

MIKROKLIMA U KRAŠKOJ JAMI BELOJAČA U PANONSKOJ SLOVENIJI

Ana Vovk Korže, Mednarodni center za ekoremediacije, Filozofska fakulteta Maribor, Koroška c. 160, 2000 Maribor, ana.vovk@um.si

Silvija Zeman, Međimursko veleučilište u Čakovcu, bana Josipa Jelačića 22 A, Čakovec 40 000 szeman@mev.hr

Vanesa Korže, Inštitut za promocijo varstva okolja, Koroška c. 57, 2000 Maribor, vanesa.korze@gmail.com

U okviru istraživanja cavee Belojača, koja se nalazi na zapadnom rubu Panonske kotline na dodiru zapadnih Karavanki i Haloza, provedeno je polugodišnje istraživanje značajki ekosustava s naglaskom na mikroklimu. Podaci su pridobiveni terenskim mjerenjima u razdoblju od listopada 2016 do ožujka 2017. Jamski ekosustavi pripadaju u ekstremne jer se njihova svojstva mjenjaju sporije i sa zadržkom glede na svojstva drugih ekosustava. Upravo je to obilježje koje privlači različita živa bića koja tu pronalaze idealne uvjete za zimovanje i život općenito. Najpoznatiji su šišmiši. S ciljem pojašnjavanja mikroklimatskih svojstava jame, jedne od rijetkih na zapadnom rubu Panonske kotline, s prikupljenim mjerenjima dokazali smo zanimljivu korelaciju klimatskih čimbenika.

Ključne riječi: jamski ekosustav, jama Belojača, voda, tlo, klima, šišmiši

MICROCLIMA IN KARST CAVE IN PANONIAN SLOVENIA

Ana Vovk Korže, Mednarodni center za ekoremediacije, Filozofska fakulteta Maribor, Koroška c. 160, 2000 Maribor, ana.vovk@um.si

Silvija Zeman, Međimursko veleučilište u Čakovcu, bana Josipa Jelačića 22 A, Čakovec 40 000 szeman@mev.hr

Vanesa Korže, Inštitut za promocijo varstva okolja, Koroška c. 57, 2000 Maribor, vanesa.korze@gmail.com

Belojača cave lies on a west corner of the Pannonian basin, on contact between Eastern Karavanke Alp and Haloze. Within a research about Belojača cave we performed a six-month research about its ecosystem characteristics with an emphasis on micro climate. The information about air through field measurements. The research was performed from October 2016 to March 2017. Cave ecosystems are classified as extreme because their ecosystem characteristics change much slower and later than characteristics of all the other common ecosystems. Many animal species, especially bats are drawn to habitats like that. Bats are known for using caves like Belojača cave for hibernation and mating. Belojača cave is one of the rarest karst caves on the west corner of the Pannonian basin. With the

help of all the measurements and gathered data we successfully showed interesting correlations between micro climate characteristics of the Belojača cave.

Key words: cave ecosystem, cave Belojača, water, soil, clima, bats.

UVOD

INTRODUCTION

Planinsko područje Boč i Macelj, gdje je smještena jama Belojača, spada u Panonsku Sloveniju. Na jugoistoku ta regija graniči s Hrvatskom, na jugozapadu prelazi u Voglajnsko i Zgornjesotelsko gorje, na sjeverozapadu u Dravinjske gorice i na sjeveroistoku u Haloze. Za regiju Boč i Macelj svojstvena je umjerena kontinentalna klima sa prosječnom godišnjom količinom padalina od 1100 do 1200 mm, prosječnim ljetnim temperaturama od 8 °C do 10 °C (Vovk Korže, 2013). Planinsko područje Boč je geološki zapadni nastavak Karavanki odnosno Posavskog gorja, zato se prvenstveno sastoji od otpornijih triasnih vapnenaca i dolomita (Aničić 1984; Aničić 1985). Na vapnencu i dolomitu se je razvio krš. Zbog prevladavanja vapnenca površinskih tokova ima manje (Novak, 1980), površina je pretežno krška te vode brzo infiltriraju u krško podzemlje (Gospodarič, 1960).

