

pojavo območja visokega zračnega pritiska nad severnim delom Srednje Evrope (anticiklonalna) ali pa nizkega zračnega pritiska (ciklonalna) nad Sredozemljem (4), ki se bliža našemu delu jadranske obale. Ohlajeni zrak, ki se zadržuje v notranjosti za gorskim grebenom, se prek orografskih pregrad začne spuščati proti obali (1). Najpogosteje piha v hladni polovici leta, je kratkotrajna, pogosto pa tudi zelo močna. Nemalokrat povzroča velike, ostre valove, ki se lomijo in penijo. Najprimernejši kraji za jadranje na deski ob pojavu burje sta piranska in izolska punta ter Žusterna. Piranska in izolska punta sta namreč severovzhodnim in vzhodnim vetrovom najbolj izpostavljena kraja. Ob močni burji se na tem območju pojavijo izredno visoki valovi, ki omogočajo jadralcem na deski izvajanje najrazličnejših skokov. Čeprav je burja najpogostejša in najmočnejša v zimskem času, pa mraz nemalokrat onemogoča jadranje. Najprimernejši čas za jadranje na deski ob pojavu burje je tako v spomladanskem in jesenskem času, ko so temperature morja ter zraka ugodnejše. V hladnejši polovici leta so pogosti tudi južni, topli in vlažni vetrovi, ki pihajo z morja na kopno. Zaradi prehajanja toplega in vlažnega morskega zraka nad hladnejše kopno se poveča oblačnost, kar lahko povzroči nastanek padavin (4). Jugo, ki piha vzdolž obale, običajno več dni pred prehodom fronte, povzroča visoke valove. Najvišji so na odprtem in priobalnem morju (ob plitvinah) ter na območjih morskih tokov, ki so nasprotnosmerni vetru (2). Najprimernejši kraji za jadranje na deski ob južnih vetrovih je Piranski zaliv. V spomladanskem in poletnem času je na slovenski obali pogost maestral, šibak veter s severozahoda. Pojavlja se predvsem v topli polovici leta, ker se kopno podnevi segreva hitreje kot morje (4). Ob pojavu maestrala lahko jadramo na deski po celotni slovenski obali od Koprškega do Piranskega zaliva.

Poleg južnih vetrov ob morju so v Sloveniji značilni tudi višinski jugozahodni vetrovi, ki omogočajo jadranje na deski na slovenskih jezerih. Jugozahodni veter je značilen za vremensko sliko pred prihodom fronte, ko vleče ciklon s središčem v severni ali srednji Evropi prek naših krajev vlažen sredozemski zrak. Ob ugodnih vremenskih razmerah, ko jugozahodni veter sovpada še z istosmernim termičnim vetrom (ta nastane zaradi velikih razlik v temperaturi zraka nad sosednjimi območji), pa ta na nekaterih slovenskih jezerih doseže dovolj velike hitrosti za jadranje na deski (3). Pogosti so na Bohinjskem in Cerkniškem jezeru ter na jezerih severovzhodne Slovenije.

Čeprav je naše življenje vedno bolj odvisno od tehnološkega napredka je splošno geografsko znanje v življenju človeka zelo pomembno. Za geografa pa ni dovolj le poznavanje naravnih pojavov in procesov, saj lahko nekatere med njimi tudi občutimo ne da bi pri tem ogrozili svojo varnost. Poznavanje podnebni in reliefnih značilnosti krajev je nepogrešljivo pri izbiri kraja za jadranje na deski. Poleg znanja pa so pomembne tudi izkušnje. Z opazovanjem vremenskih pojavov in poznavanjem reliefnih značilnosti obmorskih krajev si namreč lahko pridobimo pomembne izkušnje, ki nam omogočajo napovedovanje vremena. Tako lahko zgodaj predvidimo hitro spremembo vremena in se na ta način izognemo morebitnim neprijetnostim, ki se nam lahko zgodijo pri tem športu.

