

3 Topoklimatske razmere

Darko Ogrin, Miroslav Vysoudil, Matej Ogrin, Tanja Koželj

Podnebje obravnavamo v različnih prostorskih skalah; od globalne in regionalne do lokalne in mikro ravni. Glavne podnebne značilnosti večjih prostorskih enot izhajajo iz lege v določenem toplotnem pasu oziroma iz vplivov splošnega kroženja ozračja. Podnebje manjših prostorskih enot pa je rezultat splošnega podnebja (regionalnega in tudi globalnega) ter vplivov, ki izhajajo iz značilnosti površja (topografskih razmer). Zelo pomembne so reliefne poteze (tip reliefa, nadmorska višina, naklon in ekspozi-cija), vodne razmere in raba tal, ki vključuje tudi vpliv človeka.

3.1 Splošne podnebne poteze

Splošne podnebne značilnosti Kamniške Bistrice izhajajo iz lege v srednjih geografskih širinah na vzhodni strani alpskega loka. Dodatno jih modificira prehod Ljubljanske kotline v Posavsko hribovje in gorski svet Kamniško-Savinjskih Alp. To se odraža v postopnem prehodu zmerno toplega in vlažnega podnebja, ki ga imajo kotlinski predeli, v hladno in zelo vlažno podnebje nižjega in višjega gorskega sveta. Nižje ležeči deli Ljubljanske kotline imajo predgorsko varianto zmerno celinskega podnebja, za katero je značilno, da se povprečna temperatura najhladnejšega meseca ne spusti pod -3°C in da so vsi letni časi približno enakomerno namočeni. Z naraščanjem nadmorske višine pridobiva podnebje gorske poteze, s povprečno temperaturo najhladnejšega meseca pod -3°C , najtoplejšega nad zgornjo gozdno mejo pod 10°C in zelo veliko namočenostjo (Ogrin D., 1996; Ogrin D. in Plut, 2009). V zimskem času imajo zaradi pogostih in izrazitih temperaturnih obratov gorske podnebne poteze tudi gorske doline.

Opis splošnih značilnosti podnebja Kamniške Bistrice temelji na dolgoletnih nizih podnebnih meritev, praviloma za obdobji 1961–1990 in 1971–2000 ter nekaterih kartografskih prikazih izvedenih iz podatkov za obdobje 1971–2000.

3.1.1 Sončevo obsevanje

V obravnavani pokrajini so najmanj osončeni gorski predeli. Če sklepamo po podatkih iz ostalega dela slovenskih Alp (za gorato zaledje Kamniške Bistrice ni ustreznih podatkov), sije sonce letno v povprečju od 1600 do 1700 ur, vrednosti so med najnižjimi v Sloveniji. Več sonca imajo nižji in od gora bolj oddaljeni deli Kamniške Bistrice na prehodu v Kamniškobistriško polje, tudi do 1900 ur letno (Klimatografija Slovenije, Trajanje sončnega obsevanja, 2004). Po večji osončenosti izstopa toplotni pas ob vznožju Kamniško-Savinjskih Alp (npr. Tunjiško gričevje), ki leži nad kotlinskim dnem

in zato pogosto nad mejo megle in nizke oblačnosti, in je hkrati tudi dovolj oddaljen od najvišjih grebenov in orografske oblačnosti nad njimi.

Sezonski vpliv gora in z njimi povezane konvektivne oblačnosti je lepo razviden iz modelnih izračunov trajanja Sončevega obsevanja, ki ob astronomskih dejavnikih upoštevajo tudi atmosferske. Po teh podatkih je v gorah nad Kamniško Bistrico spomladi in poleti manj sonca kot v dolini (npr. poleti pod 620 ur, v dolinskem delu med Kamnikom in izvirom Kamniške Bistrice 700 do 780 ur). Jeseni in pozimi, ko je v nižinah in dolinah pogosta inverzijska megla in nizka oblačnost, pa več (npr. pozimi 320 do nad 400 ur, v nižinskem delu 240 do 320 ur) (Povprečno trajanje sončnega obsevanja – pomlad, poletje, jesen, zima, 1971–2000, 2016). Pogosto imajo vrhovi gora pozimi tudi več sonca kot naše Obsredozemske pokrajine, ki izstopajo kot najbolj sončni predeli Slovenije.

3.1.2 Temperatura zraka

Prostorsko razporejanje temperature zraka je odvisno od reliefnih danosti in od rabe površja. Pri reliefu izstopata višinska struktura in konkavnost površja, pomembna sta tudi naklon in ekspozicija. Z naraščanjem višine se temperature na splošno znižujejo. Vertikalni temperaturni gradient, izračunan s pomočjo podatkov za Krvavec (1740 m n. v.) in Volčji potok (360 m n. v.) (Klimatografija Slovenije, temperatura zraka 1961–1990, 1995), znaša za povprečne letne temperature zraka $-0,41\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$, za poletne $-0,52\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ in zimske $-0,25\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$. Kotlinski in dolinski deli obravnavanega območja imajo ob jasnem in mirnem (radiacijskem) vremenu nižje minimalne temperature zaradi temperaturnega obrata in jezer hladnega zraka. Južno orientirana pobočja so zaradi več prejete energije Sončevega obsevanja toplejša od severnih. Pri rabi izpostavljamo gozd, ki ima bolj izravnane temperaturni režim kot negozdne površine, in strnjeno pozidane površine (predvsem Kamnik), ki so zaradi antropogenih virov toplote in posebnih toplotnih lastnosti mest nekoliko toplejše od okolice.

Nižje ležeči deli obravnavane pokrajine imajo v povprečju najvišje temperature zraka. Povprečna letna temperatura je po podatkih za obdobje 1971–2000 med $8\text{ in }10\text{ }^{\circ}\text{C}$, januarska med $-3\text{ in }0\text{ }^{\circ}\text{C}$, julijska pa med $18\text{ in }20\text{ }^{\circ}\text{C}$. V hribovju do višine okoli 1300 m so temperature nižje za $2\text{ do }4\text{ }^{\circ}\text{C}$, v gorskem svetu pa za $6\text{ do }8\text{ }^{\circ}\text{C}$. Tu so povprečne letne temperature večinoma med $2\text{ in }4\text{ }^{\circ}\text{C}$, na najvišjih vrhovih in grebenih med $0\text{ in }2\text{ }^{\circ}\text{C}$, januarske med $-4\text{ in }-6\text{ }^{\circ}\text{C}$ in julijske med $6\text{ in }10\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Povprečna letna, januarska in julijska temperatura zraka, 2016).

Preglednica 3.1: Povprečne mesečne, sezonske in letne temperatura zraka ($^{\circ}\text{C}$) za Krvavec (n. v. 1740 m) in Volčji potok (n. v. 360 m) v obdobju 1961–1990.

	JAN	FEB	MAR	APR	MAJ	JUN	JUL	AVG	SEP	OKT	NOV	DEC	ZIMA	POM	POL	JES	LETO
Krvavec	-4,6	-4,5	-2,3	0,7	5,6	9,0	11,3	11,2	8,6	4,8	-0,1	-3,2	-4,1	1,3	10,5	4,4	3,0
Volčji potok	-2,3	0,1	3,9	8,6	13,3	16,7	18,6	18,0	14,5	9,3	3,5	-1,0	-1,0	8,6	17,7	9,1	8,6

Vir: Klimatografija Slovenije, temperatura zraka 1961–1990, 1995, str. 57 in 130.

Slika 3.1:

Radiacijska megla v dolini Kamniške Bistrice kot posledica temperaturnega obrata, 24. 12. 2014. Debelina inverzne plasti zraka, ki jo nakazuje zgornja meja megle, je poleti manjša (do nekaj 10 m), v hladni polovici leta pa lahko sega do najvišjih vrhov.



(foto: D. Cigale)

Posebne temperaturne razmere ima toplotni (termalni) pas na prehodu Kamniškobistriškega polja v gričevnato in hribovito obrobje (Tunjiško gričevje, zahodni obronki Posavskega hribovja). Toplotni pas se začne nekaj 10 m nad kotlinskim in dolinskim dnom in sega do 200 (250) m relativne višine. Ker leži nad predeli z izrazitim temperaturnim obratom, je toplejši kot nižje ležeči predeli, prav tako tudi od višje ležečih predelov. Glede na primerjavo podatkov za Golnik (n. v. 500 m), ki leži v toplotnem pasu pod Kriško goro in Žej (n. v. 427 m) v dnu Ljubljanske kotline oziroma Dobrav (v obravnavani pokrajini ni primerljivega para meteoroloških postaj), je toplotni pas pri povprečnih letnih in sezonskih temperaturah toplejši za okoli 1 °C, pri povprečnih minimalnih pa do 2 °C (Klimatografija Slovenije, temperatura zraka 1961–1990, 1995). Ob posameznih situacijah z radiacijskim tipom vremena je okoli sončnega vzhoda, glede na meritve v primerljivih pokrajinah, običajno toplejši od inverznega pasu pod njim za 4 do 6 °C, lahko pa tudi več.

Razen povprečnih so z vidika življenjskih pogojev pomembne tudi najvišje in najnižje temperature zraka. Najvišja temperatura, ki jo lahko s povratno dobo 50 let pričakujemo na Kamniškobistriškem polju v okolici Kamnika, je 36 do 38 °C, v dolini Kamniške Bistrice do izvira 32 do 36 °C, v hribovitem in goratem obrobju doline pa od 25 do 32 °C. Tako v dolini, kakor v goratem delu pokrajine, se lahko ohladi tudi pod -25 °C (Absolutna najvišja / najnižja temperatura zraka s povratno dobo 50 let, 2016).

3.1.3 Višina padavin in padavinski režim

Zaradi prisilnega dviganja zraka ob gorski pregradi Kamniško-Savinjskih Alp pade največ padavin na osrednjem grebenu in njegovi privetrni strani med Kočnami, Brano in Ojstrico, letno v povprečju med 2000 in 2600 mm. V smeri zniževanja površja proti Kamniškobistriškemu polju se višina padavin postopno znižuje, tako da jih med Kamnikom in Stahovico pade 1600 do 1800 mm (Povprečna letna višina korigiranih

padavin, obdobje 1971–2000, 2016). Višina padavin je za slovenske razmere nadpovprečna, grebeni Kamniško-Savinjskih Alp predstavljajo za Julijskimi Alpami drugoten višek namočenosti.

Širše območje Kamniško-Savinjskih Alp predstavlja prehodno območje med zmerno sredozemskim in zmerno celinskim padavinskim režimom. Oba viška padavin, jesenski (november) pri zmerno sredozemskem režimu in poletni (junij) pri zmerno celinskem, sta približno enakovredna. Nižek padavin je pozno pozimi (januar, februar) oziroma v začetku pomladi (marec). Padavinski režim je zelo nestabilen in se časovno spreminja. V posameznih letih in obdobjih pade več padavin poleti, te so večinoma konvekcijskega nastanka, v drugih pa v jeseni, ki so najpogostejše posledica prehodov frontalnih sistemov.

Preglednica 3.2: Povprečne mesečne, sezonske in letne višine padavin (v mm) za Krvavec (n. v. 1740 m), Črnivec (n. v. 842 m), Kamniško Bistrico (n. v. 601 m) in Volčji potok (n. v. 360 m) v obdobju 1961–1990.

