

Črna jama – najhladnejša jama v Postojnskem jamskem sistemu

Stanka Šebela *

Povzetek

V Črni jami od 16.1.2014 opravljamo urne meritve temperature zraka na štirih mestih. Meritve so vzpostavljene, da bi razumeli klimatske razmere tudi v turistično manj obiskanih predelih Postojnskega jamskega sistema. Vhod v Črno jama se odpira proti severu iz dna udorne vrtače v nadmorski višini 533 m. Morfologija vhoda in vhodne dvorane omogoča, da se hladen jamski zrak tudi v poletnem obdobju prekomerno ne segreje, saj povprečna letna temperatura zraka na merilnem mestu Črna jama 2 ne preseže 6 °C. Črna jama predstavlja najhladnejši predel v celotnem Postojnskem jamskem sistemu.

Ključne besede: jamska meteorologija, Črna jama, Postojnski jamski sistem, Slovenija.

Keywords: cave meteorology, Črna Jama, Postojna cave system, Slovenia.

Uvod

V Postojnski jami od leta 2007 merimo urne podatke temperature zraka na več mestih. Namen je razumevanje jamske klime in vpliv turizma na jama kot naravno vrednoto (Šebela in Turk, 2011; Gregorič et al., 2013; Gregorič et al 2014; Šebela in Turk, 2014; Šebela et al., 2015). V obdobju 2014 do 2018 smo klimatske meritve razširili tudi v manj obiskane predele jamskega sistema, med drugim v Črno jama.

Dostop do Črne jame se odpira proti severu iz dna udorne vrtače v nadmorski višini 533 m. Črna jama je bila znana že mnogo prej kot danes najbolj turistično obiskani deli Postojnske jame (1818), saj je v jami enostaven dostop do človeške ribice v naravnem okolju (Čuk, 2008).

Že Schmidl (1854) je ugotovil, da je Črna jama ena najhladnejših jam v okolici Postojne. Prve klimatske meritve v Črni jami sta predstavila Crestani in Anelli (1939). V obdobju od 17.2.1933 do 25.8.1936 sta občasno merila temperaturo zraka in zračno ventilacijo. Določila sta obdobja zimske ventilacije, ko mrzel zunanji zrak vdira v jama in obdobja šibke ventilacije. Poudarila sta, da zračna ventilacija obstaja le takrat, ko je zunanja temperatura zraka hladnejša od jamske. Vpliv reke Pivke v sosednji Pivki jami se kaže, s tem da podzemeljska reka Pivka zvišuje temperaturo zraka v Pivki jami, ki je višja kot v Črni jami (Crestani in Anelli, 1939).

Tudi Gams (1974) je v Črni jami občasno meril temperaturo zraka in CO₂.