Sicer pa je izbira kraja odvisna od vsakega posameznika. Ni važno kam se odpravimo, temveč da zadovoljimo svojo dušo in ujamemo popoln val. Geografe pa nas ob tem pri preživljanju svojega prostega časa spremlja še prijeten občutek koristne uporabe "geoznanj" v praksi.



Viri in literatura

1. Polajnar J., Trobec, R. 2009 a: O burji. Medmrežje: http://www.style-team.si/test/index.php?option=com_content&task=view&id=72&Itemid=140 (citirano 14.04.2009).
2. Polajnar J., Trobec, R. 2009 b: O jugu. Medmrežje: http://www.style-team.si/test/index.php?option=com_content&task=view&id=73&Itemid=140 (citirano 14.04.2009).
3. Polajnar J., Trobec, R. 2009 c: Uporabni značilni vetrovi v notranjosti Slovenije. Medmrežje: http://www.style-team.si/test/index.php?option=com_content&task=view&id=158&Itemid=140 (citirano 14.04.2009)
4. Pučnik, J. 1980: Velika knjiga o vremenu. Cankarjeva založba. Ljubljana.
5. Rakovec, J., Vrhovec, T. 1998: Osnove meteorologije za naravoslovce in tehnike. Društvo matematikov, fizikov in astronomov Slovenije. Ljubljana.
6. Roth D., Gunter 1992: Vremenoslovje za vsakogar. Državna založba Slovenije. Ljubljana.
7. The kite and windsurfing guide Europe 2006. Stoked publications. Juechen.
8. Trontelj, M. 2009: Jadranje v Sredozemlju. Medmrežje: <http://www.revijakapital.com/navtika/clanki.php?idclanka=427> (citirano 14.04.2009).

Najnižja temperatura v Sloveniji

IZVLEČEK

Prva polovica januarja 2009 je bila po nižinah glede na dolgoletno povprečje več stopinj Celzija hladnejša. Sredogorje in visokogorje je prekrivala debela snežna odeja. Raziskovalci mrazišč Slovenskega meteorološkega foruma so po dveh zimah zabeležili novo neuradno najnižjo temperaturo v Sloveniji. Po razširitvi območja visokega zračnega pritiska iznad osrednjega dela Evrope je 8. januarja od severa dotekel mrzel in suh zrak, zaradi česar se je v mrazišču Mrzla Komna na Lepi Komni ohladilo do $-49,1\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Ključne besede: mrazišče, temperatura, Komna, anticiklon, temperaturni obrat.

ABSTRACT

The first half of January 2009 was in lowlands significantly colder than the corresponding long-term average. At higher elevations deep snow cover was present. New record low temperature was measured after two winter seasons by a group of frost hollow researchers of the Slovenian Meteorological Forum. As an area of high air pressure expanded out of central Europe on January 8, very cold and dry airmass overflew Slovenia. Consequently, air temperature dropped down to $-49,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ in frost hollow Mrzla Komna on Lepa Komna plateau.

Key words: frost hollow, temperature, Komna, anticyclone, temperature inversion.

Avtorji besedila:

MATJAŽ DOVEČAR, študent geog., Oddelek za geografijo, Filozofska fakulteta Univerze v Ljubljani

E-pošta: matjazdovecar@hotmail.com

IZTOK SINJUR, dipl.inž.gozd., Gozdarski inštitut Slovenije

E-pošta: iztok.sinjur@gozdis.si

DR. MATEJ OGRIN, Oddelek za geografijo, Filozofska fakulteta Univerze v Ljubljani

E-pošta: matej.ogrin@siol.net

GREGOR VERTAČNIK, univ. dipl. meteorol.

