

5 Topoklimatska karta občine Bistrica ob Sotli

Darko Ogrin, Miroslav Vysoudil, Matej Ogrin, Lena Kropivšek, Rok Šilc, Iztok Miklavčič†

5.1 Uvod

Z izrazom topoklima označujemo specifične lokalne podnebne poteze, ki se oblikujejo pod vplivom lokalnih morfografskih in morfometričnih značilnosti reliefa (nadmorska višina, ekspozicija, naklon površja, reliefna izoblikovanost), tipa vegetacije in rabe (pokrovnosti) površja (urbanizirane površine, gozdne površine, kmetijske površine) ter vodnih oz. vlažnostnih razmer (vodne površine, mokrišča, visoka talna voda ipd.). Osnovne poteze pa so odvisne od splošnih, regionalnih in tudi globalnih podnebnih razmer. Za oblikovanje topoklime so odločilne vremenske razmere, saj je od (ne)prisotnosti radiacijskega vremena odvisno, ali se bodo topoklimatske poteze oblikovale in v kolikšni meri.

Raziskavo smo osredotočili na občino Bistrica ob Sotli, ki leži v srednjem delu Sotelskega gričevja. Osrednji del občine sestavlja ravnina ob sotočju Bistrice in Sotle (Bistriško polje), ki leži na nadmorski višini med 170 in 200 m. Bistriško polje prehaja na severozahodu in zahodu v gričevje, ki dosega višine do 450 m, na jugu v 500 do 700 m visoko hribovje Orlice ter Kunšperške gore, na severu in vzhodu pa v gričevje Hrvaškega Zagorja. Meja občine na severu in vzhodu je hkrati državna meja s Hrvaško in poteka po reki Sotli oz. njenih nekdanjih okljukih. Občina ima površino 31 km², leta 2024 je imela 1348 prebivalcev z gostoto poselitve 43 prebivalcev/km² (Občina Bistrica ob Sotli 2024).

Slika 5.1:

Pogled na Bistriško polje s Kunšperško goro v ozadju (n. v. 597 m) s Srebrnika. (foto: Darko Ogrin).



Raziskovanje vpliva lokalnih pokrajinskih razmer na podnebje ima v slovenski geografiji dolgo tradicijo. Študije so bile npr. usmerjene na raziskovanje vpliva reliefa na lokalno podnebje (npr. Ogrin D. 2000; Ogrin M. 2003), raziskovanje vpliva konkavnih oblik reliefa na minimalne temperature zraka (npr. Žiberna 1999; Gams 1972a; Gustinčič 2013; Ogrin M. s sod. 2006; Ogrin M. 2007; Ortar s sod. 2010), oblikovanje termalnega pasu (npr. Žiberna 1992; Gams 1996; Ogrin D. 2005; 2007), proučevanje padavinskih gradientov v alpskih dolinah (npr. Ogrin M. in Kozamernik 2018; Ogrin D. 2024) ter vpliv reliefa na mejo sneženja (npr. Strle in Ogrin M. 2016; Strle in Ogrin M. 2021). Raziskovali so odnos med reliefom in Sončevim obsevanjem (Gabrovec 1996) ter pojav mestne klime (npr. Žiberna 1991; Gams in Krevs 1997; Jernej 2000; Konovšek 2006; Pipenbaher s sod. 2020). Manjšo tradicijo ima v slovenskem prostoru topoklimatsko kartiranje in izdelovanje topoklimatskih kart (Ogrin D. in Vysoudil 2011; Ogrin D. in sod. 2016; Ogrin D. in sod. 2017; Ogrin D. in sod. 2022).

Podnebnih prikazov občine Bistrica ob Sotli in Kozjanskega je malo. Enega prvih najdemo v monografiji več avtorjev (»domoljubov«) *Slovenski Štajer, dežela in ljudstvo* (1868). Dr. J. Srnc piše o podnebjju Kozjanskega na osnovi osebnih izkušenj in poznavanja lokalnih razmer: »Po goratih predelih je podnebje ostro, najnavadniji veter veje od severovzhoda; proti hrvaški meji je vendar dosti milejše. Ravno zaradi gorovja je megle in toče dosti, doline so ozke in bregovi lesoviti, kar je prej vzrok, da ni toliko čutiti neviht. Snega in zametov je po ozkih dolinah in hribih dosti in velikih. Po nižinah mnogo slane pada, in po dolinah in nizkih predelih teh krajev rada vse pokonča. Po višinah je bolje. Sploh pa nadvladuje mokro vreme« (Slovenski Štajer 1868, 36–37). Nekaj splošnih podnebnih značilnosti tega dela Slovenije lahko razberemo iz celostnih opisov pokrajin panonskega sveta v regionalnogeografski monografiji *Slovenija – pokrajina in ljudje* (1998) in prispevka Gamsa v krajevni monografiji *Med Bočem in Bohorjem* (Gams 1984). Polšak (1995) se je posvetil predvsem prikazu inverzije in nekaterih drugih mikroklimatskih značilnosti Kozjanskega. Žibret (2001) pa je pisal o vinogradništvu Šmarsko-Virštanjskega okoliša v povezavi s podnebjem. Podnebje Kozjanskega je bilo predmet tudi nekaterih študentskih pisnih del na Oddelku za geografijo Filozofske fakultete Univerze v Ljubljani (Grobelšek 2014; Lupše 2001; Marinčič 2006). Namen avtorjev prispevka je izpopolniti sliko o lokalnem podnebjju občine Bistrica ob Sotli in obogatiti geografsko bibliografijo o Kozjanskem.

5.2 Metodologija

V metodološkem smislu lahko topoklimatske značilnosti ugotavljamo s pomočjo terenskih meritev in opazovanj (neposredne metode) oz. z različnimi posrednimi metodami, pri čemer so pomembne predvsem razmere pri površju (aktivna plast), kjer poteka energijska izmenjava med površjem ter ozračjem. Pri našem delu smo uporabili kombinacijo obojega. Sledili smo priporočilom v literaturi (Quit 1994; Vysoudil 1993; Vysoudil 2000; Vysoudil in Ogrin D. 2009) in metodologiji, ki smo jo uporabili pri predhodnih tovrstnih delih (Ogrin D. in Vysoudil 2011; Ogrin D. s sod. 2016; Ogrin D. s sod. 2017; Ogrin D. s sod. 2022), ter jo ustrezno prilagodili razmeram v občini Bistrica ob Sotli. Pri neposrednem spoznavanju lokalnih podnebnih razmer smo uporabili rezultate terenskih meritev in opazovanj, ki so bila v

obdobju 2019–2024 opravljena za potrebe raziskave topoklime občine Bistrica ob Sotli. Meritve in opazovanja so potekala v okviru terenskega dela iz fizične geografije študentov drugega letnika geografije na Filozofski fakulteti Univerze v Ljubljani v mesecu maju in bila nadgrajena z individualnim raziskovalnim delom avtorjev prispevka. Študentom, ki so sodelovali pri delu klimatogeografske skupine, se avtorji prispevka najlepše zahvaljujemo.

