

PRISPEVEK K MIKROKLIMATOLOGIJI VRTAČ IN KRAŠKIH POLJ

(s 16 podobami in 8 fotografijami v tekstu)

A CONTRIBUTION TO THE MICROCLIMATOLOGY OF THE KARST DOLINAS AND POLJES

(with 16 Figures and 8 Photos in Text)

I V A N G A M S

Naši raziskovanji vsebujejo podatke o zravnih in nezravnih temperaturah na dnu dolin in polj, ki so bili pridobljeni z zemeljskimi pogoni in uporabo ne-
čisto in tole v opredelju mernih teplotnih instrumentov in splo-
šno v posamezni planini, občasno vsebdijo tudi nezravne mreže.
Vsi podatki so zbirani v Štajerski Karstni in vzhodnem Karavankijskem delu
in včasih, na kar se je izhajaljalo.

1. ZRAVNE TEMPERATURE V KRAŠKIH KOTANJAH

1.1. Vpliv sestave na zravnike temperature

Vsi naši podatki o zravnih in nezravnih temperaturah kažejo, da
vsi naši načini merjenja, tudi način merjenja z zemeljskim pogonom, vsebuje
vpliv sestave na zravnike temperature. Način merjenja z zemeljskim pogonom
je vpliv sestave na zravnike temperature, ker zemeljski pogon meri
temperaturo na površju, ne vzdolžnosti, temeljne in
vsi načini merjenja z zemeljskim pogonom se razlikujejo po vrsti in po vrednosti
vpliva sestave na zravnike temperature.

Vsi naši podatki o zravnih in nezravnih temperaturah vvedemo na krasu,
vsi naši podatki o zravnih in nezravnih temperaturah v vzhodnih Karavankah, vse

SPREJETO NA SEJI ODDELKA ZA PRIRODOSLOVNE VEDE
RAZREDA ZA PRIRODOSLOVNE IN MEDICINSKE VEDE
SLOVENSKE AKADEMIJE ZNANOSTI IN UMETNOSTI

DNE 11. DECEMBRA 1970

UVOD

Kraške kotanje raznih obsegov, od vrtač do uval in kraških polj, in ne vpetine, so značilnost izventropskega kraškega reljefa. Vsaka kotanja pa predstavlja klimatogeografsko enoto najnižjega reda in vse enote skupaj tvorijo glavnino kraške klime. Medtem ko obravnavata klimo brezen in jam že obilna literatura, je klima kraških kotanj v klimatogeografiji slabo obdelano področje. Doslej so pozornost vzbujale predvsem tiste kraške vrtače in uvale, v katerih se javlja vegetacijski obrat kot posledica temperaturnega obrata. Neobdelano je področje talnih temperatur na krasu kot posledica posebnih talnih pogojev, med katerimi izstopa velika kamnitost in manjša talna vlaga.

V okviru te študije so bile izvedene nekatere sondne kratkotrajnejše meritve meteoreoloških elementov v tleh in prizemnem zraku, z namenom, da bi odprle vpogled v posebnosti klime kraških kotanj, vrtač, koleševk in kraških polj. Sele na osnovi teh sondnih meritev in rezultatov bo v bodoče mogoče zastaviti dolgotrajnejše in sistematičnejše meritve, ki jih more izvesti samo posebna meteorološka služba.

Proučevani so bili predvsem tisti klimatski pogoji, ki vplivajo na vegetacijo. Zato so bile v ospredju meritve talnih temperatur in temperatur zraka v prizemni plasti, oboje večidel v vegetacijski dobi.

Raziskavo je financirala Komisija za znanstveno raziskovalno delo pri Filozofski fakulteti, za kar se ji zahvaljujem.

TALNE TEMPERATURE V KRAŠKIH KOTANJAH

A. Vpliv tekture na zemeljske temperature

Ceprav se elementi, ki določujejo talne temperature, krajevno in časovno hitro spremenljajo (G e i g e r , 1966, 142—145), je mogoče izdvojiti na krasu predvsem dva tipa tal, kamnita ali gruščnata tla, kjer sega kamenje do površja ali gleda na površje, ter debelejša ilovnata in glinasta tla. V kraških depresijah se navadno javlja prvi tip na pobočjih, drugi pa v dnu.

Da so med njima razlike v talni temperaturi, vedo ljudje na krasu, ki govorijo o toplih kamnitih in o težkih hladnih tleh. Neenake talne

temperature se odražajo tudi v gozdnih združbah. Na kamnitem polgolem Primorskem krasu vlada termofilna združba črni gaber z ojstrico (*Seslerieto autumnalis* — *Ostryetum carpinifoliae* Horvat), na jerini pa otoki mezofilnih in higrofilnih ter acidofilnih rastlinskih elementov submediteranskega gozda domačega kostanca in gradna — *Castaneeto Quercetum sessiliflorae sub. mediterraneum*. Pravzaprav zadnja združba ni navezana samo na jerino, kot navaja W r a b e r (1954, št. 9), temveč tudi na ostala debela ilovnato-glinasta tla, ki so lahko izven depresij, največkrat pa so na njihovem dnu. Tu beli gaber nakazuje prehod v submediteranski gozd gradna in belega gabra.

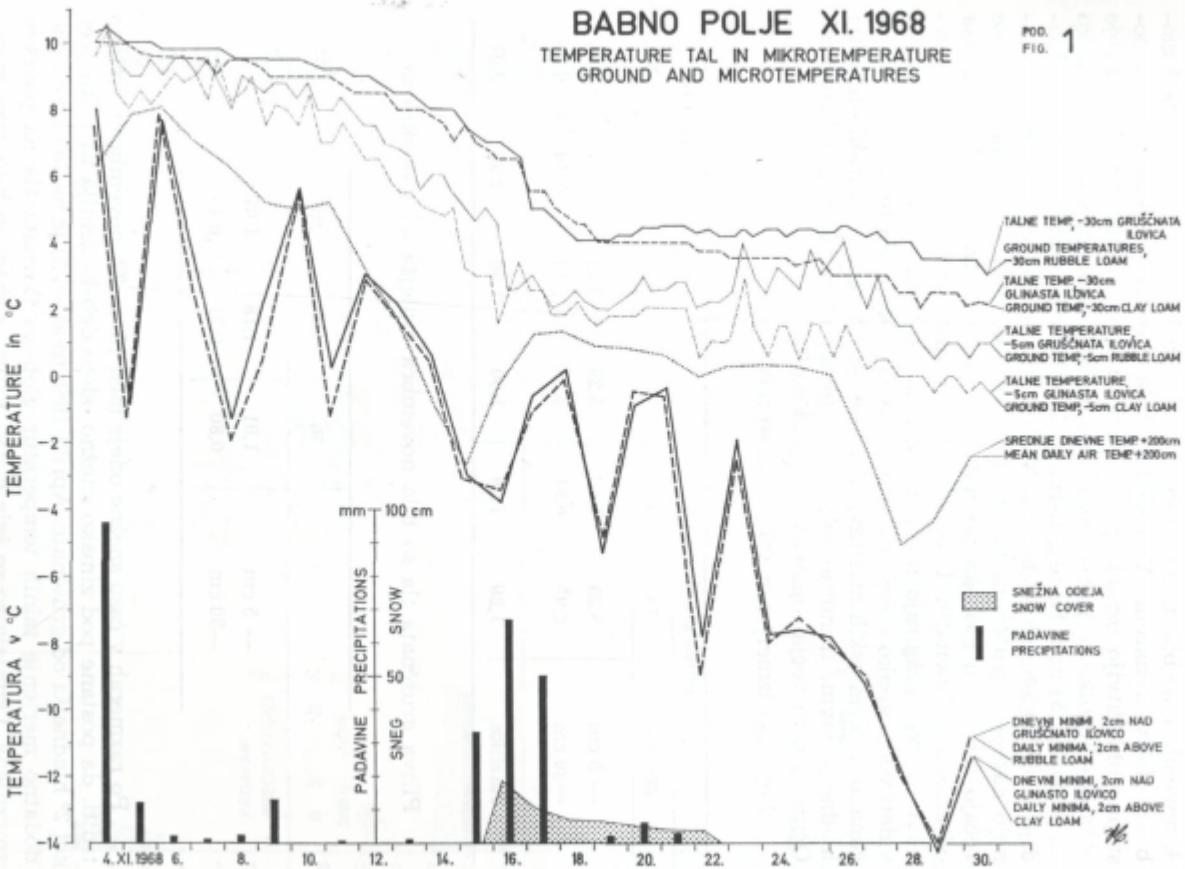
Da bi osvetlili razlike v talni temperaturi teh dveh talnih tipov, so bile na Babnem polju pri tamkajšnji redni vremenski postaji zastavljene dopolnilne meritve v času jesenske in zimske ohladitve ter spomladanske otoplitrive. Za prvi tip so bili postavljeni talni termometri pod vremensko hišico, ki stoji na grbini, porasli s travo. Ilovica je zelo neenakomerno debela, od nekaj centimetrov do nekaj decimetrov med skalami. Termometer v globini 30 cm je tičal v ilovici med skalnimi bloki.

Za drugi tip tal so bili stavljeni termometri v bližnjo, kakih 10 m oddaljeno in 2—3 m nižjo vrtačasto dno ob postaji. Tam je zemlja globoka nad pol metra. Vrtača je na sever odprta in le vrtna ograja nekoliko zavira zračno cirkulacijo. Okoli vrtače je na pobočju delno z grmovjem zaraščen pašnik, v dnu pa travnik. S pipetna analizo je bila ugotovljena naslednja tekstura tal (v %):

	grobi pesek (2—0,2 mm)	drobni pesek (0,2—0,02)	mel (0,02—0,002)	glina (pod 0,002 mm)
Pri vremenski hišici, iz globin —5 do —20 cm	2,43	33,37	47,3	16,9
Dno vrtače:				
glob. 5—20 cm	0,49	43,31	51,0	5,2
glob. —30 cm	2,32	28,48	56,5	12,7

Po pripovedovanju domačinov so nekoč dno vrtače obdelovali. Zato si lahko teksturne razlike v dnu vrtače v raznih globinah peščene ilovice razlagamo z lessiviranjem, to je mehaničnim spiranjem glinenih delcev. Zato sta teksturi pri vremenski hišici in v vrtači v globini — 30 cm podobni.

Na obeh imenovanih mestih so bile terminsko merjene temperature v globinah 5 in 30 cm. Redne meritve dnevnih minimalnih (točne nočnih minimalnih) temperatur 2 cm nad tlemi pod vremensko hišico je opazovalka dopolnila še z meritvami minimov v dnu vrtače. Ostali podatki, ki jih prikazujejo podobe št. 1, 2 in 3, so povzeti po dnevnikih postaje Babno polje v arhivu HMZ v Ljubljani.



Na začetku novembra 1968 (glej pod. 1.), zlasti še po hladnem dežju 4. novembra, so bile talne temperature v obeh talnih tipih in obeh globinah dokaj izenačene. V naslednji dobi brez večjih padavin in s postopno ohladitvijo ozračja pa se globoka ilovnata tla v vrtači hitreje ohlajajo. Razlike se počasi večajo do močnih padavin sredi meseca, ko jih je padlo 151 mm. Le-te gruščnata tla relativno in absolutno bolj ohladijo v obeh globinah, toda le za kratek čas. Še pod snežno odejo postanejo sušnejša gruščnata tla kmalu spet toplejša. Ko skopni sneg, se večajo razlike in globoka ilovnata tla postanejo za okoli 2° hladnejša od gruščnatih ilovnatih. Iz podobe št. 1 je tudi opazno, da globoka ilovnata tla bolj reagirajo na nočne minime kot suha tla, pri katerih je videti večjo konkordanco z zveznico srednjih dnevnih temperatur (izračunano iz terminskih meritev). Pri jesenski in zgodnje zimski ohladitvi hladne padavine trenutno bolj znižajo temperature suhih gruščnatih tal. Očitno vpliva večja toplovodnost gruščnatih tal.

