

Odziv jamske mikroklimе na izjemne dogodke in dolgotrajnejše spremembe vremena

Stanka Šebela *

Povzetek

V Postojnskem in Predjamskem jamskem sistemu se sistematične zvezne meritve jamske mikroklimе opravljajo od leta 2009. Pri tem spremljamo vpliv zunanje klime kot tudi vpliv obiskovalcev na jamsko mikroklimo. Za razumevanje določenih dogodkov je potrebno večletno merjenje določenih klimatskih parametrov. Le tako lahko ocenimo vpliv izredno toplega poletja na temperature zraka v jami, kot tudi večdnevne zimske nizke temperature in prodor hladnega zraka daleč v notranjost jame. Izjemni vremenski dogodki (npr. suša, poplave, zelo mrzle zime) vplivajo tudi na razmere v jamah.

Ključne besede: jamska mikroklima, izjemni vremenski dogodki, Postojnski jamski sistem, Predjamski jamski sistem, Slovenija.

Keywords: Cave micro-climate, exceptional meteorological events, Postojna, Cave System, Predjama Cave System, Slovenia.

Uvod

Sistematične in zvezne meritve jamske mikroklimе se v Postojnskem in Predjamskem jamskem sistemu izvajajo v okviru projektov *Strokovni nadzor in svetovanje pri upravljanju z jamskimi sistemi* ter *Klimatski in biološki monitoring jamskih sistemov* (financer Postojnska jama d.d.). V okviru projektov smo pridobili urne podatke temperature zraka za obdobje 2009–2013 za več merilnih mest. Določili smo splošne značilnosti letne dinamike gibanja temperature kot tudi izjemne vremenske dogodke ter vpliv obiskovalcev na jamske klimatske razmere.

Jamsko mikroklimo so v Postojnskem in Predjamskem jamskem sistemu proučevali Schmidl (1854), Crestani & Anelli (1939), Anelli (1941–44), Habe (1970), Gams (1974). Novejše raziskave pa so predstavljene z avtorji: Gabrovšek & Mihevc (2009), Šebela & Turk (2011 a, b; 2013; 2014), Šebela et al. (2013), Gregorič et al. (2013 a, b).

Čeprav je letno nihanje temperature zraka na Veliki gori v Postojnskem jamskem sistemu le 0,56°C (Šebela & Turk, 2011 a), pa je večina jamskih sistemov zelo dinamičnih v smislu razumevanja jamske mikroklimе. Jamski sistemi niso izolirana ozemlja, čeprav predstavljajo zelo stabilne sisteme. Zunanje spremembe (klimatske, okoljske idr.) z določenim zamikom prodirajo tudi v kraško podzemlje.

Hkrati pa je glede na razumevanje naravnih vplivov potrebno ovrednotiti tudi antropogeni vpliv na kraško podzemlje, kar je posledica turistične rabe jam. Glede na podatke iz omenjenih projektov želim predstaviti nekaj izjemnih vremenskih dogodkov, katerih vpliv smo zaznali v jamah. Hkrati želim poudariti pomen večletnih zveznih meritev jamske mikroklimе, kot osnovo za razumevanje naravnih in antropogenih vplivov na stanje jamskega okolja ter osnovo za načrtovanje rabe naravnih vrednot.

* ZRC SAZU, Inštitut za raziskovanje krasa, Titov trg 2, SI-6230 Postojna, Slovenija