Zaradi pomena razmer pri površju za oblikovanje topoklimatskih značilnosti del meritev ni bil opravljen na standardni višini (te meritve so bolj reprezentativne za regionalne razmere), ampak nižje. Temperaturo zraka smo z digitalnimi regulatorji merili med 1,6 in 1,8 m nad površjem, v podobni višini tudi temperaturo zraka med meritvami po vnaprej načrtovani poti (maršrutne meritve). Veter smo merili na 2 do 2,5 m nad površjem, zastrtost obzorja zaradi reliefa in arhitektonskih ovir ter s tem vpliv na insolacijo pa na 1,6 do 1,8 m nad tlemi. Petletne meritve klimatskih elementov na dveh digitalnih mezoklimatoloških postajah, od katerih je bila ena postavljena na Bistriškem polju, druga pa v gričevju na Križanem Vrhu, so potekale na višinah 1,5 m (temperatura zraka), 2 m (višina padavin), 2,1 m (energija Sončevega obsevanja) in 2,4 m nad površjem (vetrovnost).

O lokalnih podnebnih potezah smo sklepali tudi s pomočjo posrednih metod analize značilnosti površja, kjer smo uporabili različna GIS-ovska orodja. Pri reliefu smo upoštevali konkavnost, konveksnost, naklon in ekspozicijo. Trajanje insolacije in prejeta energija Sončevega obsevanja smo izračunali s pomočjo orodij »Solar Radiation« programskega paketa ESRI ArcGIS, ki upošteva astronomske dejavnike, oblikovanost reliefa in atmosferske dejavnike. Vpliv vegetacijskih razmer in rabe tal na lokalno podnebje smo določali s pomočjo evidentirane dejanske rabe zemljišč (Evidenca dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč 2024).

Za proučevano območje je značilno, da je reliefno razgibano in ga sestavlja preplet gozdnih in negozdnih predelov ter različnih tipov pokrovnosti (rab) površja, iz česar lahko sklepamo na večje število specifičnih topoklimatskih enot (Vysoudil s sod. 2019). Za identifikacijo teh enot smo na območju občine Bistrica ob Sotli izvedli termalno snemanje, saj so od temperaturnega stanja aktivne plasti površja odvisne temperaturne značilnosti prizemne plasti ozračja. Aktivna plast pomeni površje tal ali predmetov oz. objektov na tleh, katerih površina je usmerjena v nebo. V primeru mest so to poleg mestnih tal tudi strehe stavb, v primeru polj so to obdelovalna tla ali rastje, ki jih pokriva, v primeru gozdov so to krošnje, v primeru voda pa gre za vodno gladino. Ta površina je ključna za sprejem kratkovalovnega in oddajanje dolgovalovnega sevanja, torej pomembno vpliva na segrevanje in ohlajanje površja ter zraka neposredno nad njim.

Termalno snemanje je bilo narejeno s prenosno infrardečo kamero (Fluke Ti55 IR fusion technology). Kot primer temperaturnih razlik različnih tipov aktivne plasti površja navajamo analizo posnetka iz Podsrede (preglednica 5.1, slika 5.2).

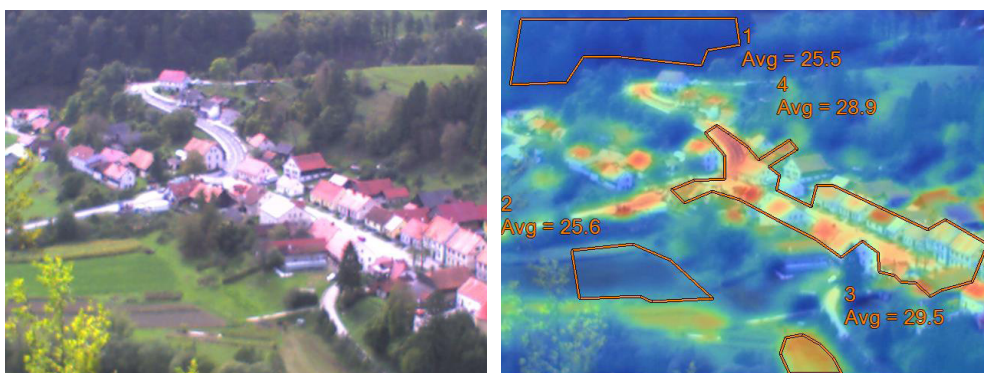
Temperaturne značilnosti, predstavljene v preglednici 5.1, ne opozarjajo samo na razlike med gozdnimi površinami in npr. pozidanimi oz. slabo poraščenimi površinami, ampak tudi na (ne)homogenost njihovega temperaturnega polja, kar lahko razberemo iz amplitude in vrednosti standardnega odklona. Po homogenosti temperature aktivne plasti prednjači gozd (drevesne krošnje), nasprotno velja za pozidana območja, ki na splošno veljajo (tudi manjša naselja) za toplejša območja v pokrajini in tvorijo t. i. mestni toplotni otok.

Preglednica 5.1: Osnovne temperaturne značilnosti (v °C) izbranih tipov aktivnega dela površja na območju Podsrede ob radiacijskem vremenu 14. 9. 2022 ob 14:21.

	minimalna temperatura	maksimalna temperatura	povprečna temperatura	temp. amplituda znotraj tipa	stand. odklon
1 gozd	24,9	26,1	25,5	1,2	0,22
2 njiva	24,6	27,4	25,6	2,8	0,65
3 redko poraščeno	27,5	30,3	29,5	2,8	0,54
4 pozidano	26,3	32,6	28,9	6,3	1,07

1 – gozd, 2 – njiva, 3 – redko poraščeno, 4 – pozidano

Slika 5.2: Temperaturna polja aktivne plasti površja v Podsredi in njeni okolici (levo) ter slika analizirane območja v vidnem spektru (desno). (foto: Miroslav Vysoudil).