	JAN	FEB	MAR	APR	MAJ	JUN	JUL	AVG	SEP	OKT	NOV	DEC	ZIMA	POM	POL	JES	LETO
Krvavec	92	77	96	121	138	174	158	149	140	122	143	94	267	354	480	404	1502
Črnivec	102	92	123	140	149	180	157	156	144	142	162	108	307	413	494	448	1656
Kam. Bistrica	136	119	152	177	193	222	191	186	188	209	231	155	418	522	599	627	2158
Volčji potok	77	76	92	108	121	162	142	142	137	112	135	93	251	321	446	384	1396

Vir: Klimatografija Slovenije, količina padavin 1961–1990, 1995, str. 37, 93, 120 in 340.

Z vidika ogroženosti zaradi naravnih nesreč (poplave, zemeljski in snežni plazovi) so bolj kot povprečne vrednosti pomembna odstopanja od dolgoletnih povprečij. Normalna odstopanja od običajne letne višine padavin so okoli 15 %, pri mesečnih vsotah v času padavinskega nižka ob koncu zime 60 do 80 %, v času poletnega in jesenskega viška pa od 30 do 60 %. V ekstremnih primerih lahko v posameznih mesecih hladne polovice leta ne pade nič padavin (Kamniška Bistrica, Krvavec, Volčji potok in Črnivec, januar 1964; Volčji potok in Črnivec, januar 1989) ali le nekaj mm, v topli polovici leta pa do tretjine običajne vsote. Najvišje mesečne višine padavin lahko povprečne vrednosti presežejo za 200 do 300 % (Klimatografija Slovenije, količina padavin, obdobje 1961–1990, 1995). Zelo veliko padavin lahko pade tudi v enem dnevu, po kartah za 50- oziroma 100 letne povratne dobe tudi 180 do 270 mm (Največja 24-urna višina padavin s povratno dobo 50 / 100 let (1961–2000), 2016).

3.1.4 Sneg in snežna odeja

Število dni s snežno odejo je odvisno od temperature zraka in višine padavin. Običajno z nadmorsko višino temperatura pada, padavine pa naraščajo. V dolini Kamniške Bistrice je bilo v obdobju 1971/1972–2000/2001 v povprečju od 60 do 100 dni s snežno odejo na sezono, na gorskih grebenih nad njo pa 150 do nad 200 dni (Povprečno število dni s snežno odejo v sezoni, 1971/72–2001/02, 2016). Prvi sneg v sezoni se

Slika 3.2:

*Debela snežna odeja
v zatrepnem delu
Kamniške Bistrice
pozimi 2008/2009,
lovska koča na višini
okoli 1300 m.*



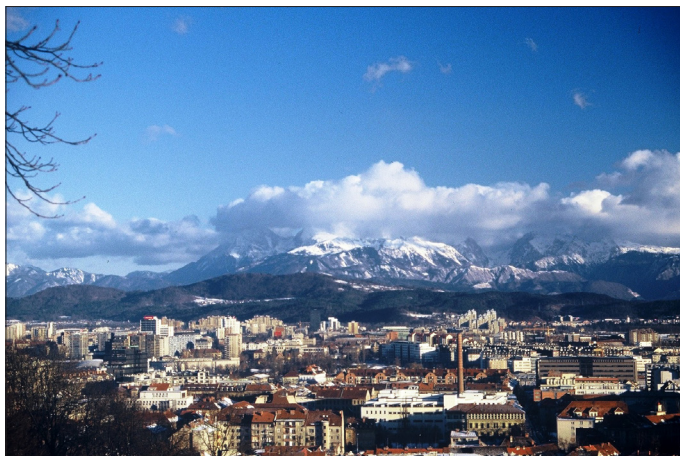
(foto: D. Cigale)

lahko pojavi, sicer bolj poredko, v septembru, zadnji pa v maju. Osrednja snežna me-seca sta januar in februar. V nižje ležečih predelih snežna odeja ne traja nepretrgoma, nad 2000 m pa lahko sneg obleži od oktobra do maja. Podobno kot za višino padavin tudi za snežno odejo velja, da je zelo variabilna. To še posebej velja za nižje ležeče dele obravnavne pokrajine. V posameznih letih lahko sneg obleži le za nekaj dni ali do 10 dni, v bolj hladnih in snežnih zimah pa tudi od 110 do 140 dni. Bolj zanesljiva je snežna odeja v višje ležečih predelih.

Če se zapadli sneg ne bi talil in sesedal, bi skupna višina novozapadlega snega v sezoni znašala v dolini Kamniške Bistrice do Stahovice 60 do 100 cm, gorvodno od Stahovice 100 do 140 cm, na najvišjih grebenih pa tudi nad 4 m (Povprečna skupna višina novozapadlega snega, 1971/72–2001/02, 2016). Najvišja višina snežne odeje, ki jo lahko pričakujemo v dolini Kamniške Bistrice s povratno dobo 50 let, izračunana iz podatkov za obdobje 1951–2005, je 100 do 150 cm, za osrednji greben Kamniško-Savinjskih Alp med Kočnami in Ojstrico pa tudi nad 5 m (Najvišja višina snežne odeje s povratno dobo 50 let, 1951–2005, 2016).

3.1.5 Veter

Na splošno za vzhodni del Ljubljanske kotline velja, tako kot za celotno Slovenijo, da je slabo prevetren, z velikim deležem brezvetrja (30 do 40 %). To je posledica lege v zavetrju alpskega loka, ki nas ščiti pred v našimi geografskimi širinami prevladujočimi vetrovi iz zahodnega kvadranta. Kljub vplivu Alp so vetrovi iz zahodnega kvadranta v prevladi, še posebej v gorah. Po podatkih za obdobje 1997–2006 (Rakovec in sod., 2009) prevladujejo v vzhodnem delu Ljubljanske kotline severozahodnik in jugovzhodnik (Brnik) oziroma severovzhodnik in jugozahodnik (Ljubljana). Na gorskih grebenih, kjer so vetrovi tudi močnejši, je izrazitejša prevlada severozahodnika nad jugovzhodnikom (Krvavec). Poudariti pa velja, da so lokalno zaradi orografije



(foto: D. Ogrin)

Slika 3.3:

Ob severnem fenu se nad grebeni Kamniško-Savinjskih Alp oblikuje oblačni fenski zid. Južno od njega je vreme jasno z zelo dobro vidljivostjo.

in drugih ovir smeri vetra zelo spremenljive. Na slabo prevetrenost kaže tudi karta povprečne letne hitrosti vetra na višini 10 m, ki je bila za celotno Slovenijo izdelana s pomočjo meteoroloških modelov. Izračunani podatki se dobro ujemajo s podatki meritev, nekoliko so hitrosti vetra podcenjene le v alpskih dolinah in kotlinah (Povprečna letna hitrost vetra 10 m nad tlemi, 1994–2001, 2016). Po teh podatkih znaša povprečna letna hitrost vetra v dolini Kamniške Bistrice 1–3 m/s, v visokogorju nad dolino pa 4 do nad 5 m/s.

Močnejši vetrovi so pogostejši ob spremembah vremena, povezani so s prehodi ciklonov in ciklogenezo v severnem Sredozemlju. Najpogostejše pihajo iz jugozahoda ali severovzhoda, vendar pa se lahko zaradi reliefnih razmer te smeri precej spremenijo. Močni vetrovi so časovno in prostorsko omejeni, spremljajo lahko tudi nevihte. Tak veter, ki je povzročil obsežen vetrolom na območju Gozda in Črnicva, je bil ob nevihtnem neurju poleti 2008 (Pahovnik, 2011). Velike hitrosti lahko ob južnem vznožju Kamniško-Savinjskih Alp doseže tudi severni fen (karavanški fen, karavanška burja). Močnejši severni fen se v povprečju pojavlja enkrat do dvakrat letno, večinoma v hladni polovici leta, in dosega hitrosti in sunkovitost burje. Nastane ob splošnih severnih ali severozahodnih vetrovih nad nami, ko se zrak pretaka čez Alpe. V sunkih lahko doseže hitrosti tudi nad 20 m/s in podira drevje, odkriva strehe ipd. Zaradi stekanja zraka je najmočnejši v dolinah, ki so pravokotne na gorske grebene, med njimi tudi v dolini Kamniške Bistrice.

3.2 Lokalno podnebje Kamniške Bistrice

Lokalno podnebje Kamniške Bistrice je rezultat splošnega regionalnega podnebja tega dela slovenskega gorskega sveta in specifičnih vplivov, ki izhajajo iz značilnosti površja te doline, predvsem reliefnih danosti in rabe tal. Zaradi velikega vpliva reliefnih (topografskih) razmer na lokalno podnebje imenujemo tovrstno podnebje tudi topoklima.

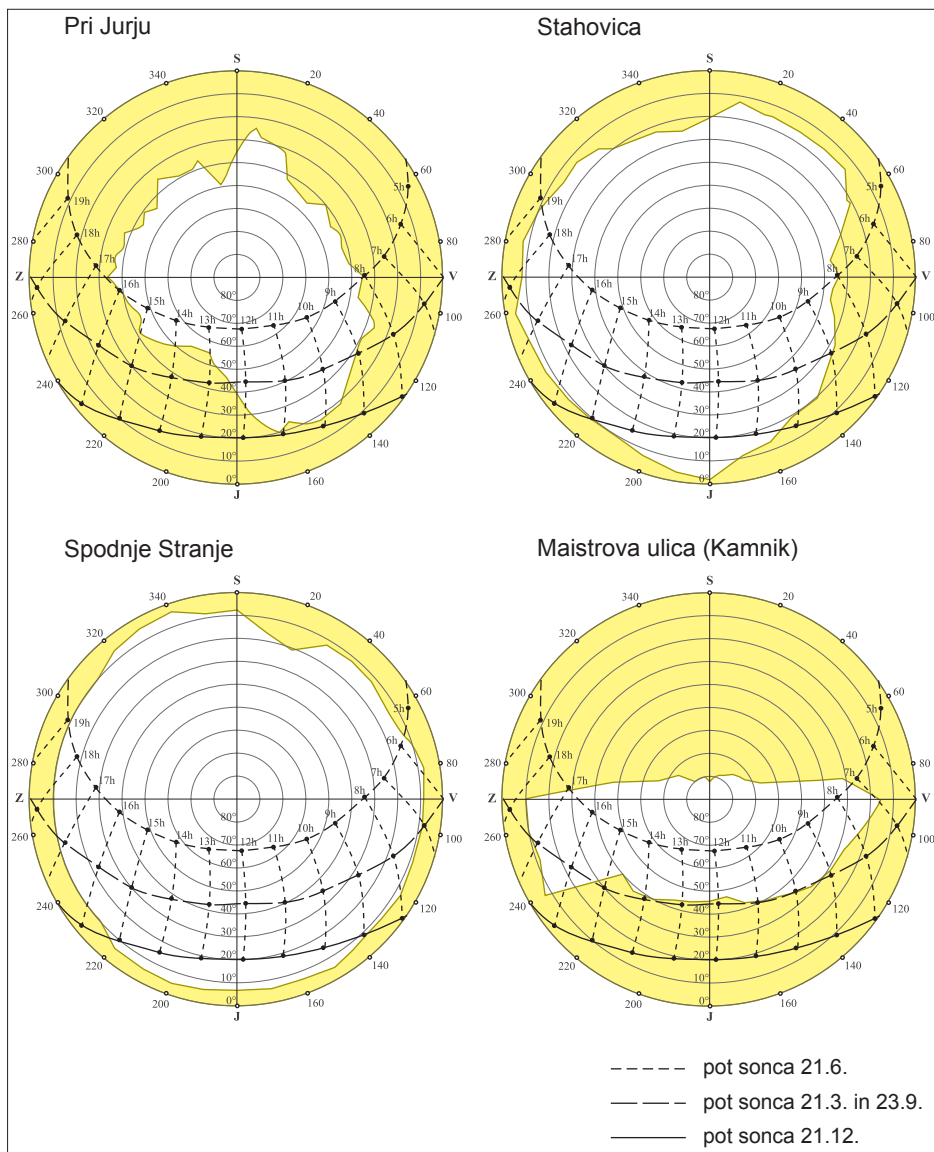
Za ugotavljanje topoklimatskih razmer Kamniške Bistrice, pri katerih so pomembne predvsem razmere pri površju (aktivna plast), kjer poteka energetska izmenjava med površjem in ozračjem, smo uporabili kombinacijo podrobnih terenskih meritev in opazovanj ter posrednih metod. Terensko delo je potekalo v okviru terenskih vaj iz fizične geografije s študenti 2. letnika Oddelka za geografijo Filozofske fakultete Univerze v Ljubljani v študijskih letih 2009/10 do 2011/12 in seminarja iz klimatogeografije. Pri posrednih metodah sklepamo na lokalne podnebne razmere s pomočjo analize značilnosti površja, od reliefnih in vegetacijskih do rabe tal. Temperaturne značilnosti površja smo ugotavljali s pomočjo termalnega snemanja, pri katerem nam je ponudil pomoč Oddelek za geografijo Fakultete za naravoslovje Palackýjeve univerze v Olomoucu na Češkem. Pri raziskavi lokalnih podnebnih razmer Kamniške Bistrice smo sledili postopkom, ki so se uveljavili pri topoklimatskih raziskavah v Srednji Evropi (Quitt, 1965, 1994; Vysoudil, 1993, 2000, 2009; Polčák, 2000, 2001) in smo jih v Sloveniji uporabili tudi na primeru Slovenske Istre (Ogrin D. in Vysoudil, 2011; Ogrin D. in sod., 2012).