Urad za meteorologijo, Agencija RS za okolje

E-pošta: gregor.vertačnik@gov.si

Avtorji fotografij:

IZTOK SINJUR, MATJAŽ DOVEČAR, ANDREJ TROŠT

COBISS 1.04 strokovni članek

Mrazišča so konkavne reliefne oblike različnih velikosti, v katerih se zlasti ob jasnem in mirnem vremenu pojavlja jezero hladnega zraka, ki seže največ do vrha reliefnega oboda (4). Jezero hladnega zraka zlasti v mraziščih, kot so vrtače in uvale, povzroča izrazit temperaturni obrat, ki lahko vztraja od nekaj ur do več dni. V njem se temperaturne, vlažnostne in vetrovne razmere razlikujejo od tistih zunaj mrazišča, kar v hladnejšem delu leta povzroča dolgotrajnejšo in debelejšo snežno odejo. Skozi vse leto se tudi v nižinskih mraziščih pojavlja zmrzal, ki je v času poletja sicer kratkotrajna, a povečuje število dni z negativno temperaturo. V višjeležečih mraziščih pogosta nočna zmrzal lahko tudi v toplejšem delu leta povzroča zmrzovanje tal in bistveno podaljša čas trajanja in globino zmrznjenosti tal. Zaradi tega zlasti v višjeležečih mraziščih pogosto prihaja do pojavljanja od okolice različnih rastlinskih združb (npr. 3, 9), v katerih lahko uspevajo tudi redke in ogrožene rastlinske vrste (2). Najnižje temperature so na dnu depresij. Sprememba temperature z višino v mrazišču praviloma močno presega tistega, ki velja za prosto atmosfero (padec temperature zraka do največ $1\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ višinske razlike). To potrjujejo tako večletne neprekinjene meritve v mraziščih, kot tudi vertikalne balonske sondaže z dna mrazišč.

Meritve v mraziščih

Sredi leta 2005 je skupina raziskovalcev mrazišč v okviru Slovenskega meteorološkega foruma pričela s poskusnimi meritvami v posameznih mraziščih in nato v začetku zime 2005/2006 vzpostavila mrežo merilnih postaj širom Slovenije (4). Tako je skupina raziskovalcev mrazišč – mraziščarjev, ki sodeluje z Oddelkom za geografijo Filozofske fakultete Univerze v Ljubljani ter Gozdarskim inštitutom Slovenije, na Komni v preteklih letih namestila merilne naprave v več mraziščih. Večkrat so bile v mraziščih, kot tudi v njihovi okolici, opravljene podrobnejše terenske meritve z ročnimi termometri. Zbrani podatki in njihove nadaljne statistične obdelave so privedle do novih spoznanj mikroklimatskih razmer pri nas (npr. 7, 11). Tekom leta 2008 je bila merilna mreža precej skrčena; v nadaljnji monitoring so bila vključena le najhladnejša mrazišča na določenih območjih. Na Komni so bila izbrana tri mrazišča, za primerjavo z razmerami izven njih pa je bila blizu planinskega doma na Komni postavljena še t.i. referenčna postaja.

Že kmalu po začetku meritev na Komni so bile zabeležene nepričakovano nizke temperature. Merilne postaje so konec januarja 2006 prvič zabeležile temperaturo pod $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$. V mrazišču Mrzla Komna je alkoholni minimalni termometer 25. januarja zabeležil do tedaj neuradno najnižjo temperaturo $-41,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ (7). Poleg zelo nizkih zimskih temperatur se mraz pogosto pojavlja tudi v poletnih mesecih. V juliskem vročinskem valu leta 2007, ko je bilo po nižinah tudi $+35\text{ }^{\circ}\text{C}$, se je v mraziščih zjutraj redno pojavljala slana, merilne naprave pa so na 2 m nad tlemi beležile eno do dve stopinji Celzija pod lediščem.

Zakaj podatki niso "uradni"?

Uradne meritve temperatur v Sloveniji izvaja Agencija Republike Slovenije za okolje (ARSO) v okviru mreže različnih tipov meteoroloških postaj. Merilni instrumenti za beleženje temperature zraka na meteoroloških postajah ARSO, ki so lahko analogni ali samodejni, so umerjeni in nameščeni v standardne meteorološke hišice. Postaje na Komni niso del uradne mreže, sicer kakovostne merilne naprave pa se nahajajo v posebej prirejenih radiacijskih zaklonih (Slika 1), s katerimi so bile opravljene testne meritve. Te so pokazale, da so zakloni za merjenje minimalnih temperatur povsem ustrezni in primerni.