5.3 Topoklimatske razmere

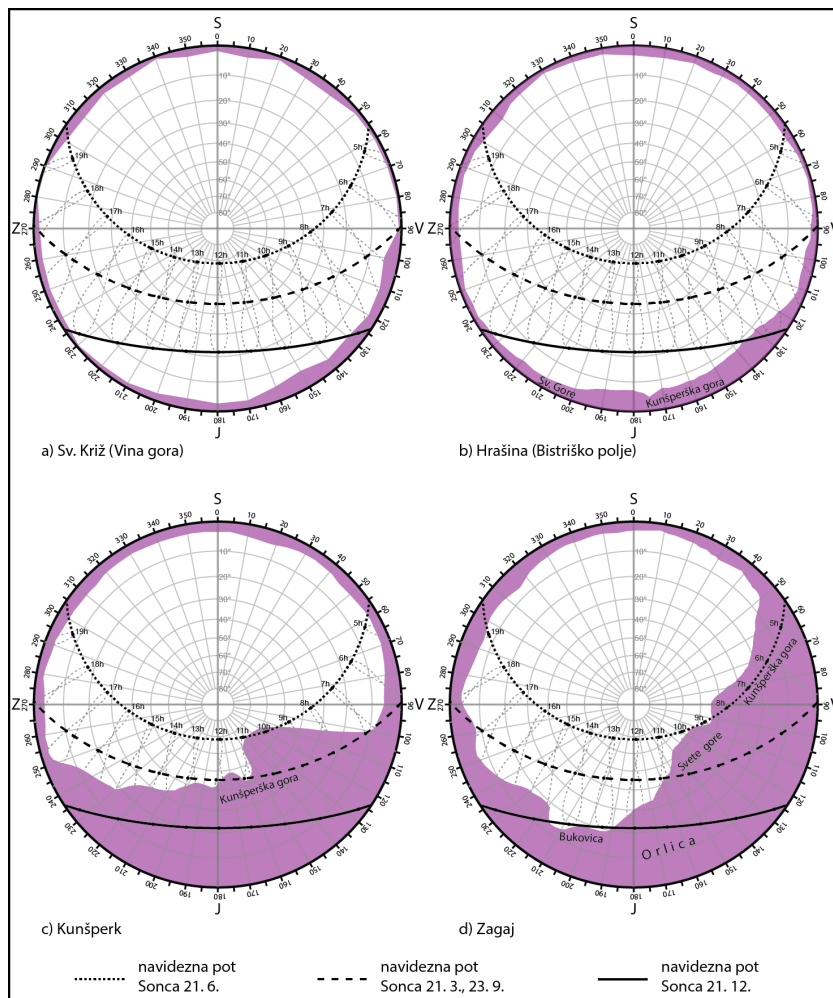
5.3.1 Lokalne razlike v osončenosti

Na lokalne in mikro razlike v obsevanju ter prejeti energiji Sončevega obsevanja vplivajo ob astronomskih in atmosferskih dejavnikih predvsem višina južnega obzorja oz. zasenčenost zaradi njega, ekspozicija ter naklon površja. V naših geografskih širinah so z vidika povprečnih razmer ugodne južne ekspozicije z nakloni okoli 45°. Okoli zimskega obrata, ko je Sonce najnižje nad obzorjem, so ugodnejša nekoliko strmejša pobočja, okoli poletnega obrata, ko je Sonce v najvišji legi, pa položnejša. Razlike v prejeti energiji Sončevega obsevanja med posameznimi ekspozicijami so veliko večje pozimi, ko je Sonce nizko nad horizontom in je čas obsevanja krajši.

Večina občine Bistrica ob Sotli ima z vidika slovenskih razmer povprečne vrednosti trajanja obsevanja in prejete energije Sončevega sevanja. Po izračunih orodja »Solar Radiation«, ki ne upošteva oblačnosti, prejme letno med 950 in 1250 kWh m⁻². Za primerjavo, letno povprečje na horizontalno površino v Sloveniji je okoli 1250 kWh m⁻² (Kastelec s sod. 2007). Ugodne razmere so posledica reliefnih danosti, saj je površje večine občine blago razgibano, kjer ni zelo velikih relativnih višinskih razlik in zelo dolgih in strmih pobočij ter globokih dolin, kakor npr. v alpskih in predalpskih pokrajinah. Po

zelo dobri obsijanosti in nadpovprečnih vrednostih prejete energije izstopajo strma pobočja z južno, jugovzhodno in jugozahodno lego v severnem ter severozahodnem gričevnatem delu občine, npr. Vine gore, Križanega Vrha in Dekmance, ki letno prejmejo med 1250 in 1750 kWh m⁻² (slika 5.8). Na splošno so temena gričevna in prisojna pobočja zelo dobro obsijana s soncem. Glede na meritve poteka realnega horizonta in njegovega vpliva na insolacijo (v občini je bilo narejenih 48 meritev na značilnih lokacijah) je trajanje Sončevega obsevanja krajše od teoretično možnega le za kako uro (slika 5.3, Sveti Križ). Zelo dobre razmere imata tudi osrednji in severni del Bistriškega polja (slika 5.3, Hrašina), le okoli zimskega obrata je obsevanje krajše do tri ure zaradi visokega južnega obzorja, ki ga predstavljajo Kunšperška gora in Svete gore oz. Orlica.

Slika 5.3: Trajanje Sončevega obsevanja ob enakonočju ter poletnem in zimskem obratu na Svetem Križu (a), v Hrašini na Bistriškem polju (b), v Kunšperku pod Kunšperško goro (c) in v Zagaju ob izhodu Bistrice iz soteske (d). Sonce je nad obzorjem, ko poteka njegova pot zunaj obarvanega dela grafikona.




Podpovprečne razmere (pod 950 kWh m^{-2}) imajo strma osojna pobočja in njihov prehod v kotlinsko oz. dolinsko dno pod Kunšperško goro in Orlico ter soteska Bistrice na jugu občine in zelo strma severno eksponirana pobočja posameznih delov gričevja v severnem delu občine, npr. Dekmance, Šiškovega vrha, Bobovca in Bojnega vrha. Ti predeli imajo okoli zimskega obrata le kako uro sonca ali se Sonce sploh ne dvigne nad obzorje. Visoko južno obzorje pomembno skrajšuje obsevanje na naštetih območjih tudi ob enakonočju in poletnem obratu.

5.3.2 Prostorsko razporejanje temperature zraka

Da bi ugotovili osnovne značilnosti prostorskega razporejanja temperature zraka v občini Bistrica ob Sotli, h kateri smo priključili še okolico Podsrede, smo v obdobju 2019–2024 postavili digitalne merilnike temperature na šestih lokacijah. Z njimi smo zajeli Bistriško polje in dolino Bistrice pri Podsredi, gričevnati del občine in hribovje na jugu (preglednica 5.2). Meritve so potekale 84 dni pozimi, s pričetkom ob zimskem obratu, in 84 dni poleti, z začetkom ob poletnem obratu. Merilniki (i-button, proizvajalec Dallas Semiconductor) so bili nameščeni v sevalne zaklone (slika v preglednici 5.2) med 1,6 in 1,8 m nad tlemi.

Preglednica 5.2: Osnovne značilnosti lokacij meritev temperature zraka in sevalni zaslon za digitalni registrator temperature. (foto: Darko Ogrin).

lokacija meritev	nadmorska višina (m)	topoklimatska lega
Kramer	175	dno Bistriškega polja
Bistrica	215	vršaj nad Bistriškim poljem
Podsreda	240	dno doline Bistrice
Sv. Križ	325	prisojno pobočje gričevja
Žalostna mati	375	prisojno pobočje gričevja
Svete gore	550	vrh hriba



Pri povprečnih poletnih in zimskih temperaturah je bilo gričevje nad Bistriškim poljem ter dolino Bistrice najtoplejši del raziskovalnega območja. V obravnavanem obdobju je bilo za 1 do $1,5 \text{ }^\circ\text{C}$ toplejše od dna Bistriškega polja oz. doline Bistrice pri Podsredi in prav toliko toplejše od hribovja Orlice na jugu na višinah okoli 550 m (preglednica 5.3). Opisani potek temperature zraka z višino nakazuje pogoste temperaturne obrate, ki se razvijajo ob radiacijskem vremenu.

Inverzna razporeditev temperature zraka z višino je še bolj razvidna pri povprečnih minimalnih temperaturah. Te so najvišje v hribovju na jugu, kjer so Svete gore poleti za več kot $2 \text{ }^\circ\text{C}$ toplejše od okoli 250 m nižje ležečih najnižjih območij obravnavane pokrajine, pozimi pa za več kot $3 \text{ }^\circ\text{C}$. Povprečne zimske minimalne temperature so glede na meritve v Podsredi, pri Kramerju v dolini Bistrice in na Bistriškem polju pogosto tudi negativne. Hribovito obrobje je pri povprečnih minimalnih temperaturah toplejše od gričevja na severnem in severozahodnem obrobju občine ter tudi od

naselja Bistrica ob Sotli, ki leži na vršaju 20 do 30 m nad dnem polja, kar nakazuje, da toplotni pas sega pogosto do najvišjih delov hribovja na jugu.