3.2.1 Lokalne razlike v osončenosti

Območje doline Kamniške Bistrice je reliefno zelo razgibano, zato prihaja lokalno do velikih razlik v osončenosti. Glede na aprilske razmere, ki so dober pokazatelj povprečnih razmer, je južni, ravninsko-gričevnat del obravnavanega območja v okolici Kamnika, večinoma normalno obsijan s soncem. To so ravni predeli, vzhodne in zahodne lege, južna, jugovzhodna in jugozahodna pobočja z naklonom pod 15° ter severovzhodna in severozahodna pobočja z naklonom pod 35° . Normalno osončenost ima tudi zgornji del doline Kamniške Bistrice, ki večinoma poteka v smeri sever-jug in planota Velike planine. V severnem, hribovito-goratem delu, severno od Stahovice, pa se v odvisnosti od ekspozicije in naklona površja izmenjujejo predeli z dobro ali slabo osončenostjo. Po boljši osončenosti izstopajo južno, jugovzhodno in jugozahodno orientirana pobočja z naklonom nad 15° . Taka so npr. prisojna pobočja grebena med Kržiščem (1658 m) in Kamniškim vrhom (1259 m), južno in jugozahodno usmerjena pobočja Velike in Male planine, prisojna pobočja grebena med Velikim Zvohom (1971 m), Košutno (1974 m), Kompotelo (1989 m) in Mokrico (1853 m), prisoje med Kopo (1180 m) in Rzenikom (1833 m), prisojna pobočja med Rigeljcem (1306 m), Kamniškim Dedcem (1663 m) in Staničevem vrhom (1805 m) ter prisojna pobočja osrednjega grebena Kamniško-Savinjskih Alp med Grintovcem (1558 m), Skuto (2532 m), Brano (2252 m), Planjavo (2394 m) in Ojstrico (2350 m). Severna pobočja z naklonom nad 35° in severovzhodna ter severozahodna pobočja z naklonom nad 45° so slabo osončena, še posebno v zimskem času, ko je sonce nizko nad horizontom. Po slabši osončenosti izstopajo tudi osojna pobočja dolin Črne, Grohata, Korošice, Konjskega potoka, Dolskega grabna, Kamniške Bele, Repovega kota in Kurje doline (Slika 3.9).

Podobno sliko kaže tudi karta povprečne letne količine energije kvaziglobalnega obsevanja (Gabrovec in Kastelec, 1998, str. 105), ki prikazuje vzajemni vpliv astronomskih, atmosferskih in reliefnih dejavnikov na trajanje in energijo Sončevega obsevanja. Po tej karti prejmejo izrazito prisojna pobočja med 4600 in 4800 MJ/m², izrazito osojna pa tudi manj kot 3400 MJ/m². Na mikro nivoju skrajšujejo trajanje obsevanja in zmanjšujejo količino prejete energije tudi rastlinstvo ter visoke stavbe v gosto pozidanih naseljih, še posebej v zelo strnjeno pozidanem srednjeveškem delu Kamnika.

Slika 3.4: Trajanje Sončevega obsevanja ob enakonočju, poletnem in zimskem obratu Pri Jurju v zgornjem delu Kamniške Bistrice, v Stahovici, v Spodnjih Stranjah in na Maistrovi ulici v Kamniku. Sonce je nad obzorjem, ko poteka njegova pot izven obarvanega dela grafikona.



Glede na meritve poteka realnega obzorja na več kot 60 reprezentativnih točkah v Kamniški Bistrici višina obzorja skrajšuje teoretično možno neposredno Sončevo obsevanje v zgornjem delu doline med Kraljevim hribom in izvirnim delom, kjer je dolina sicer nekoliko širša, vendar je obzorje visoko, 6 do 8 ur. Ob zimskem obratu ponekod ni neposrednega Sončevega obsevanja oziroma traja le kako uro. V srednjem, zelo ozkem delu doline med Kraljevim hribom in Stahovico, kjer je obzorje nekoliko nižje, je obsevanje krajše za 5 do 7 ur, nekoliko več sonca je tudi okoli zimskega obrata (1 do 4 ure). Manjši je vpliv visokega obzorja v tem delu doline tam, kjer se v glavno dolino z vzhoda in zahoda stekajo večje stranske doline in je zato dolina nekoliko širša in bolj odprta. Pri Stahovici, kjer se v Kamniško Bistrico zlivata Črna in Bistričica, je obsevanje krajše za 4 do 5 ur, ob zimskem obratu imajo tudi do 5 ur sonca. Pri Kraljevem hribu in pritoku Korošice in Dolskega grabna, kjer je dolina sicer zelo ozka, je obsevanje za 5 do 6 ur krajše od možnega, ob zimskem obratu imajo za dobri dve uri sonca. Najbolj ugodne so razmere med Kamnikom in Stahovico, kjer je dolina široka in jo obdaja gričevnat do hribovit svet. Na prehodu doline v Kamniško-Bistriško polje je zaradi višine obzorja obsevanje krajše do 2 uri, med Kamnikom in Stahovico pa 2 do 4 ure.

3.2.2 Vpliv površja na temperaturo zraka

Prostorsko razporejanje temperature zraka v Kamniški Bistrici je odvisno od reliefnih danosti, na mikro nivoju tudi od rabe tal. Pri reliefu izstopata višinska pasovitost in konkavnost površja, pomembna sta tudi naklon in ekspozicija. Z naraščanjem nadmorske višine se temperatura zraka na splošno znižuje, konkavni deli površja (doline, kraške kotanje) imajo ob radiacijskem vremenu nižje minimalne temperature zaradi temperaturnega obrata. Južno orientirana pobočja so zaradi več prejete energije Sončevega obsevanja toplejša od severnih. Pri rabi tal izpostavljamo strnjeno pozidane površine, kjer izstopa Kamnik, še posebej njegov srednjeveški del. Gozd ima bolj izravnane temperaturni režim (še posebej listopadni v topli polovici leta) kot negozdne in kmetijske površine. Poseben temperaturni režim imajo tudi poraščene ali slabo poraščene površine.

3.2.2.1 Zniževanje temperature z nadmorsko višino

Glede na izoterme kart povprečnih temperatur zraka za obdobje 1971–2000 (Povprečna letna, januarska in julijska temperatura zraka, 2016), ki imajo prostorsko ločljivost 100 m x 100 m, znaša vertikalni temperaturni gradient za povprečno letno temperaturo med $-0,4$ in $-0,5$ °C/100 m, podoben je tudi za povprečno julijsko temperaturo, medtem ko je za povprečno januarsko temperaturo nekoliko nižji ($-0,2$ do $-0,3$ °C /100 m). Vrednosti so v skladu z gradienti, ki smo jih izračunali iz podatkov za Krvavec in Volčji potok.

Da bi dobili nekoliko boljši vpogled v lokalne razmere, smo sredi maja v obdobju 2010–2012 opravili več meritev temperature zraka na profilih od dna doline po pobočjih navzgor in v drugi polovici leta 2012 meritve s pomočjo digitalnih registratorjev na treh lokacijah z različno nadmorsko višino. Vertikalni temperaturni gradienti so bili ob profilnih meritvah z digitalnim termometrom zelo različni,

odvisni od vremenskih razmer, poraščenosti profila in od časa meritev. Ob jutranjih meritvah ob radiacijskem vremenu pred sončnim vzhodom so pokazali na inverzna stanja ozračja pri tleh, ob meritvah sredi dneva pa običajno razporejanje temperature zraka z višino, z različnimi temperaturnimi gradienti. 16. 5. 2012 je bil vertikalni temperaturni gradient ob poti na Kamniško sedlo, ob padavinskem vremenu s sneženjem nad okoli 1000 m in snežno odejo nad 1200 m, $-0,8\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$. 17. 5. 2011 je bil na istem profilu med 13. in 15. uro ob pretežno jasnem vremenu nekoliko večji, $-0,9\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$, vendar z veliko razliko med spodnjim delom v gozdu ($-0,3\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$) in delom profila nad gozdno mejo, kjer je bilo tudi rahlo vetrovno ($-1,5\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$). 11. 5. 2010 je bil v precej senčni dolini Kamniške Bele ob jasnem vremenu $-0,35\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$.