Metodologija

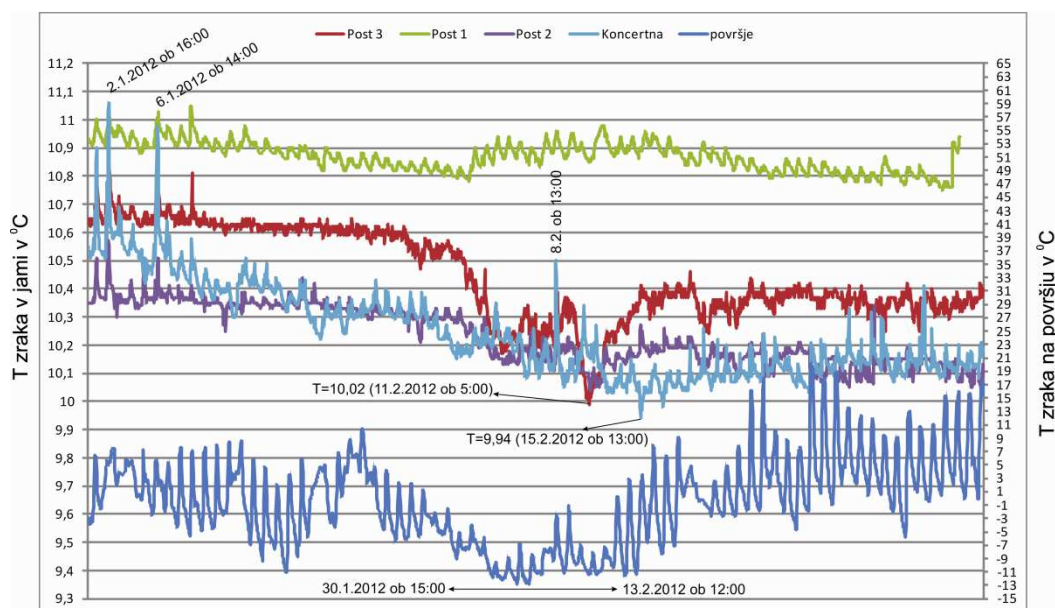
Temperaturo zraka smo v urnih intervalih merili z avtomatskimi merilniki proizvajalcev Van Essen (t.i. *diver*) ter Tinytag (Gemini data loggers, UK). Poleg merilnih mest v jami smo vzpostavili tudi merilno mesto izven jame, in sicer na površju v gozdu nad Otroško jamo. Temperaturna točnost znaša $\pm 0.1^\circ\text{C}$. Podatke jamske temperature zraka smo primerjali s podatki iz površja nad jamo.

Rezultati in razprava

Postojnski jamski sistem

Pozimi 2012 (Slika 1) so bile v obdobju 30.1.2012 do 13.2.2012 nizke zunanje temperature zraka, to je od -9 do -13°C . Ker je pihala tudi močna burja, je mrzel zrak prodril globoko v notranjost jame ter ohladil jamski zrak za $0,3$ do $0,4^\circ\text{C}$ (Postojna 3, Lepe jame). Letno nihanje temperature zraka je $0,6$ do $0,7^\circ\text{C}$ na Postojna 3.

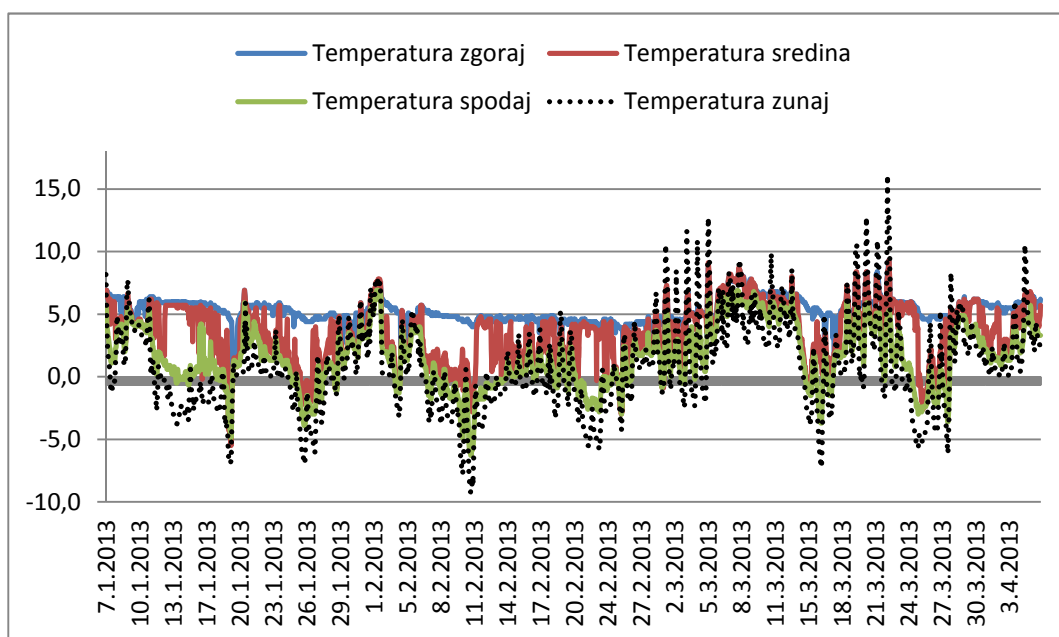
Daljše mrzlo zunanje obdobje (15 dni) je ob burji močno znižalo jamsko temperaturo zraka v Lepih jamah (Postojna 3). V tem obdobju pa so bili tudi dnevi, ko se je število obiskovalcev precej povečalo: ob prireditvah Jaslice v Postojnski jami (2.1. in 6.1.) in Kulturni praznik (8.2.). Ob tem drugem primeru je npr. v Koncertni dvorani temperatura zraka narasla za $0,3^\circ\text{C}$. Šlo pa je le za enodnevni dvig, kar kaže, da je vpliv zunanjih razmer na mikroklimo močnejši kot je vpliv povišanega turističnega obiska.