Jama Belojača je prirodna vrijednost i njeno poznavanje je vrlo važno za sigurnosni režim jame (Bedjanič, 2009; Kamenšek, 2005). U Belojači su do sada bili viđeni brojni šišmiši kao što su mali podkovnjak (*Rhinolophus hipposideros*), veliki podkovnjak (*Rhinolophus ferrumequinum*), južni podkovnjak (*Rhinolophus euryale*), dolgokrili netopir (*Miniopterus schreibersi*) ter navadni netopir (*Myotis myotis*) (Presetnik, 2007; Presetnik 2009). Jama je klasificirana kao podzemna geomorfološka prirodna vrijednost (Hlad, 1995). Dosadašnja istraživanja ukazuju da jamu Belojača i obližnje Brezno pod Domišaki nastanjuju veliki podkovnjaci za prezimljavanje (Presetnik, 2007). U Belojači živi do 20 primjeraka velikog podkovnjaka. Južni podkovnjak je u Sloveniji relativno rijetka vrsta. To je područje gdje prolazi sjeverna granica proširenosti (Kryštufek, Červený 1997). Kao zimska skloništa služe mu jame sa stalnom klimom i temperaturom, 10 - 12,5°C. Šišmiši obično prezimljavaju u nakupinama, ali se primjerci međusobno ne dodiruju (Presetnik, 2009).

METODOLOGIJA RADA

METHODOLOGY

Sakupljanje podataka na terenu

Coolecting field data

Terenski dio odvijao se na četiri mjesta, ispred jame, na ulazu u jamu, i dvije točke u jami s namjenom praćenja abiotičkih čimbenika i njihove fluktuacije u zimskom periodu. Položaj mjesta mjerenja je bio:

- Mjesto uzorkovanja predjamske klime 1-100 m pred ulazom u jamu
- Mjesto uzorkovanja predjamske klime 2-5 m pred ulazom u jamu
- Mjesto uzorkovanja jamske klime 3-5 m duboko u jami
- Mjesto uzorkovanja jamske klime 4-20 m duboko u jami

Mjerenja na terenu rađena su jednom mjesečno (od kraja listopada 2016. do kraja ožujka 2017.). Tijek mjerenja: mjerili smo parametre klime ispred jame i u jami (temperatura, kretanje zraka, vlažnost zraka, ozon u zraku, količina svjetlosti).

Nakon šest mjeseci usporedili smo podatke o mikroklimatskim svojstvima na četiri točke i dokazali povezanost između važnih vrijednosti ekosustava jame.

REZULTATI RESULTS

Sakupljeni podaci prikazani su po mjesecima od listopada 2016 do ožujka 2017.

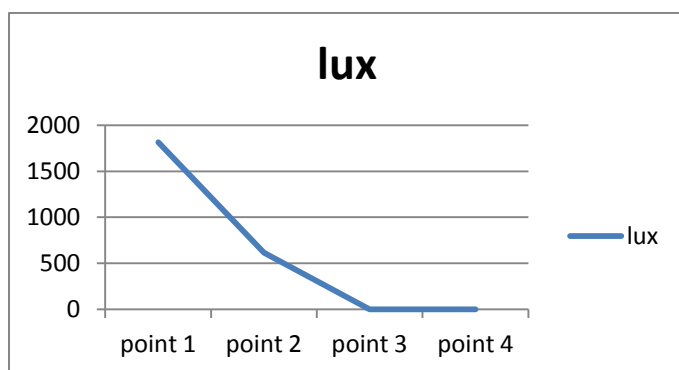
Listopad 2016

Preglednica 1: Monitoring mikroklimе jame Belojače oktobra 2016
Table 1: Monitoring the microclimate of the Belojače cave October, 2016

KLIMA	Točka 1	Točka 2	Točka 3	Točka 4
Temperatura °C	13,9 °C	13,2 °C	12,8 °C	11,7 °C
Kretanje zraka km/h	0 km/h	0 km/h	0 km/h	0 km/h
Vlažnost zraka %	94 %	90 %	85 %	80 %
Količina ozona u zraku	0	0	0	0
Količina svjetlosti lux	1814 lux	615 lux	2,5 lux	0 lux

U listopadu 2016 prevladavali su uvjeti tople jeseni nakon kratkog kišovitoг vremena, zato je vlažnost izvan jame bila viša nego u unutrašnjosti. Jama je još bila hladna, i kako je hladni zrak manje osjetljiv na vlagu, osjetili smo veliku razliku u vlazi na sve četiri točke. Iz izmjerenih podataka za klimu jame na četiri točke vidi se jasna korelacija padanja temperature, padanjem intenziteta svjetlosti i porastom vlažnosti, što se slaže sa prijašnjim istraživanjima, da jamska klima ima retinenciju ili suzdržanost, dakle da je ljeti hladnija i manje vlažna nego vanjska klima.

Jasno je vidljivo i opadanje intenziteta svjetlosti ulaskom u jamu (graf 1).