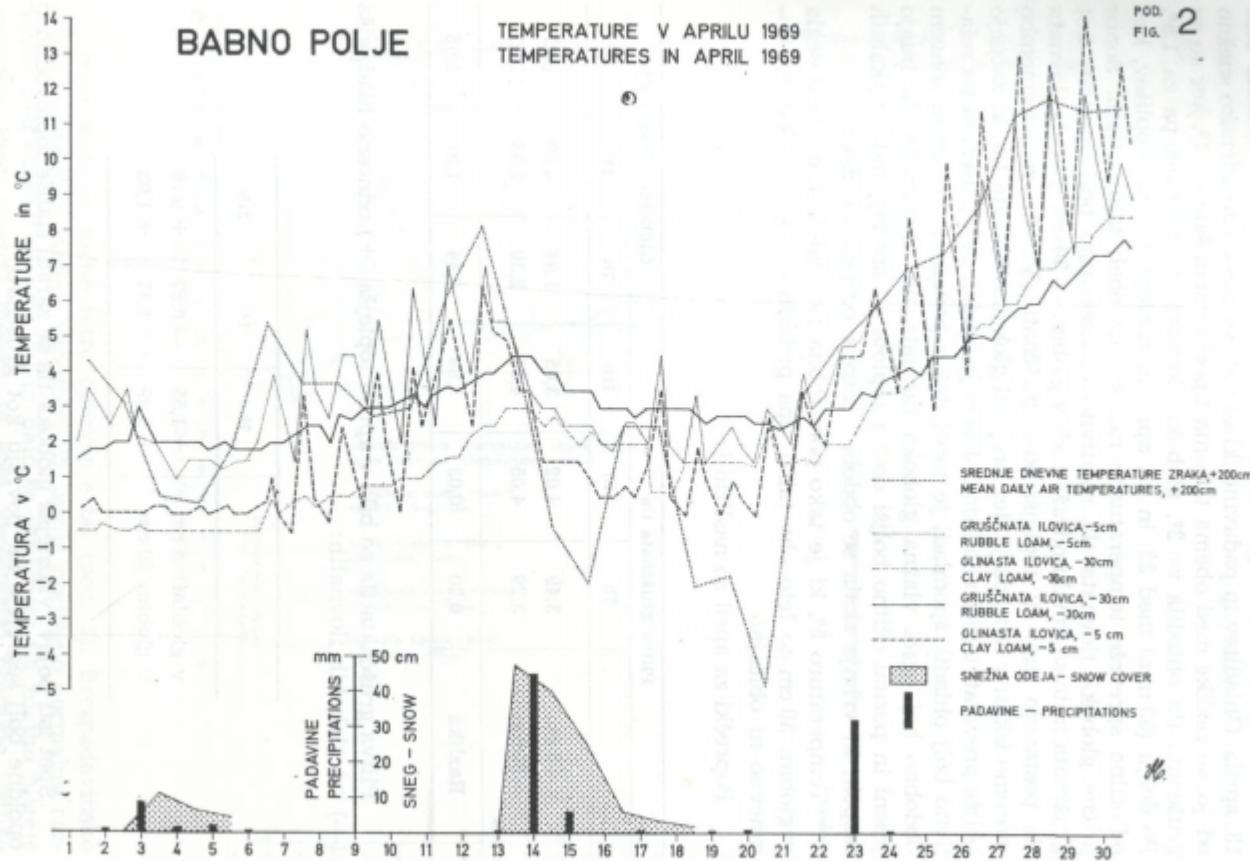
Poprečki izmerjenih vrednosti so naslednji:

globina	Plitva gruščnata tla			Globoka ilovnata tla		
	7h	14h	21h	7h	14h	21h
— 5 cm	5,25	5,62	5,25	4,24	4,47	4,18
— 30 cm	6,94	6,91	6,75	6,14	6,40	6,25
Razlika	1,69	1,29	1,50	1,90	1,93	2,07

Plitva gruščnata tla so bila novembra toplejša od globokih za:

	7h	14h	21h
— 5 cm	1,01	1,18	1,07
— 30 cm	0,80	0,51	0,45

Po razmerah v času snežne odeje med 15. in 22. novembrom smemo trditi, da postane pod zimsko snežno odejo debela zemlja za nekaj več kot 2° hladnejša od gruščnate. Aprila 1969 (pod. št. 2) je našlo obnovljeno dodatno merjenje talnih temperatur globoka ilovnata tla na površini zmrznjena. Odtajala so se šele 8. IV. V prvi dekadi je bilo razmeroma toplotno vreme brez večjih padavin. Gruščnata tla so bila tedaj v globini 5 cm za okoli 2° toplejša, v globini 30 cm pa je znašala razlika ob 7^h 1,7, ob 14^h 3,3 in ob 21^h 2,4[°]. Ker je bila globoka ilovica nekoliko hladnejša, je prerasla njena temperatura v globini — 5 cm tisto v globini — 30 cm



že 6. aprila. Tak obrat je nastopil pri gruščnatih tleh dokončno šele 13. aprila. Ohladitev in padavine, ki so nato prinesle enotedensko snežno odejo, so razlike med obema talnima tipoma zmarijšale na 1° , ker so se gruščnata tla ohladila za 2° , globoka ilovnata tla v vrtači pa za $1,5^{\circ}$. Po dežju (53 mm) med 22. in 23. aprili nastopi močna otoplitev, kar odločilno sprevrže temperaturne razlike pri obeh talnih tipih. Sonce prične globoka ilovnata tla relativno in absolutno bolj ogrevati kot gruščnata in to se kmalu odraža tudi v globini — 30 cm. Debela ilovnata tla postanejo tudi tu toplejša kot gruščnata. Vzroke za spremembo moremo iskati v tem, da je dež prepojil globoka ilovnata tla, ki začnejo boljše prevajati toploto navzdol.¹ Jeseni je hladen dež gruščnata tla relativno bolj ohladil, spomladi je topel dež v povezavi z močnim soncem obdobjno boj ogrel vlažna globoka ilovnata tla. Gruščnata tla imajo jeseni in pozimi očitno boljši dovod topote od spodaj, tudi iz skalnih razpok, in vrhnja skala se obdobjno hitreje ogreva od zgoraj.

Temperaturo 5° , ki je tako pomembna za vegetiranje, sta dosegla v globini 30 cm to leto oba talna tipa približno istočasno, kar pa domnevno ni običajno.

Poprečki za april so naslednji:

Plitva gruščnata tla				Globoka ilovnata tla		
	7h	14h	21h	7h	14h	21h
— 5 cm	3,49	4,02	3,65	1,94	4,39	3,47
— 30 cm	3,29	4,05	4,34	2,30	2,58	2,41
Razlika	0,20	0,03	0,69	0,44	1,81	1,06

Plitva gruščnata tla so bila v aprilu toplejša (+) odnosno hladnejša (—) od globokih ilovnatih:

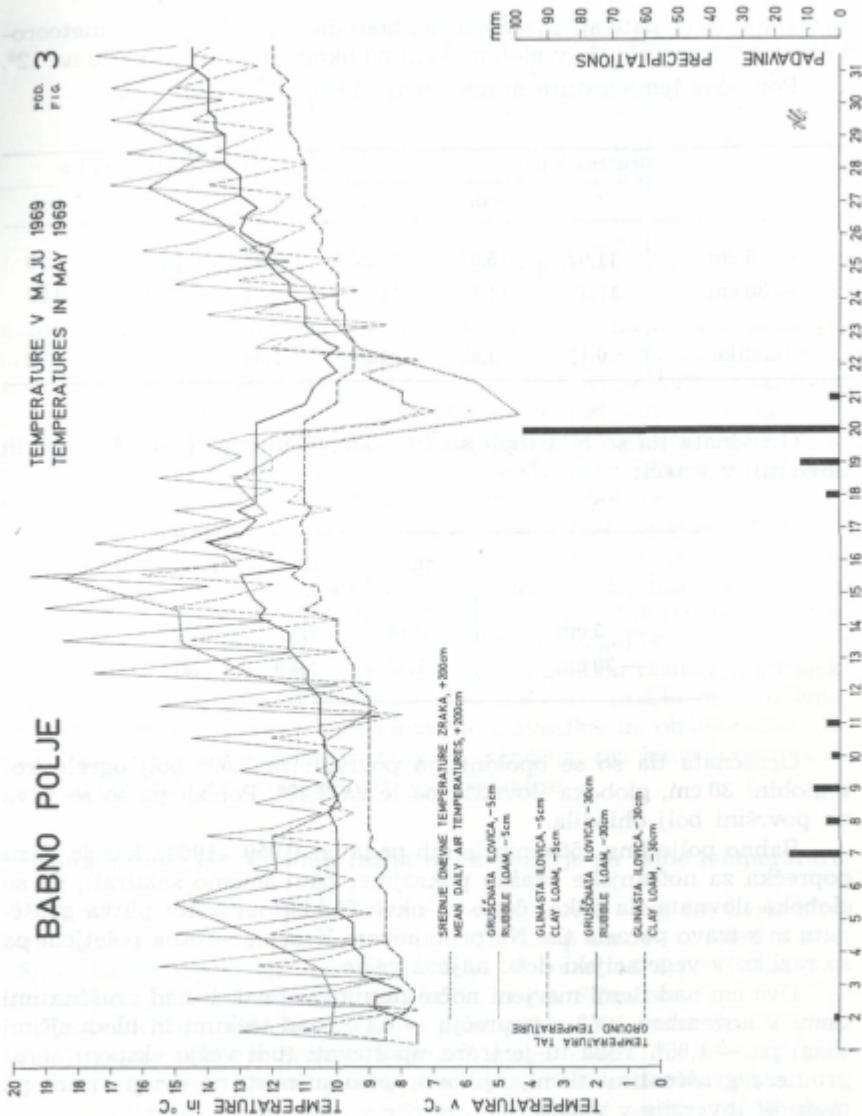
	7h	14h	21h
v globini 5 cm	+ 1,55	- 0,37	+ 0,18
v globini 30 cm	+ 0,99	+ 1,47	+ 1,93

Spet isti pojav: vlažnejša globoka tla se zaradi slabše toplovodnosti opoldne bolj segrejejo na površju kot gruščnata.

¹ Po nekih meritvah znaša toplovodnost pri zelo suhih tleh 0,0004 do 0,0008, pri vlažnih pa 0,003 do 0,008 cal/cm/sek $^{\circ}\text{C}$ (Munn, 1966, 34).

POD.
FIG.TEMPERATURE V MAJU 1969
TEMPERATURES IN MAY 1969

BABNO POLJE



Šele maja se začne hitro ogrevanje tal (pod. 3). Brezpadavinsko vreme na začetku meseca vzpostavi 25. aprila porušeno normalno razmerje med obema vrstama tal in nato se gruščnata tla znatno hitreje ogrevajo. Proti sredini meseca se spet vzpostavijo običajne razlike okoli 2° med toplejšimi gruščnatimi in hladnejšimi težjimi tlemi v vrtači. Hladen dež 20. maja je razmeroma bolj ohladil gruščnata tla in zmanjšal

razlike, ki so se nato spet povečevale, tako da so se ob 14^h pod meteoroško postajo ogrela tla v globini 5 cm na okoli 15, v vrtači pa le na 12⁰.

Poprečne temperature meseca maja 1969 so znašale:

Gruščnata tla				Globoka ilovnata tla		
	7h	14h	21h	7h	14h	21h
— 5 cm	11,02	15,03	13,22	11,45	12,47	11,50
— 30 cm	11,43	11,41	11,25	9,91	9,99	9,88
Razlike	0,41	3,62	1,97	1,54	2,48	1,72

Gruščnata tla so bila toplejša (+) odn. hladnejša (—) od globokih ilovnatih v vrtači:

	7h	14h	21h
— 5 cm	— 0,43	+ 2,53	+ 1,62
— 30 cm	+ 1,52	+ 1,42	+ 1,37

Gruščnata tla so se opoldne na površini za 3,62⁰ bolj ogrela kot v globini 30 cm, globoka ilovnata pa le za 2,48⁰. Ponoči pa so se prva na površini bolj ohladila.

Babno polje ima 1559 mm letnih padavin (1950—1964), kar je blizu poprečka za notranjske kraške pokrajine. Zato smemo smatrati, da so globoka ilovnata tla dokaj često za okoli 2⁰ hladnejša kot plitva gruščnata in s travo porasla tla. Na primorskem Krasu s sušnim poletjem pa so razlike v vegetacijski dobi najbrž večje.

Dva cm nad tlemi merjeni nočni minimi so znašali nad gruščnatimi tlemi v novembru 1968 v poprečju — 0,17⁰, nad težkimi in hladnejšimi tlemi pa — 1,88⁰. Toda tu je treba upoštevati tudi večjo eksponiranost grbine z gruščnatimi tlemi, njihovo večjo sušnost, na drugi strani pa možnost inverzije v vrtači.

Temperaturne razlike v omenjenih mesecih med globinama — 5 cm in — 30 cm (znak + pomeni nižjo temperaturo v globini, — pa obratno): prikazuje tabela na naslednji strani.

Po teh podatkih je toplovodnost gruščnatih tal v gornjih 30 cm znatno večja, čeprav so bolj zračna kot globoka ilovnata. Vzrok je večja kamnitost, ki pa jo je težko izmeriti, ker se od mesta do mesta silno izpreminja. Do globine 30 cm je bilo pod vremensko postajo več kamnenja kot ilovice, to pa bolje prevaja toploto kot ilovica ali zrak. Ka-

		Gruščnata tla	Globoka ilovnata tla
November	1968	+ 1,49	+ 1,97
April	1969	+ 0,17	- 0,81
Maj	1969	- 1,73	- 1,91
Popreček		- 0,07	- 0,75

menje pa segreva gruščnata tla pozimi tudi od spodaj. Kamenje je boljši prevodnik kot večja vlažnost v globokih ilovnatih tleh (pri njih se dvigne prevodnost za skoraj dvakrat, ako se poveča vlažnost od 0 na 5 % — Berényi D., 1967, 78—80). Prevodnost kamna je namreč večja (okoli 0,02) kot pa ilovice (okoli 0,003—0,009 cal cm⁻¹ sec⁻¹ °C). Važen je tudi čas zadrževanja padavinske vode. Učinek padavin je zato pri gruščnatih tleh kratkotrajen, čeprav trenutno bolj učinkovit.

V opazovalnem razdobju so bila globoka ilovnata tla v globini 30 cm toplejša samo po izredno močnih padavinah konec aprila, ko je talna voda dosegla površje in s tem povečala toplovodnost. Kjer je torej na slovenskem krasu poleti obilo padavin, se tla z visoko talno vodo (zaradi geoloških razmer ali zaradi glinene vododržne podlage) celo bolj ogrejejo kot gruščnata. Toda na krasu je visoka vodna gladina razmeroma redek pojav in čim bolj je poletje sušno, tem večje so razlike med obema talnima tipoma. To velja predvsem za travniška in obdelovalna tla vobče, manj pa za gozdnata in trajno zasenčena, pri katerih termalne razmere bolj določujejo in izenačujejo padavine.