Slika 1 – Temperatura zraka ($^\circ\text{C}$), Postojnski jamski sistem v obdobju januar – marec 2012. Postojna 1 (Velika gora), Postojna 2 (Lepe jame-stranski rov), Postojna 3 (Lepe jame), Koncertna dvorana, površje nad jamo.

Obdobje nizkih temperatur v začetku leta 2013 smo beležili tudi ob vhodnih kovinskih vratih v Postojnski jamski sistem (Slika 2). Na vratih smo namestili 3 merilnike temperature, ki merijo vsako uro. Spodnji merilec je nameščen $0,20$ m nad jamskimi tlemi, srednji je $3,60$ m nad tlemi in zgornji, ki je tik pod jamskim stropom, je $6,20$ m nad tlemi. Temperaturna razlika med zgornjim in spodnjim merilcem je dne 11.2.2013 znašala

10,3°C. Hladen zimski zrak namreč vstopa v Postojnski jamski sistem pri tleh vhodnega rova, medtem ko iz jame izstopa toplejši jamski zrak pod stropom rova. Temperatura zraka ima nižja nihanja tik pod stropom vhodnega rova kot pri dnu.



Slika 2 – Temperatura zraka (°C) merjena ob kovinskih vhodnih vratih (zgoraj, sredina in spodaj) v Postojnski jamski sistem ter primerjava z zunanjo T v začetku leta 2013.



Slika 3 – Struga reke Pivke na ponoru v Postojnski jamski sistem dne 27.8.2012, pogled proti JV (foto S. Šebela).