Običajno razporeditev temperature zraka z višino, tj. da se temperatura z višino znižuje, zasledimo pri povprečnih poletnih maksimalnih temperaturah. Pri teh so najvišji predeli okoli Svetih gor na višku dneva hladnejši od najnižje ležečih za 3 do 4 °C. Pri povprečnih zimskih najvišjih temperaturah so od najnižjih območij, kjer je trajanje Sončevega obsevanja krajše zaradi visokega južnega obzorja in se temperaturni obrat razkroji pozneje, toplejša dobro obsijana prisojna pobočja in temena gričevja na severu ter severozahodu obravnavane pokrajine. Tu so najvišje dnevne temperature v povprečju višje od dna Bistriškega polja oz. doline Bistrice pri Podsredi za nekaj več kot 1 °C, od hribovitega obrobja na jugu pa od 1,5 do 2 °C.

Preglednica 5.3: Povprečne poletne in zimske temperature zraka v obdobju 2019–2024.

lokacija meritev	n. v. (m)	povprečne poletne temp. zraka (°C)					povprečne zimske temp. zraka (°C)				
		2019	2020	2021	2022	2023	2019/20	20/21	21/22	22/23	23/24
Kramer	175	/	19,9	19,9	21,9	21,3	3,8	3,5	/	4,5	5,3
Bistrica	215	21,7	/	/	22,9	21,9	4,5	4,0	3,3	5,2	5,8
Podsreda	240	20,0	19,8	19,8	20,7	20,5	4,1	3,6	2,2	4,2	/
Sveti Križ	325	21,8	/	/	22,8	22,0	5,8	4,5	4,3	5,7	7,3
Žalostna mati	375	20,3	/	/	21,5	20,8	5,2	4,4	/	/	6,6
Svete gore	550	20,6	20,0	20,1	21,4	20,7	5,2	3,8	/	4,4	6,6
		povprečne poletne minimalne temperature					povprečne zimske minimalne temperature				
Kramer	175	/	14,4	14,4	15,5	15,7	-1,3	-1,1	/	-0,1	0,4
Bistrica	215	16,7	/	/	16,9	16,4	0,4	0,3	-1,2	1,3	1,6
Podsreda	240	14,8	14,4	14,4	14,7	15,2	-0,9	-0,8	-2,9	-0,2	/
Sveti Križ	325	16,8	/	/	17,1	16,8	1,7	0,8	0,1	2,1	3,4
Žalostna mati	375	15,9	/	/	16,4	16,2	1,3	0,9	/	/	3,0
Svete gore	550	17,2	16,7	16,7	17,3	17,3	2,2	1,1	/	1,9	4,2
		povprečne poletne maksimalne temperature					povprečne zimske maksimalne temperature				
Kramer	175	/	25,8	25,8	28,4	27,9	9,8	8,6	/	9,7	11,7
Bistrica	215	27,4	/	/	30,4	29,4	9,4	8,2	8,6	9,6	10,9
Podsreda	240	26,6	26,6	26,6	27,7	27,3	9,9	8,8	8,5	9,2	/
Sveti Križ	325	27,6	/	/	30,5	28,5	11,6	9,9	10,1	10,5	12,9
Žalostna mati	375	25,5	/	/	27,3	25,9	10,5	9,2	/	/	11,3
Svete gore	550	24,2	23,6	23,6	26,1	23,4	8,7	7,5	/	7,7	11,7

/Izpad meritev, ni podatka

5.3.3 Temperaturni obrat in topli pas

Dodatne informacije o pomenu temperaturnega obrata za podnebne razmere občine Bistrica ob Sotli smo dobili z maršrutnimi meritvami uro pred sončnim vzhodom. V času terenskega dela s študenti smo imeli dve vremenski situaciji z radiacijskim tipom vremena, 11. 5. 2022 in 15. 5. 2024. Obakrat smo uro pred sončnim vzhodom med vožnjo z avtomobilom opravili okoli 50 meritev na profilu od Bistriškega polja do Svetih gor na jugu ter gričevnatega obrobja na severni, severozahodni in zahodni strani občine. Ob obeh merilnih kampanjah je bila prostorska razporeditev temperature zraka podobna. Najnižje temperature smo pričakovano izmerili na dnu Bistriškega polja oz. v dolini Trebčice, najvišje pa na najvišje ležečih vrhovih in temenih gričevnatega ter hribovitega obrobja. Pravega hribovskega pasu, glede na vertikalno podnebno pasovitost Slovenije (Gams 1972b), ko bi temperatura zraka nad toplim pasom z višino padala, z meritvami nismo dosegli. Ob meritvah maja 2022 je bila najnižja temperatura izmerjena pri Kramerju (n. v. 175 m), in sicer 8,2 °C, najvišja pa na prevalu tik pod vrhom Svetih gor (n. v. 460 m), 14,9 °C. Dno Bistriškega polja in dolina Trebčice sta imela temperature pod 9 °C, pokrivala ju je tanka plast megle (slika 5.4). Večina gričevja in vznožje Orlice sta imela temperature med 9 in 11 °C, najvišji deli gričevja in Orlica nad okoli 300 m pa nad 11 °C. Jakost temperaturnega obrata je bila tega dne 6,7 °C. Temperatura zraka je v hribovitem delu pokrajine na jugu občine naraščala z višino z gradientom +2,3 °C/100 m, v gričevnatem delu pa +2,7 °C/100 m.

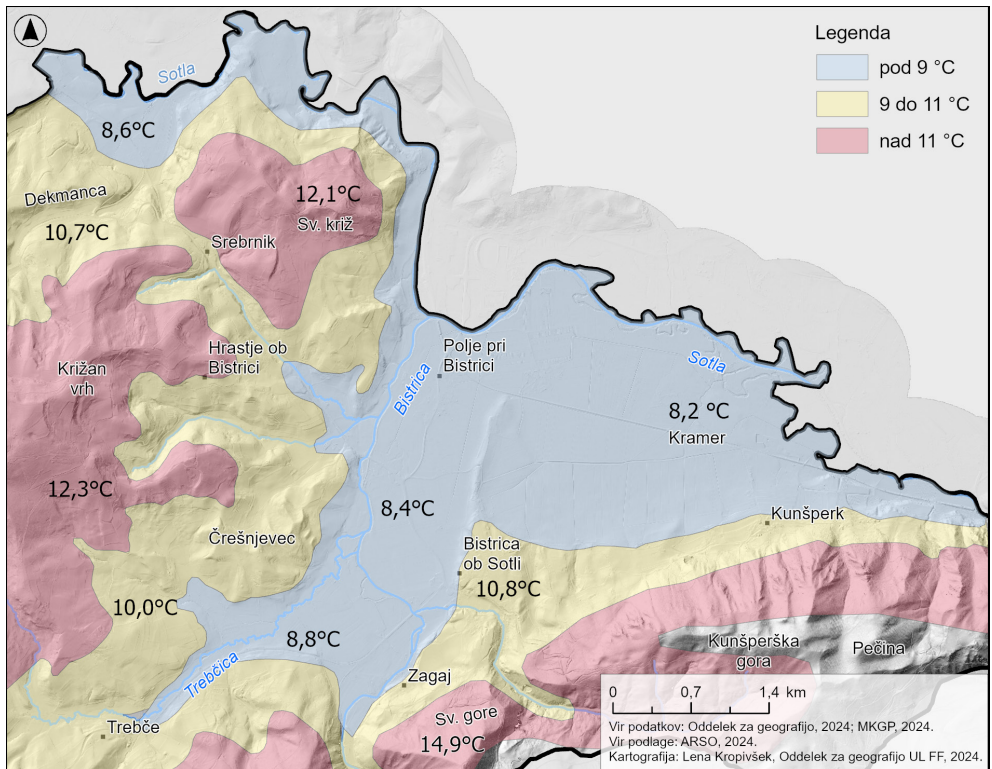


Slika 5.4:

Talna megla ob sončnem vzhodu nad Bistriškim poljem ob temperaturnem obratu 11. 5. 2022. (foto: Darko Ogrin).