Graf 1: Padanje intenziteta svjetlosti od ulaza prema unutrašnjosti
Fig. : Decreasing the intensity of light from the entrance to the interior

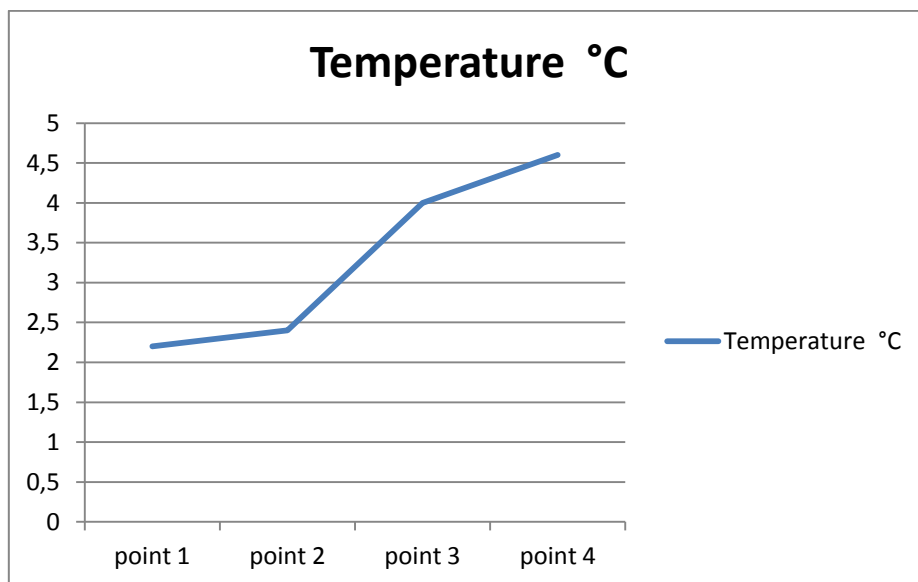
Studeni 2016

Iz sabranih podataka u tablici 1 vidljivo je da temperatura pada od točke 1 (klima pred jamom, do točke 2, pred ulazom u jamu, i do točke 3 i 4 koje su u jami). Isto tako postoji neposredna povezanost između opadanja temperature i smanjenja količine svjetlosti zato možemo zaključiti da postoji pozitivna korelacija između opadanja temperature od točke 1 ispred jame do točke 4 u jami. Krajem studenog prevladavali su uvjeti kasne jeseni, zrak ispred jame je bio 2,2°C i približavanjem jami temperatura je bila u porastu. Vani, ispred jame na točki 1 temperatura je pala za više od 10 °C od listopada do studenog, međutim u jami je taj pad bio samo 5 °C. To je važan podatak koji potvrđuje činjenicu da se jamska klima ne mijenja brzo.

Preglednica 2. Monitoring mikroklimе jame Belojače studeni, 2016

Table 2: Monitoring of the microclimate of the Belojače cave November, 2016

JAMSKA KLIMA	Točka 1	Točka 2	Točka 3	Točka 4
Temperatura °C	2,2 °C	2,4°C	4°C	4,6 °C
Krertanje zraka km/h	0 km/h	0 km/h	0 km/h	0 km/h
Vlažnost zraka %	44 %	48%	54 %	62 %
Količina ozona u zraku	0	0	0	0
Količina svetlobe lux	1475 lux	266 lux	5,2 lux	0 lux



Graf 2: Porast temperature približevanjem jami.
Fig. 2: Temperature increase as approaching closer to the cave.

Prosinac 2016

Preglednica 3: Monitoring mikroklimе jame Belojače - prosinac 2016**Table 3: Monitoring of the Belojače cave - December 2016**

JAMSKA KLIMA	Točka 1	Točka 2	Točka 3	Točka 4
Temperatura °C	-5 °C	-3 °C	-1 °C	2 °C
Kretanje zraka km/h	0 km/h	0 km/h	0 km/h	0 km/h
Vlažnost zraka %	36 %	50 %	62 %	82 %
Količina ozona u zraku	0	0	0	0
Količina svjetlosti lux	883 lux	156 lux	4,6 lux	0 lux

Temperatura na točki 1 je iznosila -5 °C, na točki 2 je bila -3 °C, kod ulaza u jamu -1 °C, i tek u unutrašnjosti jame je porasla na 2 °C što ukazuje na važnost jamskog ekosustava sa stabilnim temperaturama. Razlika u vlazi unutarnjeg i vanjskog prostora jame se je povećala, vani je zrak bio suh a u unutrašnjosti jame vlažan (odnos 1:2,5).