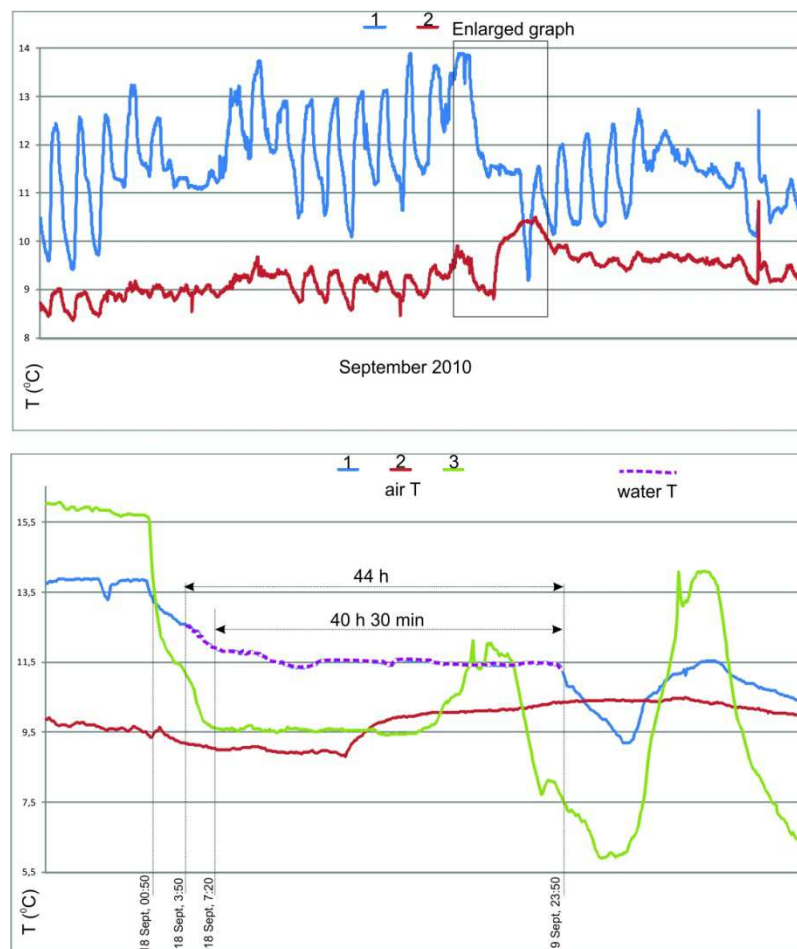
Po mrzli zimi 2012 smo doživeli izredno toplo in suho poletje 2012. Struga reke Pivke, ki ponika v jamski sistem je bila skoraj povsem suha, kar je redek pojav (Slika 3). Tudi v prvi jamski dvorani Veliki dom je bilo možno hoditi »po suhem«. To so bile odlične razmere za odstranitev naplavljenega materiala in sedimentov (970 m³), ki so se za jezom nabirali od leta 1983.

Predjamski jamski sistem

Visoke poplave septembra 2010, ki so zajele obsežen del Slovenije, so pečat pustile tudi v Predjamskem jamskem sistemu, kjer je zaradi narasle rečice Lokve pred ponorom v jamo, nastalo jezero (Šebela 2013).

Merilnik za merjenje temperature zraka v Konjskem hlevu je bil poplavljen z vodo, tako so v obdobju 40,50 ur oziroma v obdobju 44,00 ur med 18. in 19. septembrom 2010 prikazani podatki temperature vode ob poplavi (Slika 4). To nam je omogočilo, da smo lahko določili trajanje poplave v Konjskem hlevu. Umik vode pozno zvečer 19.9.2010 pa je povzročil nenadni udor (globine 0,3 m in širine 2 m) jamskih tal v Konjskem hlevu in morfološko spremenil vhodni rov.

Redno spremljanje temperature zraka od leta 2009 je v Predjami pokazalo, da se poletna temperatura zraka v Veliki dvorani ustali približno na 9,5°C (Šebela & Turk 2013). Četudi se zunanja temperatura zraka povišuje, je jamska temperatura izredno stabilna. V poletnih mesecih so obiski v Predjami najbolj intenzivni, vendar posamezna skupina ne šteje več kot 60 obiskovalcev. Tudi enkratni dogodek dne 12.6.2013 med 15:00 in 16:30, ko je skupina 70 udeležencev 21. mednarodne krasoslovne šole obiskala jamo in se zadrževala tudi ob merilnih inštrumentih, ni vplival na naravno stanje temperature zraka v Veliki dvorani.



Slika 4 – Predjamski jamski sistem, merjenje temperature zraka (in vode) v °C, september 2010. 1 – Konjski hlev, 2 – Velika dvorana, 3- zunanja temperatura.

Sklep

Redno večletno spremljanje osnovnih klimatskih parametrov v Postojnskem in Predjamskem jamskem sistemu je osnova za razumevanje naravnih in antropogenih vplivov na stanje jamskega okolja ter osnova za dolgoročno načrtovanje rabe naravnih vrednot v smislu trajnostnega razvoja jamskega turizma.

