklimatu, a to jak ve veřejnosti přístupných, tak i některých nepřístupných jeskyních. Sledování veličin jeskynního ovzduší slouží k bezpečnosti provozu, vědeckému poznání a k ochraně jeskyní samotných.

Metodika měření

Rozsah projektu limitovala výše dostupných finančních prostředků. Proto nebylo možné zabudovat ve vybraných jeskyních permanentní monitorovací systém podobný těm, jež jsou v ČR např. v Punkevních či Zbrašovských aragonitových jeskyních. Teplota a vlhkost ovzduší v gruzínských jeskyních se tudíž sledují pomocí přenosných sběračů dat, dataloggerů. Podle dlouhodobých zkušeností z mikroklimatických výzkumů z jeskyní v ČR byly vybrány dataloggery s označením PRO V2, a to díky své přesnosti a spolehlivosti: na jednu baterii vydrží přístroj zapisovat údaje déle než tři roky.

Na rozdíl od pevně zabudovaného systému je u těchto zařízení nutné po určité době stáhnout data, vyčistit paměť a zkontrolovat stav baterií. V průběhu zkušebního období se podařilo zaškolit odborné pracovníky gruzínské partnerské organizace. Kromě sledování teploty a vlhkosti jeskynního ovzduší, přičemž je pro srovnání umístěn vždy jeden datalogger zaznamenávající teplotu a vlhkost venku, bylo zahájeno i jednorázové monitorování koncentrace kyslíku a oxidu uhličitého v jeskyních. Pracovník projde jednou za měsíc vybranou jeskyní a pomocí přenosného přístroje Dräger XAm 5600 na vybraných stanovištích, shodných s místy, kde jsou umístěny i dataloggery pro záznam teploty a vlhkosti, změří a zapíše hodnoty obou plynů.



Gruzínští kolegové stahují data z dataloggerů v jeskyni Prometheus a měří plyny v ovzduší. Foto Petr Zajíček, archiv SJČR



Jeskyně Satsurblia v roce 2013. Dnes je zde budována léčebna speleoterapie. Foto Petr Zajíček, archiv SJČR

K průběžnému sledování mikroklimatických poměrů bylo vybráno pět jeskyní, z toho dvě zpřístupněné. Rozmístěno bylo celkem 28 dataloggerů, a to podle velikosti dané jeskyně. Nejpodrobnější sledování jeskynního ovzduší se provádí v rozsáhlém zpřístupněném jeskynním systému Prometheus, dále probíhá monitoring v druhé zpřístupněné jeskyni Sataplia, v jeskyni Satsurblia, kde se nyní uskutečňují rozsáh-

lé úpravné práce a buduje se podzemní léčebna pro dětskou speleoterapii, a v jeskyni Datvi, která je součástí systému Prometheus, s níž ale není propojena. Jako poslední byla vybrána jeskyně Muradi v nedaleké krasové oblasti Racha, která je navštěvována pouze během speleologických akcí a vyniká zcela unikátní krápníkovou výzdobou (viz Ochrana přírody, 70, 6, 46–48, 2015). Jednorázová opakovaná měření ply-

nů prováděli gruzínští kolegové převážně v jeskyni Prometheus.

Výsledky měření ve zkušebním období

V průběhu zkušebního období od července 2015 do října 2016 byly přibližně každé tři až čtyři měsíce ve většině zkoumaných jeskyní shromažďovány údaje z dataloggerů. Proškolení pracovníci gruzínské strany nejdříve za pomoci pracovníků SJ ČR, později již samostatně zpracovávali získané soubory dat a jednou za měsíc měřili a zapisovali hodnoty koncentrací plynů v zkoumaných jeskyních.

Potvrdil se předpoklad, že teplota ovzduší v monitorovaných jeskyních v průběhu roku kolísá v závislosti na teplotě venkovní, podobně jako je tomu v jeskyních České republiky. A stejně jako u nás zůstává vliv vysoké návštěvnosti ve zpřístupněných jeskyních minimální. Drobné nárůsty teplot řádově v desetínách stupňů Celsia způsobené provozem jeskyní se v krátké době dostávají do původních hodnot. Koncentrace CO₂ narůstá v přírodních podzemních prostorách během let-

ního období podobně jako v ČR v souvislosti s vegetační aktivitou na povrchu. Hodnoty se pohybují v setinách až desetínách procent, což jsou hodnoty srovnatelné s měřeními hodnotami v jeskyních České republiky.

Nejteplejší monitorovanou jeskyní v oblastech Imereti a Racha zůstává Prometheus s průměrnou roční teplotou asi 15 °C, kdežto nejchladnější se stala Muradi s průměrem 4 °C za rok. Uvedená skutečnost je dána polohou jeskyní (nadmořská výška vchodů jeskyně Prometheus je asi 170 metrů, Muradi 1 500 metrů). Teplota v jeskyni Satsurblii, která bude využívána pro speleoterapii, vykazovala průměrnou hodnotu přibližně 12 °C.