Manjša je bila jakost temperaturnega obrata 15. 5. 2024, in sicer 4,1 °C. Najnižjo temperaturo smo izmerili v dolini Trebčice pod Trebčo Gorco (n. v. 205 m), 6,5 °C, najvišjo pa ponovno na prevalu pod Svetimi gorami, 10,6 °C (slika 5.5). Temperatura zraka je z višino naraščala s stopnjo +0,8 °C/100 m. V primerjavi z razmerami 11. 5. 2022 je bila meglena plast ozračja debelejša, segala je do višine okoli 280 m. Tudi v tem primeru se je kmalu po sončnem vzhodu razkrojila.

Slika 5.5: Temperaturni obrat v občini Bistrica ob Sotli 11. 5. 2024 (5:06 do 6:38).

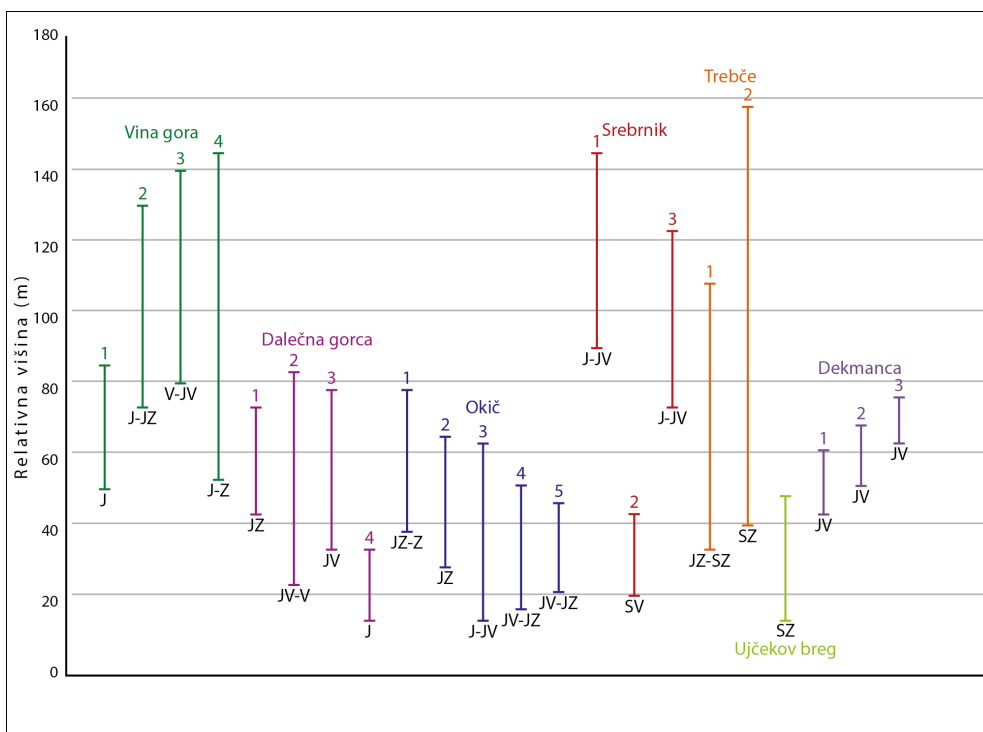


Ob radiacijskem vremenu se v pokrajini kot posledica temperaturnega obrata oblikuje topli (termalni) pas. To je območje višjih temperatur od nižje ležečih kotlin, dolin in kraških depresij s temperaturnim obratom ter višje ležečih območij nad njim (Gams 1996). Zaradi višjih minimalnih temperatur, krajšega obdobja s slano, manjše nevarnosti pozeb, manjše vlažnosti zraka in več sonca v prisojeh je topli pas primernejši za toplotno zahtevnejše kulture, npr. za vinsko trto ter sadno drevje. Vertikalni obseg inverznega in z njim povezanega toplega pasu se razlikuje v odvisnosti od vremenskih razmer ter tudi letnega časa. Inverzije so praviloma plitvejše in šibkejše v topli polovici leta zaradi slabših razmer za ohlajanje zraka.

V pokrajinah z večstoletno tradicijo vinogradništva so vinogradi dober pokazatelj toplega pasu, predvsem spomladi (Ogrin D. 2007). Vinska trta je namreč v začetku rastne dobe zelo občutljiva za pozebe, zato jo je smiselno saditi tam, kjer je ogroženost zaradi njih manjša. Kartiranje vinogradov na 22 lokacijah v gričevju občine Bistrica ob Sotli (slika 5.6) je pokazalo, da se ti v povprečju začnejo okoli 40 m nad dnom Bistriškega polja oz. dolin vodotokov, ki se stekajo v Sotlo ali Bistrico in segajo do vrha gričevja, tj. do n. v. okoli 350 m (vertikalni obseg v povprečju 45 m). Razpon spodnje meje se giblje od 15 do 90 m nad dnom. Višje se vinogradi praviloma začnejo tam, kjer so doline ozke, vlažne in imajo visoko južno obzorje. Ker segajo do vrha gričevja, zgornje meje termalnega pasu s pomočjo vinogradov v tem primeru, podobno tudi v bližnjih Virštanjskih gorah ter okolici Imenega in Sel, ni možno določiti.

Podatki o spodnji meji toplega pasu, pridobljeni s pomočjo vinogradov v Bistrici ob Sotli, so primerljivi z rezultati podobnih raziskovanj drugod in Posotelju in nekaterih drugih obpanonskih pokrajinah. V okolici Imenega in Sel se topli pas začne 25 do 40 m nad dolino oz. Golobinjskega potoka (Lupše 2001), v Virštanjskih goricah okoli 35 m nad potokom Buča (Grobelšek 2014), v dolini Kolpe 25 do 80 m nad dnom doline in na obodu Bele krajine od 10 do 40 m nad Črnomaljskim ravnikom (Ogrin D. 2008). V osrednjem delu Slovenskih goric se vinogradi začnejo 15 do 30 m nad dnom dolin in segajo do n. v. 450 do 550 m (Žiberna 1992). Na obodu Bele krajine segajo nekoliko nižje, do 425 m, in nakazujejo vertikalni obseg toplega pasu od 50 do 200 m (Ogrin D. 2008).

Slika 5.6: Vertikalni obseg toplega pasu v občini Bistrica ob Sotli, kakor ga nakazujejo vinogradi.



5.3.4 Lokalne razlike v vetrovnosti

Višja območja občine Bistrica ob Sotli, predvsem izpostavljeni vrhovi in grebeni, so na splošno bolj prevetrena kot Bistriško polje in doline vodotokov. Po modelu Ailos dosega tu povprečne letne hitrosti vetra 50 m nad tlemi 3 do 4 m/s, 10 m nad tlemi 2 do 3 m/s, v nižjih delih občine pa 1 do 2 m/s (Rakovec s sod. 2009, 102, 116). Na večjo vetrovnost višje ležečih območij nakazuje tudi ime hriba Vetrnik (n. v. 709 m) v sosednji občini Kozje. Močnejši vetrovi so pogostejši ob spremembah vremena, povezani so s prehodi vremenskih front in ciklonov ter ciklogenezo v severnem Sredozemlju, spremljajo lahko tudi nevihte (nevihtni piš).