Porastom temperature rasla je i vlaga, dakle postoji pozitivna korelacija između povišene temperature i višeg udjela vlage i obrnuto, što je hladnije manje je vlažno.

Siječanj 2017

Mjesec siječanj 2017 bio je najhladniji u polugodišnjem razdoblju mjerenja, temperature su bile negativne na tri mjerne točke, samo u jami je temperatura bila 0 °C. To je bilo razdoblje izvanredno hladne zime općenito, zato ne iznenađuje podatak da su i dnevne temperature bile ispod točke ledišta. U tom vremenu bila je također vrlo niska vlažnost, samo 20 % na prvoj točki, 24% na drugoj točki mjerenja i 68 % v jami.

Za vrijeme mjerenja okoliš je bio pokriven snježnim pokrivačem, što je vjerojatno imalo utjecaja na količinu svjetlosti na mjernom mjestu 1.

Preglednica 4: Monitoring mikroklimе - siječanj 2017**Table 4: Microclimate monitoring - January 2017**

JAMSKA KLIMA	Točka 1	Točka 2	Točka 3	Točka 4
Temperatura °C	-10 °C	-5 °C	-1 °C	0 °C
Kretanje zraka km/h	0 km/h	0 km/h	0 km/h	0 km/h
Vlažnost zraka %	>20 %	24 %	54 %	68 %
Količina ozona u zraku	0	0	0	0
Količina svjetlosti lux	2150 lux	330 lux	1,2 lux	0 lux

U tablici 4 vidljive su pozitivne korelacije između niskih temperatura i povišene vlage, što znači da kod negativnih temperatura vlaga u potpunosti nestaje. Temperature u jami Belojača nisu prešle 15 °C.

Veljača 2017

Krajem veljače 2017 došlo je do zagrijavanja nakon duge oštre zime što je bilo vidljivo po temperaturama i kretanju vlažnosti (sačuvana je pozitivna korelacija). Mjerenja su rađena nakon obilnih padalina.

Preglednica 5: Monitoring jamske mikroklimе - veljača 2017

Table 5: Monitoring the cave microclimate - February 2017

JAMSKA KLIMA	Točka 1	Točka 2	Točka 3	Točka 4
Temperatura °C	4°C	6°C	6°C	6°C
Kretanje zraka km/h	0 km/h	0 km/h	0 km/h	0 km/h
Vlažnost zraka %	66 %	56%	81%	86%
Količina ozona u zraku	0	0	0	0
Količina svjetlosti lux	1876 lux	265 lux	0 lux	0 lux

Ožujak 2017

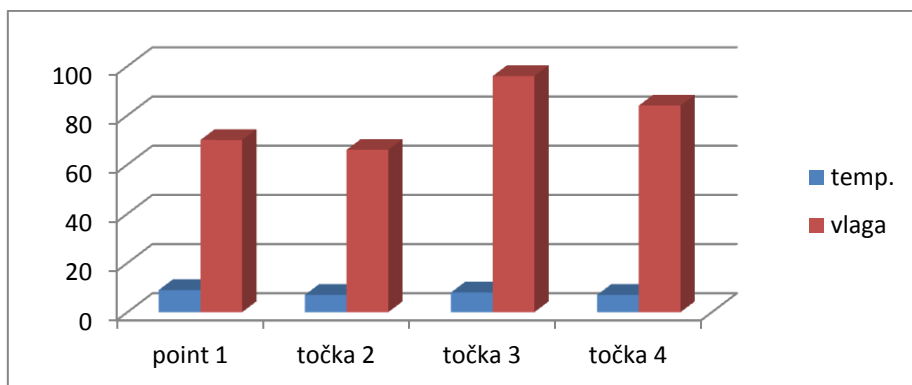
Kretanje temperature i vlažnosti zraka u ožujku 2017 bilo je raznovrsno i neusporedivo s jeseni, naime jama se zimi jako ohladila. To je razlog zašto je predjamska klima toplija nego ona u jami, iz toga zaključujemo da se je učinak pohrane topline izgubio za vrijeme zimskih mjeseci.

Preglednica 6: Monitoring mikroklimе - ožujak 2017

Table 6: Microclimate monitoring - March 2017

JAMSKA KLIMA	Točka 1	Točka 2	Točka 3	Točka 4
Temperatura °C	9 °C	7 °C	8 °C	7 °C
Kretanje zraka km/h	0	0	0	0
Vlažnost zraka %	70 %	66 %	96 %	84 %
Količina ozona u zraku	0	0	0	0
Količina svjetlosti lux	2680	239	0	0

Na točki 3, pred ulazom u jamu Belojača u ožujku je vlažnost bila najviša, 96 %, što možemo obrazložiti sa izjednačenim temperaturama u djelu ispred i u jami. Točka 3 je naime granična točka oba ekosustava.