Co jsme naměřili v listopadu 2016 až říjnu 2017

Po zkušebním režimu mikroklimatického monitorování v gruzínských jeskyních byly nastaveny všechny dataloggery na jednotný záznam dat a na přelomu října a listopadu nastartovány na dlouhodobý monitoring teploty. Data pak byla stažena po roce, takže ze všech měřených míst byly získány roční křiv-

ky teplot. Zároveň bylo tímto způsobem standardně sledováno i venkovní prostředí blízko vchodů do jeskyní. Měření koncentrace CO₂ a kyslíku v jeskyních pokračovalo jednorázově v podobném režimu jako ve zkušebním období.

Jeskyně Sataplia

Jde o veřejnosti zpřístupněnou jeskyni s vysokou roční návštěvností (přes 50 000 turistů), monitorovanou pěti dataloggery, přičemž jeden z nich sleduje teplotu venkovního ovzduší. Průměrná roční teplota se liší v různých částech jeskyně v rozmezí 11–13 °C. Blízko vchodů se teplota během roku mění až o 10 stupňů, kdežto v centrální části jeskyně jen o 3 °C. Částí jeskyně protéká podzemní tok. Koncentrace CO₂ v letních měsících nepřesáhla 0,15 %, což představuje relativně nízkou hodnotu.

Jeskyně Prometheus

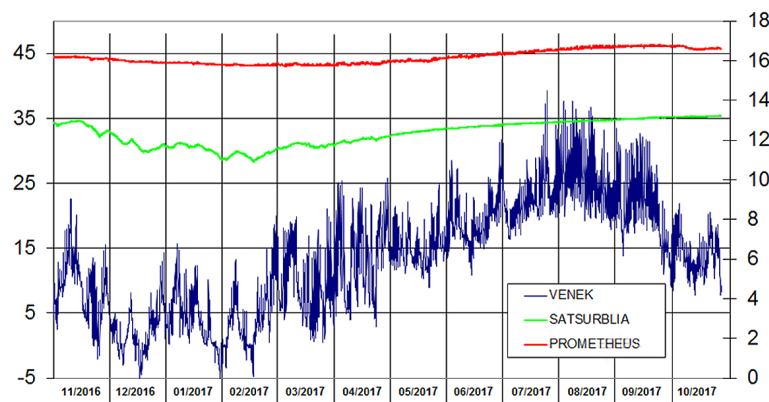
Prometheus je druhou veřejnosti zpřístupněnou jeskyní s podobnou roční návštěvností jako Sataplia, ale je mnohem větší. Sestává ze soustavy mohutných domů chodeb s délkou několik kilometrů, protékané podzemním



Vodní plavba v jeskyni Prometheus.Foto Petr Zajíček



Veřejnosti nepřístupná jeskyně Datvi s bohatou krápníkovou výzdobou. Foto Petr Zajíček, archiv SJČR



Průběh teploty vzduchu v jeskyni Prometheus a Satsurblia. Na hlavní ose venkovní teplota – modrá křivka a teplota v jeskyni Prometheus – červená křivka, na vedlejší ose jeskyně Satsurblia – zelená křivka. Vypracoval Petr Zajíček

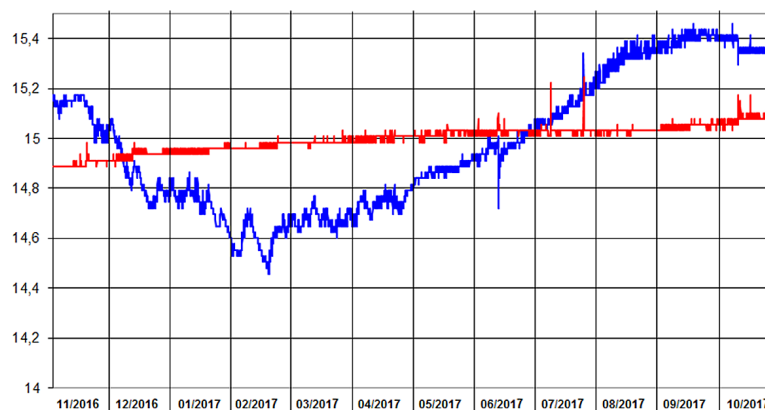
tokem. Na konci prohlídkové trasy na turisty čeká krátká vodní plavba. Jeskyně je monitorována 14 dataloggery a sleduje se i venkovní prostředí. Teplota v centrální části jeskyně v průběhu roku kolísá v rozmezí přibližně jednoho stupně, zatímco blízko vchodů se vychyluje až o 15 stupňů. V letních měsících na prohlídkové trase v jeskyni dosahuje koncentrace oxidu uhličitého hodnot 0,1–0,3 %.

Vzhledem k tomu, že jeskyně Prometheus má řadu částí veřejnosti nepřístupných, je v jeskyni monitorována jedna z nich. Jedná se o paralelní chodbu s chodbou veřejnosti přístupnou, která končí jezerem (sifonem). Oproti veřejnosti přístup-

ným prostorám se projevuje jako statická (o čemž svědčí i vysoké hodnoty koncentrace oxidu uhličitého – kolem 1 %). Teplota zde kolísá výrazně méně než v dynamických částech jeskyně a pohybuje se v rozmezí od 14,9 do 15,2 °C.