Razlike v vetrovnosti med Bistriškim poljem in gričevnatim delom občine smo v obdobju od marca 2020 do decembra 2024 spremljali s pomočjo meritev v Polju pri Bistrici (n. v. 188 m) ter na Križanem Vrhu (n. v. 407 m). Na Bistriškem polju je prevladovalo brezvetrje (C), hitrost vetra je bila namreč v kar 79 % merilnih terminov manjša od 0,2 m/s. Nekoliko bolj vetroven je bil gričevnati del pokrajine, kjer pa je bil delež brezvetrja še vedno 50 %. Najmočnejši sunki so tu dosegali hitrosti do 33,7 m/s. Na Križanem Vrhu so prevladovali vetrovi iz severozahoda in zahoda, na Bistriškem polju je bil prevladujoč jugozahodnik (preglednica 5.4, vetrovni roži v sliki 5.8).

Preglednica 5.4: Pogostost vetra po smereh (v %) na Križanem Vrhu (n. v. 407 m) in Bistriškem polju (n. v. 188 m) v obdobju od marca 2020 do decembra 2024.

	C	S	SV	V	JV	J	JZ	Z	SZ
Križan Vrh	49,8	2,7	3,7	5,0	6,0	6,4	5,7	10,0	10,7
Bistriško polje	78,5	1,9	3,0	2,9	2,6	2,1	5,6	2,2	1,2

C – brezvetrje

Lokalni vetrovi, ki so v glavnem termično pogojeni in se uveljavijo tedaj, ko so splošni in regionalni vetrovi šibki, so v obravnavani pokrajini neizraziti. V času terenskega dela smo opazili le izrazitejša nočne pobočne vetrove, ki predstavljajo stekanje hladnejšega zraka z višjih območij proti nižjim. Najizrazitejši (jakost do 3 po Beaufortovi lestvici oz. do 4 m/s) so bili v spodnjem delu grap osovinih pobočij Kunšperške gore in ob izhodu Bistrice iz soteske pri Zagaju, kjer so dosegali hitrosti do 6 m/s. Dnevnega vzgornika po prisojnih pobočjih gričevja nismo zaznali.

5.4 Topoklimatska karta

Topoklimatska karta občine Bistrica ob Sotli (slika 5.8) predstavlja sintezen prikaz lokalnih in nekaterih mikro podnebnih značilnosti topoklimatskega raziskovanja. Izdelana je bila v merilu 1 : 83.000. Osnovna sloja sta obsijanost površja oz. prejeta energija Sončevega obsevanja in raba tal. Pri prvem so bile vrednosti razdeljene na tri razrede, in sicer na dobro obsijane predele (letna energija Sončevega obsevanja med 1250 in 1750 kWh m⁻²), srednje obsijane (med 950 in 1250 kWh m⁻²) ter slabo obsijane predele (180 do 950 kWh m⁻²). Sloj rabe tal je bil za namen karte posplošen na njivske površine, trajne nasade (vinograde, sadovnjake), travišča in grmišča, gozd ter pozidane površine. Na karti so s posebno šrafuro prikazana izrazito konkavna in konveksna območja, s puščicami območja pod vplivom zračnih tokov (črtkano šibkejši tokovi) ter z vetrovnimi rožami prevladujoče smeri vetrov glede na meritve v obdobju 2020–2024.

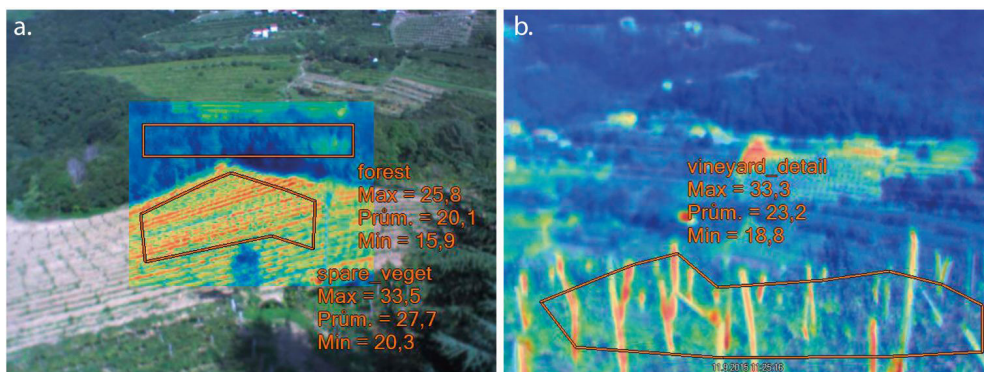
Osnovne topoklimatske enote izhajajo iz razlik v osončenosti (tipizacija na topoklimo dobro, srednje in slabo obsijanih predelov) ter členitve površja na konkavne predele s pogostim temperaturnim obratom in na konveksne predele (vrhovi in grebeni) z odprtim obzorjem in večjo vetrovnostjo. Nadaljnja členitev je odvisna od poraščeniosti površja (topoklima gozda, grmišč in travišč) ter različnih kmetijskih rab (topoklima trajnih nasadov, topoklima njivskih površin). Vpliv pozidanih površin na podnebje je minimalen, saj v občini ni večjih urbanih središč. Največja in najbolj strnjeno pozidana naselja znotraj raziskovalnega območja so Bistrica ob Sotli, Kunšperk in Polje, v

soseščini tudi Podsreda, ki, sodeč po termalnih posnetkih, tvorijo tople otoke v pokrajini. S termalnega posnetka Podsrede (slika 5.2), ki je bil narejen ob sončnem vremenu sredi dneva septembra 2022, je razvidno, da je bilo površje središča naselja od površja krošenj dreves gozda v okolici toplejše za dobre 3 °C. Čeprav stavbe v naseljih občine Bistrica ob Sotli niso visoke in ne tvorijo izrazitih uličnih koridorjev, pa ponekod pomembno skrajšujejo teoretično možno trajanje Sončevega obsevanja.

Z vidika topoklimatskih razmer lahko obravnavano območje razdelimo na dva dela, ki sta posledica razgibanosti površja in njegove višinske strukture, tj. na ravninsko-gričevnat osrednji in severni do zahodni del občine ter hribovit južni del. Bistriško polje ob Sotli in Bistrici preide proti severu in zahodu v blago razgibano gričevje. Obzorje je odprto, relief tudi v dolinah, ki so večinoma plitve, bistveno ne skrajšuje Sončevega obsevanja. Trajanje in energija Sončevega obsevanja sta na ravni slovenskega povprečja. Le ponekod imajo zelo strma prisojna pobočja nadpovprečno osončenost oz. strma osojna pobočja in ozke doline podpovprečno. Ta del občine ima zelo mozaično in na kratke razdalje spreminjajočo se topoklimatsko sestavo. Prevladuje odprta kulturna pokrajina, gozdnega podnebja je nekoliko več v nekoliko višjem zahodnem delu gričevja in v osojah. Značilno topoklimatsko enoto predstavljajo vinogradi. Za njihovo mikroklimo je značilno, podobno kakor tudi za sadovnjake in za listopadni ali mešani gozd, da so razmere v rastni sezoni drugačne kakor pozimi, ko je gozdno podnebje bolj podobno podnebjju odprtih predelov.