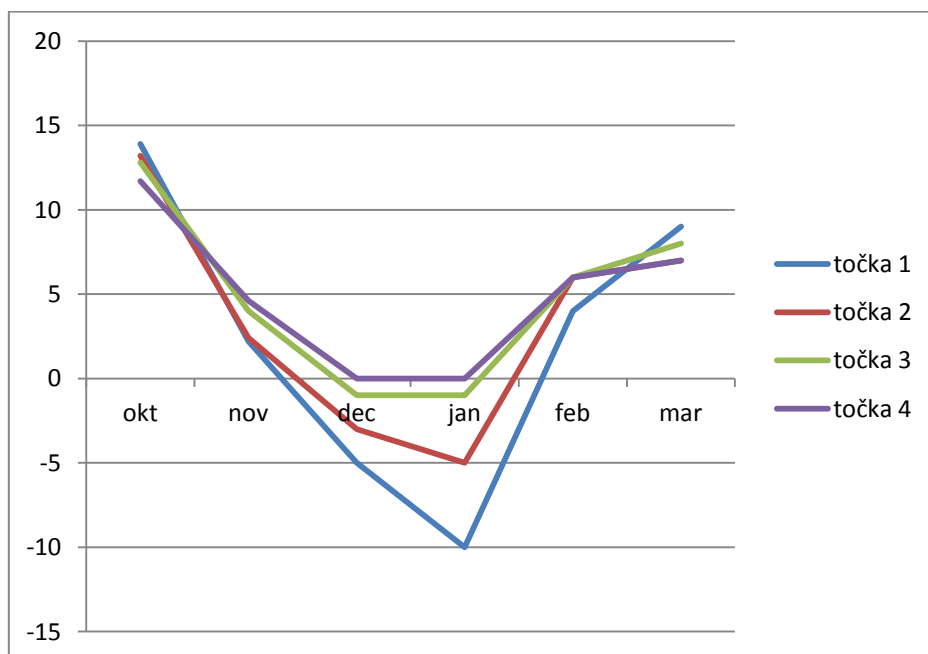
Graf 3: U ožujku 2017 atmosfera se je prije ugrijala izvan jame nego u jami i najviša vlažnost je bila na točki 3, pred jamom

Fig. 3: In March 2017, the atmosphere was warmed outside the cave rather than inside the cave and the highest humidity was at point 3 bin front of the pit

Korelacije između mikroklimatskim svojstvima jame Belojača

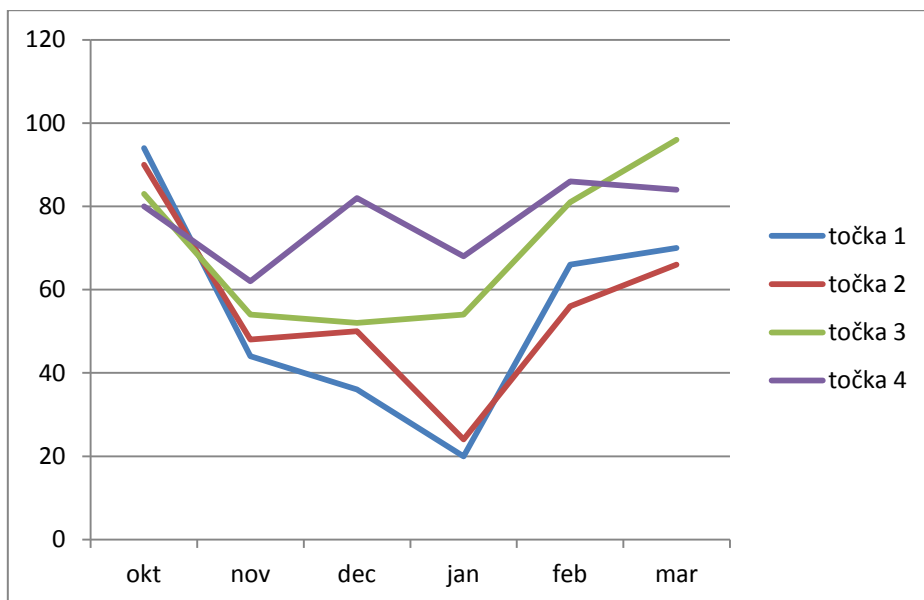
Podatki iz terenskih meritev za kakovost predjamske in jamske klime kažejo, da je zrak brez posebnosti, saj nikoli nismo izmerili ozona. Svetloba kaže upadanje od oddaljenosti od jame, torej bolj kot smo bili pri jami, bolj je bilo temo in obratno, Preko 2000 lux smo izmerili na točki 1 – predjamska klima in pol manj na točki 2, medtem ko sta točki 3 in 4 v jami bili skoraj brez svetlobe (razen z izjemo v januarju z 1,2 luxa).