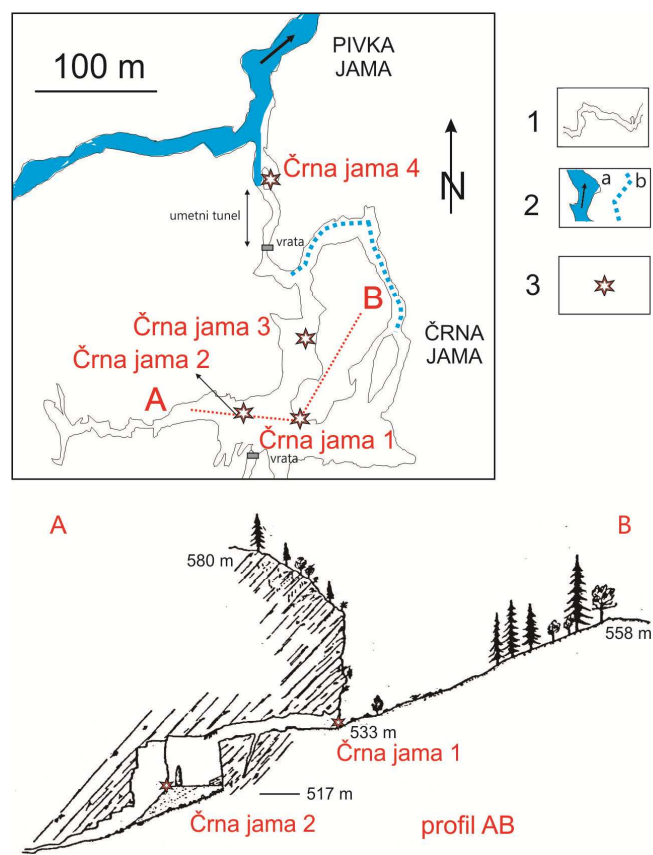
Metoda

Za merjenje temperature zraka smo v obdobju 16.1.2014 do 17.3.2015 uporabili merilnike Tinytag (proizvajalec Gemini data loggers (UK) LTD, Orion Group of Companies). Natančnost meritve je bila 0,1 °C. Ker so ti inštrumenti primernejši za

* ZRC SAZU Inštitut za raziskovanje krasi, Titov trg 2, 6230 Postojna, Slovenija

meritve v bolj razgibanem ozračju, v notranjih delih Črne jame pa so razmere zelo stabilne, smo od 17.3.2015 po uskladitvi inštrumentov meritve nadaljevali z barodiverji (Eijkelkamp) z natančnostjo 0,1 °C in resolucijo 0,01 °C.

Urne meritve smo v jami opravljali na štirih mestih (Slika 1). Merilno mesto Črna jama 1 se nahaja ob vhodni mrežasti kovinski ograji v Črno jamo na višini 1,5 m nad tlemi in v nadmorski višini 533 m (debelina stropa je 26 m). Merilno mesto Črna jama 2 je na dnu vhodne dvorane v nadmorski višini 517 m, 1 m nad tlemi (debelina stropa je 38 m). Merilnik temperature je na mestu Črna jama 3 nameščen 1,2 m nad tlemi v nadmorski višini 513 m (debelina stropa je 41 m). Četrto merilno mesto Črna jama 4 je v najjužnejšem delu Pivke jame v nadmorski višini 498 m, okrog 1,2 m nad tlemi (debelina stropa je 59 m).



Slika 1 – Tloris jamskih rovov Črne in Pivke jame, prečni profil AB ter mesta meritev temperature zraka. 1- suhi rovi, 2- (a-vodni rov, b-občasno poplavljeni rov), 3- mesta meritev temperature zraka.

Jamske temperature zraka smo primerjali z zunanjo temperaturo. V ta namen imamo v gozdu nad Pivko jamo vzpostavljeno merilno mesto z barodiverjem (Eijkelkamp).