V rastni sezoni so mikroklimatske razmere vinogradov odvisne od orientacije, medsebojne oddaljenosti in višine vrst ter od vinogradniške prakse (dolžina mladice, zelena rez, odstranjevanje listja in zalistnikov). Vinogradi, ki imajo vrste v smeri sever–jug, so bolj enakomerno osončeni ter imajo bolj uravnan temperaturni in vlažnostni režim kakor vinogradi z vrstami v smeri vzhod–zahod, še posebej če je medvrstna razdalja manjša in so vrste visoke. Pri slednjih prihaja do večjih mikroklimatskih razlik med prisojnimi in osojnimi deli vrst. Osojna stran dobi nekoliko manj sonca, temperature v listni odeji trte so nižje, relativna vlažnost pa večja. Značilnost vinogradniške mikroklimo je tudi spreminjanje podnebnega režima čez dan v odvisnosti od višine in azimuta Sonca oz. njegove poti po nebesnem svodu. Ta vpliva na izpostavljenost vinske trte Sončevemu obsevanju ter s tem tudi na temperaturo vinske trte in zraka v njeni listni odeji (Crisci s sod. 2013).

Slika 5.7: Povprečna temperaturna razlika med površjem mladega vinograda in drevesnimi krošnjami (a.) ter temperaturne razlike površja znotraj vinograda (b.) (foto: Miroslav Vysoudil; 11. 9. 2015, 11:25).



Južni del občine je hribovit, zanj so značilne večje relativne višinske razlike, daljša in strmejša pobočja ter tudi globlje vrezane doline. Tu prihaja do izmenjave dobro in srednje obsijanih prisojnih pobočij ter slabo obsijanih strmih osojnih pobočij in ozkih dolin. Visoko južno obzorje okoli zimskega obrata marsikje preprečuje direktno Sončevo obsevanje. Mozaik topoklimatskih enot nižjega reda je manj pester, prevladuje podnebje gozda.

Aktivna plast gozda so krošnje, za katere so značilne velike temperaturne amplitude med dnevom in nočjo. Do gozdnih tal pride le del Sončevega obsevanja, saj se večina absorbira v drevesnih krošnjah, del tudi v deblih in vejah. V gozdu je zato čez dan večinoma hladneje kakor na nivoju krošenj in na odprtem. Občutek, da je v gozdu čez dan hladneje, stopnjuje tudi manjši delež direktnega Sončevega obsevanja, ki prodre do tal. Gozdna vegetacija vsebuje visok delež vode, zato je specifična toplota debel, vej, listja in krošenj velika, precej večja od specifične toplote preostalega površja. Zaradi tega se rastlinska masa gozda počasneje segreva in počasneje ohlaja, tudi v primerjavi s travo. V nočnem času gozd modificira dolgovalovno sevanje tal, ki se delno absorbira v drevesih in vlagi v zraku, ki je v gozdu večja kot na odprtem, zato se v gozdu ponoči manj ohladi kakor na odprtem ter na nivoju krošenj. Ker se krošnje dreves ponoči zelo ohladijo, sta v njih močna kondenzacija in rosa, medtem ko so gozdna tla pod krošnjami suha ali le z malo rose. Gozd oslabi vetrove, zato je tam več brezvetrja, spremeni se tudi smer vetrov. Povečana turbulentnost vetra je na privetni strani gozda, podobno tudi na zavetni. Ob manj intenzivnih padavinah je v gozdu tudi manj padavin, saj jih del prestrežejo listi in veje, del pa jih, preden dosežejo gozdna tla, izhlapi. Olistano drevje odvaja padavinsko vodo na robove krošenj, zaradi tega je na gozdnih tleh ob robovih krošenj več padavin. Sneg, ki pade na gozdna tla, je dobro zaščiten pred Sončevim obsevanjem in vetrom, zato manj izpareva in se počasneje tali kot na odprtem. Moker снег z velikimi snežinkami se sprijema, zato se ga v krošnjah zadrži do 80 %. Suh снег, ki nima sposobnosti sprijemanja, pa lažje prodre do gozdnih tal (Kolić 1988; Ogrin M. s sod. 2012).

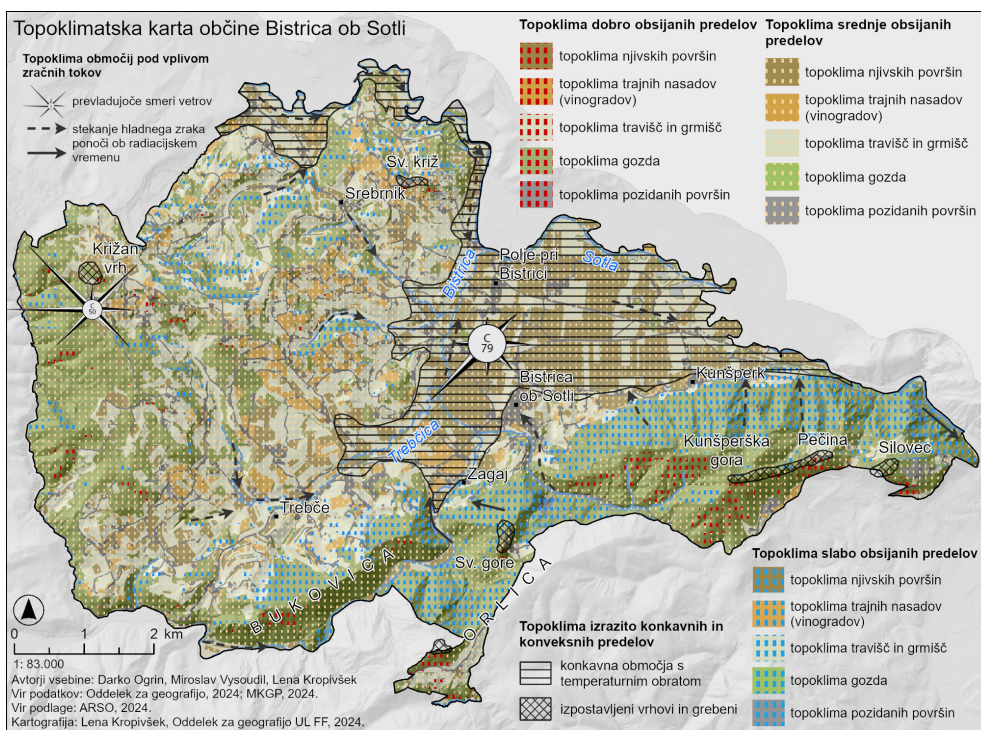
V občini Bistrica ob Sotli prevladuje rečno-denucacijski relief, kjer je največja enota Bistriško polje (Bistriška kotlina) ob izlivu Bistrice v Sotlo, v preostalem delu občine se izmenjujejo doline in vmesna slemena. Za Bistriško polje, dolino Sotle pri Dekmanci in dolino Bistrice je ob radiacijskem tipu vremena značilen temperaturni obrat. Predeli s pogostimi temperaturnimi obrati imajo nižje temperature, predvsem jutranje, več megle, višja je vlažnost zraka, pogostejši sta tudi rosa in slana. Zaradi reliefnih razmer jezera hladnega zraka niso globoka, intenziteta temperaturnega obrata je različna, odvisno od vremenske situacije in letnega časa. V hladni polovici leta so najnižje temperature na Bistriškem polju in v dolinah pogosto negativne, nekaj 10 m višje, v toplem pasu, pa nekaj stopinj nad lediščem. Glede na meritve v občini Bistrica ob Sotli in na sosednjih območjih Kozjanskega (Grobelshek 2014; Lupše 2001; Polšak 1995) je intenziteta temperaturnega obrata ob posameznih vremenskih situacijah ne glede na letni čas znašala med 3 in 10 °C.