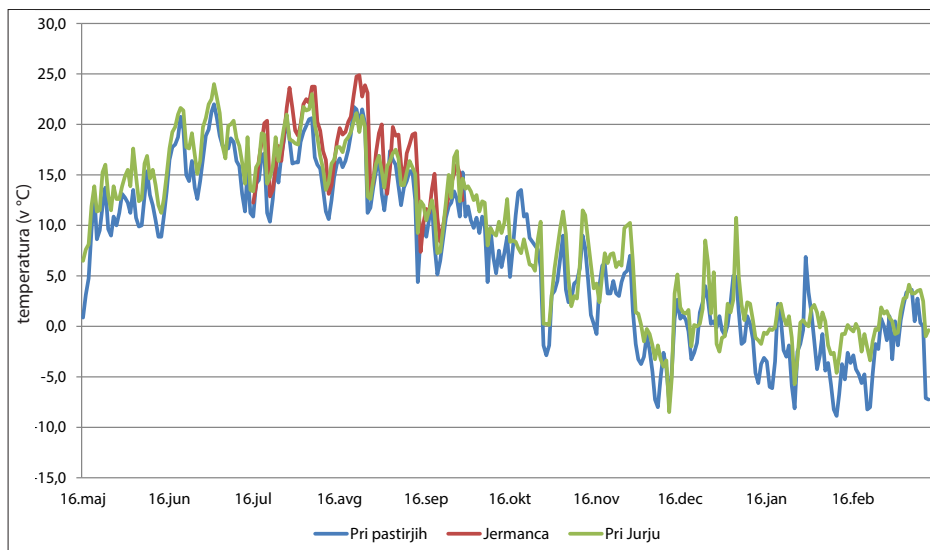
Od 16. maja 2012 do 16. marca 2013 smo opravljali tudi meritve temperature na treh lokacijah v dolini Kamniške Bistrice. Prva postaja je bila na dnu doline pri gostišču Pri Jurju, na robu jase na nadmorski višini 600 m, druga se je nahajala na območju Jermanca, na južnem pobočju Brane v bukovo smrekovem gozdu na nadmorski višini 975 m pobočju, tretja, najvišje locirana postaja, pa je bila postavljena v bukovem gozdu nad studencem pod območjem, ki se imenuje Pri pastirjih. Nadmorska višina te postaje je bila 1375 m. Meritve so potekale z digitalnimi registratorji proizvajalca Dallas Semiconductor in sicer na 15 minut z ločljivostjo $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, registratorji pa so bili nastavljeni za merjenje 85 dni, po tem obdobju pa smo jih ponovno nastavili. Registratorji so bili nameščeni v radiacijske zaklone. Meritve niso potekale brez težav, saj nam je uspelo dobiti podatke za postajo Jermanca le v dveh mesecih. V prvem obdobju se je pokvaril registrator, v zadnjem pa so ukradli celotno postajo. K sreči so na ostalih dveh lokacijah meritve potekale nemoteno.

Preglednica 3.3: Povprečne mesečne temperature (v $^{\circ}\text{C}$) v Kamniški Bistrici od 16. maja 2012 do 16. marca 2013.

	Pri pastirjih (1375 m)	Jermanca (975 m)	Pri Jurju (600 m)
maj*	9,5	/	12,2
junij	14,2	/	16,7
julij	16,2	/	18,1
avgust	16,6	19,8	17,9
september**	11,8	14,3	13,5
oktober	7,6	/	8,5
november	4,1	/	6,6
december	-1,5	/	-0,1
januar	-1,3	/	0,6
februar	-3,9	/	-0,6
marec***	-0,1	/	1,7
povprečje	6,9	/	8,9

*le od 16. 5. 2012; ** le do 29. 9. 2012; *** le do 16. 3. 2013

Slika 3.5: Povprečne dnevne temperature (v °C) v dolini Kamniške Bistrice od 16. maja 2012 do 16. marca 2013.



V povprečju je bilo v proučevanem obdobju pričakovano najhladneje na lokaciji Pri pastirjih (1375 m) s povprečno temperaturo 6,9 °C, med tem ko je bilo na dnu doline 2 °C topleje (vertikalni temperaturni gradient: -0,26 °C/100 m). V skoraj dveh mesecih na prehodu iz poletja v jesen, ko smo imeli temperature hkrati z vseh treh lokacij, pa so bile najvišje povprečne temperature izmerjene na postaji Jermanca, in sicer je bilo kar 1,9 °C (avgust) ter 1,8 °C (september) topleje kot na dnu doline ter kar 3,2 oziroma 2,5 °C topleje kot Pri pastirjih. Višje temperature v Jermanci kot na dnu doline razlagamo z lego merilnega mesta. Čeprav leži Jermanca slabih 400 m višje nad dnem doline, lega na pobočju onemogoča zastajanje hladnega zraka v jasnih nočeh, medtem ko je postaja na dnu doline pogosto v jezeru hladnega zraka. Poleg tega leži Jermanca tudi na prisojnim pobočju. Lego Jermance bi lahko označili z lego v toplotnem (termalnem) pasu (Slika 3.5).

Preglednica 3.4: Najvišje in najnižje temperature v dolini Kamniške Bistrice od 16. maja 2012 do 16. marca 2013.

	Pri pastirjih (1375 m)	Jermanca (975 m)	Pri Jurju (600 m)
Najvišja izmerjena temperatura	26 °C (22. 8. 2012)	30,5 °C (22. 8. 2012)	31 °C (1. 7. 2012)
Najnižja izmerjena temperatura	-11 °C (26. 1. in 16. 3. 2013)	/	-12,5 °C (13. 12. 2012)

V obdobju meritev je bila najnižja temperatura izmerjena v dnu doline, in sicer -12,5 °C (13. 12. 2012), na isti postaji smo izmerili tudi najvišjo temperaturo, in sicer 31 °C (1. 7. 2012). Glede na dejstvo, da se v dolini Kamniške Bistrice pojavlja temperaturni obrat,

ne preseneča, da smo v dnu doline (Pri Jurju) namerili tako najnižjo, kakor tudi najvišjo temperaturo (Preglednica 3.4). Poudariti pa velja, da je bila najvišja temperatura na slabih 400 m višje ležeči, vendar s soncem zelo dobro obsijani Jermanci, le 0,5 °C nižja kot v dnu doline.

Preglednica 3.5: Povprečne dnevne temperature (v °C) v dolini Kamniške Bistrice ob poletnem radiacijskem vremenu od 31. julija do 6. avgusta 2012.

	Pri pastirjih (1375 m)	Jermanca (975 m)	Pri Jurju (600m)
31. 7. 2012	16,3	18,9	18,1
1. 8. 2012	16,3	20,0	18,0
2. 8. 2012	18,3	22,0	19,8
3. 8. 2012	19,3	22,5	21,8
4. 8. 2012	19,9	22,1	21,4
5. 8. 2012	20,5	23,8	21,5
6. 8. 2012	20,6	23,8	23,0
povprečje 31. 7. – 6. 8. 2012	18,7	21,9	20,5

Za ugotavljanje nastajanja jezera hladnega zraka je potrebno obravnavati le radiacijska stanja, zato navajamo primere radiacijskega (anticiklonalnega) vremena v vseh letnih časih. **Poleti** je bilo najizrazitejše obdobje takega vremena med 31. 7. in 6. 8. 2012. Najvišje povprečne dnevne temperature smo namerili v Jermanci (Preglednica 3.5), 375 m nad dnom doline. Tu se ponoči zaradi lege v termalnem pasu ne ohladi tako izrazito kakor v dnu doline Pri Jurju, ki leži v jezeru hladnega zraka (Preglednici 3.6 in 3.7). Vzrok za višje temperature v Jermanci je tudi prisojna lega, z veliko sonca in zato visokimi temperaturami čez dan.

Preglednica 3.6: Najvišje dnevne temperature (v °C) v dolini Kamniške Bistrice ob radiacijskem tipu vremena od 31. julija do 6. avgusta 2012.

	Pri pastirjih (1375 m)	Jermanca (975 m)	Pri Jurju (600 m)
31. 7. 2012	20	23	25
1. 8. 2012	21	26,5	26
2. 8. 2012	22,5	27	27,5
3. 8. 2012	24	27,5	27,5
4. 8. 2012	23	26,5	27
5. 8. 2012	24,5	29,5	30
6. 8. 2012	24	26	29

Preglednica 3.7: Najnižje dnevne temperature (v °C) v dolini Kamniške Bistrice ob radiacijskem tipu vremena od 31. julija do 6. avgusta 2012.

	Pri pastirjih (1375 m)	Jermanca (975 m)	Pri Jurju(600 m)
31. 7. 2012	12,5	15	15
1. 8. 2012	13	17	13
2. 8. 2012	14	18	14
3. 8. 2012	15,5	20	15
4. 8. 2012	16,5	18,5	18,5
5. 8. 2012	17	20,5	15
6. 8. 2012	17,5	20,5	16,5

Analiza najnižjih temperatur pokaže, da so v Jermanci temperature najvišje, najnižje pa večinoma v dnu doline, a je razlika do lokacije Pri pastirjih precej majhna. V treh primerih je bilo hladneje v dolini, v dveh pa Pri pastirjih. Dvakrat pa je bila najnižja temperatura enaka. Za konkretne zaključke je opazovano obdobje prekratko, a podatki nakazujejo, da je poleti temperaturni obrat v dolini manj izrazit. Nejasna pa ostaja vloga gornika, ki lahko pomembno vpliva na temperaturno polje v dolini.

Preglednica 3.8: Povprečne (Tpovp) in najnižje temperature (Tmin) (v °C) v dolini Kamniške Bistrice ob radiacijskem tipu vremena od 8. do 11. septembra 2012.

	8. 9. 2012		9. 9. 2012		10. 9. 2012		11. 9. 2012	
	Tpovp	Tmin	Tpovp	Tmin	Tpovp	Tmin	Tpovp	Tmin
Pri pastirjih (1375 m)	13,8	12	14,4	12	15,4	12,5	15,4	13,5
Pri Jurju (600 m)	14,0	8,5	15,3	10	16,4	12	15,8	11,5

Pregled poteka povprečnih in najnižjih temperatur v dolini Kamniške Bistrice ob radiacijskem vremenu zgodaj **jeseni** med 8. in 11. septembrom 2012 (Preglednica 3.8) kaže, da so bile srednje dnevne temperature v dolini višje od tistih Pri pastirjih le za 0,2 °C do 1 °C. Majhna razlika je posledica nižjih minimumov v dolini. Ti so bili v dnu doline od 0,5 °C do 3,5 °C nižji kot Pri pastirjih. Merilno obdobje je kratko, razlike kažejo na spremenljive razmere, ki kljub suhemu in sončnemu vremenu ne nakazujejo tipičnega radiacijskega tipa vremena. Za boljšo pojasnitev razmer manjkajo tudi podatki o vetru, zato ne vemo, kdaj in kako, če sploh, so se pojavljali termični vetrovi, ki lahko temperaturno sliko v nočeh z radiacijskim vremenom precej spremenijo. Iz podatkov je razviden temperaturni obrat, njegova intenziteta se je sicer spreminjala, kljub temu pa je bil v primerjavi s poletnim stanjem bolj izrazit in jezero hladnega zraka globlje.

Preglednica 3.9: Povprečne (T_{povp}) in najnižje dnevne temperature (T_{min}) ($^{\circ}\text{C}$) v dolini Kamniške Bistrice v treh zimskih dneh radiacijskega vremena od 10. do 12. decembra 2012.

	10. 12. 2012		11. 12. 2012		12. 12. 2012	
	T_{povp}	T_{min}	T_{povp}	T_{min}	T_{povp}	T_{min}
Pri pastirjih (1375 m)	-2,6	-5,5	-4,1	-5	-7,5	-9
Pri Jurju (600 m)	-4,0	-8,5	-3,4	-7,5	-8,5	-10,5

Podatki v preglednici 3.9 kažejo, da ima tudi ob **zimskem** radiacijskem tipu vremena dno doline (Pri Jurju) lahko nižje temperature od skoraj 800 m višje ležečega pobočja Pri pastirjih. Žal imamo iz zimskega časa le kratko obdobje takega vremena, a se kljub temu vidi potencial ohlajanja v dolini. Minimalne temperature so bile v dolini nižje od tistih Pri pastirjih od 1,5 do 3 $^{\circ}\text{C}$, v dveh primerih so bile v dnu doline nižje tudi povprečne temperature, kar jeseni, še manj pa poleti, ni bil primer. Tudi to je posledica bolj izrazitega jezera hladnega zraka, čeprav imamo opravka z le tri dni trajajočim obdobjem radiacijskega vremena.

Preglednica 3.10: Povprečne (T_{povp}) in najnižje dnevne temperature (T_{min}) ($^{\circ}\text{C}$) v dolini Kamniške Bistrice v štirih zimskih dneh radiacijskega vremena od 1. do 5. marca 2013.