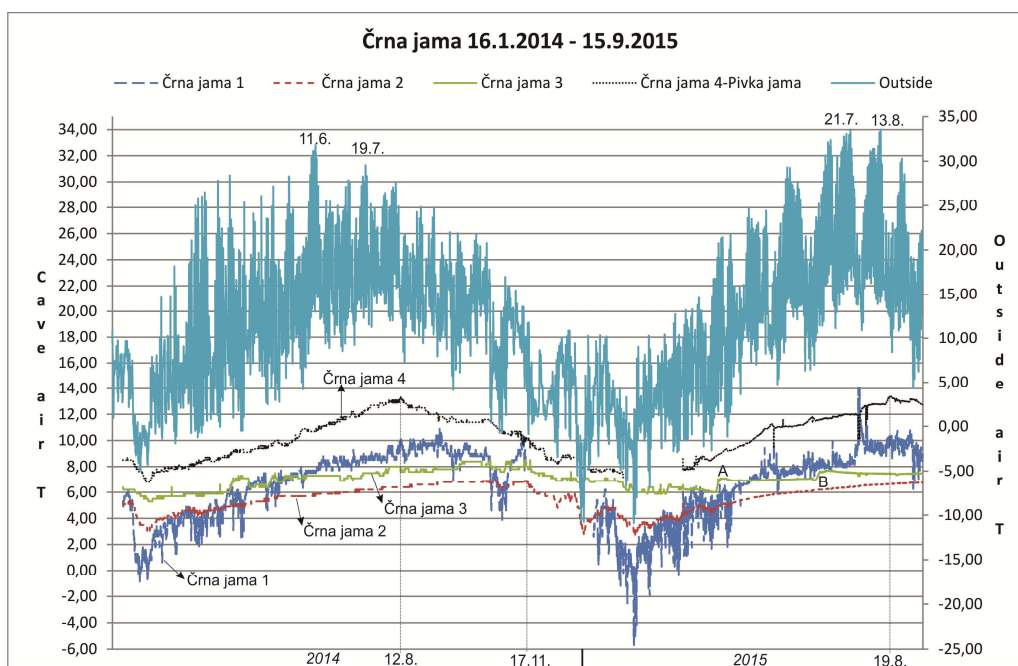
Rezultati

Urne meritve temperature zraka v Črni jami in primerjava z zunanjimi razmerami prikazuje Slika 2. Temperature ob vhodni kovinski ograji (Črna jama 1) kažejo veliko

odvisnost od zunanje temperature, in sicer predvsem v zimskem obdobju, ko se temperatura, skladno z zunanjo temperaturo, lahko spusti do $-6,0\text{ }^{\circ}\text{C}$. V poletnem obdobju se temperatura ustali na okrog $10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Črna jama 2 je temperaturno mnogo bolj stabilno mesto kot Črna jama 1. Zaradi kovinskih vrat (Slika 1), ki zapirajo dostop v južni umetno izkopani rov, je vpliv iz toplejših predelov Lepih jam v turističnem delu Postojnske jame zanemarljiv. Nekoliko izrazitejši vpliv hladnejšega zimskega zraka na merilnem mestu Črna jama 2 se kaže pozimi, ko hladen zunanji zrak prodira v jamo. Ko pade zunanja temperatura zraka pod $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, se na mestu Črna jama 2 zniža temperatura za okrog $2\text{-}3\text{ }^{\circ}\text{C}$. V poletnem obdobju pa na tej lokaciji temperatura zraka vseskozi rahlo raste. Ko je zunanja temperatura nižja od jamske, pride do zimske ventilacije in temperatura na merilnem mestu Črna jama 2 se začne zniževati zaradi vdora zunanjega hladnejšega zraka. Višek temperature smo zaznali 17.11.2014, kar je glede na višek zunanje temperature v letu 2014 okrog 4 mesece kasneje. V letu 2015 pa je ta zamik nekoliko krajši.

Tretja lokacija (Črna jama 3) kaže manjši vpliv zimskega zunanjega zraka kot Črna jama 2. Pozimi temperatura zraka pade za $2\text{ }^{\circ}\text{C}$. V poletnem obdobju je temperatura na mestu Črna jama 3 za okrog $1\text{-}1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ višja kot na mestu Črna jama 2. V letu 2015 smo zasledili dve zanimivi obdobji (Slika 2, A in B). Prvo predstavlja sredino aprila, drugo pa konec junija. V obeh primerih je temperatura zraka v obdobju nekaj dni narasla za $1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Oba dogodka sta povezana s padavinami, zaradi katerih se je napolnila suha struga rova (Slika 1). Temperatura vode v poplavljenem rovu je vplivala na dvig temperature zraka na mestu Črna jama 3, ki je od tega rova oddaljeno okrog 50 m v dolžino in 17 m v višino.



Slika 2 – Urne meritve temperature zraka v Črni jami ($^{\circ}\text{C}$) in na površju nad jamo v obdobju 16.1.2014 do 15.9.2015.

Četrta lokacija Črna jama 4 je že v Pivki jami (Slika 1). Med Črno in Pivko jamo je umetni tunel, ki je vseskozi zaprt s kovinskimi vrati, tako da je klimatski vpliv med obema jamam zanemarljiv. Merilno mesto se nahaja v bližini podzemeljske reke Pivke, kar se vidi v krivulji temperature zraka na tem mestu. Temperatura zraka je od vseh merilnih točk tu

najvišja (Slika 2). Poleti doseže okrog 13 °C, pozimi pa se spusti na 7 °C. Višek temperature je v sredini avgusta. Temperatura podzemeljske reke Pivke močno vpliva na temperaturo zraka, čeprav je ponor reke Pivke oddaljen okrog 2,25 km.