Rezultati terenskih istraživanja za kakvoću predjamske i jamske klime ukazuju na to da zrak nema nikakvih posebnih značajki, naime nikada nije izmjeren ozon. Intenzitet svjetlosti opada udaljavanjem od jame, tako da približavanjem jami postaje sve tamnije i obrnuto. Preko 2000 lux izmjereno je na točki 1- predjamska klima i upola manje na točki 2, dok su točke 3 i 4, u jami skoro bez svjetlosti (osim izuzetka u siječnju sa 1,2 luxa).



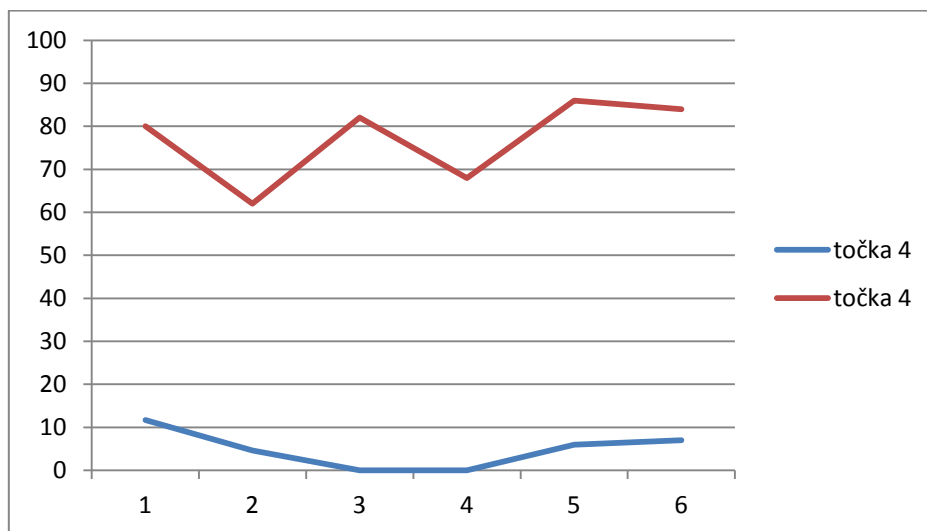
Graf 4: Kretanje temperatura od listopada 2016 do ožujka 2017 ukazuje na niskokolebanje točke 4 i minimalne razlike u mikroklimi između vanjskog prostora i unutrašnjosti jame u mjesecu ožujku 2017.
Fig. 4: Temperatures from October 2016 to March 2017 point to low oscillation of point 4 and minimal difference in microclimate between outer space and the interior of the cave in March 2017.

Kretanje vlažnosti na sve četiri mjerne točke po mjesecima ukazuje da je vlažnost u jami bila sačuvana kroz zimski period između 60 i 90 %, dok je na drugim točkama pala na 20 %.



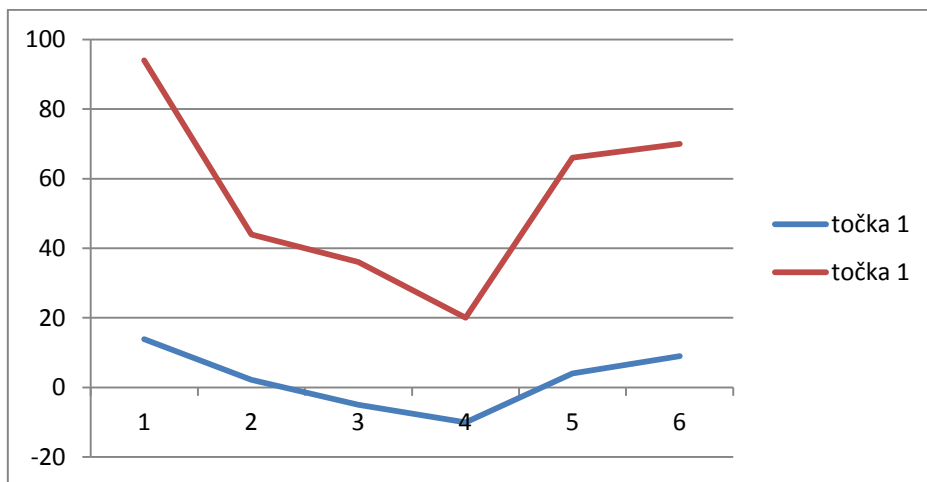
Graf. 5. Vlažnost zraka od tačke 1 do tačke 4
Fig. 5: Humidity from point 1 to point 4