Ker je na Bistriškem polju in po dolinah zaradi temperaturnih obratov večja nevarnost spomladanskih pozeb ter so na splošno predvsem v nočno-jutranjem času slabše razmere za uspevanje zahtevnejših kultur, sadijo domačini trto do nekaj 10 m nad dolinskim dnem, kjer se začne t. i. topli (termalni, toplotni) pas, kjer je v prisojnih tudi več sonca. Pri določanju spodnje meje termalnega pasu jim je orientacijsko v pomoč višina megle, saj z njo povezujejo pozebe. Ali kakor je omenil domačin iz Podlešja:

»Včasih se megla vzhne tudi po dnu dolinice pod Vinico, zato so prve vrste vinograda okoli 10 m nad dnom« (Marinčič 2006, 12). Kartiranje vinogradov v občini Bistrica ob Sotli je pokazalo, da se vinogradi večinoma začnejo med 20 in 50 m nad dnom dolin ter se raztezajo do najvišjih vrhov in temen gričevja, tj. do okoli 300 oz. 400 m.

Izrazitih konveksnih predelov, za katere je značilna dobra prevetrenost, je v obravnavani pokrajini malo (Sveti Križ, Križan Vrh, Svete gore, Kunšperška gora). Zaradi skromnih relativnih višinskih razlik tudi ni območij, za katera bi bil značilen izrazit dolnik. Ob temperaturnih obratih je opazno stekanje hladnega zraka iz stranskih dolin v dolino Sotle.

Slika 5.8: Pregledna topoklimatska karta občine Bistrica ob Sotli.



5.5 Sklep

Termin topoklima označuje posebno lokalno podnebje, ki se oblikuje pod vplivom značilnosti Zemljinega površja, predvsem reliefnih danosti in rabe tal. Večina njegovih značilnosti je najbolj izrazita ob radiacijskem vremenu. Ugotavljanje topoklimatskih značilnosti občine Bistrica ob Sotli je potekalo s pomočjo neposrednih (meritve, opazovanja, termalno snemanje) in posrednih metod, kjer smo na lokalne podnebne poteze sklepali s pomočjo analize reliefnih in vegetacijskih značilnosti ter rabe zemljišč. Sintezo raziskave predstavlja topoklimatska karta.

Osnovne topoklimatske enote izhajajo iz razlik v osončenosti ter členitve površja na konkavne predele s pogostim temperaturnim obratom in na konveksne predele z odprtim obzorjem in večjo vetrovnostjo. Nadaljnja členitev je odvisna od poraščenosti površja in različnih kmetijskih rab. Vpliv pozidanih površin na podnebje je minimalen, saj v občini ni večjih urbanih središč. Z vidika topoklimatskih razmer lahko obravnavano območje razdelimo na dva dela: na ravninsko-gričevnat osrednji, severni in zahodni del občine ter hribovit južni del. Za prvi del, ki je prevladujoč, je značilno odprto obzorje, relief tudi v dolinah, ki so večinoma plitve, bistveno ne skrajšuje Sončevega obsevanja od teoretično možnega. Ta del občine ima mozaično in na kratke razdalje spreminjajočo se topoklimatsko sestavo. Prevladuje odprta kulturna pokrajina, gozdnega podnebja je nekoliko več le v nekoliko višjem, zahodnem delu gričevja in v osojah. Značilno topoklimatsko enoto predstavljajo vinogradi.

Južni del občine je hribovit, zanj so značilne večje relativne višinske razlike, daljša in strmejša pobočja ter tudi globlje vrezane doline. Tu prihaja do izmenjave dobro in srednje obsijanih prisojnih pobočij ter slabo obsijanih strmih osojnih pobočij in ozkih dolin. Visoko južno obzorje okoli zimskega obrata marsikje preprečuje direktno Sončevo obsevanje. Mozaik topoklimatskih enot nižjega reda je manj pester, prevladuje podnebje gozda.

Za Bistriško polje in druge konkavne oblike površja je ob radiacijskem vremenu značilen temperaturni obrat z nizkimi jutranjimi temperaturami. Zaradi reliefnih razmer jezera hladnega zraka niso globoka, intenziteta temperaturnega obrata je različna, odvisno od vremenske situacije in letnega časa. Vseeno smo pozimi ob mirnem radiacijskem tipu vremena čez dan opazili zadimljene nižine, kar kaže, da ob danu gostoti individualnih virov onesnaževanja ozračja, predvsem imamo v mislih individualna kurišča, temperaturna inverzija s plitvim jezerom hladnega zraka vsaj del dneva lahko vpliva na znatno poslabšanje kakovosti zraka. Kurjenje biomase bi v takih primerih moralo biti predpisano v energetske učinkovitih kotlih in v energetske varčnih stavbah. Tako bi močno zmanjšali izpuste. V gosto pozidanih delih občine, tu imamo v mislih zlasti naselje Bistrica ob Sotli, bi bilo smiselno vpeljati tudi sistem daljinskega ogrevanja, kar bi zmanjšalo število individualni virov. K izboljšanju kakovosti zraka lahko med drugim doprinese drugačen urnik kurjenja, kar je mogoče v gospodinjstvih z vgrajenimi zalogovniki toplote in dobrim zadrževanjem toplote v stavbah. Seveda k izboljšanju kakovosti zraka prispeva tudi menjava energenta, pri čemer imamo v mislih menjavo trdnih goriv z vgradnjo toplotnih črpalk ali katerega od drugih virov ogrevanja, temelječih na elektriki. Toda kot že zapisano, tudi učinkovita raba energije in lesa kot goriva lahko pomembno prispeva k upadu zadimljenosti.

Boljše razmere za uspevanje toplotno zahtevnejših kultur, tudi vinogradov, so v toplotnem pasu, ki se začne nekaj 10 m nad dnem dolin in sega do vrha gričevja. Toplotni pas je marsikje primeren tudi za rabo Sončeve energije za sončne elektrarne, bodisi kot samostojni objekti (ob upoštevanju trajnostne rabe prostora, npr. na degradiranih površinah ali na površinah brez večje kmetijske in ekosistemske vrednosti), zlasti pa na strehah stavb. Tudi stanovanjske stavbe v toplotnem pasu ob energetske učinkoviti gradnji in bivalnih razmerah lahko s pridom izkoristijo višje temperature in večjo količino Sončevega obsevanja z znatnim zmanjšanjem porabe toplote za ogrevanje v hladni polovici leta. Res pa je, da ob vse večjih potrebah po hlajenju stavb poleti in vse manjši potrebi po ogrevanju pozimi lega v termalnem pasu kmalu v prihodnosti niti ne bo več nujno ugodna z vidika rabe energije za kakovostne razmere bivanja. Tu

imamo v mislih zlasti višje minimalne temperature in povečano število tropskih noči v vročinskih valovih poleti.

Izrazitih konveksnih predelov, za katere je značilna dobra prevetrenost, je v obravnavani pokrajini malo, kar kaže na slabe razmere za izrabo vetrne energije. Zaradi skromnih relativnih višinskih razlik tudi ni območij, za katera bi bil značilen izrazit dolnik. Ob temperaturnih obratih je opazno stekanje hladnega zraka iz stranskih dolin v dolino Sotle, kar poveča samočistilne sposobnosti dolinskega zraka ponoči in pozimi.