Osnovne statistike za obdobje enega leta 16.1.2014 do 16.1.2015 (Preglednica 1) kažejo, da je najnižja povprečna letna temperatura zraka na mestu Črna jama 2, in sicer 5,61 °C. Najvišja povprečna letna temperatura zraka je v Pivki jami (Črna jama 4) in znaša 10,07 °C.

Vsa tri merilna mesta v Črni jami imajo povprečno letno temperaturo zraka precej nižjo kot je npr. v turistično najbolj obiskanih Lepih jamah, kjer znaša okrog 10,67 °C (Šebela in Turk, 2011). Tudi letni razpon temperature zraka je v Črni in Pivki jami precej višji kot v Lepih jamah, kjer znaša okrog 0,70 °C. Lepe jame so globlje v sistemu Postojnskih jam in precej oddaljene od vhoda v jamo, zato imajo tudi manjši razpon nihanja letne temperature zraka.

Preglednica 1 – Povprečne temperature zraka v Črni jami (°C) v obdobju od 16.1.2014 do 16.1.2015.

	povprečna T °C	min. T °C	max. T °C
Črna jama 1	6,76	-0,9	10,9
Črna jama 2	5,61	2,8	6,9
Črna jama 3	7,06	5,3	8,5
Črna jama 4	10,07	6,8	13,4
Zunaj	10,56	-10,81	31,82

Črna jama kljub nizkim temperaturam zraka ni jama s stalnim ali občasnim ledom v jamskih tleh. V zimskih obdobjih pa zasledimo ledene kapnike na vhodu v jamo (Črna jama 1). Glavni vir ledenih kapnikov je prenikajoča voda, ki potuje skozi okrog 26 m debelo plast apnenca in zaradi jamske temperature zraka pod 0 °C zmrzuje (Slika 3). V Ledenici (Županova jama) so ob taljenju snega na površju opazili pospešeno rast ledenih stalagmitov v jami (Ravbar in Košutnik, 2014).



Slika 3 – Ledeni kapniki na vhodu v Črno jamo v zimskem obdobju in mesto meritev temperature zraka na kovinski ograji - Črna jama 1 (foto S. Šebela).

Občasne zgodovinske meritve temperature zraka v Črni jami (Preglednica 2) kažejo podobne razmere, kot v zadnjih letih. Ker gre za enkratne meritve, je direktna primerjava z zveznimi meritvami nekoliko vprašljiva. Kljub temu današnje meritve v Črni jami ne kažejo tako velikega povišanja temperature zraka glede na meritve iz let 1933-1936 (Crestani in Anelli, 1939) in iz leta 1972 (Gams, 1974), kot je bilo ugotovljeno za turistično bolj obremenjene dele Postojnske jame, kjer od leta 1852 beležimo dvig za okrog 2 °C (Šebela et al. 2015). Na primeru Črne jame bi od leta 1933 do danes lahko govorili o dvigu temperature zraka, ki ne preseže 0,5 °C.

Preglednica 2 – Meritve temperature zraka v Črni jami (°C).
1933-1936 Crestani in Anelli (1939), 1972 (Gams).

	Črna jama 1 (°C)	Črna jama 2 (°C)	Črna jama 4- Pivka jama (°C)
15.3.1933	-1,5	2,5	7
28.4.1933	5,5	4,5	7,5
23.8.1933		7	9,4
28.8.1933		6,7	
15.4.1935		3,9	7,7
16.4.1935	5	3,9	
25.8.1936	8,8	7	
26.8.1936	9,2	6,7	
8.4.1972		4,2	

Črna jama je najhladnejši predel v celotnem Postojnskem jamskem sistemu. Hladen zrak se tudi poleti ne segreje, zaradi morfologije vhoda in morfologije rovov Črne jame, saj zaradi odsotnosti poletne ventilacije s površjem, ostane ujet v jami.