Usporedba jamske klime (točka 4) ukazuje na jednakomjerno mjenjanje temperature i vlažnosti po mjesecima.



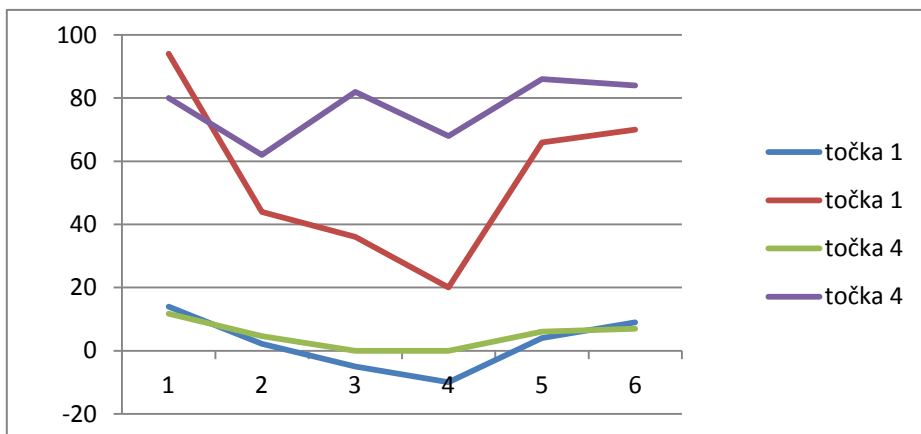
Graf 6. Jamska mikroklima točke 4.
Fig. 6: Cave microclimate of Point 4.

Za razliku od točke 4 kretanje temperature i vlage znatno se razlikuje u ljetnim mjesecima i najveća je razlika u n toplijem razdoblju, u odnosu na hladni dio godine. Najveće fluktuacije su izmjerene u točki 3, pred ulazom u jamu.



Graf 7. Usporedba vlage (crvena crta) i temperature na točki 1
Fig. 7: Comparison of humidity (red line) and temperature at point 1.

Kretanje vlažnosti zraka v % ukazuje na velike promjene pred jamom i manje u jami (Graf 8).



Graf 8. Usporedba predjamske i jamske klime
Fig. 8: Air humidity change in front of and inside the cave.

ZAKLJUČAK

Poznavanje mikroklimatskih svojstava jamskog ekosustava korisno je iz gledišta posebnosti. Polugodišnje istraživanje ekosustava jame Belojača s naglaskom na mikroklimu ukazuje na tipična svojstva jamske klime viđeno kroz zakašnjenje temperature (zbog stalne klime u jami) u usporedbi sa jesenskim i proljetnim razdobljem. Podaci o vlazi i temperaturama pozitivno koreliraju, tako da opadanjem temperature opada i vlaga. Ako bi mjerenja radili još dublje u jami temperatura bi bila još viša a posljedično tome i vlaga. Jama Belojača ima povoljne uvjete za prezimljavanje, zimi ostaje topla i vlažna, što pokazuju rezultati naših mjerenj. Upravo to je čini povoljnim staništem za šišmiše, naime oni prezimljuju na temperaturi od 5 °C do 10 °C i hiberniraju pri temperaturama između 7 °C i 10 °C, iz čega možemo zaključiti da je unutrašnjost jame Belojača povoljni ekosustav za te životinje, kao i da su mikroklimatski čimbenici jame povoljni okoliš za šišmiše (jamski ekosustav).

Jamski ekosustav je zaštićen kao prirodna vrijednost zbog mikroklimatskih uvjeta, vodnih, vegetacijskih i životinjskih posebnosti, što ih čini važnim potencijalom za zeleni turizam i obrazovanje i podizanje svijesti ljudi.