B. Kombiniran učinek talnih razlik in ekspozicije na talne temperature

Ta učinek je bil sondno merjen na profilu sever—jug čez Cerkniško polje. Vegetacijske razmere, povzeto po M. Župančiču (1969, 93 do 106), bi kazale na očiten vpliv ekspozicije. V smeri od J proti S si sledijo na profilu čez Javornike, dno polja in čez Slivnico:

Javorniki: dinarski bukov-jelov gozd (*Abieti-Fagetum dinaricum*), Nižje prisojno pobočje Slivnice: termofilna in kserofilna združba puhovca in gabrovca (*Querco-Ostryetum carpinifoliae* Horvat 1938).

Vrh Slivnice: bukov gozd z mlajjem (*Dentario-Fagetum* M. Wraber 1960).

Vendar je treba upoštevati še razlike v kamninski sestavi. Na Javornikih prevladujejo kredni apnenci in na pobočju so pogosta zaraščena melišča, medtem ko vlada na prisojah Slivnice dolomitna podlaga ali dolomitiziran apnenec ter rendzina ali rijava rendzina, površje pa je bilo mnogo bolj spremenjeno pod vplivom človeka.

Simultane meritve so bile izvršene s pomočjo udeležencev 3. mednarodnega mladinskega raziskovalnega tabora v Cerknici julija 1969,

organiziranih v posebni meteorološki sekciji. Večino dobljenih podatkov je zbral za delovno poročilo tabora D. Furlan (1969), ki je sodeloval pri organizaciji s strani HMZ v Ljubljani. Tukaj so analizirane predvsem talne temperature (pod. 4).

Vse postaje so bile na travnati površini, ki je bila nezasenčena od dreves. Delovale so naslednje:

1. Javorniki II v n. v. okoli 1000 m, pod vrhom Čelo (1037 m) na krčevini, v zahodni ekspoziciji z naklonom 12°, grob humus;

2. Javorniki I, n. v. 840 m, nad opuščeno barako gozdnih delavcev, ki je ob gozdnih cesti. Severna ekspozicija s 15° naklona; humus, grušč;

3. Bife, južno od Goričice, 570 m, na južni strani polja v višini, v kateri so na severozahodu najnižji prevali na poti s Cerkniškega polja proti Rakeku. Gosta pokošena trava, globoka rjavordeča ilovica, 16° naklona proti severu. Zemljišče je bilo nekoč obdelovano.

4. Zadnji kraj, 548 m, v pretržju med Drvoščem in Otokom, na zahodnem podnožju vzpetine, na kateri je vas Otok, blizu cestnega mostu in roba jezera. Postaja je bila dopoldne zasenčena, zemljišče pa je v globini pod 10 cm zalivala talna voda.

5. Otok, 562 m, 17 m nad dnem polja in jezera, na travniku, ki je bil še nedavno njiva, rjavordeča ilovnata tla, nedaleč od prej omenjene postaje.

6. Dolenje jezero, 551 m, v vasi na travniku pri meteorološki postaji HMZ. Dopoldne in delno zvečer so bili instrumenti delno zasenčeni po kozolcu oziroma drevesih. Gosta trava na globoki ilovici.

7. Marof, 610 m, v podnožju Slivnice nad posestvom splošnega ljudskega premoženja v Marofu, južni (prisojni) legi z naklonom 11° in v višini kot v osojah postaja Bife. Nekošena trava na plitvi rjavi rendzini.

8. Slivnica II, 917 m, v prisojah naklon proti JZ za 12°, z gosto travo na sipki suhi, dobro strukturni suhi gozdnih rjavici z debelejšim humoznim horizontom.

9. Slivnica I, 1070 m, pod vrhom v prisojah, 17° naklona proti JJZ, suha rjava rendzina.

Tri dolinske postaje naj bi predstavljale: Dolenje jezero — sredo polja na ilovnato-prodnatih tleh, Otok — podobna debelejša tla na apnencu a toliko više, da bi bil viden učinek temperaturne inverzije, postaja Zadnji kraj pa naj bi v primerjavi s prejšnjima pokazala učinek bližine poleti tople jezerske vode na talne temperature in večjo vlažnost tal.

Opazovanje je trajalo od 13. ure 6. julija do 11. ure 8. julija, podnevi (med 4. in 21. uro) vsako polno uro, vmes pa le ob 1^h ponoči. Manj redna so bila opazovanja na postaji Javorniki I; na vrhu Javornikov je deloval samo termograf. Talne temperature so bile merjene v globinah 30, 20, 10 in 5 cm, zračne temperature 5 in 150 cm nad tlemi, vlažnost z lasnimi higrografi 10 cm nad tlemi, padavine z ombrometri.

Pričakovane temperaturne inverzije ni bilo. 7. julija popoldne je bilo delno oblačno vreme z rahlo nevihto. Ponoči se je delno zjasnilo, z roso

v višjih legah, vendar je veter preprečil razvoj inverzije. 8. julija se je dopoldne večala oblačnost, popoldne je bila med 14 in 16^h ploha z gromom. Do polnoči se je vreme tako poslabšalo, da je pričel dež, ki je znižal tudi talne temperature v globini 5 cm. V opazovalnem času je padlo pri postaji Otok 44,8, Bife 56,4, Dolenje jezero 30,8, Marof 63,9 mm dežja. Čeprav so bile padavine nevihtne, najbrž ni slučajno dobilo osredje polja pri Dolenjem jezeru manj padavin kot postaje bolj na robu. Te dni kot tudi ob opažanjih v drugih letih so bili Javorniki ob Cerkniškem polju in Rakovem Škocjanu najbolj oblačni in najbrž tudi najbolj deževni, kar se pozna tudi na postaji Bife. Ob opazovanih dneh sta ob Javornikih zgostila oblaka vzhodni ali severni veter, ki se ob Postojnskih vratih ob gorovju zaježujeta.

Poglejmo si razlike pri talnih temperaturah 6. julija ob 13^h, ko je bilo dopoldne pretežno jasno in sončno, nato pa se je oblačnost postopoma povečevala do 10/10.

	—30 cm	—5 cm	+5 cm	+150 cm	vlagi %	Razlika v °C		
						tal pri —5 in —30 cm	zraka +5 in +150 cm	tal —5 in zraka +5 cm
Slivnica II	14,6	16,4	23,2	20,4	81	1,8	2,8	6,8
Slivnica I	13,4	15,0	23,0	21,2	72	2,4	1,8	8,0
Marof	15,1	18,2	27,8	25,2	53	3,1	2,6	9,6
Dol. jezero	18,1	21,5	25,3	23,1	68	3,4	2,2	3,8
Bife	16,6	20,5	23,0	21,9	61	3,9	1,1	2,5
Otok	16,9	20,1	24,7	24,6	62	3,2	0,1	4,6
Zadnji kraj	19,0	22,2	25,1	25,3	51	3,2	0,2	2,9
Javorniki	13,5	16,9	20,1	20,1	80	3,4	0	3,2

V oči pada visoka talna temperatura Zadnjega kraja zaradi talne vode, ki jo zadržuje vodna gladina bližnjega jezera. Zato se tam manj ohladi prizemni zrak, kar daje višje poprečje zračne temperature vsega dneva. Visoke temperature so na nekoč obdelovalnih in, analogno primeru z Babnega polja, zdaj lessiviranih tleh na dnu Cerkniškega polja (Dol. jezero, Bife, Otok). Površinsko in v globini 30 cm so topla zračna tla v Dol. jezeru in pri Bifeju tudi najslabši toplovodnik, saj so v njih izmerili največje razlike med globinama — 30 cm in — 5 cm. Na osojah na Javornikih bi pričakovali znatno nižje temperature kot v enakih nadmorskih višinah na prisojah na Slivnici. Dejansko pa je obratno, čeprav so zračne temperature 5 cm nad tlemi na Slavnici za okoli 2° višje. Očitno so posredi razlike v talni strukturi, ki pretehtajo učinek ekspozicije. Podobna nesorazmerja najdemos med prisojami v Marofu in osojami pri Bifeju, ki ima za 1—2° višje talne temperature. V obeh

primerih prevladujejo na apnencih južne strani polja zračna tla, ki so pri Bifeju še lessivirana, na Slivnici pa je rendzina, kjer humozni A horizont predstavlja dober topotni izolator in ima visoko specifično topoto. Za tako razlago govorijo tudi višje talne temperature na višji postaji Slivnica I kot na nižji postaji Slivnica II, kjer je zemlja bolj humozna, čeprav so na njej zračne temperature višje. Razlike v temperaturi plitvih tal pa ne vplivajo vidneje na temperature prizemnega zraka, saj so te npr. pri Marofu za 4,7, v višini 150 cm pa za 4,3° višje kot pri enakom visokem osojnem Bifeju.

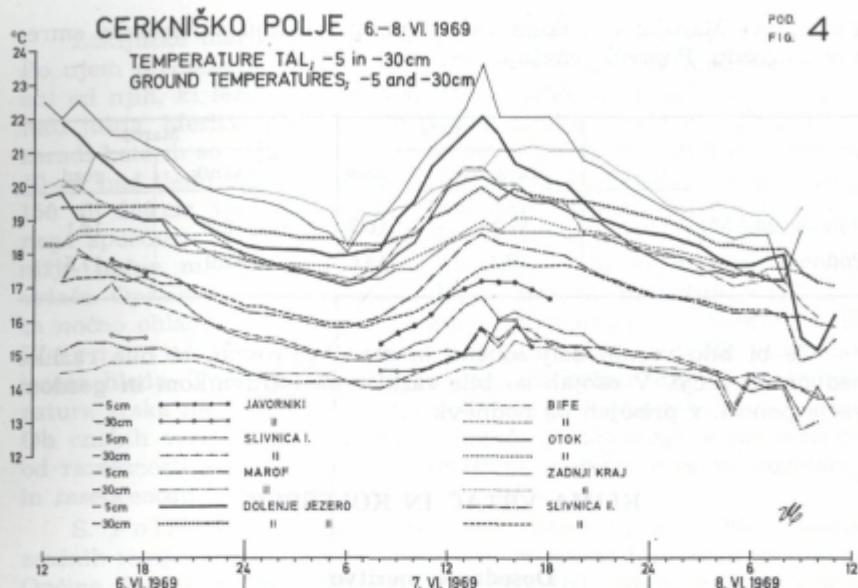
Višje opoldanske talne temperature na dnu polja, pa gre delno prisati tudi manjši relativni vlažnosti zraka in zato večji insolaciji. Čeprav zaradi vetrovnih sunkov in uporabljenega instrumentarija izmerjene relativne vlažnosti morebiti niso povsem točne, nakazujejo vendarle velike razlike med dnem in pobočji. Razlagati si jih moremo tudi z reliefom, saj se ob pobočjih zrak dviguje, ohlaja in relativno ovlaži, česar pa je manj na ravnem.

Poglejmo izmerjene podatke še za 7. julij ob 5^h zjutraj, ko je po delno jasni noči narasla oblačnost na 3—4/10.

	—30 cm	—5 cm	+5 cm	+150 cm	vlažna %	Razlika v °C		
						tal pri —5 in —30 cm	zraka +5 in +30 cm	tal —5 in zraka +5 cm
Slivnica I	14,5	14,9	12,8	15,8	96	0,3	3,0	2,1
Slivnica II	13,4	14,2	12,4	12,2 ?	100	0,8	— 0,2 ?	— 1,8 ?
Marof	15,1	15,8	14,9	16,8	75	0,7	1,9	0,9
Dol. jezero	18,1	17,9	16,2	17,1	83	— 0,2	0,9	0,7
Bife	16,6	17,2	15,0	15,9	92	0,6	0,9	2,2
Otok	17,2	17,1	13,2	14,2	99	0,1	1,0	3,9
Zadnji kraj	19,0	18,6	14,2	14,6	99	— 0,4	0,3	4,4
Javorniki	(13,6)	(15,2)	—	—	—	—	—	—

V primerjavi s temperaturami opoldne se je površinska zemlja po noči najbolj ohladila na dnu polja, kjer se je opoldne najbolj segrela. K temu je prispevala svoje tudi manjša relativna vlažnost zraka, kar v kraških depresijah ob temperaturnem obratu ni običajno. Zaradi visoke specifičnosti temperature se je rendzina na Slivnici razmeroma malo ohladila. Kljub temu je zemlja na dnu polja absolutno še vedno toplejša. Na severni, slivniški strani, se je prizemni zrak (5 cm nad tlemi) v n. v. 917 m, bolj ohladil kakor na južni, javorniški. Vzroki so verjetno v manjši specifični toploti in drugačni vegetaciji.

Kolebanje talnih temperatur v globinah —10 in —5 cm za vse opazovane dni prikazuje pod. št. 4. Po talnih temperaturah si skoraj



ves čas postaja sledijo v enakem redu: Zadnji kraj, Dolenje jezero, Bife, Otok, Marof, Javorniki I, Slivnica I in Slivnica II, torej pretežno po nadmorski višini. Dež zadnjo noč je razlike nekoliko znižal in ohladil zlasti rendzino na Slivnici I ter površinsko zemljo v Dolenjem jezeru in pri Bifeju.