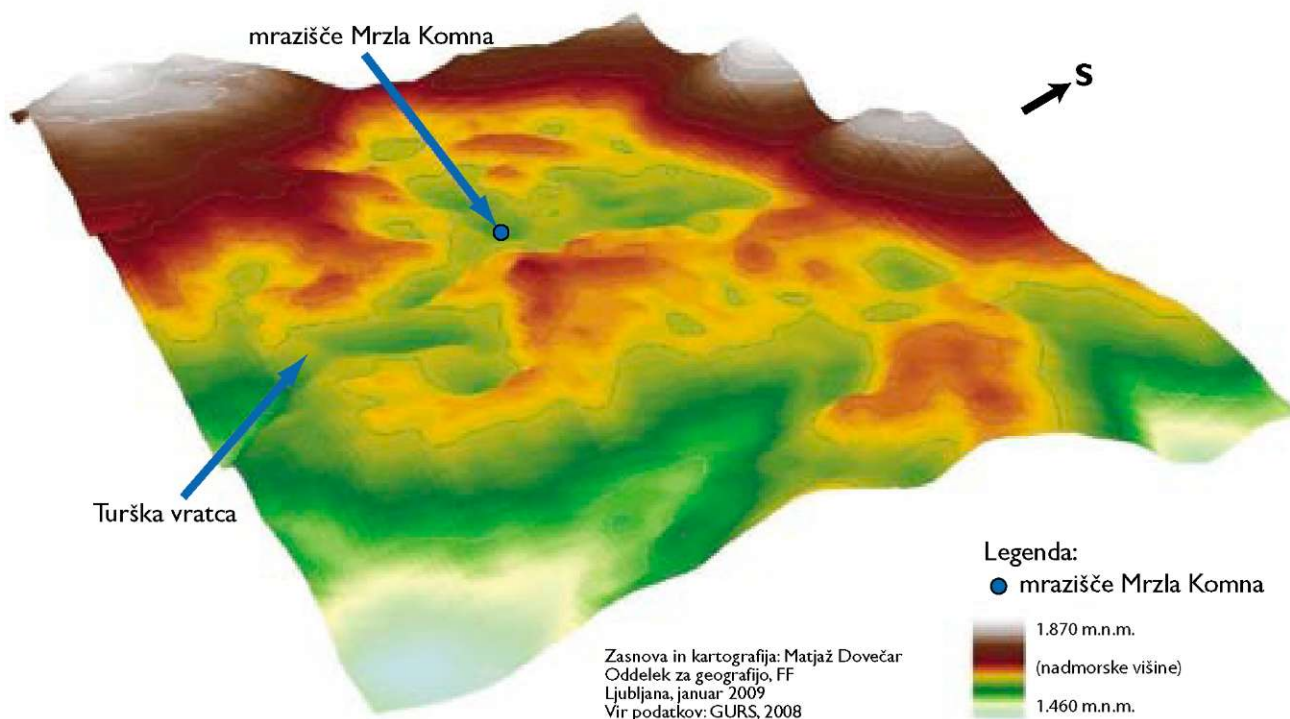
Hud mraz – tokrat skoraj do $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$

Po dveh zimah (2006/2007 in 2007/2008), ko se je v mraziščih redko ohladilo pod $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, se je letošnja začela bolj obetavno. Že konec novembra 2008 je v sredogorju zapadlo veliko snega in takrat je bila v Mrzli Komni izmerjena najnižja novembrska temperatura dosedaj ($-30,5\text{ }^{\circ}\text{C}$). December je Komni namenil še dva metra novega snega, tako da je skupna višina snežne odeje ob koncu druge dekade po tamkajšnjih mraziščih dosegala tudi 3 m. Posledično je sneg prekril večino merilnih postaj, ki jih je bilo potrebno odkopati in pripraviti za meritve še pred naslednjim večjim mrazom. Merilne postaje (ene izmed njih nismo uspeli najti) in instrumente smo zopet dvignili okoli 2 m nad snežno odejo. Delo v zimskih razmerah je bilo naporno, a trud je bil kmalu "poplačan".