Jeskyně Datvi

Celková délka prostor s krásnou krápníkovou výzdobou dosahuje asi 50 metrů a monitorují ji dva dataloggery. V nejzazší části jeskyně kolísala teplota v průběhu roku jen v rozmezí 15,5–15,6 °C. Jedná se o výrazně statickou jeskyni, proto i koncentrace CO₂ byla mnohem vyšší než na dalších monitorovaných lokalitách (až 0,75 %)



Průběh teploty v jeskyni Prometheus. Modrá křivka ukazuje průběh teploty v části zpřístupněné veřejnosti, červená křivka průběh teploty na konci nepřístupné chodby Alpinistů. Vypracoval Petr Zajíček

Jeskyně Satsurblia

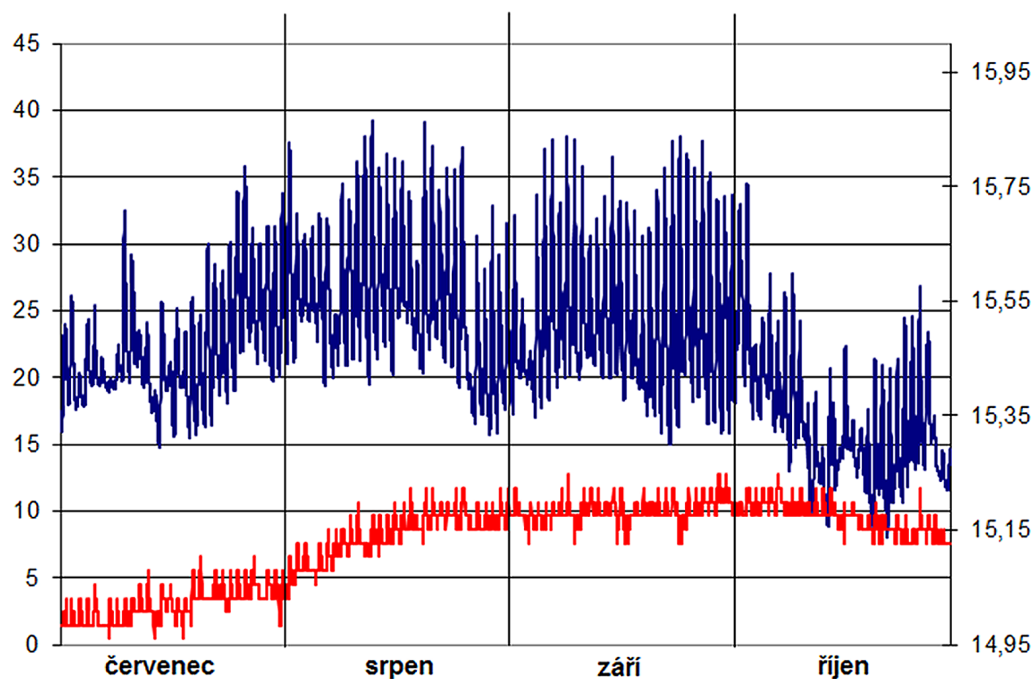
V jeskyni v současné době vrcholí úpravné práce pro vybudování léčebny. Dočasnému monitorování teploty slouží čtyři dataloggery umístěné v jeskyni a jeden před vchodem. Teplota v ovzduší se ve většině prostor od ledna do prosince nevychyluje z rozmezí 11–13 °C. Pouze část nejbližší vchodu ovlivňuje venkovní ovzduší: teplota v ní klesá v zimních měsících až k 8 °C. Koncentrace CO₂ v letních měsících dosahuje hodnot od 0,1 do 0,3 %.

Jeskyně Muradi

Poslední monitorovanou jeskyní je jeskyně Muradi s nedávno objevenými prostorami s bohatou a unikátní krápníkovou výzdobou. V jeskyni je umístěn jeden datalogger, další pracuje před jeskyní. Teplota se v důsledku nadmořské výšky během roku pohybuje mezi 2 až 5,50 °C.

Zjištěné závěry jsou teprve počátkem

Mikroklimatický monitoring jeskyní Gruzie přinesl řadu zajímavých výsledků, které čeká podrobnější vyhodnocení. Jsou přínosem nejen pro poznání režimu citlivého jeskynního ovzduší ve veřejnosti zpřístupněných i nepřístupných jeskyní oblastí Imereti a Racha, ale poslouží i ke srovnání podobných údajů o ovzduší v jeskyních ČR. Na konci roku 2018 budou k dispozici data z období listopad 2017 až říjen 2018 a jistě bude zajímavé porovnání teplot v jeskyních za dva roky po sobě. Na základě zjištěných výsledků a získaných zkušeností z monitorování jeskynního mikroklimatu bude doporučena metodika připravovaného stálého sledování jeskynního ovzduší v Satsurblii.



Průběh teploty (ve °C) ve zkušební období v jeskyni Prometheus v závislosti na venkovní teplotě (červenec až říjen 2015). Venkovní teplota – modrá křivka na hlavní ose, teplota v jeskyni – červená křivka na vedlejší ose. Vypracoval Petr Zajíček