Literatura

- Aničić, B., Juriša, M. (1984): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000 list Rogatec L 33 -68, Zvezni geološki zavod Beograd.
- Aničić, B., Juriša, M. (1985): Tolmač za list Rogatec L 33 – 68. Zvezni geološki zavod, Beograd, 76 str.
- Bedjanič, M. (2009): Narava v občini Poljčane. Poljčane: Občina Poljčane, 103-107 s.
- Gospodarič, R. (1960): Belojača, kraška jama v Halozah. Naše jame, let. 2, str. 39 – 42.
- Hlad, B. (1995): Varovanje geološke dediščine. Uprava Republike Slovenije za varstvo narave, Ljubljana.
- Kryštufek, B., P. Presetnik, A. Šalamun (2003): Strokovne osnove za vzpostavljanje omrežja Natura 2000: Netopirji (Chiroptera) (končni poročilo). Prirodoslovni muzej Slovenije. 322 str, digitalne priloge.
- Kamenšek, U. (2005): Favna Belojače (kraške jame pod Bočem). Dipl. delo, Odd. za biologijo, Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, Ljubljana, 63 pp.
- Novak, D. (1980): Osameli kras v podravskem delu SR Slovenije. Acta carsologica, Krasoslovni zbornik, VI/4, Ljubljana, 59 – 78.
- Presetnik, P. (2007): Register pomembnih zatočišč netopirjev v severni Sloveniji. Center za kartografijo favne in flore, 2007, 26 str.
- Presetnik, P. (2009): Netopirji. V : Gradišnik S. (ur.), Zbornik občine Slovenska Bistrica III: Svet med Pohorjem in Bočem, str. 600-608. Zavod za kulturo Slovenska Bistrica, Slovenska Bistrica.
- Vovk Korže, A. (2013): Strokovna gradiva za jamo Belojača. Projekt Dediščina Dravinjske doline, Inštitut za promocijo varstva okolja.

SUMMARY

MICRO CLIMATE IN THE BELOJAČA KARST CAVE IN PANNONIAN SLOVENIA

Ana Vovk Korže, Mednarodni center za ekoremediacije, Filozofska fakulteta Maribor, Koroška c. 160, 2000 Maribor, ana.vovk@um.si

Silvija Zeman, Međimursko veleučilište u Čakovcu, bana Josipa Jelačića 22 A, Čakovec 40 000 szeman@mev.hr

Vanesa Korže, Inštitut za promocijo varstva okolja, Koroška c. 57, 2000 Maribor, vanesa.korze@gmail.com

Belojača as a lonely karst has over 700 m of explored tunnels. It lies NE of Boč in the direction of Donačka gora. It was discovered by the miners of nearby mine Šega, where they were excavating black coal anthracite. Cave was formed at the end of the Ice Age, when there was more precipitation. Limestone massive in which cave is, was formed in early Perm era, that is when Karavanke were formed and major tectonic movements happened. Cave was created by enormous quantities of water, which flowed through cracks. This was proven by bigger gravel stones found at the bottom of the cave as well as big rock formations in the first floor of cave.

Data measured about air (movement of air, lightness) appear on all spots in logical anticipated sequence, only when we increase distance from the outside surface we get changes in humidity and temperature, other changes does not change.

We can conclude that we proved big differences between cave and outside the cave climate; cave climate is more stable and has smaller movements as the outside cave climate, which shows the stability of this abiotic parameter. Data about humidity and temperatures have positive correlation, so that with the fall of the temperature we get lower humidity. If we measured deeper in the cave we would have received even higher temperature as well as humidity, which is important speciality of that abiotic factor.

Authors

Ana Vovk Korže is a full professor, researcher and project leader at the Faculty of Arts University of Maribor. Teaching areas: water, soil, regional geography, field and laboratory work, natural resource protection, regional development. Research areas: self-sufficient supply, ecoremediation, public participation in environmental decision-making, regional development and sustainable regions. Additional education at University of Graz and Zagreb University. Innovative research achievements: learning polygons for self-sufficient supply and ecoremediation experiential research, testing green technologies for the economy. Establishment of Learning Regions Dravinja valley. Setting up Development Centre of nature in the municipality Poljčane - Centre for Sustainable Development.

Silvija Zeman is a professor and researcher at the faculty of Čakovec.

Teaching areas : Soil, water, waste, ecoremediation and sustainable development.

Additional education encompasses analytical methods related to examining pollution of the soil on liquid, gas chromatography and on the methods related to examining water and waste. I am teaching subjects related to soil, water and air.

Vanesa Korže is a temporary co-worker of the Institute for promotion of environmental protection. She researches different ecosystems and has performed a longer research about cave ecosystems. Moreover, she is a supporter of vegan lifestyle and animal rights activism for ethical and environmental reasons.