V primerjavi z obravnavanimi talnimi tipi na Babnem polju so lastnosti zemlje na merjenem profilu na Cerkniškem polju znatno pestrejše. Globoki peščeni ilovici v vrtači pri postaji Babno polje so podobna tla v Dolenjem jezeru, na Otu in pri Bifeju. Na Slivnici pa se pojavi nov tip razmeroma hladne gozdne rjavice z dobro razpadlim močno humoznim vrhnjim horizontom in sušnim, sipkim, grudičavim in zračnim Bi horizontom. Na Javornikih, kjer je bila zemlja znaten del dneva zasenčena po okoliškem drevju, se je izkazala rendzina z gruščem pod debelim A_0 horizontom, ki ga sestavlja nerazpadlo listje in vejice, za razmeroma toplo prst. Razlika v talni sestavi zato prevlada vpliv eksposicije.

V luči teh podatkov so nekdaj obdelovana tla v dnu polja slab toplotni prevodnik. Zato so poleti topla v globinah 30 cm in zlasti čez dan tudi na površju. Tla na Slivnici se čez dan ne ogrejejo kaj prida niti v prisojah. Tla na Javorniku pa imajo v globinah slab stik z dobro toplovodnim apneničkim kamenjem, zato se lahko gruščnata tla pod grobim humusom močno ogrejejo celo v severni eksposiciji.

Sporadično sta postaji Marof in Bife, torej tipični zastopnici prisoj in osoj, merili tudi zračne temperature 150 cm nad tlemi v bližnjem

gozdu, pri Marofu v nizkem listnatem, pri Bifeju v visokem smrekovem gozdu. Poprečki znašajo:

	Bife		Marof	
	travnik	gozd	travnik	gozd
Ponoči (20—5h)	17,3	16,3	16,7	16,1
Podnevi	18,8	18,6	18,9	17,5

Če bi bilo vreme bolj sončno in manj vetrovno, bi bile razlike nedvomno večje. V osojah so bile razlike med travnikom in gozdom večje ponoči, v prisojah pa podnevi.

KLIMA VRTAČ IN KOLEŠEVK

Dosedanje meritve

Klimo vrtač obravnava razmeroma malo študij. Poznana je v glavnem njena značilnost, temperaturni obrat. Nanj opozarja vegetacijski obrat v globokih vrtačah na visokih kraških planotah (Beck - Mannagetta, 1906). Od tamkajšnjih mrazišč sta najbolj znani Smrekova draga in Velika ledenica v Paradani na Trnovskem gozdu, ki sta doživeli v novejšem času simultane meritve temperatur (Ribar, 1960). Predstavo, da so vse globoke vrtače visokega krasa mrazišča, je podkreplilo merjenje temperatur v koleševki Gstettneralm pri Lunzu na Spodnjem Avstrijskem. Za 21. januarja 1930 je objavil W. Schmidt temperaturni profil te koleševke, v kateri je bilo na dnu — 28,2°, okoli 50 m više, na najnižjem prehodu iz depresije, pa 2,3° nad lediščem, kar je enako temperaturnemu gradientu 60° C/100m (po: Geiger, 1930, 30). Isti klimatolog je v tej depresiji ugotovil najnižjo v Evropi izmerjeno temperaturo — 52,6° (Klimatalographie von Österreich, 1960, 184).

Podobno kot Gstettneralm na Avstrijskem so na Madžarskem klimatsko raziskovali globoke vrtače na gorovju Bükk, kjer so merili 1934. l. Bacs in Zolyomi, l. 1953. Wagner, l. 1961 Foto in l. 1961 Bárány I. Slednji je meril temperature od 27. julija do 25. avgusta 1961, vendar je objavil merske podatke predvsem za čas od 6. do 9. avgusta, ko je bil domnevno izražen najintenzivnejši toplotni obrat. Merjena vrtača leži v nadmorski višini 750 m, njena pošča imajo naklon od 14 do 33°, kraj sprejema 750—800 mm letnih padavin in junija temperatura znaša 17°. V omenjenih najugodnejših dneh je Bárány nameril v dnu do 5° C nižje temperature kot 5 m više, opoldne pa je bilo tam za 2° ali več topleje (Bárány, 1967).

Zaključke meritev v vrtačah na Bükk je povzel R. W a g n e r . Po njem predstavljajo te vrtače najhladnejši kraj na Madžarskem. V eni od njih, ki leži v n. v. 755 m, lahko pride do pozebe vsak mesec, tudi julija. Meritve so nakazale pomen oblike vrtače in lege pobočij, zaradi katerih so zabeležili, da je na severnih in vzhodnih ekspozicijah 10 cm nad tlemi rano popoldne temperatura že padala, medtem ko je 150 ali 300 cm više prehodno še naraščala. Opazili so pojav ritmičnega spuščanja in dviganja megle po pobočju vrtače in izmerili najniže nočne minime nad ravnijo megle — in ne v njej na dnu vrtače. Opazili so vpliv zaraščenosti; od trav, ki pospešujejo radiacijo in nočno ohladitev, pa omenjajo *Festucetum ovinae* in *Nardetum*. Po W a g n e r j u (1970, 31) se »tvori v vrtačah gorovja Bükk vsako noč jezero hlada. Tudi ob oblačnih in celo ob dežnih dnevih je temperatura zraka na dnu vrtače nižja kot na njenih straneh ali na obodu. Ob enakih vremenskih pogojih je kopiranje hladnega zraka odvisno od razsežnosti področja, njegove relativne globine, njegove vegetacije in zasenčenosti zahodnih pobočij«.

S. P o l l i (1961) je objavil rezultate triletnih (1957—1959) meritev zračnih temperatur in zračne vlage v neimenovanih vrtačah med kraji Općine, Prosek in Repentabor, ki so široke 100—200 m, z dnom v n. v. okoli 300 m. Iz njegove tabele (str. 7, št. II) sledi, da so vse srednje mesečne temperature med letom nižje od temperatur na obodu, razlike pa se manjšajo od februarja (-4°) do avgusta ($-0,5^{\circ}$), nakar spet naraščajo. V letnem poprečju naj bi bilo dno za $2,1^{\circ}$ hladnejše. Srednja relativna vлага v vrtačah je bila 80 %, na robu le 73 %. Največje razlike so februarja -14% , izginejo pa do julija meseca.

Žal niso bili objavljeni podatki o vegetacijskih razmerah v teh vrtačah in njihovih oblikah. Iz besedila je mogoče razpoznati, da veljajo temperature in vlagi, izmerjene na dnu vrtač, le za »normalne vremenske razmere« v razdobju 1957—1959; primerjane so s 27-letnim poprečkom za postajo Općine, ki predstavlja klimo »roba vrtač«. »Normalne vremenske razmere«, na katere se nanašajo podatki samo za vrtače, so označene z besedami »pretežno jasno nebo, slabi vetrovi«. Na osnovi take primerjave sklepa Polli, da se zračna temperatura niža z globino vrtače povprečno za 7° na sto metrov ($13^{\circ}/100$ m januarja in $1,3^{\circ}/100$ julija.)

V okviru raziskovanja ekoloških razmer v večji skledasti vrtači v revirju Okroglica nedaleč od Mašuna² so bili od avgusta do oktobra 1968 merjeni tudi dnevni maksimi in minimi s pomočjo minimalnih in maksimalnih termometrov, postavljenih 120 cm nad tlemi. Vrtača je gozdnata, globoka od najnižjega prehoda na obodu 49,45 m. Termometer na dnu je bil v smrekovem gozdu tipa *Vilosae Piceetum Typicum* v n. v. 1099 m, vrhnji termometer pa v listnatem gozdu na JZ strani vrtače v n. v. 1177 m, torej 78 m više, na pobočju višjega hriba.

² Po J. S e d e j u , Ekologija kraških vrtač. Diplomska naloga. Tipkopis. Knjižnica Oddelka za gozdarstvo, Fakultete za agronomijo, Ljubljana.

V avgustu 1968 je bila 25-krat zabeležena na dnu nižja minimalna temperatura kot na pobočju. Tu je bila maksimalna dnevna temperatura v 26 dneh nižja kot na dnu. Na dnu je padla minimalna temperatura prvič pod 0° 25. in 26. septembra, na pobočju pa 17. oktobra 1968, torej 22 dni kasneje. Na dnu je bil sneg do 25. maja 1968.

V spodnji tabeli so pridruženi srednjim vrednostim iz vrtače, ki meri nad 3 ha, še podatki meteorološke postaje bližnjih Gomanc.

	Avgust		September		Oktober (1.-28. X.)	
	minimi	maksimi	minimi	maksimi	minimi	maksimi
Dno vrtače 1099 m, 120 cm	6,1	16,5	4,9	14,1	0,2	11,4
Obod vrtače, 1177 m, 120 cm	8,5	15,5	6,9	13,4	2,7	12,2
Razlika	2,4	1,0	2,0	0,7	2,5	0,8
Gomanci, 937, 200 cm	9,9	16,7	7,9	16,0	5,0	13,2
Gomanci, padavin v mm	218,6		397,0			

Iz gornje tabele sledi:

	Avgust	September	Oktober 1968 (1.-28. X.)
Dnevna amplituda: na dnu vrtače	10,4	9,2	11,2
na obodu vrtače	7,0	6,5	9,5
Gomanci	6,8	7,1	8,2
Srednja mesečna: na dnu vrtače	11,3	9,5	5,8
na obodu vrtače	12,0	10,1	7,4
Gomanci	13,3	11,9	9,1

Obod vrtače ima nižje dnevne maksime kot Gomanci tudi zaradi lege postaje v gozdu. Razlike med dnom in obodom vrtače so bile oktobra zaradi lepšega vremena večje kot septembra.

Vkljub številnim meritvam v klimatološki literaturi ni bilo rešeno vprašanje, koliko prispeva k tvorjenju hlada v vrtačah zrak, ki ohlajen polzi po pobočju in je v vrtači ujet. Tak način nastajanja mraza zavračata S a u b e r - D i r m h i r n (1953, 1956), ki sta proučevala vrtačo Gstettneralm, poudarjajo pa ga madžarski klimatologi, tudi R. W a g n e r (1970). Posebno stališče do tega vprašanja izkazujejo dela

I. Horvata (1953), ki je proučeval vegetacijo v vrtačah Dinarskega kraša in ki je trdil, da vegetacijski obrat ni omejen samo na vrtače. Horvatova analiza vegetacije v vrtačah predstavlja nadaljevanje in izpopolnitev opažanj botanikov od srede preteklega stoletja dalje, preko Beck-Mannagette (1906), ki je objavil razmere v vrtačah Smrekova draga in Lepo brdo na Trnovskem gozdu, preko Adamovića, Aichingerja, Degenja, Braun-Blanqueta in Susplugasa, Regela, Geigerja itd. (glej o tem več pri I. Horvat, 1953, 2). Horvat meni, da smo upravičeni govoriti o vegetacijskem obratu v vrtačah le, če se le-ta javlja tudi na bližnjih vzpetinah, sicer pa je primernejši izraz globinska conalnost. Horvat ugotavlja, da so se v vrtačah submediteranskega področja razvile »posebne gozdne združbe, različne od združb na odprttem obrobju. Ti gozdovi ne pomenijo obrata višinskih pasov, temveč so neposredni odraz posebnih življenskih razmer v vrtačah; vezani so na relief vrtač in polj in so pogojeni s posebno klimo« (o. c., 40). Med klimatske značilnosti sodi tudi večja vлага in dolgotrajneši sneg.

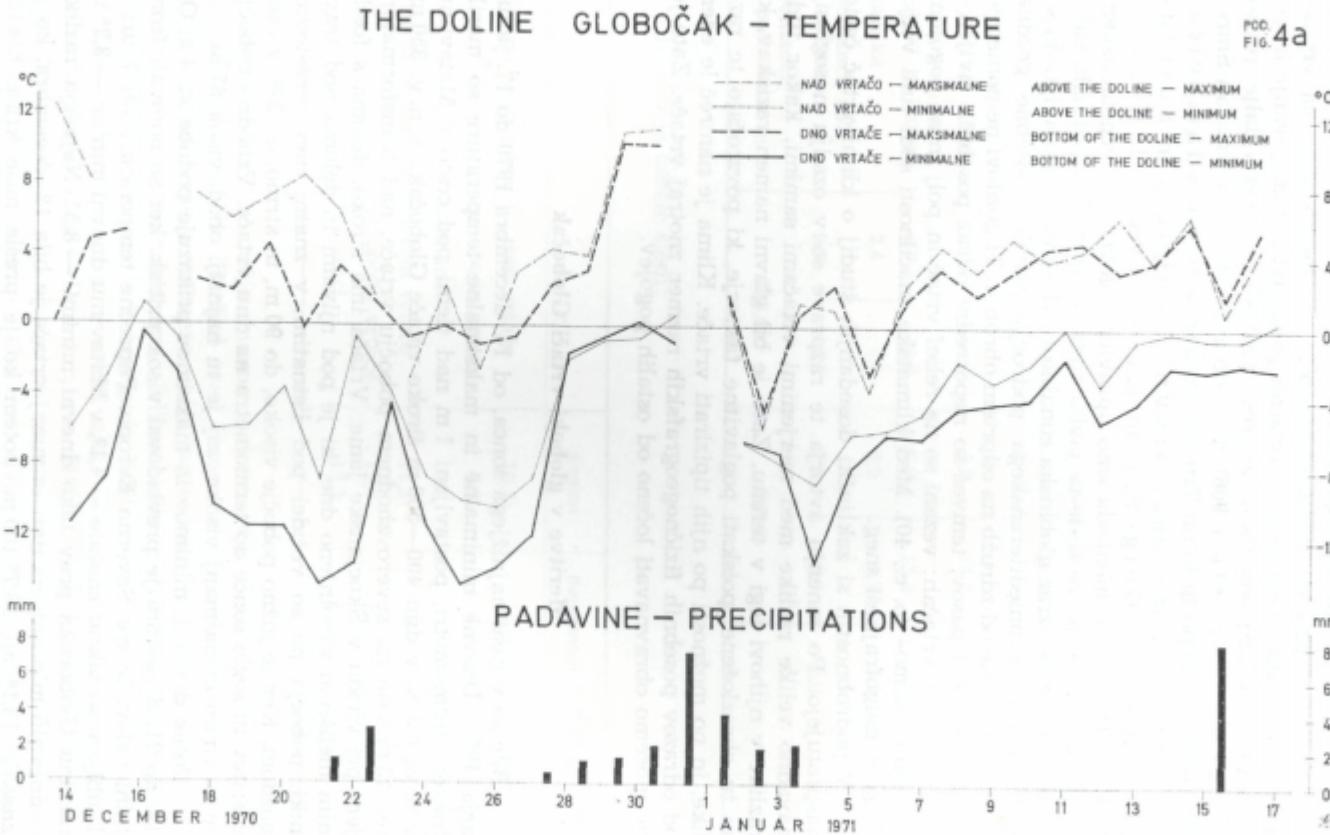
V podrobnostih si zaključki dosedanjih študij o klimi vrtač često nasprotujejo. Po mnenju avtorja te razprave so v ozadju nesoglasij navadno velike razlike med merjenimi vrtačami samimi, kakor tudi razlike v njihovi legi v terenu. Zato je bil glavni namen raziskav, ki so tu obrazložene, poiskati poglavitne faktorje, ki povzročajo te razlike, in po možnosti po njih tipizirati vrtače. Klima je namreč le eden od odrazov posebnih fizičnogeografskih razmer znotraj vrtače. Zato je ne moremo obravnavati ločeno od ostalih pogojev.