	1. 3. 2013		3. 3. 2013		4. 3. 2013		5. 3. 2013	
	T_{povp}	T_{min}	T_{povp}	T_{min}	T_{povp}	T_{min}	T_{povp}	T_{min}
Pri pastirjih (1375 m)	1	-2	0,5	-5	-1,9	-3,5	0,6	-3
Pri Jurju (600 m)	0,9	0	-0,8	-4	-0,6	-3,5	1,5	-4

Med štiri dnevni obdobjem radiacijskega vremena zgodaj **pomladi**, pri čemer obdobje ni bilo strnjeno, vidimo, da minimalne temperature niso pokazale izrazitega jezera hladnega zraka (Preglednica 3.10). Temperature so bile le eno jutru v dolini nižje, sicer pa višje ali enake kot Pri pastirjih. V teh dneh je ležal sneg na obeh lokacijah in višje minimalne temperature v dnu doline nakazujejo bodisi motnje z lokalnimi termičnimi vetrovi ali pa je šlo za kakšno drugo motnjo, ki je ne poznamo. Sicer menimo, da bi moralo biti v dnu doline vseeno nekoliko hladneje kot Pri pastirjih. Srednje dnevne temperature so bile v dveh dneh višje v dolini, v dveh dneh pa višje Pri pastirjih in ne kažejo na ustaljen vzorec razporejanja temperature zraka z višino.

Kratko obdobje meritev temperature zraka na treh lokacijah v dolini Kamniške Bistrice ob radiacijskem vremenu je nakazalo pojav jezera hladnega zraka v dnu doline in toplejše območje nad njim, ki, sodeč po naših meritvah, zlasti na prisojnih pobočjih sega čez 1000 m nadmorske višine, a pod 1400 m. Zelo nizkih temperatur v dnu doline nismo izmerili, ker ohlajanje moti odtekanje zraka proti nižjim delom doline. V kratkih in ne zelo izrazitih obdobjih radiacijskega vremena od jeseni do pomladi, se

je nakazala krepitev jezera hladnega zraka iz poletja proti zimi. Zaradi izrazitejšega jezera hladnega zraka pozimi so lahko tedaj srednje dnevne temperature v dolini (600 m n. v.) nižje od povprečnih Pri pastirjih na višini 1375 m.

3.2.2.2 Vršni poganjki dreves kot odraz spreminjanja temperature zraka z višino

Dejstvo, da se temperatura zraka z višino na splošno znižuje, se odraža tudi v fenofazah pri rastlinstvu, saj se te začnejo prej tam, kjer je topleje. Sredi maja, ko se rastna sezona začne tudi v alpskih dolinah, smo v obdobju 2010–2012 raziskovali kasnitev začetka rasti z višino z merjenjem vršnih poganjkov pri smreki in bukvi. V glavni dolini od Kamnika do izvira, v stranskih dolinah in po pobočjih nad dolinskim dnom smo na 17 lokacijah z različno nadmorsko višino in lego merili aktualni višinski prirast 1,5 do 3 m visokih dreves. Na vsaki lokaciji smo izmerili 20 do 30 bolj na samem rastočih dreves, ki so rastle v vsaj približno primerljivih pogojih in nato izračunali povprečne vrednosti prirastkov tekoče sezone za lokacije in nekatere mere variabilnosti.

V splošnem se je potrdila teza, da se rastna sezona začne prej tam, kjer je topleje in da so prirastki na določen datum daljši tam, kjer se je rastna sezona začela prej. Po podatkih meritev 12. in 13. maja 2010 so bili npr. vršni poganjki smrek pri Mekinjah (n. v. 390 m) dolgi v povprečju 4,4 cm, v okolici izvira Kamniške Bistrice (n. v. 600 m) pa 1,6 cm. Gradient priraščanja z višino je bil okoli -1,33 cm/100 m. Nekoliko nižji, okoli -1 cm/100 m, je bil gradient v dolini Korošice, vendar v nekoliko višjih nadmorskih višinah (med 600 in 900 m), kjer se rast začne kasneje. Na profilu od Doma v Kamniški Bistrici (n. v. 600 m) proti Kamniškemu oziroma Kokršskemu sedlu smo leta 2010 merili vršne poganjke bukve. Proti Kamniškemu sedlu so bili ti na vsakih 100 višinskih metrov v povprečju krajši za 2,1 cm, proti Kamniškemu sedlu pa za 2,7 cm. Še speči poganjki so bili na nadmorski višini med 1350 in 1400 m.

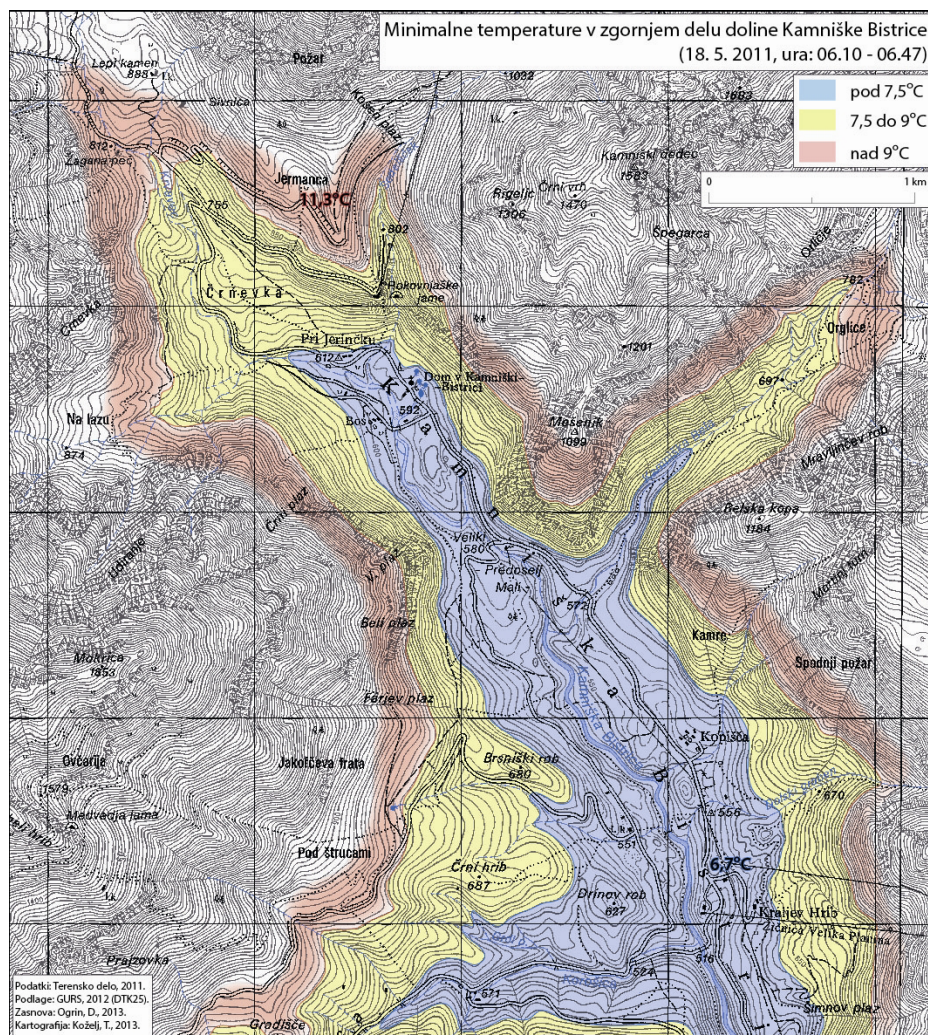
Preglednica 3.11: Dolžina vršnih poganjkov smreke in bukve (v cm) 14. 5. 2012 na profilu od izvira Kamniške Bistrice proti Kamniškemu sedlu.

	Nadmorska višina	Smreka				Bukev			
		Povp.	Min.	Maks.	SD	Povp.	Min.	Maks.	SD
1.	650 m	2,8	1	5	0,41	7,3	1	15	0,12
2.	950 m	3,9	1	9	0,15	12,8	6	23	0,02
3.	1250 m	1,4	1,1	1,7	0,25	5,9	1,5	13	0,69
4.	1415 m	1,0	0,2	3,8	0,07	4,3	1	12	0,4

Vir: Terensko delo, maj 2012.

Podobne so bile razmere maja 2011, z razliko, da smo merili teden dni kasneje in da se je to leto rastna sezona začela nekoliko prej. Zaradi tega so bili poganjki na splošno daljši, večja je bila tudi njihova variabilnost na posameznih lokacijah. Opazili pa smo, da je v zgornjem delu doline Kamniške Bistrice prišlo do pozebe pri bukvi (pri hladnoljubni smreki ne), zato so bili vršni poganjki pri bukvi dobrih 300 m višje ob poti na Kamniško sedlo daljši kot v dolini (gradient priraščanja +1,8 cm/100 m). Podobno

Slika 3.6: Najnižje temperature v zgornjem delu Kamniške Bistrice (18. 5. 2011; 6:10-6:47).



je bilo pri bukvi in tudi pri smreki maja 2012 (Preglednica 3.11), le da ni bilo v dolini opaznih znakov pozebe. Domnevamo, da je v primeru več radiacijskega vremena v začetku rastne sezone z izrazitimi temperaturnimi obrati, prirast vršnih poganjkov nekaj 100 m nad dnom zgornjega dela Kamniške Bistrice z dobro osončenostjo večji kot v dnu doline, kjer se v nočnem času pojavljajo jezera hladnega zraka.

3.2.2.3 Temperaturni obrat v konkavnih oblikah reliefa

Posebne temperaturne razmere so, še posebej ob radiacijskem tipu vremena (oblačnost manjša od 2/10, povprečna hitrost vetra manjša od 4 m/s), v konkavnih oblikah reliefa. V našem primeru v sami dolini Kamniške Bistrice in v spodnjih delih njenih

pritokov (Kamniška Bela, Korošica, Črna, Bistričica, Nevljica) ter v kraških kotanjah na Veliki planini, Dleskovški planoti in v ledeniško-kraških kotanjah visokogorja Kamniško-Savinjskih Alp (Ortar, 2011). Maršrutne profilne meritve ob radiacijskem vremenu sredi maja so pokazale, da znaša debelina inverzne plasti zraka okoli 200 m in intenziteta inverzije 4 do 5 °C, za kolikor so bile temperature v dnu doline nižje od onih na pobočju. Predvidevamo, da je pozimi inverzna plast ozrača večinoma debelejša in intenziteta inverzije večja, poleti pa obratno. Zelo dobrih pogojev za ohlajanje zraka v dolini Kamniške Bistrice pa ni, ker se hladen zrak nima kje zaježiti in nemoteno odteka po dolini. Boljši pogoji za ohlajanje so vsekakor v višje ležečih kotanjah na Veliki in Mali planini ter v visokogorju, za katere pa nimamo meritev. Iz podobnosti lege in geomorfoloških razmer s kotanjami v Julijskih Alpah, za katere imamo meritve (Ogrin, M., Sinjur, Ogrin, D., 2006; Ogrin, M., 2007; Trošt, 2008; Dovečar in sod., 2009), sklepamo, da se lahko tu ob dobrih pogojih za ohlajanje temperature spustijo pod -30 °C ali več.

Preglednica 3.12: Povprečne dnevne temperature (Povp.), minimalne (Min.) in maksimalne (Maks.) temperature (v °C) v dolini Kamniške Bistrice ob poletnem radiacijskem vremenu od 31. julija do 6. avgusta 2012.