Za hladno fronto 8. januarja je nad naše kraje z zmernimi severnimi vetrovi pričel dotekati zelo suh in mrzel zrak. Ker so bila mrazišča na Komni prekrita z debelo snežno odejo, se je obetal hud mraz. Že 8. januarja zvečer je skupina mraziščarjev prispela v planinsko kočjo na Komni, kjer je bilo okoli $-16\text{ }^{\circ}\text{C}$, v bližnjem mrazišču Luknja pa po osmi uri zvečer že $-28\text{ }^{\circ}\text{C}$. Jutro



Slika 1: Merilna postaja Slovenskega meteorološkega foruma v mrazišču Mrzla Komna (foto: Iztok Sinjur).



Slika 2: Digitalni model reliefa (pogled na del Lepe Komne z mraziščem Mrzla Komna).

9. januarja je bilo mirno in jasno. Pri planinski koči je bilo okoli $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$, na uradni meteorološki postaji ARSO na Voglu pa ob 7. uri pri 23 % relativni zračni vlažnosti $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ (1). Pridobljeno znanje o mikroklimi mrazišč, ki je plod večletnih meritev, je bilo s potrditvijo domnev o novi najnižji temperaturi znova ocenjeno z odliko.

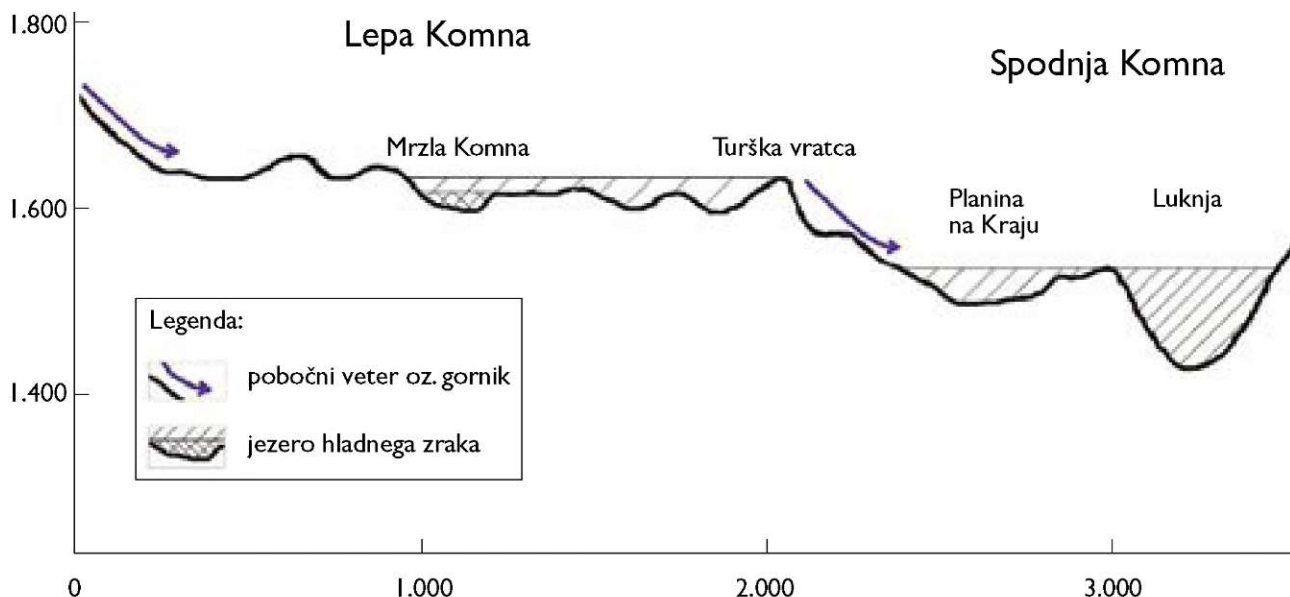
S sedla Turška vratca (nad Planino na Kraju) je v času Sončevega vzida pri $-16\text{ }^{\circ}\text{C}$ pihal zmeren pobočni veter, rečemo mu tudi gornik (6), in z Lepe Komne odvajata nad tlemi ohlajeni zrak. Ta se čez omenjeno sedlo steka le v primerih, ko se mrazišča na Lepi Komni tako ohladijo, da višina jezera hladnega zraka sega preko okoliških vzpetin.