Meritve v globoki vrtači Globočak

Bile so v času najnižjega sonca, od 14. decembra 1970 do 17. januarja 1971. Dnevne minimalne in maksimalne temperature so merili Siksovi termometri, postavljeni 1 m nad tlemi pod cesto v Matavunu v n. v. 399 m, v dnu 400—500 m široke vrtače Globočaka v n. v. 350 m, ter 13 m više na severovzhodnem pobočju vrtače, nad transformatorjem pri vhodu v Škocjanske jame. Vrtača ima široko, deloma s fosilnim meliščem zapolnjeno dno, ki je pod njivami in deloma pod travnikami, pobočja pa so večidel pod listnatim, v znatni meri hrastovim gozdom. Ker je južno pobočje visoko, do 90 m, in strmo, do 32°, v času meritev ni seglo sonce do termometra na dnu vrtače. Vzhodno pobočje je travnato in najmanj visoko, saj je tu najnižji obod, visok 67 m.

Potek dnevnih minimov in maksimov prikazuje podoba št. 4 a. Od 14. do 21. decembra je prevladoval visok pritisk, ker so potovali frontalni valovi le čez Severno Evropo. Poprečne temperature ob 7 uri v Ljubljani so takrat znašale — 4,1°, v Matavunu dnevni minimi — 3,7° in na dnu Globočaka prav tako dnevni minimi — 8,5°. Največja razlika v dnevnih minimih na dnu in zunaj vrtače je bila 12. decembra, ko je znašala 13,1° ali 26,7/100 m, potem ko je prešla naše kraje hladna

FIG. 4a



fronta. Vtis je, da so tolike razlike le malo kdaj na leto. Večje razlike med obodom vrtače pri Matavunu in dnom so se pojavile med obnovitvijo anticiklonskega vremena med 25. in 27. decembrom, ko se je začela daljša padavinska doba s snegom, rahlim dežjem in vetrom — burjo, ki jo je povzročala serija depresij v Mediteranu. Tako vreme je prekinil kratkotrajen anticiklon 4. januarja 1971, ko je v dnu Globočaka padla nočna temperatura na $-13,4^{\circ}$ (v Matavunu $-8,7^{\circ}$). Med burjo je zapadlo nekaj snega, ki pa se je obdržal samo na odvetrni strani vrtače, to je na travniškem delu severovzhodnega pobočja, ne pa tudi na dnu. Zaradi hladnega zraka, ki se je po sneženem pobočju stekal v vrtačo, so bile nato na dnu in pri vhodu v Škocjanske jame minimalne dnevne temperature za $1-2,5^{\circ}$ nižje kot izven vrtače. Domnevno zaradi snega ni bilo pri dnevnih minimalnih in maksimalnih temperaturah nobene prave razlike med termometrom na snežnem pobočju 13 m više in na dnu, čeprav je obsijalo pobočje pri vhodu v jamo že opoldansko sonce. Še 17. januarja 1971 je bil v Globočaku in v okoliških vrtačah sneg na odvetrni strani glede na burjo in zato so bila prisojna pobočja hladnejša od kopnih osojnih.

Poprečki za 33 merjenih dni so naslednji:

	Srednje temperature		
	minimalne	maksimalne	dnevne
Dno Globočaka, n. v. 350 m	$-6,2$	$+3,0$	$-1,6$
Severovzhodno pobočje, 363 m	$-6,0$	$+2,3$	$-1,8$
Matavun, 399 m	$-3,7$	$+4,0$	$+0,1$

Večje razlike med dnom in 13 m višjim severovzhodnim pobočjem so bile v prvi dekadi hladnega in anticiklonskega vremena, vendar so bili tudi tedaj na dnu dnevni minimi in maksimi nižji le za 0,3 do $0,4^{\circ}$ C. Če je bilo v januarju ponoči rahlo oblago, so bili dnevni minimi na pobočju praviloma nižji kot na dnu. Vzrok je verjetno v večji relativni vlagi na dnu vrtače.

Temperaturni obrat ni segal prek dneva v naslednjo noč, temveč se je vsako noč obnovil (glej razlike med minimi in maksimi na pod. 4 a), tudi med dolgotrajnim anticiklonskim vremenom v decembru in čeprav je bil termometer na dnu (en meter nad tlemi) trajno v senci.

Meritve v koleševkah in vrtačah na Logaškem ravniku junija 1970

Na severozahodnem koncu iz krednega apnenca zgrajenega Logaškega ravnika, v predelu, ki ga domačini imenujejo tudi V mejah, je pri novem Jamarskem domu jugovzhodno od logaške železniške postaje



obilica vrtač in koleševk (pod. 5). Po kratkotrajnih opazovanjih v Logatcu znaša srednja letna temperatura $8,2^{\circ}$, padavin pa je letno 1985 mm, z viškom v maju (Oblač-Polajnar, 1959, 23). Podrobneje smo merili naslednje koleševke:³

1. Mačkova koleševka, na katere severovzhodnem robu je Jamarski dom v n. v. okoli 505 m. Dno je 61 m niže doma. Višina pobočja na vzhodni strani je 65 m, na zahodni 33, proti severozahodu pa okoli 25 m, ker je tam koleševka zraščena s sosednjo, skoraj enako globoko koleševko. Dno sestavljajo neporaščeni podorni bloki in grušč, severno od njega sega neenakomerno visoko živo melišče pod mestoma golimi in le na redkih mestih prepadnimi stenami. Srednji naklon pobočja pod domom je 40° , na južni strani 56° ; vendar je na južni strani poraslo tudi melišče.

2. Masletova koleševka nekaj sto metrov zahodno od Mačkove, je poglobljena pod severnim pobočjem za 47 m. V severno-južni smeri je dolga 210, široka 190 m. Po meritvi podolžnega in prečnega profila (s kompasom in trakom) izračunana prostornina navzgor do najnižjega preliva na obodu znaša nekaj čez $400\,000\text{ m}^3$. Dejansko je bilo odstranjenih pri njenem nastanku nekaj več apnenca, ker je južni rob višji, 62 m nad dnem, naklon pa znaša 33° . Na vzhod in zahod je poprečni naklon pobočja $33-35^{\circ}$, na sever pa okoli 28° .

Obe imenovani koleševki imata podobno gozdno zarast, ki jo je preučila delovna skupina študentov pod vodstvom asistenta F. Lovrenčaka. Sreda dna je med skalnimi balvani brez gozda, le z redki-

³ Skupino študentov oddelka za geografijo FF je med terenskimi vajami pri izmeri vrtač vodil asistent Jurij Kunaver.

mi nizkimi smrekami *Picea abies* (L.) Karsten. Skale skoraj v celoti pokriva mah, med njim so vrste *Polytrichum sp.*, *Dicranum scoparium* (L.) Hedv., *Rhytidiodelphus triquetrus* Wstf.

Prve dni junija 1970 na dnu koleševk vrba še ni bila olistana, kranjska bunika, ki je više na pobočju cvetela, je bila na dnu šele v brstju, vetrnik v cvetu. Kosteničevje je cvetelo šele okoli 26. julija, ko so bili grmi že olistani.

Opisana gozdna združba je po nekaterih vrstah v dnu podobna subalpskemu smrekovemu gozdu *Piceetum subalpinum dinaricum*, ki zarašča dno širokih in globokih vrtač — mrazišč z vegetacijskim obrazom (W r a b e r , 1960, 74). Podoben gozd zarašča tudi Prelesnikovo koleševko na Kočevskem (W r a b e r , 1969, 91—104). Po sestavi ga je uvrščati k jugovzhodno alpskemu tipu te asociacije (*Piceetum subalpinum*).

Niža pobočja porašča smreka, na višjih, in to na prisojah niže, navzdol kot na osojah, pa prevladujejo listavci. Na večjem delu prevladuje ilirskega gozda gorskega javorja in jesena (*Aceri — Fraxinetum illyricum*), ki kaže na zmerno hladno klimo ter na visoko zračno in talno vlago (W r a b e r , 1969, 101). V drevesnem sloju so: veliki jesen (*Fraxinus excelsior* L.), lipa (*Tilia platyphyllos* Scop.), goli brest (*Ulmus glabra* Huds.), beli javor — (*Acer pseudoplatanus* L.). V grmovem sloju so zastopani: navačna leska (*Corylus avellana* L.), črni bezeg (*Sambucus nigra* L.), navadni volčin (*Daphne mezereum* L.), lipa, kloček (*Staphylea pinnata* L.), rdeči dren (*Cornus sanguinea* L.), puhatolistno kosteničevje (*Lonicera xylosteum* L.) in druge.

Zeliščni sloj je gost in ga sestavlajo: kranjska bunika, pegasti kačnik (*Arum maculatum* L.), jelenov jezik (*Phyllitis scolopendrium*, L.) deveterolistna konopica (*Dentaria enneaphyllos* L.), brstična konopica (*Dentaria bulbifera* L.), rumena mrtva kopriva (*Lamium galeobdolon* L. Crantz), šmarnica, volčja jagoda, mnogocvetni salomonov pečat in druge.

Očitno je človek umetno pospešil rast smreke na račun bukve (*Fagus silvatica*), ki je je bilo verjetno prvotno več. Na prisojah rastejo više v pobočjih hrast (*Quercus robur*), pa tudi jelka, smreka in bukev. Robove koleševk porašča dinarski gozd bukve in jelke (*Abieti-Fagetum dinaricum*), na strmih prisojah pa uspevajo tudi topoljubni navadni brin (*Juniperus communis* L.), mali jesen (*Fraxinus ornus*), v drevesnem sloju pa tudi rdeči bor (*Pinus sylvestris* L.). Vse to kaže na zelo različne pogoje za rastje.

V neposredni bližini Kovačeve in Masletove koleševke so še tri bližino enako globoke koleševke, ki imajo zelo podobno zarast in brezgozdnato gruščnato najnižje dno (foto 1).

3. Jerinova koleševka, oddaljena okoli pol km JV od Masletove, je bolj vrtača kot koleševka, sicer ne po globini — severno pobočje je visoko nekaj čez 30 m, južno pa čez 60 m — pač pa po značaju. Nikjer ni namreč prepadnih neporaslih sten in skala le na redkih mestih gleda na površje. Strmina je proti jugu 28°, proti severu 24°. Dno, nižje vzhodno, severno in zahodno pobočje pa so porasla z gozdom,



Foto 1. Mačkova koleševka II (na sliki) se drži Mačkove koleševke I in ima prav tako v dnu smrekov, više pa mešan gozd, kar je tipično za ostale koleševke v okolici Jamarskega doma pri Logatcu

Photo 1. The doline Mačkova koleševka II (on the picture) is connected with the studied Mačkova koleševka I. On the bottom is spruce forest (*Picea abies L/Karsten*). Higher up the slopes is mixed forest, which is typical for the neighbouring "koleševkas" (deep dolinas with steep slopes) around of Cavers hut in Logatec

v katerem je najti smreko, jelko, hrast in beli gaber. Grmovje tvori leska, glog, lipa, gaber itd.

4. Predvsem talne temperature smo merili v dveh severnejših vrtačah, ki so ju imenovali vrtača x in y. Po zarasti sta podobni Jerinovi koleševki, le da sega gozd na osojni strani niže proti dnu.