		Pri pastirjih (1375 m)	Jermanca (975 m)	Pri Jurju (600 m)
31. 7. 2012	Povp.	16,3	18,9	18,1
	Min.	12,5	15	15
	Maks.	20	23	25
1. 8. 2012	Povp.	16,3	20,0	18,0
	Min.	21	26,5	26
	Maks.	21	26,5	26
2. 8. 2012	Povp.	18,3	22,0	19,8
	Min.	14	18	14
	Maks.	22,5	27	27,5
3. 8. 2012	Povp.	19,3	22,5	21,8
	Min.	15,5	20	15
	Maks.	24	27,5	27,5
4. 8. 2012	Povp.	19,9	22,1	21,4
	Min.	16,5	18,5	18,5
	Maks.	23	26,5	27
5. 8. 2012	Povp.	20,5	23,8	21,5
	Min.	17	20,5	15
	Maks.	24,5	29,5	30
6. 8. 2012	Povp.	20,6	23,8	23,0
	Min.	17,5	20,5	16,5
	Maks.	24	26	29

Na pojav temperaturnega obrata v dolini kažejo tudi podatki meritev digitalnih registratorjev. Ob poletnem radiacijskem vremenu med 31. julijem in 6. avgustom 2012 (Preglednica 3.12) je imela skoraj 400 m višje ležeča Jermanca višje tako najnižje dnevne, kakor tudi povprečne dnevne temperature. Minimalne temperature so bile v dnu doline za okoli 3 °C nižje kot na Jermanci, povprečne dnevne pa za okoli 1,5 °C. Pričakovano pa so bile v dolini za okoli 1 °C višje maksimalne dnevne temperature.

Za zimsko radiacijsko vreme med 10. in 12. decembrom 2012 podatki kažejo, da je imelo dno doline nižje temperature tudi od skoraj 800 m višje ležečega merilnega mesta Pri Pastirjih, kar kaže na globlja jezera hladnega zraka v hladni polovici leta. Pri minimalnih temperaturah je bilo dno doline za 0,5 do 3 °C hladnejše od Pri Pastirjih, pri povprečnih dnevni pa za okoli 1 °C.

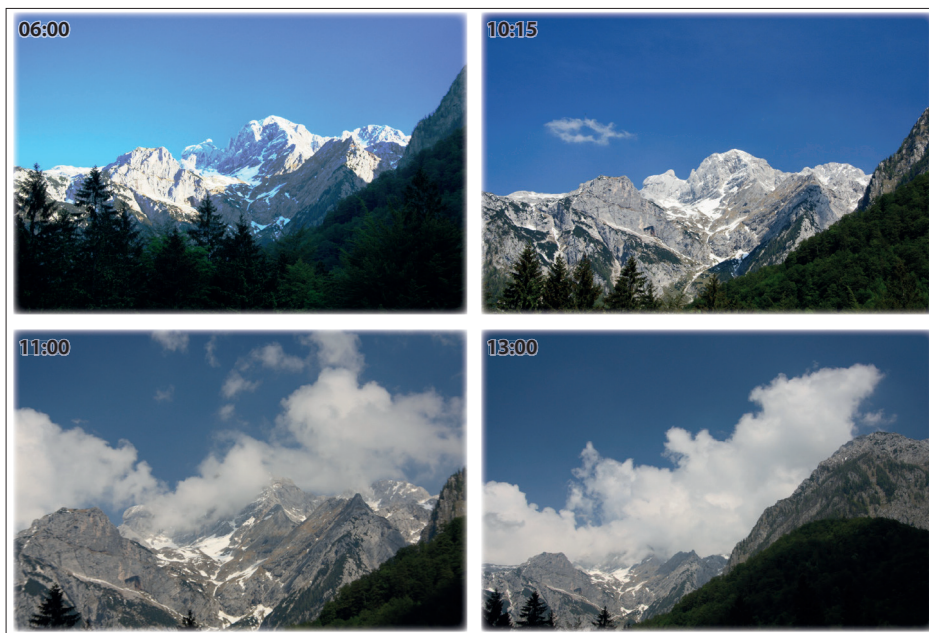
3.2.3 Lokalne vetrovne razmere

Ob stabilnem in jasnem vremenu brez močnejših splošnih vetrov je za Kamniško Bistrico, podobno kot za ostale alpske doline, značilna lokalna zračna cirkulacija, ki je posledica razlik v ogretosti površja. Ob ogretyh prisojnih pobočjih se čez dan dviga dolnik. Če je dovolj vlažen, se pri dviganju nad grebene pojavijo oblaki, ki se lahko ob labilnem ozračju razvijejo tudi v nevihte. Ponoči in del dopoldneva, ko so nekatera pobočja še v senci, se v dno doline steka gornik. V višinah se v obeh primerih pojavi kompenzacijski tok v nasprotni smeri.

Spremljanje lokalne vetrovne cirkulacije v treh zaporednih poletnih dneh s stabilnim vremenom med 1. in 19. 7. 1999 med 5. in 7. uro zjutraj in med 13. in 15. popoldan je pokazalo na značilen dnevni hod vetra (Frelj, 1999). Zjutraj je bilo izrazito stekanje hladnega zraka iz stranskih dolin v glavno dolino in po njej navzdol. Hitrosti vetra so bile majhne, do 2 m/s, lokalno, v ozkih grapah, tudi do 5 m/s. V bolj ob-sijanih predelih je gornik prenehal okoli 8. ure, v senčnih grapah (Sedelšček, Kurja dolina) se ga je čutilo do 10. ure, ko se je veter na splošno obrnil v dolnik. Hitrosti dolnika so bile nekoliko večje, do 5 m/s. Kot posledica dviganja zraka je prišlo do nastanka kopaste oblačnosti, ki je med 12. in 13. uro zakrila vrhove in se je pozno popoldan razgradila. Izjema, kjer je zrak tudi čez dan tekel po dolini navzdol, je bilo merilno mesto ob izviru Kamniške Bistrice. Vzrok je domnevno v izraziti osojnosti tega dela doline in v prisotnosti hladnega zraka zaradi ohlajevalnega učinka manjšega jezera ob izviru.

Podobne rezultate so dale tudi meritve in opazovanja sredi maja v obdobju 2010–2012. Izrazit dolnik je začel pihati po 10. uri dopoldan, hitrosti so bile 4 do 5 m/s, s posameznimi sunki 7 do 8,5 m/s. Zaradi dolnika je že okoli 11. ure prišlo do razvoja kopaste oblačnosti, ki je zakrila vrhove (Slika 3.7). Izrazitejši gornik se je pojavil med 20. in 21. uro, hitrosti v tem času pa niso presegle 0,5 m/s.

Slika 3.7: Razvoj kopaste oblačnosti na grebenu med Skuto in Brano kot posledica dolnika dopoldan 19. maja 2012 med 6:00 in 13:00.



(foto: D. Ogrin)

3.3 Topoklimatska členitev

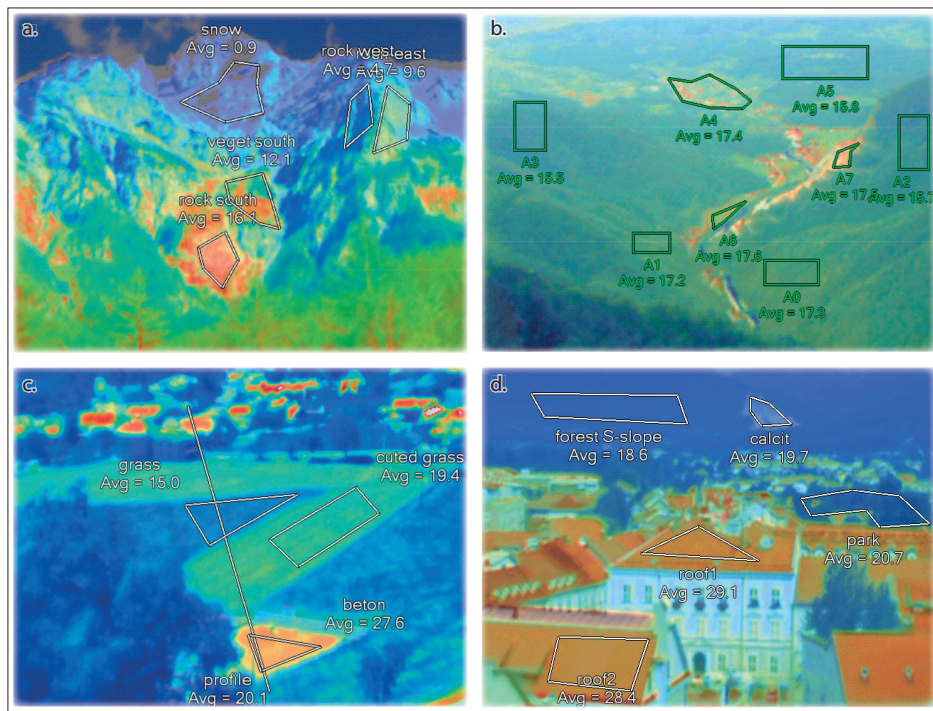
Topoklimatska karta Kamniške Bistrice (Slika 3.9) je bila izdelana v merilu 1 : 50.000. Merilo zaradi zelo razgibanega površja ne dopušča prikaza vseh podrobnosti topoklimatskih razmer. Ker smo želeli, da bi bila karta dovolj pregledna, smo se odločili za določeno stopnjo generalizacije posameznih elementov površja, ki so pomembni za topoklimo (ekspozicija, naklon, vegetacija, raba tal). Zaradi tega je potrebno karto razumeti kot nekoliko posplošen prikaz topoklimatskih razmer.

Osnovne topoklimatske enote Kamniške Bistrice so posledica razlik v nadmorski višini in konkavnosti oziroma konveksnosti površja. **Topoklimo višjega gorskega sveta** imajo Kamniško-Savinjske Alpe nad zgornjo gozdno mejo. Podnebna (termična) gozdna meja je v Kamniško-Savinjskih Alpah po ugotovitvah Lovrenčaka (2007) na višini, do katere je povprečna julijska temperatura do okoli 11 °C, to je med 1700 in 1800 m nadmorske višine. Na severni, osojni in hladnejši strani osrednjega grebena je nižje, med 1580 in 1620 m. Topoklimo višjega gorskega sveta označujejo nižje temperature (povprečna letna temperatura pod 2 °C, na najvišjih grebenih pod 0 °C; Povprečna letna temperatura zraka, obdobje 1971–2000, 2016), velika namočenost (povprečna letna količina padavin 2000 do 2600 mm; Povprečna letna višina korigiranih padavin, obdobje 1971–2000, 2016), visoka in dolgotrajna snežna odeja (povprečna skupna višina novozapadlega snega nad 4 m, 150 do 200 dni s snežno odejo; Povprečna

skupna višina novozapadlega snega, obdobje 1961/62–1990/91, 2016; Povprečno število dni s snežno odejo v sezoni, obdobje 1971/72–2000/01, 2016) in dobra prevetrenost (povprečna letna hitrost vetra 10 m nad tlemi 5 do 7 m/s; Rakovec in sod., 2009, str. 102).