Že na robu mrazišča Mrzla Komna, približno 30 m nad dnom, je temperatura hitro padla pod $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ob sestopanju v dno je temperatura še naprej padala. Na dnu mrazišča je termometer 180 cm nad snežno odejo malo po osmi uri zjutraj kazal $-43\text{ }^{\circ}\text{C}$. Minimalni termometer, ki s plavacem zabeleži najnižjo temperaturo, je minulo noč zabeležil $-49,1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Zabeležena temperatura, ki je le $3,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ višja od alpskega rekorda, je bila glede na temperaturo prostega ozračja na tej višini (izmerjeno s pomočjo vertikalne sondaže iz Ljubljane) kar $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ nižja.

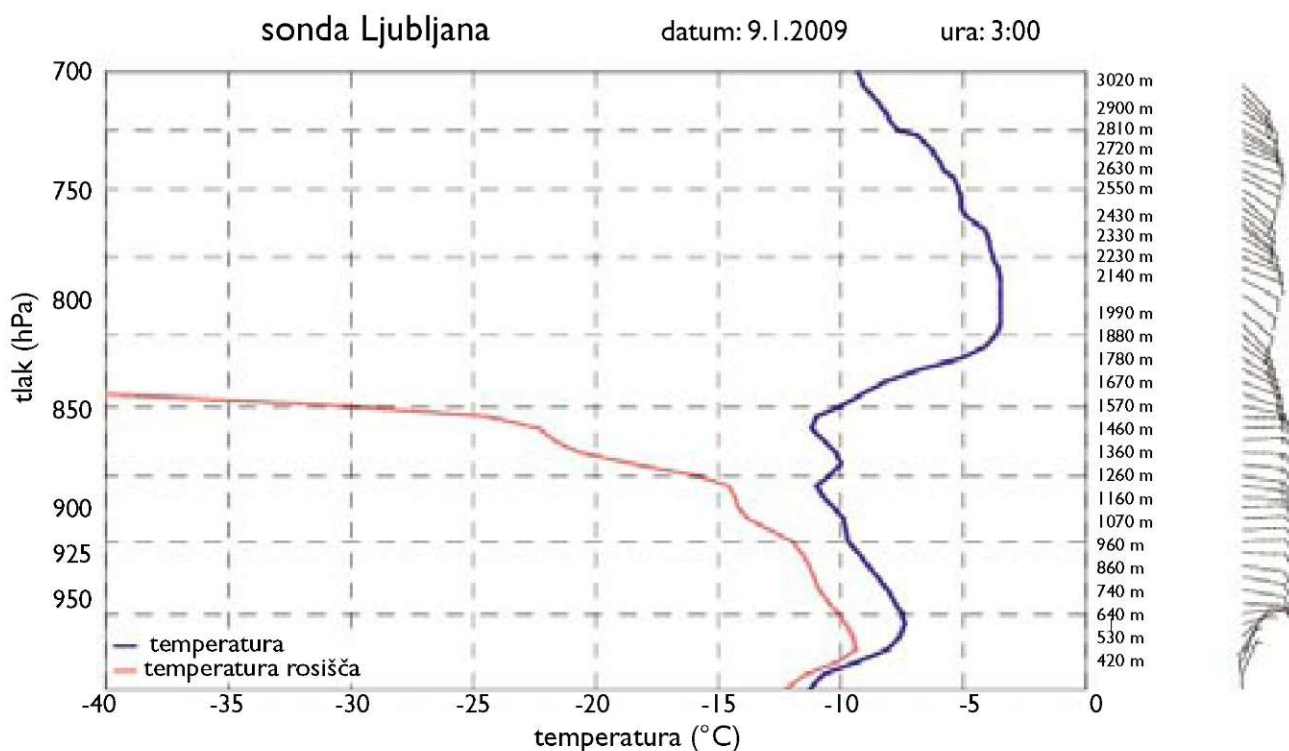
Izjemno nizka temperatura v Mrzli Komni v noči z 8. na 9. januar je bila posledica zelo ugodnih vremenskih in snežnih razmer. V višinah je bil mrzel in zelo suh zrak, ki je omogočal močno nočno ohlajanje. Infrardeče sevanje ozračja, ki ponoči uravnoveša infrardeče sevanje tal, se s padajočo temperaturo in vlažnostjo zmanjšuje, kar pomeni nižjo ravnovesno temperaturo. Debela in na vrhu rahla snežna odeja, ki je prekrivala Komno, je hkrati odličen izolator in sevalec, zato se je izguba toplote s sevanjem skoraj v celoti prenesla na zrak v mrazišču. Na intenzivnost tega procesa kaže tudi lokalni nočni veter z Lepe na