Radiacija

Zaradi previšanega horizonta sprejme površina v vrtači manj globalne radiacije. Če je faktor za nezastrto ravnino pri jasnem nebu 100, znaša ta pri kotanjah pri 10° povišanju horizonta spo-

mladi in jeseni 97, poleti 97 in pozimi 91. Pri povišanju horizonta na 20° znašajo ti faktorji spomladi in jeseni 87, poleti 92 in pozimi 91. Pri povišanju horizonta na 30° pa znašajo spomladi in jeseni 68, poleti 83 in pozimi 15. (Klimatographie von Österreich, 1958). Večina naših vrtač ima previšan horizont do 20° in sprejema torej spomladi in jeseni do 13 % in poleti do 8 % manj radiacije kot ravnina. Večina koleševk pa ima previšan horizont za okoli 30° in temu primerno zmanjšano globalno radiacijo. Toda to so le matematični izračuni, prirejeni približno za naše geografske širine. Pomembno pri tem je odbito sevanje od pobočja na pobočje, ki zavisi tudi od višine sonca. Na našem krasu sta razmeroma veliki oblačnost in vlažnost, kar izenačuje faktorje. Zaradi povečane površine zemeljskega površja v kotanji se poveča nočno dolgovavljeno sevanje, kar je pomembno zlasti v zimski dobi, odnosno v dobi toplotnega deficitu (več izgubljanja kot sprejemanja toplote) v hladni polovici leta.

Radiacijo smo merili od 29. maja do 5. junija 1970 s pomočjo sferičnih piranometrov tipa Bellani, last Gozdarskega instituta BTB v Ljubljani, po navodilih izdelovalca. Merili smo na naslednjih mestih:

1. Na vrhu slemena med Mačkovo in sosednjo koleševko, kjer je horizont previšan le za nekaj stopinj na vzhodu, tako, da je sonce vzšlo nekaj minut kasneje; dobljene vrednosti lahko imamo za radiacijo nezaprtega površja.

2. Sredi dna Mačkove koleševke, na tistem delu, ki ga sonce obsije nekaj opoldanskih ur. Pri vrtačah in koleševkah je dejansko obsevanje dna nekoliko šibkejše, kot bi izračunali po strmini pobočij, ker so le-ta poraščena z drevesi;

3. Sredi dna Masletove koleševke; pri obeh koleševkah je bil piranometer na brezgostnem skalnatem dnu;

4. Na severnem robu proti jugu nagnjene travniške vrtače med Masletovo koleševko in železniško progno. Previšanost horizonta je znašala proti jugu za 4°, proti zahodu za 8° in na vzhodu 11°.

Zaradi popoldanske oblačnosti so izmerjene količine majhne. Znašajo v cal/cm²:

	Plano (sleme)	Travniška vrtača	Mačkova koleševka	Masletova koleševka
29. IV. 14h				
31. IV. 21h	29,75	—	11,07	8,67
1. V.	22,51	—	6,191	
2. V.	14,784	16,68	5,904	2,8
3. V.	22,848	25,75	6,642	4,5
4. V.	19,152	—	7,708	4,5
5. V. (do 14h)	14,364	15,580	3,608	1,78

Da je v Mačkovi koleševki na dnu le okoli 33 % in v Masletovi koleševki 22 % radiacije, ki jo je sprejelo površje na prostem, je razumljivo.

Preseneča večja radiacija v travniški vrtači (za okoli 11 %), in to za toliko, da izključuje tehnične napake kot edini vzrok. Pojav potrebuje nadaljnjih meritev, vse pa kaže, da sprejemajo dna plitvih odprtih vrtač poleti proti poldnevnu več radiacije zaradi odbitega žarčenja. Tega je v našem primeru povečalo kakih 25 m visoko prisojno pobočje, poraslo s termofilno nizko travo. Za to povečanje govorijo tudi višje opoldanske temperature v dnu vrtač, ki smo jih sporadično izmerili v omenjenih vrtačih, nadalje pri meritvah v Krajni vasi (G a m s , L o v r e n č a k , I n g o l i č 1971) in na Madžarskem (Bárány, 1967). Do povišanja radiacije pride v poletnem času.

P a d a v i n e

V logaških vrtačah in koleševkah je bila pozimi in spomladi 1970 obdobno izmerjena globina snežne odeje. Ugotovitve obsega naslednja tabela (debelina v cm):

Datum	Plano, travnik	Mačkova koliševka	Srednja kol.	Masletova kol.	Jerinova kol.
17. I.	0	35	40	35	25
14. III.	77—68	?	?	136	96
29. III.	8—28	?	?	120	70
23. IV.	0	77	100	98	25
21. V.	0	?	?	30	?

Prve dni junija 1970 je sneg v dnu Mačkove in Masletove koleševke hitro kopnel med skalnimi balvani. V Mačkovi je 6. junija ležal samo še v najnižjih luknjah na dnu, v Masletovi pa nekaj širše. Leto dni poprej je bilo v obeh koleševkah še več snega, čeprav je l. 1970 veljalo za vreme z znatno zakasnitvijo spomladanske otoplitrive.

Daljše trajanje snega na dnu koleševk in vrtač ima več vzrokov, med katerimi so manjša radiacija, temperaturna inverzija, zaradi katere spomladi dež lahko v kotanjah zmrzne in se sneg dalj časa obdrži, pa tudi več snežnih padavin, za kar govorijo naslednja opažanja. V dneh pred 14. III. je med vetrom zapadel sneg, ki je bil 14. III. med železniško progo in gozdom Ravnika mestoma neenakomerno debel, a v vrtačah v poprečju globlji kot izven njih. V travniških, od 3 do 15 m globokih vrtačah sem nameril največje globine po posameznih primernih: 82, 74, 74, 68, 84 cm, torej poprečno 76 cm, na ravnem travniku pa poprečno 68, kar je za okoli 12 % manj kot v vrtačah. Ta dan je

znašala gostota snega 24 %. Vrtače so torej imele za 19,6 mm več vode v snegu. Ker pred meritvijo ni bilo sonca, je torej v vrtačah tudi zares padlo več snega zaradi vetrovnega učinka. Da je bil ta odločilen za višino snega, je pričala neenaka globina snega po pobočjih vrtač glede na izpostavljenost takratnemu jugozahodnemu vetru.

Da dobijo vrtače več snega, se jasno vidi pri nas v alpskem svetu, kjer je pozimi snežno površje na krasu zravnano tudi prek več metrov globokih ozkih kont in kotličev, ki sprejmejo za toliko več snega, kolikor globlji so. To pomeni pri 1,5 m globokem kotliču 1,5 m snega več; če ima ta gostoto 15 %, pomeni to 225 mm več padavin. To je pa že pomemben faktor za lokalno pospešeno korozijo (G a m s , 1967).⁴

Ob opazovanju debeline snega v vrtačah je na okolnih travnikih snežna odeja praviloma naraščala v smeri proti gozdu Ravnika. 14. II. je bilo snega na travniku ob železniški progi 68 cm, nad Masletovo koleševko pa 77 cm. Ustrezne debeline 29. III. so bile 8 in 28 cm. Ali gre za povečane debeline zaradi gozda (intercepcija) ali pa zaradi večjega hladu?

Manj izpričano je, ali sprejemajo vrtače in koleševke več padavin tudi med dežjem. Naša merjenja z ombrometri med 29. V. in 5. VI. so izpričala v dnu Mačkove koleševke za 8,5 % in na dnu Masletove koleševke za 16,4 % več dežja kot pri Jamarskem domu. Ker pa so celotne količine dežja majhne (od 16,5 do 19,2 mm) in ker gre za nevihte, je mogoče zaenkrat o tem samo domnevati.

Temperaturе v koleševkah

Ceprav vedo domačini povedati, da se v Mačkovi in Masletovi koleševki včasih pozimi zadržuje po več dni hud mraz z meglo, naši obhodi pozimi in spomladi 1970 v njih niso našli intenzivnejših in pogostejših temperaturnih obratov, če je ležal sneg še povsod naokoli. 17. januarja je bilo opoldne na dnu Mačkove koleševke 0,8, v sredi 3,9 in na vrhu 6,2°. Ustrezne temperature v Masletovi so bile 0,9, 5,0 in 6,2°, v vmesni koleševki pa 1,1, 4,8 in 6,2°, v Jerinovi na dnu 0,9 do 1,1°. V vseh štirih omenjenih koleševkah obseva pozimi sonce samo zgornje prisojno pobočje, ob katerem se toplejši zrak dviguje. Na njegovo mesto priteka v vodoravni smeri zrak z osojnih pobočij. Pozimi zato advekcijsko kroženje zraka, nastalo zaradi segretih prisoj, ne zajema tudi dna. Tam premeša zrak le močnejši veter, ki premaga upor hladnega zraka. To shemo pa modificira zapadli sneg, ki povzroča močno refleksijo in s tem ogretje osoj in dna. Po hladni noči je

⁴ Poskusno merjenje debeline snega pozimi 1970/71 v več deset metrov širokih vrtačah pod Voglom (ca. 1500 m n. v.) je pokazalo, da so površinske oblike globokega, med vetrom zapadlega snega znatno drugačne kot površje vrtače pod njimi. Na širokem dnu napravi veter drugotne vrtače, v njih pa je bilo v številnih primerih manj snega kot v vmesnih snežnih hrbitih. Tudi na pobočjih vrtač so velike razlike v debelini snega, odvisno od smeri vetra in oblike terena.

29. marca 1970 temperatura v Masletovi koleševki porasla do 14^h na + 2,0° v vsej vrtači do vrha, kjer je znašala 5,3° C. Refleksijo močno znižuje iglast gozd. Konec februarja odnosno v začetku marca posije na dno Masletove koleševke že opoldansko sonce in tedaj jo vso znamo omenjena cirkulacija. V Mačkovi koleševki še prve dni junija sonce ne obsije dela osojnega pobočja in dna. Kopnenje pobočij od vrha prisoj navzdol pa se vkljub opisani cirkulaciji zakasni v pomlad in poletje, ker je v obeh koleševkah večina pobočij iz ne popolnoma zaraslih meliščnih skal. Ko skopni sneg, se iz medskalskih prostorov prične odtekatи hladni zrak proti dnu, kar zadržuje kopnenje zasneženega dela koleševke. Ker je meliščno skalovje globlje v vrtači manj prekrito z humoznim A horizontom, se po skopnenju snega kopičenje hladnega zraka iz skalnih votlin še poveča. 23. aprila 1970 je ležal v Jerinovi koleševki sneg še na dnu in v nižjem, ter zlasti v jugovzhodnem dolastem podaljšku (foto 2). Ob delno zastrtem in rahlo vetrov-



Foto 2. Na dnu Jerinove koleševke je bilo 23. aprila 1970 še 25 cm snega
Photo 2. On the bottom of the 30—60 m deep Jerinova koleševka near Logatec the snow cover was at 23. April 1970 still 25 cm thick



Foto 3. Na dnu 47 m globoke gozdne Masletove koleševke je bila 23. IV. 1970 še zima z 100 cm debelo snežno odejo, ki se je navzgor po pobočju tanjšala in segala do sredine

Photo 3. On the bottom of the 47 m deep wooded Masletova koleševka dominated on 23. April 1970 still winter with a 100 cm thick snow cover, which reached nearly half way the slope, gradually diminishing in thickness

nem vremenu je znašala zračna temperatura okoli 15°C izven koleševke 15,0 do $17,2^{\circ}\text{C}$, v dnu koleševke, 50 cm nad tlemi, med 8,5 in $12,0^{\circ}\text{C}$. Nihanje je povzročal veter. Ko je ponehal, se je natekel s zasneženih in sicer osojnih pobočij hladen in vlažen zrak, ki ga je odpihnila prva sapa. Vsak večji vetrič na prostem je namreč premešal tudi zrak v precej travniškem dnu koleševke.

Pol ure kasneje so meritve v Masletovi koleševki našle naslednje razmere (foto 3).

Snežna odeja na dnu: 98 cm.

Zračna temperatura na dnu; 10 cm: $2,0^{\circ}\text{C}$

Zračna temperatura na dnu; 150 cm: $2,2^{\circ}\text{C}$

Sredi pobočja ob gornji meji snežne odeje: $9,0^{\circ}\text{C}$

Izven koleševke, na bližnjem travniku: $17,6^{\circ}\text{C}$

Sneg v sosednji severovzhodni koleševki je segal po pobočju približno enako visoko, na dnu ga je bilo 100 cm na debelo, temperatura

pa je bila 1,5 m nad površjem 2,0°. Vrtača je podobne globine, oblike in pogozdenosti kot Masletova.

Ker je Mačkova koleševka na dnu manj pogozdena, je ostalo istega popoldne tam manj snega (77 cm), zračne temperature 20 cm nad tlemi so znašale 2,0° in 1,5 m nad tlemi 3,3°, sneg pa je segal navzgor po pobočju le še kakih 10 m, v glavnem po meliščih (foto 4).

Kot zračna temperatura se je v dnu Jerinove koleševke spremnala zaradi vetra tudi relativna vlaga, v glavnem med 79 in 100 %,



Foto 4. Dno Mačkove koleševke I 23. IV. 1970. Junija smo tu merili temperature na nižjih prisojnih pobočjih na vrhu melišča, ki je v ospredju slike, na dnu pri smrekovem deblu in na nižjih osojah, ki so vidne v ozadju slike

Photo 4. Bottom of the dolina Mačkova koleševka I on 23. IV. 1970. In June 1970 we have measured temperatures at the stations on the lower sunny side (on the scree in the foreground of the picture), on the bottom near the pine trunk and on the lower shady side (in the background of the picture)

medtem ko je bila na prostem med 85 in 95 %. V dnu Masletove je bilo izmerjeno 95 % rel. vlage, ob vrhu snežne odeje sredi pobočja 79 % in nad kotanjo na travniku ob 17^h 69 %. V vmesni koleševki je bila vlaga pri tleh 100 %, na dnu Mačkove pa so bile izmerjene vrednosti med 88 in 95 %. Pod humusom, ki je dober toplotni izolator, in pod večjimi kamni, ki pomenijo streho ter preprečujejo segretje zraka po padavinah, se hlad zadržuje dolgo in poletje. 3. VII. 1970 je znašala talna temperatura v Masletovi koleševki na osojni južni strani v globini 30 cm 8—9°, na prisojni severni strani pa 8—10°, v enem primeru 12°. Na nekem mestu med balvani, porasli z mahom, pa je bila izmerjena kakih 5 m nad dnem v globini — 30 cm temperatura — 0,2°, v globini 20 cm 0,0° in v globini 5 cm 0,5°. Na dnu med balvani pa je taka temperatura poleti pogosta v globljih luknjah.