Raziskave vezane na nastanek in izvor črnih prevlek, ki prekrivajo kapnike in tla v Črni jami, pa kažejo, da je podoben vhod v Črno jamo, kot je danes, verjetno obstajal že vsaj 8.394±35 let BP (Alfonso et al. 2015). Glede na to bi lahko sklepali, da je bila Črna jama tudi v začetnem obdobju Holocenu hladna jama.

Zaključek

Črno in Pivko jamo obišče mnogo manj turistov kot Postojnsko jamo. V obdobju 2002 do 2008 letno število obiskovalcev v Pivki in Črni jami ni preseglo 3.500. Vpliv obiskovalcev na klimo v Črni jami je torej zanemarljiv. Kljub temu pa je raziskave jamske klime vredno nadaljevati v smislu razumevanja dolgotrajnega vpliva zunanje klime na jamsko atmosfero, saj je temperatura zraka v Črni jami najnižja v celotnem Postojnskem jamskem sistemu. Raziskava je del programa *Raziskovanje krasa* (P6-0119) in del projektov: *Ocena vpliva naravnih in antropogenih procesov na mikrometeorologijo Postojnske jame z uporabo numeričnih modelov ter sodobnih metod zajemanja in prenosa okoljskih podatkov* (L2-6762), *Okoljske spremembe in trajnost v kraških sistemih* (IGCP UNESCO projekt 598), *Strokovni nadzor in svetovanje pri upravljanju z janskimi sistemi* (Postojnska jama d.d.), *Klimatski in biološki monitoring janskih sistemov* (Postojnska jama d.d.), *eLTER* (H2020, 654359).

Literatura

- Alfonso, P., Šebela, S., Zupančič, N., Miler, M., Skobe, S. in Grčman, H. 2015: Black coatings in Črna Jama (Postojnska Jama) as evidence of Mesolithic events. (V: N. Zupan Hajna, A. Mihevc in P. Gostinčar eds.: 23rd International karstological school »Classical Karst«, Caves-Exploration and Studies), Karst Research Institute ZRC SAZU, str. 88.
- Crestani, G. in Anelli, F. 1939. Ricerche di meteorologia ipogea delle grotte di Postumia. Istituto poligrafico dello stato Libreria, 1-162 str., Roma.
- Čuk, A. 2008. Postojna Cave, Turizem Kras, destinacijski management, 112 str., Postojna.
- Gams, I. 1974. Koncentracija CO₂ v jamah v odvisnosti od zračne cirkulacije (na primeru Postojnske jame). Acta Carsologica, 6, 183-192.
- Gregorič, A., Vaupotič, J. in Gabrovšek, F. 2013. Reasons for large fluctuation of radon and CO₂ levels in a dead-end passage of a karst cave (Postojna Cave, Slovenia). Natural Hazards and Earth System Sciences, 13, 287-297.
- Gregorič, A., Vaupotič, J. in Šebela, S. 2014. The role of cave ventilation in governing cave air temperature and radon levels (Postojna Cave, Slovenia). International Journal of climatology, 34/5, 1488-1500.
- Ravbar, N. in Košutnik, J. 2014. Variations of karst underground air temperature induced by various factors (Cave of Županova jama, Central Slovenia). Theoretical and Applied Climatology, 116, 327-341.
- Schmidl, A. 1854. Die Grotten und Höhlen von Adelsberg, Lueg, Planina und Laas, Akademie der Wissenschaften, 3-314 str., Wien.
- Šebela, S. in Turk, J. 2011. Local characteristics of Postojna Cave climate, air temperature, and pressure monitoring. Theoretical and Applied Climatology, 111, 51-64.
- Šebela, S. in Turk, J. 2014. Natural and anthropogenic influences on year-round temperature dynamics of air and water in Postojna show cave, Slovenia. Tourism Management, 40, 233-243.
- Šebela, S., Turk, J., in Pipan, T. 2015. Cave micro-climate and tourism: towards 200 years (1819 – 2015) at Postojnska jama (Slovenia). Cave and Karst Science, 42/2, 78-85.