Slika 3: Minimalni termometer ob odčitavanju minimalne temperature 9. januarja 2009 zjutraj. Desni konec rjavega plovca kaže $-49,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ (foto: Andrej Trošt).



Slika 4: Višinski profil Komne (prek mrazišč Mrzla Komna, Planina na Kraju in Luknja) in nastanek jezera hladnega zraka (avtor: Matjaž Dovečar).



Slika 5: Vertikalna sondaža ozračja Agencije Republike Slovenije za okolje z dne 9. 1. 2009 ob 3. uri zjutraj pokaže, da je bila temperatura rosišča na višini Mrzla Komne pod -30°C , na višini 1700 m pa celo pod -40°C . V splošnem za sevalno ohlajanje zraka od tal velja, da se ta lahko ohladi le do temperature rosišča, nato pa odvečna vlaga v zraku kondenzira, kar zaradi sproščanja kondenzacijske toplote in nastanka megle močno zmanjša, ali pa celo prepreči ohlajanje. Podatek o temperaturi rosišča v prostem ozračju je le okvirna vrednost razmer na Komni, saj lahko temperatura v mraziščih pade tudi precej pod temperaturo, ki zunaj mrazišča velja za temperaturo rosišča. To se zgodi zaradi učinkovitega izločanja vlage v zraku v obliki ledenih kristalov, ki se usedajo na tla. Zrak tako postaja vse bolj suh, kar omogoča nadaljnje ohlajanje.

Preglednica 1: Primerjava najnižjih izmerjenih temperatur v noči 8.19. januar 2009 (1, 9).

postaja	temperatura
Kredarica (2514 m)	-12,3 °C
Krvavec (1740 m)	-14,1 °C
Mrzla Komna (1592 m)	-49,1 °C
Dom na Komni (1530 m)	-16,5 °C
Planina Pečana (1444 m)	-33,0 °C
Luknja (1430 m)	-39,6 °C
Rudno polje (1347 m)	-22,7 °C
Lisca (943 m)	-10,6 °C
Ribenska planina (925 m)	-32,0 °C
Rateče (864 m)	-17,8 °C

Spodnjo Komno. V omenjeni noči je ta veter povsem prevladal nad šibkim vetrom vzhodnih smeri v prostem ozračju. Ker je meja zelo suhega zraka v višinah in bolj vlažnega spodaj potekala ravno na višini Komne, so se temperature v posameznih mraziščih z različno nadmorsko višino precej razlikovale.

V mrazišču Luknja, 160 m nižje od Mrzle Komne, je minimalna temperatura dosegla -39,6 °C, v mrazišču na planini Pečana pod Ratitovcem, ki leži na podobni nadmorski višini kot Luknja, pa -33 °C (10). Temperaturni potek v slednjem mrazišču kaže na kratak, a izrazit temperaturni minimum, kar pojasnjuje

6 °C višjo temperaturo v Mrzli Komni kmalu po vzidu Sonca glede na minimum pretekle noči. Enako sliko kažejo tudi podatki z mrazišča na Jelovici in iz italijanskih Alp, kjer je bila rekordno nizka temperatura -43,8 °C zabeležena že ob 3. uri zjutraj (5). Ozračje nad mrazišči se je v poznih jutranjih urah zaradi Sonca in dotoka manj mrzlega ter bolj vlažnega zraka ogrelo, posledično se je zaradi večjega sevanja ozračja tudi v mraziščih temperatura dvignila.