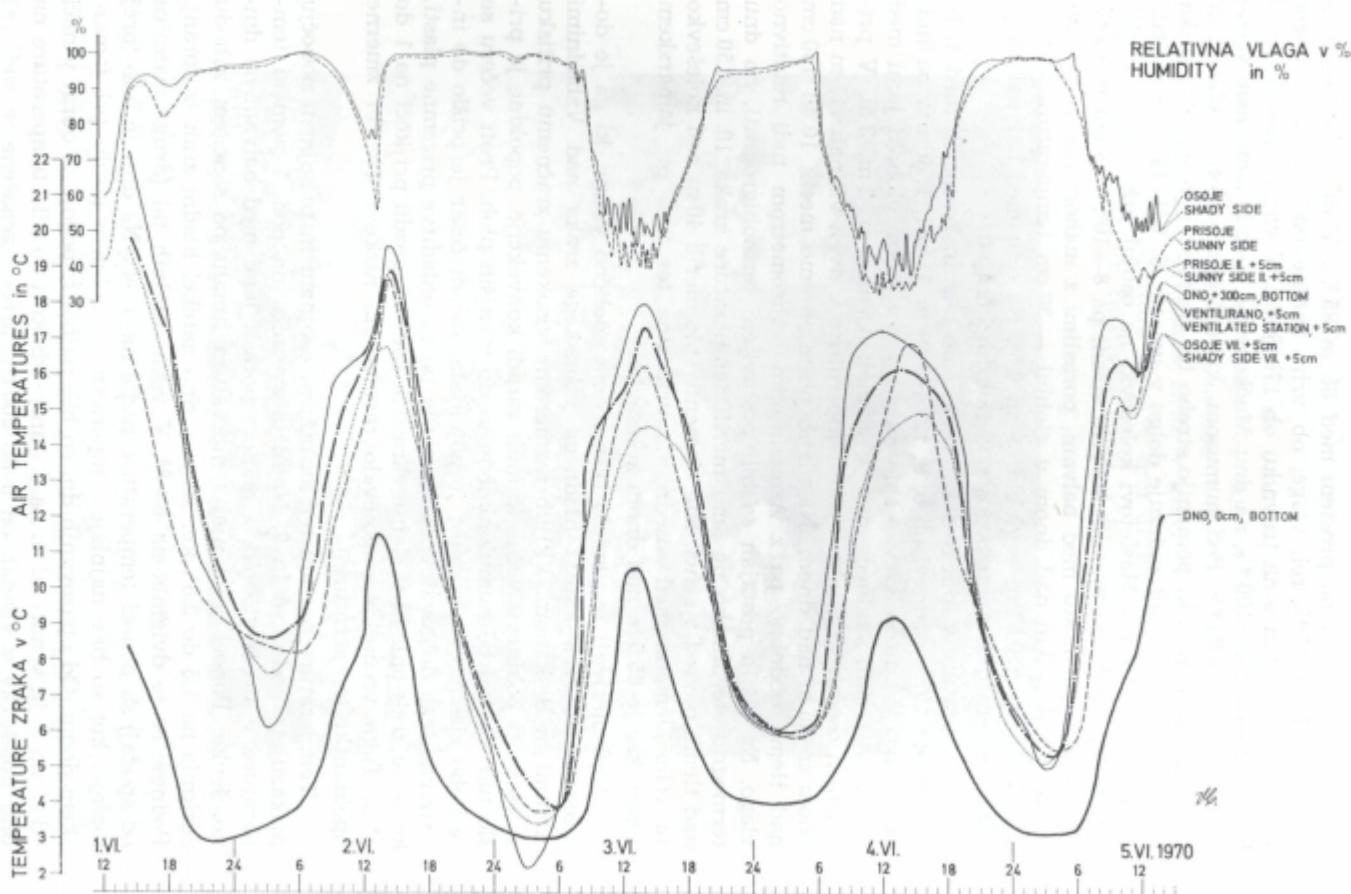
Temperature v Mačkovi koleševki smo terminsko merili med 1. in 5. junijem 1970, podnevi ob 6, 9, 12, 14, 18 in 21 uri, 1. junija pa tudi ob 24 uri. V dnu koleševke smo merili v pol metra globoki jami med balvani v višini skalnega dna, v višinah 0,5 m, 1 m, 2 m, 3 m. V prisojah in osojah so bile merjene temperature v dveh višinah: 11 m nad dnem in 45 m nad dnem. Na nižjih postajah smo merili 10 in 150 cm nad tlemi, obdobjno pa z Asmannovim psihrometrom tudi relativno vlago. Na višjih postajah so bili postavljeni termohigrografi, na dnu termograf, terminsko pa smo merili temperature zraka 10 in 150 cm nad tlemi, povsod v senci. Iste elemente smo merili 40 m nad koleševko na vrhu slemenca med sosednjima vrtačama ter tudi pri jamarskem domu, kar je 65,5 m nad dnem koleševke.

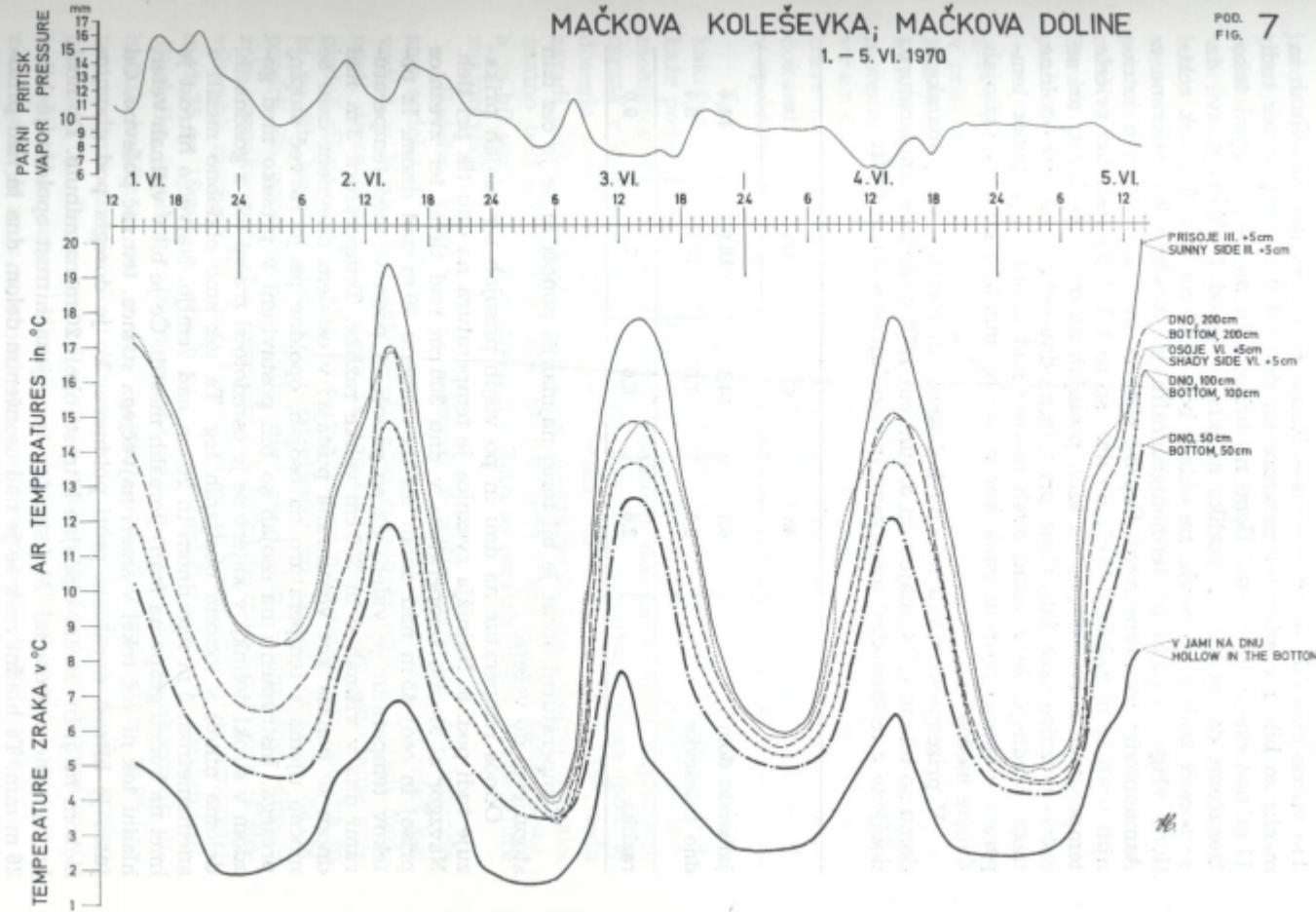
Med merjenji je vladalo razmeroma enolično vreme, ki ga je dočevala trdoživa kaplja hladnega višinskega zraka nad Vzhodnimi Alpami in Balkanom. Vkljub razmeroma visokemu zračnemu pritisku so se proti poldnevu večali kumuli zaradi konvekcije, popoldne je prišlo tudi do tvorbe kumulonimbov in do manjših ploh. Proti večeru se je nebo zjasnilo, vetrovnost je pojednala, zaradi česar je prišlo do intenzivnejšega dolgovalavnega sevanja tal in ohladitve prizemne plasti, ko se je zrak ohladil v slabše zaraslem robnem gozdu pri koči na 1 do 3° C. Tako vreme je pogojevalo razmeroma nizke nočne in zmerne opoldanske temperature.

Temperature na dnu ter na nižjem osojnem in prisojnem pobočju prikazujeta podobi 6 in 7. Najnižja zveznica na pod. 7 pomeni temperaturo v 40 cm globoki, z mahom porasli jami med balvani na dnu koleševke. Ponoči je v njej temperatura kmalu po sončnem zahodu zdrknila na 1,5 do 2,6°, ker se je v dno natekel hladni zrak iz špranj. Podnevi se je dvignila na 6—8°. V višini skalnih tal (druga zveznica od spodaj) so ponoči temperature padle na 3—4°. Na dnu je bilo torej topleje, kot so bile najnižje temperature v robnem gozdu pri jamarskem domu. Od opazovanih dni so bili najboljši pogoji za obrat v noči od 2. na 3. in v noči od 4. na 5. junij. Obakrat so bile temperature na dnu koleševke v višinah od 0 do 200 cm precej izenačene in tudi pri

MAČKOVA KOLEŠEVKA, MAČKOVA DOLINE

FIG. 6





3 m višine niso bile občutneje višje. Razen prve noči (po padavinah in megli) so bile na sploh temperature na dnu od 0 do 300 cm ter tudi 11 m nad dnem 10 cm nad tlemi na prisojni in na osojni strani tako izenačene, da med njimi razlika ni bila večja od 1°. To se pravi, da se ponoči zrak v koleševki ne ohladi bolj (glej na pod. 6 potek relativne vlage, povzete po termohigrografih in obdobno kontrolirane z Asmannovim psihrometrom). Čeprav sončno obsevanje v prvih jutrnjih urah še ni zajelo pobočij do dna, so se takoj po šesti uri pričele temperature zraka dvigati na vseh postajah na dnu; po deveti uri se začno zveznice razhajati. Čisto pri tleh na dnu ostaja tudi čez opoldne nekaj hladnejše, že v višini dveh metrov nad dnem pa je potek temperature skoraj povsem enak kot v osojah, medtem ko se v prisojah dvigne močneje.

V prizemnem zraku na dnu koleševke in nad njo pri jamarskem domu so bile med 29. majem in 5. junijem 1970 naslednje temperature, dobljene z terminskimi meritvami in dopolnjene s termografi:

	4h	9h	14h	18h
jamarski dom	6,1	14,1	18,0	14,4
dno koleševke	3,5	7,5	10,2	5,4
razlika	2,6	6,6	7,8	9,0

Temperaturni obrat je bil torej najmanjši ponoči in se je čez dan stopnjeval do večera.