Pri osončenosti je zaradi strmega reliefa prisotna izrazita dvojnost med dobro ob-
sijanimi prisojnimi (povprečna letna energija kvaziglobalnega obsevanja 4400 do 4600 MJ/m²; Sončno obsevanje, 1998, str. 105) in slabo obsijanimi osojnimi pobočji (manj kot 3200 MJ/m²). Normalno osončenih predelov je zelo malo. Nad prisojnimi pobočji, tako v goratem, kot tudi nižjem hribovitem delu obravnavane pokrajine, je čez dan prisotno izrazito dviganje ogretega zraka (dolnik). Ponoči pa se iz višjih predelov, tako po prisojnih kakor osojnih pobočjih v stranske doline in po glavni dolini navzdol steka hladen zrak (gornik). Posebno topoklimo imajo neporaščeni in slabo poraščeni grebeni in vrhovi, ki so zelo prevetreni in izpostavljeni vetrovom vseh smeri in hitrosti. Kjer do njih segajo drevesa, so opazne tudi zaradi vetra deformirane krošnje.

Slika 3. 8: Temperaturne značilnosti različnih tipov aktivnega dela površja: a. zasneženega površja, gola površja z različnimi ekspozicijami in slabo poraščena površja (pogorje Skute); b. gozdnih površin z različno ekspozicijo (A0, A1, A2, A3, A4) in razpršeno pozidanih površin (A4) (dolina Kamniške Bistrice med Kraljevim Hribom in Stahovico); c. betonirane ploščadi in površin iz nepokošeno in pokošeno travo (Stranje); d. gosto pozidanih površin (Kamnik).



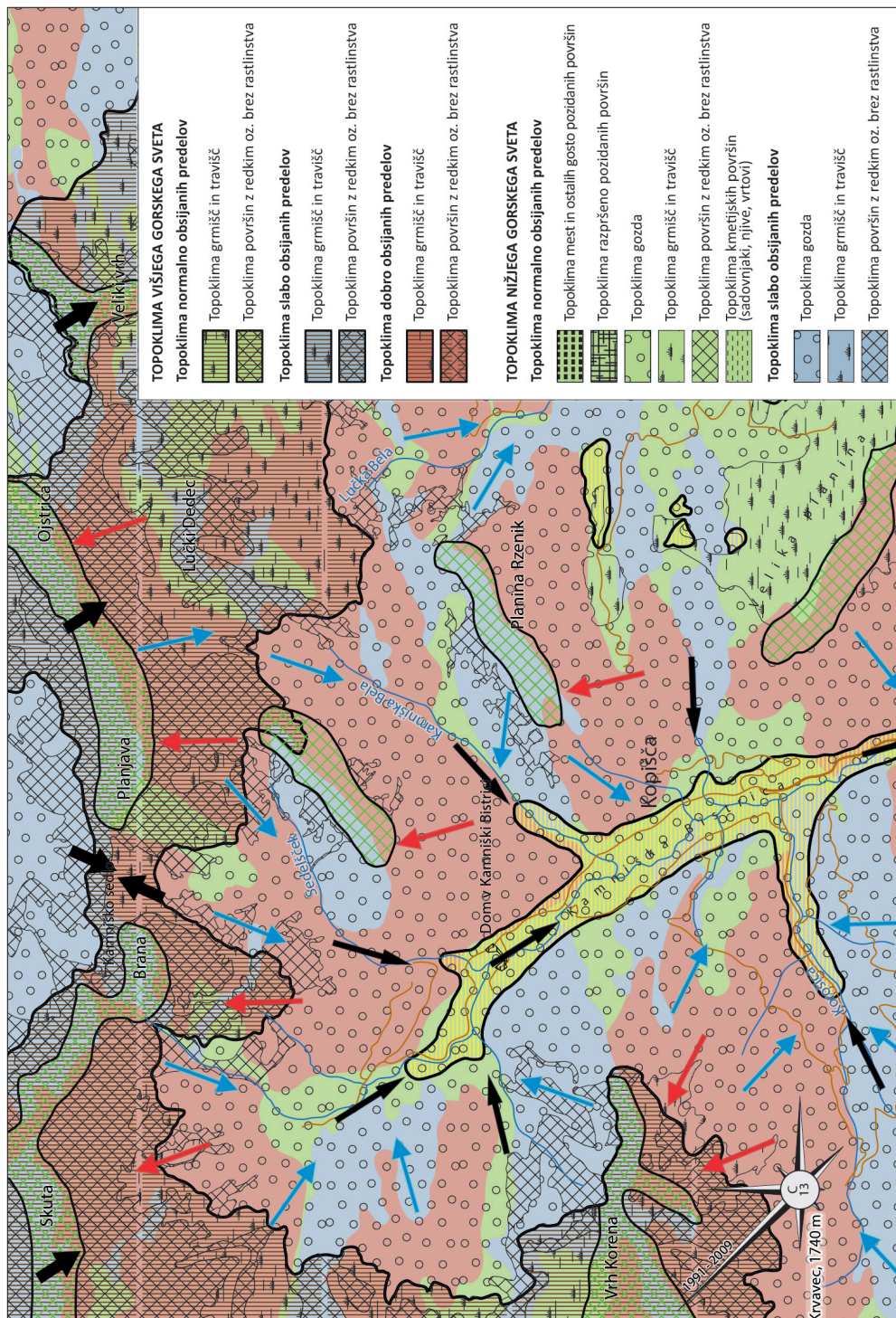
(Termalni posnetki: M. Vysoudil)

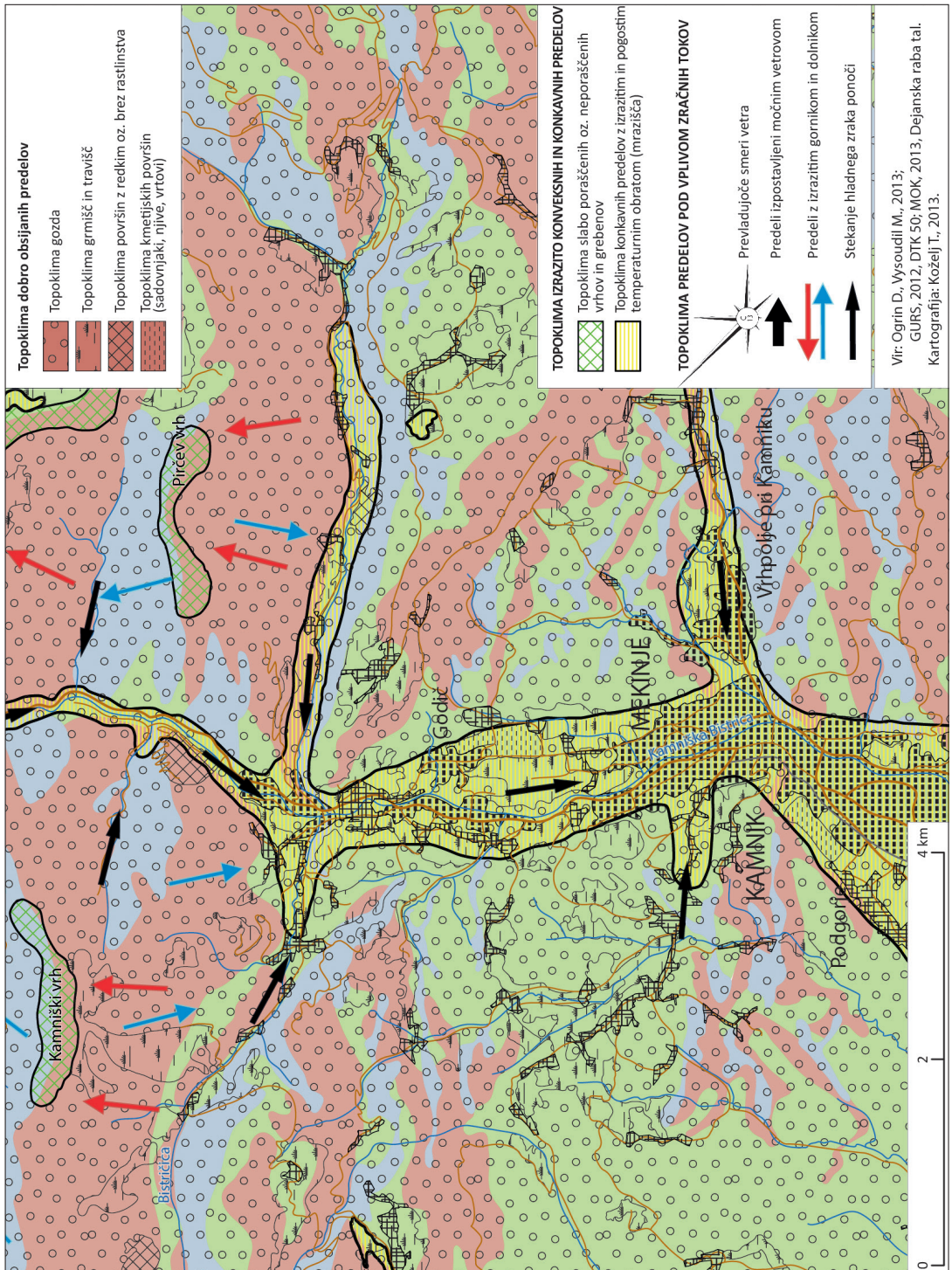
Na mikro nivoju imajo specifično podnebje kraško-ledeniške kotanje (krnice, konte, večje in manjše vrtače), v katerih nastajajo ob radiacijskem vremenu, še posebej pozimi, ko je površje prekrito s snežno odejo, zelo izraziti temperaturni obrati, zato jih lahko opravičeno označimo za mrazišča (Trošt, 2008). V rastni sezoni imajo posebno topoklimo grmišča in travišča ter predeli z redkim rastlinstvom ali brez njega. V odvisnosti od barve, vlažnosti in poroznosti prsti (matične podlage) se golo ali slabo poraščeno površje čez dan zelo segreje, ponoči pa zelo ohladi, zato imajo take površine velike dnevne temperaturne amplitude. Pri ugotavljanju temperaturnih značilnosti različnih tipov aktivnega površja (rab tal) smo si pomagali s termalnimi posnetki površja. Analiza posnetkov je pokazala velike razlike med posameznimi predeli v odvisnosti od tipa aktivnega površja, pa tudi od ekspozicije in naklona (Slika 3.8).

Topoklimo nižjega gorskega sveta ima preostali, pod zgornjo gozdno mejo ležeči del obravnavanega območja. Reliefno gledano gre za prehod Kamniško-Bistriškega polja v gričevnato in hribovito predgorje osrednjega dela Kamniško-Savinjskih Alp. Zaradi nižje nadmorske višine ima ta enota višje temperature (povprečna letna temperatura 10 do 2 °C; Povprečna letna temperatura zraka, obdobje 1971–2000, 2016) in nekoliko manj padavin (povprečna letna višina padavin 1500 do 2000 mm; Povprečna letna višina korigiranih padavin, obdobje 1971–2000, 2013), manj je tudi dni s snežno odejo (50 do 150 dni; Povprečno število dni s snežno odejo v sezoni, obdobje 1971/72–2000/01, 2016), ki je tudi nižja (60 do 200 cm; Povprečna skupna višina novozapadlega snega, obdobje 1961/62–1990/91, 2016). Zaradi prevladujočega poteka grebenov v smeri vzhod-zahod in globoko vrezanih dolin je tudi tu prisotna zelo velika razlika v osončenosti med južnimi in severnimi pobočji. V južnem, ravninskem in gričevnatem delu obravnavanega območja, v dolini Kamniške-Bistrice in na planoti Velike planine prevladuje normalna osončenost (povprečna letna energija kvaziglobalnega obsevanja 3200 do 4400 MJ/m²; Gabrovec in Kastelec, 1998, str. 105).