Razumevanje določenih kratkotrajnih dogodkov je možno na podlagi večletnega merjenja določenih klimatskih parametrov, kjer iz te slike lahko izločimo izjemne vremenske dogodke. V Postojnskem jamskem sistemu je večdnevno obdobje nizkih zimskih temperatur ob pihanju burje v začetku leta 2012 za več dni znižalo temperaturo zraka v Lepih jamah za 0,3 do 0,4 °C, medtem ko je letno nihanje 0,6 do 0,7 °C. Ob določenih vremenskih pogojih hladen zunanji zrak ohladi jamski zrak daleč v notranjost jame. Izjemni vremenski dogodki (npr. suša, poplave, zelo nizke temperature pozimi) vplivajo tudi na razmere v jamah. Raziskave kažejo, da imajo zunanje klimatske spremembe močnejši vpliv na jamsko mikroklimo (primer Postojnskega in Predjamskega jamskega sistema) kot pa trenutno število obiskovalcev.

Seznam literature

- Anelli, F. 1941–44. Osservazioni di meteorologia ipogea nelle Grotte di Castel Lueghi presso Postumia. *Le Grotte d'Italia* serie 2a vol. V, 5-34, Trieste.
- Crestani, G. in Anelli, F. 1939. Ricerche di meteorologia ipogea delle grotte di Postumia. Istituto poligrafico dello stato Libreria, 1-162, Roma.
- Gabrovšek, F., in Mihevc, A. 2009. Cave climate. 17th International karstological school "Classical Karst", 15-20th June 2009, Guide book & Abstracts, 1-92, Postojna.
- Gams, I. 1974. Concentration of CO₂ in the caves in relation to the air circulation (in the case of the Postojna Cave). *Acta carsologica*, 6/12, 183-192.
- Gregorič, A., Vaupotič, J. in Šebela, S. 2013a. The role of cave ventilation in governing cave air temperature and radon levels (Postojna Cave, Slovenia). *International Journal of climatology*, doi: 10.1002/joc.3778.
- Gregorič, A., Vaupotič, J. in Gabrovšek, F. 2013b. 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.
- Habe, F. 1970. Predjamski podzemeljski svet. *Acta Carsologica* 5/1, 7-94, Ljubljana.
- Schmidl, A. 1854. Die Grotten un Höhlen von Adelsberg, Lueg, Planina und Laas, 1-316, Wien.
- Šebela, S. in Turk, J. 2011a. Local characteristics of Postojna Cave climate, air temperature, and pressure monitoring. *Theor. appl. climatol.* 105/3-4, 371-386, Wien, New York. doi: [10.1007/s00704-011-0397-9](https://doi.org/10.1007/s00704-011-0397-9).
- Šebela, S. in Turk, J. 2011b. Air temperature characteristics of the Postojna and Predjama cave systems. *Acta geogr. Slov.* 51/1, 43-64, Ljubljana. doi: [10.3986/AGS51102](https://doi.org/10.3986/AGS51102).
- Šebela, S., Prelovšek, M. in Turk, J. 2013. Impact of peak period visits on the Postojna Cave (Slovenia) microclimate. *Theor. appl. climatol.*, 111, 51-64. doi: [10.1007/s00704-012-0644-8](https://doi.org/10.1007/s00704-012-0644-8).
- Šebela, S. 2013. Historic inscriptions in Predjama Cave System and high floods in 2010. *Acta Carsologica* 42/2-3, Ljubljana.
- Šebela, S. in Turk, J. 2013. Značilnosti temperature zraka v Predjamskem jamskem sistemu. Raziskave s področja geodezije in geofizike 2012, zbornik predavanj, 18. Strokovno srečanje SZGG, Ljubljana, 29. januar 2013, 67-74.
- Šebela, S. in Turk, J. 2014. Natural and anthropogenic influences on the year-round temperature dynamics of air and water in Postojna show cave, Slovenia. *Tourism Management*, 40, 233-243.