Je Komna res najhladnejša?

Štiri leta so za proučevanje klimatoloških lastnosti nekega območja zelo kratko obdobje, saj v klimatologiji kot referenčen niz velja 30-letno obdobje. V Sloveniji tako nizkih temperatur glede na dosedanje meritve v okviru uradne mreže ARSO ni pričakoval nihče, vendar pa je to le posledica redke merilne mreže ARSO, ki nikakor ne odtehta pokrajinske pestrosti Slovenije. Ne glede na to, da so že dosedanje meritve v mraziščih nakazale, da je Slovenija povsem drugačna "klimatološka učilnica", kot smo bili še pred nekaj leti prepričani, nikakor ne smemo misliti, da so mrazišča Komne zagotovo najhladnejše lege v Sloveniji. V sredogorju in visokogorju Julijskih Alp, Kamniško-Savinjskih Alp ter morda tudi Karavank lahko najdemo kar nekaj podobnih konkavnih reliefnih oblik in morda so kje razmere za močno nočno ohlajanje še boljše kot v Mrzli Komni.



Viri in literatura

1. ARSO. Meteorološki arhiv, Agencija Republike Slovenije za okolje.
2. Dakskobler, I., Sinjur, I., Veber, I., Zupan, B. 2008: Nahajališča in rastišča vrste *Pulsatilla vernalis* v Julijskih Alpah = Localities and sites of *Pulsatilla vernalis* in the Julian Alps. *Hladnikia*, 22 (2008) pos. št. Ljubljana.
3. Martinčič, A. 1977: Prispevek k poznavanju ekologije mrazišč v Sloveniji: botanično-ekološka skica = Beitrag zur Kenntnis der Ökologie der Kältelöcher in Slowenien: botanisch-ökologische Skizze. Ljubljana.
4. Ogrin, M., Sinjur, I., Ogrin, D. 2006: Minimalne temperature v slovenskih mraziščih pozimi 2005/2006. *Geografski obzornik* 53. Ljubljana.
5. Osebni vir: Bruno Renon. A.R.P.A.V. 2009: Dipartimento Regionale per la Sicurezza del Territorio Centro Valanghe di Arabba Unità Operativa Idrologia ed Idrometria Ufficio Idrologia Via Tomea, 5 32100 Belluno, Italija.
6. Reya, O. 1940: Vremenoslovje. Jugoslovanska knjigarna. Ljubljana.
7. Sinjur, I., Ogrin, M. 2006: Rekordni mrz -41,7st. C so letošnjega 25. januarja izmerili na Komni: kje so meje ohlajanja v naših mraziščih. Delo (priloga Znanost), 18.2.2006. Ljubljana.
8. Sinjur, I., Vertačnik, G. 2007: Ustreznost in zanesljivost meritev z registratorji temperature "i-button": predhodno poročilo raziskovalnega dela Slovenskega meteorološkega foruma. Samozal. Ljubljana.
9. Sinjur, I., Ferreira, A., Božič, G. 2007: Analiza temperaturnih nihanj v posebnih okoljskih razmerah mrazišča na Snežniku = Temperature disturbance analysis in specific conditons in the sinkhole on the Snežnik mountain. *Studia forestalia Slovenica* 130. Ljubljana.
10. Slovenski meteorološki forum, 2009: Minimalne temperature nekaterih sredogorskih mrazišč. Medmrežje: www.slometeo.net/forum (20.1.2009).
11. Vertačnik, G., Sinjur, I., Ogrin, M. 2007: Temperature comparison between some Alpine dolines in winter time. Chambéry, France.