Jedro topoklimatske enote nižjega gorskega sveta je dolina Kamniške-Bistrice s spodnjimi deli nekaterih večjih stranskih dolin (Črna, Bistričica, Korošica). Čeprav pogoji za ohlajanje zraka zaradi stekanja hladnega zraka po dolini navzdol niso ugodni, se v dolini ob radiacijskem tipu vremena redno pojavlja temperaturni obrat. Zaradi pestrejšje rabe tal je mozaik topoklimatskih enot nižje ravni bolj raznolik. Izpostavljamo razlike med podnebjem poraščenih površin (gozda) in podnebjem manj intenzivno poraščenih in kmetijskih površin ter posebno podnebje, ki ga tvorijo urbanizirane površine, predvsem Kamnik. Če je površje prekrito z rastlinstvom (kulturnimi rastlinami), se ustvari posebno mikroklimatsko okolje, ki modificira absorpcijo Sončevega sevanja, izgube terestričnega sevanja in zračne tokove. Energija Sončevega sevanja se ne absorbira v eni plasti, ampak nekaj na vrhu rastlinskega pokrova, nekaj v pokrovu, del pa tudi v tleh. Pri zelo sklenjenem rastlinskem pokrovu je aktivna plast pri vrhu le-tega. V tem primeru so temperature podnevi nižje pri tleh, ponoči pa na vrhu rastlinskega pokrova. Kratkotrajne primerjalne meritve v bukovem gozdu in na travniku Pri Jurju (600 m n. v.) v zgornjem delu Kamniške Bistrice, sredi maja v obdobju 2010–2012, so pokazale, da so bile najvišje dnevne temperature v gozdu za okoli 1,5 °C nižje kot na travniku, minimalne pa za dobre 3 °C višje. V gozdu je padlo za 20 % manj padavin, bilo pa je za skoraj 40 % več terminov z brezvetrjem.

Slika 3.9: Topoklimatska karta Kamniške Bistrice.





Svojstvene podnebne razmere imajo urbanizirane površine, kjer se zaradi vpliva pozidanih površin in delovanja človeka uveljavljajo značilnosti mestnega podnebja. Predvsem je pomembna zelo velika nehomogenost aktivnega dela površja (ulice, ceste, trgi, stavbe različnih dimenzij, zelene površine, tovarniške hale in hale trgovskih centrov ipd.) in dejstvo, da je aktivno površje zgradb bistveno večje kakor pri nepozidanih površinah. Zaradi velikega pomena gostote pozidave ločimo topoklimo mest (Kamnika) in ostalih gosteje pozidanih površin (Stranje, Godič, Stahovica) ter topoklimo razpršeno pozidanih površin. V zelo strnjeno pozidanem srednjeveškem delu Kamnika je na nivoju ulic močno skrajšano direktno Sončevo obsevanje (Slika 3.4, Maistrova ulica). Okoli zimskega obrata na nekatere ozke ulice sonce sploh ne posije. Glede Sončevega obsevanja so na boljšem širše ulice, trgi in križišča ulic, ki so bolj odprti. V novejših delih Kamnika, z bolj redko pozidavo, bolj kot arhitektura vpliva na osončenost okoliški relief. Vpliv slednjega je najbolj očiten v vzhodnem delu mesta, kjer visoko obzorje na jugovzhodni strani skrajšuje obsevanje za 2 do 3 ure.

Glede na raziskavo, ki jo je naredila Uršičeva (2010), se v Kamniku ob stabilnem in jasnem vremenu oblikuje tudi slabše izražen mestni toplotni otok. Glede na poletne in jesenske meritve v prvi polovici noči so razlike med najtoplejšim in najhladnejšim delom mesta od 1,5 do 3 °C, odvisno od hitrosti vetra. Najnižje temperature so bile v delih mesta vzdolž Kamniške Bistrice, najvišje pa ne, kot bi pričakovali, v najbolj strnjeno pozidanem srednjeveškem delu mesta, ampak v njegovem južnem delu v območju enodružinskih hiš. Očitno je, da na mestni toplotni otok Kamnika vpliva lega mesta na izhodu iz ožjega dela doline Kamniške Bistrice na Kamniško-Bistriško polje. Po dolini se namreč ponoči steka hladnejši zrak iz zgornjega dela doline (gornik) in predstavlja mestni toplotni otok iz srednjeveškega dela mesta proti jugu. Tudi čez dan niso najbolj ugodne razmere za segrevanje mesta, saj se tedaj zaradi izrazitega ogrevanja prisojnih pobočij predgorja in osrednjega grebena Kamniško-Savinjskih Alp ter dvigovanja zraka nad njimi pojavi izrazit dolnik (termični veter južnih smeri), ki zaradi mešanja zraka izenačuje temperaturne razmere.

Viri in literatura

Absolutna najvišja / najnižja temperatura zraka s povratno dobo 50 let (1951–2005).

URL: http://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/image/sl/by_variable/temperature/absolute-max/min-air-temperature_50-years (citirano 25. 1. 2016).

Frelih, S., 1999. Lokalni vetrovi v Kamniški Bistrici. Seminarska naloga. Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, Oddelek za geografijo, 23 str.

Gabrovec, M., Kastelec, D., 1998. Sončno obsevanje. V: Geografski atlas Slovenije, država v prostoru in času. Ljubljana, DZS, str. 104–105.

Klimatografija Slovenije, količina padavin, obdobje 1961–1990. HMZ R Slovenije, Ljubljana, 1995.

Klimatografija Slovenije, temperatura zraka 1961–1990. HMZ RS MOP, Ljubljana, 1995.

- Klimatografija Slovenije, trajanje sončnega obsevanja 1971–2002. MOP RS, Ljubljana, 2004.
- Lovrenčak, F., 2007. Zgornja gozdna meja slovenskih Alp, visokih kraških planot in Prokletij. Razprave Filozofske fakultete, Ljubljana, 217 str.
- Največja 24-urna višina padavin s povratno dobo 50 / 100 let (1961–2000). URL: http://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/image/sl/by_variable/precipitation/max-24-hour-precipitation_50/100-years_61-00.png (citirano 25. 1. 2016).
- Najvišja višina snežne odeje s povratno dobo 50 let (1951–2005). URL: http://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/image/sl/by_variable/snow/max-snow-depth_50-years_51-05.png (citirano 25. 1. 2016).
- Ogrin, D., 1996. Podnebni tipi v Sloveniji. Geografski vestnik, 68, Ljubljana, str. 39–56.
- Ogrin, D., Plut, D., 2009. Aplikativna fizična geografija Slovenije. Znanstvena založba Filozofske fakultete Univerze v Ljubljani, Ljubljana, 246 str.
- Ogrin, D., Vysoudil M., 2011. Topoklimatska karta obalnega pasu Slovenske Istre. Dela, 35, Ljubljana, str. 5–25.
- Ogrin, D., Vysoudil, M., Mrak, I., Ogrin, M., 2012. Splošne in lokalne podnebne poteze. V: GeograFF 12, Geografija stika Slovenske Istre in Tržaškega zaliva (ur. : Ogrin, D.), Znanstvena založba FF UL, Ljubljana, str. 67–86.
- Ogrin, M., 2007. The minimum temperatures in the winter 2006/07 in Slovenian frost hollows and cold basins. Dela, 28, Ljubljana, str. 221–237.
- Dovečar, M., Sinjur, I., Ogrin, M., Vertačnik, G., 2009. Najnižja temperatura v Sloveniji. Geografski obzornik, 56, 1–2, str. 27–31.
- Ogrin, M., Sinjur, I., Ogrin, D., 2006. Minimalne temperature v slovenskih mraziščih pozimi 2005/2006. Geografski obzornik, 53, 2, str. 4–12.
- Ortar, J., 2011. Tipizacija in regionalizacija slovenskih mrazišč. Diplomsko delo. Ljubljana, Filozofska fakulteta, Oddelek za geografijo, 65 str.
- Pahovnik, A., 2011. Analiza vetroloma na območju Črničva leta 2008. Diplomsko delo, Ljubljana, Biotehnična fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive vire, 209 str. URL: http://www.digitalna-knjiznica.bf.uni-lj.si/dn_pahovnik_andrej.pdf (citirano, 27. 1. 2016).
- Polčák, N., 2000. Možnosti spracovanja mezoklímy a miestnej klímy v územiach s chýbajúcou klimatickou databázou na príklade Biosférickej rezervácie Východné Karpaty. Geografický časopis, 52. GÚ SAV, str. 181–191.
- Polčák, N., 2001. Analýza teplotných inverzií v Banskej Bystrici na základe terénnych pozorovaní. V: Turisová, I. (ured.): Ekologická diverzita modelového územia Banskobystrického regiónu. FPV UMB, Štátna ochrana prírody SR, Stredoslovenské múzeum, Banská Bystrica, str. 55–65.
- Povprečna letna hitrost vetra na 10 m nad tlemi (1994–2001). URL: http://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/image/sl/by_variable/wind/mean-annual-wind-speed_10-m_94-01.png (citirano 22. 1. 2016).

- Povprečna letna, januarska in julijska temperatura zraka, obdobje 1971–2000. URL: http://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/image/sl/by_variable/temperature/mean (citirano 25. 1. 2016).
- Povprečna letna višina korigiranih padavin, obdobje 1971–2000. URL: http://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/image/sl/by_variable/precipitation/mean-annual-corrected-precipitation_71-00.png (citirano 25. 1. 2016).
- Povprečna skupna višina novozapadlega snega, obdobje 1961/62–1990/91. URL: <http://www.arso.gov.si/vreme/podnebje/karte/karta4035.html> (citirano 22. 1. 2016).
- Povprečno število dni s snežno odejo v sezoni, obdobje 1971/72–2000/01. URL: http://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/image/sl/by_variable/snow/mean-seasonal-snow-cover-duration_71-00.png (citirano 22. 1. 2016).
- Povprečno trajanje sončnega obsevanja – pomlad, poletje, jesen, zima (1971–2000). URL: http://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/image/sl/by_variable/solar-radiation/mean-bright-sunshine-duration (citirano 25. 1. 2016).
- Rakovec, J., Žagar M., Bertalančič, R., Cedilnik, J., Gregorič, G., Skok, G., Žagar, N., 2009. Vetrovnost v Sloveniji. Založba ZRC, Ljubljana, 177 str.
- Quitt, E., 1965. Metody konstrukce mezoklimatických map. Sborník Československé společnosti zeměpisné, 3, str. 232–250.
- Quitt, E., 1994. Topoclimatic map as a basis for atmosphere protection and regional development of the landscape. Moravian Geographical Reports, 2, str. 12–17.
- Trošt, A., 2008. Mrazišča na Komni. Diplomsko delo. Ljubljana, Filozofska fakulteta, Oddelek za geografijo, 86 str.
- Uršič, N., 2010. Mestna klima Kamnika. Seminarska naloga. Ljubljana, Filozofska fakulteta, Oddelek za geografijo, 27 str.
- Vysoudil, M., 1993. Topoclimatic Mapping in Central Moravia (Czech Republic). Geografski vestnik, 65, str. 25–31.
- Vysoudil, M., 2000. Topoklimatické mapování: Od teorie k praxi. (Topoclimatic Mapping: From Theory to Praxis). Geografický časopis, 52, 2, str. 2–13.
- Vysoudil, M., 2009. Klasifikace místních klimatických efektu. (Classification of Local Climatic Effects). Geografický časopis, 61, 3, str. 229–241.