Odnos temperatur na dnu in po višjih prisojah ter osojah prikazuje tudi pod. 6. Najnižja zveznica je temperatura na dnu tik pri tleh. Navzgor si sledijo temperatura v dnu 300 cm nad tlemi ter zveznice prisoj in osoj 45 m nad dnem ter na slemenu 40 m nad dnem. Iz potekov temperatur je videti, da so ponoči in podnevi med temperaturami dna v višinah 0 in 300 cm velike razlike. Temperatura 3 m nad dnem se ponaša kot ventilirana postaja; v ostalem dnevnem času se močno ujema s temperaturo na osojah, opoldne pa jo za več stopinj presega. Instrumenti na osojah so bili postavljeni v preseko med gozdom v široki dolinki, v katero se je osredotočil zračni tok z gozdnatih, deloma nikoli s soncem obsijanih leg. Ta tok smo obdobno merili z anemometrom 5 m nad dnem in 20 cm nad zemljo. Največja hitrost je imel na koncu grape na manj poraslih mestih. Če je bil v višinah veter, hladni tok ni več tekel v smeri največjega strmca, temveč poševno. Od jutra je hitrost naraščala proti poldnevju, ko je dosegla pod glavnim žlebom na južni strani običajne hitrosti okoli 20 m na minuto. Do noči je v glavnem prenehal. Maksimalna izmerjena hitrost opoldne je bila 26 m/min. Ta hladni zrak se je nad osončenim delom dna in nad priso-

jami dvigal; tega dviganja pa nismo mogli meriti, ker so se na vseh delih prisojnega pobočja vetrovi hitro menjavali po smeri in hitrosti. Na splošno pa ni vladalo čez dan na dnu in na osojah skoraj nikoli brez vetrje. Neenake temperature v raznih delih koleševke so povzročale labilnosti, ki ji je sproščal vsak vetrič v višini. Manjše hitrosti vzponskih vetrov pa so razumljive, ker se na osojah hladni navzdolni veter drži prizemne plasti, tako da je glede hitrosti razlika pri 20 cm in enim metrom nad tlemi, dviganje pa je razporejeno po mnogo večji površini. Zaradi tega hladnega vetra z osoj ostajajo v dnu nižje temperature samo pri tleh, ne pa več v višini 300 cm.

V višjih prisojah se zrak 10 cm nad tlemi opoldne malo bolj segreva kot na ravnem na slemenu. Značilno pa je, da so nočni minimi v prisojnih legah nižji kot na slemenu ali kot v osojah. Največja razlika je bila med najhladnejšo nočjo, to je v noči med 1. in 2. junijem. Prisoje se najhitreje ohlajajo in prej dosegajo svoj minimum. Razlago moremo iskati podobno kot pri vrtači v Krajni vasi (Gams, Lovrenčak, Ingolič, 1971) v manjši vlažnosti prizemnega zraka in trave na prisojah. Vendar s termohigrografi ponoči tega nismo mogli dokazati. Očitna je bila samo znatno večja sušnost zraka na prisojah v opoldanskih urah in včasih v popoldanskih urah (pod. 6).

Kako pomembna je tudi za temperaturni potek v koleševkah tipa, kakršna je Mačkova koleševka, relativna in absolutna sušnost ozračja, kaže podoba 7, kjer je vrisan parni pritisk vlage v mm, povzet po termohigrografu z osoj. Najnižje vrednosti dosegla v dneh največjega mraza v koleševki in na prostem. 3. junija je relativna vlaga (pod. 6) dosegla zaradi hitrega ohlajanja zraka 100 % že kmalu po 15^h, toda zaradi nizkega parnega pritiska se je ozračje še lahko močno ohlajalo, znatno bolj kot prejšnjo noč, ko relativna vlaga ni bila tako visoka, a je bil parni pritisk znatno višji. Zato so ostajale nočne temperature znatno višje.

Podobne temperaturne razmere je našlo merjenje, pri katerem smo sodelovali s katedro za meteorologijo FNT (doc. dr. Petkovšek kot vodja), v Masletovi koleševki. Izsledki čakajo na objavo. Zaradi možnosti, da se hladni zrak steka na dno koleševke iz jam, smo jame pregledali. Borisovi dihalniki, ki so v vrhnjem delu severnega pobočja in ki so jih logaški jamarji z razstreljevanjem skušali razširiti, da bi prodrali do podzemeljske Ljubljance, so 4. junija dopoldne »dihali« zelo neenakomerno. Na zgornjem dihalniku je znašal popreček iz številnejših meritev 750 l/min, hitrost vetra iz brezna pa se je menjavala med 35 in 16 m/min, včasih pa je veter sploh zastal. Iz niže ležečega dihalnika je pihal zrak izmenoma ven in noter. Zaradi skromnih dihalnih količin in ker je imel zgornji dihalnik temperaturo 13,8° (pri temperaturi ozračja okoli 16°), je soditi, da sta oba dihalnika zračno povezana in da ne gre za dihanje velikih podzemeljskih prostorov, temveč bolj za sistem »dimnika«, v katerem piha v spodnje ustje pozimi hladnejši in iz zgornjega ustja ven med potjo segreti zrak.

V skladu z opisanimi temperaturnimi in vetrovnimi razmerami so naši rezultati meritev izhlapovanja. Merili smo izhlapovanje vode, nalite v banjice s premerom 30×20 cm, od 1. do 5. junija, vendar so rezul'ati najbolj zanesljivi v dnevih brez padavin. Banjice so bile položene na tla in v jasnem vremenu od 9^h 3. junija do 9^h 5. junija je izhlapelo v dnu Mačkove koleševke 25 ml, 45 m više v prisojni legi 124 ml, v isti višini v osojah 52, na odprttem slemenu pa 120 ml. Če vzamemo slednjo količino za 100 %, je vode izhlapelo v prisojah 104 %, v osojah 43 % in na dnu 22 %. Štirikrat manjše izhlapovanje na dnu (vse v višini tall!) kot na prostem in le 4—5 mesecev trajajoča doba brez snega, pojasni mahovnato zarast dna koleševk. Še večje razlike bi bile, če banjice ne bi bile zasenčene, temveč izpostavljene soncu.

Smrekove mladice na robu dna kažejo zelo slabo rast. Večje smreke, nasprotno, imajo mnogo večje letne poganjke, ker dosežejo s krošnjo več radiacije in višjo temperaturo. Pozne spomladanske in zgodnje jesenske slane lahko sicer zadržujejo vegetiranje v dnu koleševk, toda po naših meritvah v začetku junija se nočne minimalne temperature v koleševkah mnogo ne razlikujejo od ustreznih temperatur na prostem travniku. Podatki za jamarski dom so povzeti s termografa, ki je bil v višini enega metra, medtem ko so bili ostali termografi, prav tako obdobno kontrolirani z psihrometri, 5 cm nad tlemi. Mačkova koleševka ima nekoliko nižje temperature verjetno zato, ker je del melišč živil in sestavlja pobočje mestoma živa skala.

Minimalne temperature za čas od 1. do 5. junija za višino 5 cm:

Jamarski dom	5,1°
Osoje v Mačkovi koleševki	5,5°
Prisoje	4,4°
Dno Mačkove koleševke	3,4°
Masletova koleševka, dno	3,9°

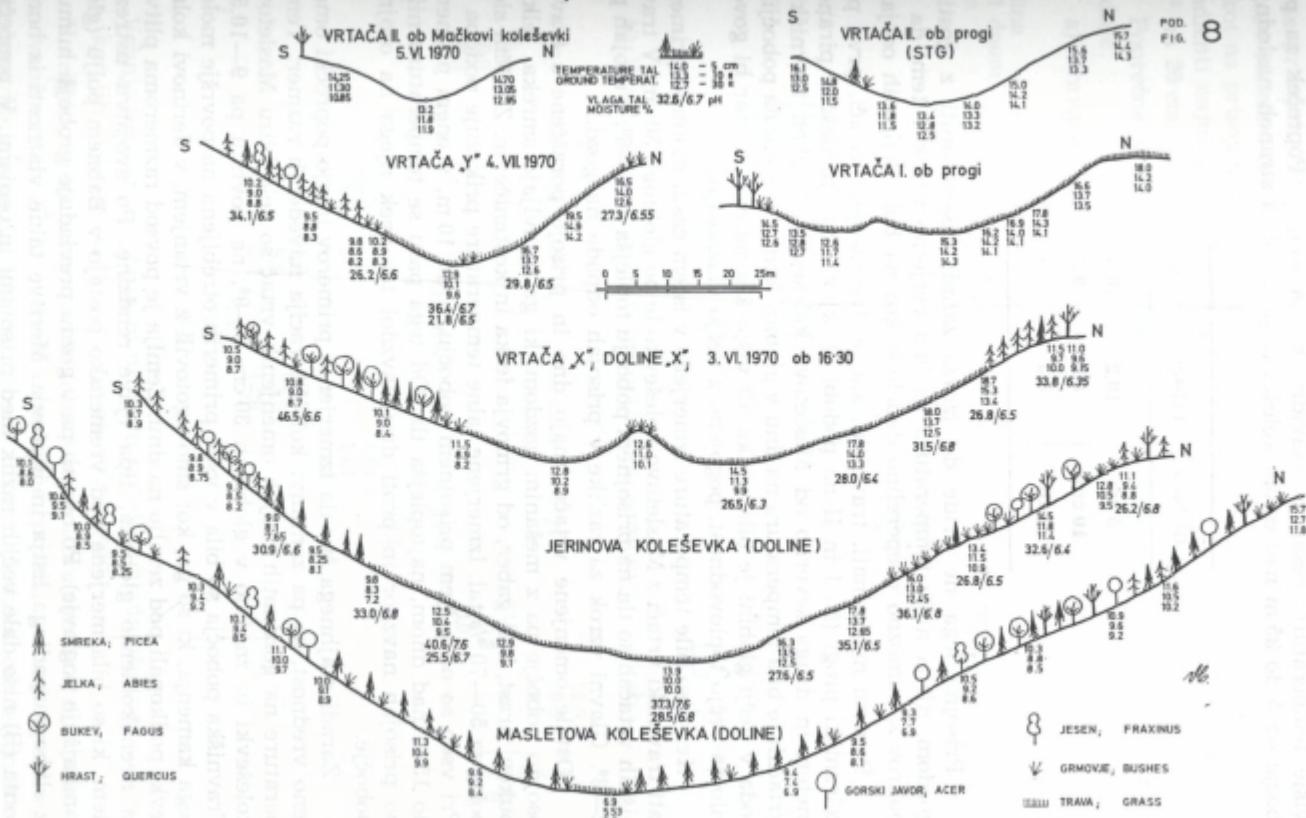
Kar smo merili travniških vrtač, so izkazovale v poprečju višje nočne minime, razen že omenjene vrtače ob proggi, kjer je bila v noči od 4. na 5. junij zabeležena najnižja temperatura 0,9° (prejšnjo noč 3,0°). Zanimivo je, da so bili absolutno najnižji minimi zdaj v tej, zdaj v oni vrtači ali koleševki ali celo na prostem. Dno Mačkove koleševke izkazuje najnižje minime zaradi že omenjenega rednega stekanja hladnega zraka z osoj in votlin med skalami.

Talne temperature vrtač in koleševk

Meritve so bile predvsem prve dni junija 1970 v vrtačah in koleševkah Logaškega ravnika.

Ker so v Mačkovi koleševki preveč plitva in skalnata tla, so bile temperature (kot popreček iz meritev na več bližnjih mestih) ugotovljene na pet metrov višinske razlike samo v Masletovi koleševki. Na

PROFILI VRTAČ; CROSSECTION OF DOLINES



profilu SJ jih prikazuje pod. 8. Prisojno pobočje ima proti vrhu vedno višje temperature, česar pa očividno ni na osojah. Popreček za pobočja od 5 do 35 m nad dnom koleševke je na obeh straneh naslednji:

Globina	Prisoje	Osoje
5 cm	10,2	10,3
10 cm	8,8	9,3
20 cm	8,3	8,9

Prisojna lega ne pride do izraza zaradi zasenčenosti z gostim gozdom, njena nižja temperatura pa ima verjetno vzrok v tem, da je pokrov s humozno preperelino debelejši kot na bolj skalnatih osojah.

Povsem negozdnati, travniški, sta le dve merjeni vrtači, prva pri železniški progi (št. I in II na podobi 8), kjer je bil nameščen piranometer, in druga severno od Masletove koleševke. V obeh travniških vrtačah je bila temperatura na dnu v globini 5 cm nižja kot na pobočjih, toda v večji globini je bila enaka ali višja kot na osojah, kar bi govorilo za večjo toplovodnost, pogojeno z večjo vlažnostjo.

Ker niso bile temperature izmerjene v istem času, moremo primerjati travniški vrtači z Masletovo koleševko le po globinah 30 cm. V travniških vrtačah so tla na prisojnem pobočju toplejša za 5—6°, v osojah pa 2—3°. Glavni vzrok za razlike v prisojah odpade na gozd.

Ostale omenjene vrtače imajo dno in prisoje poraščene s travo, osojno pobočje pa z mešanim gozdom, ki ga setavlja smreka, jelka, bukev, hrast, beli gaber, od grmovja leska in kosteničevje. Zeliščni sloj pokriva 50—70 % tal. Izmerjene talne temperature prikazuje podoba 8. Pri vseh so na nižjem prisojnem pobočju, 5 do 10 m, v enem primeru do 15 m nad dnom, najtoplejša tla. Od tega pasu se temperatura niža po prisojah navzgor in proti dnu navzdol ter prek njega na osojno pobočje.

Zaradi majhnega števila izmerjenih primerov imajo poprečki omejeno vrednost, so pa zanimivi kot ilustracija navedenih razmer. Temperature na gozdnatih osojah omenjenih vrtač so zelo blizu Masletovi koleševki in znašajo v globinah 30 cm 8—9°, na površju pa 9—10,5°. Travniška pobočja so bila v vseh primerih otrebljena na površje molečega kamenja, ki so ga, kot smo ugotovili z vrtanjem, v Jerinovi koleševki podkopali pod zemljo na dnu. Zemlja je povsod razmeroma plitva in neenakomerno globoka, tipa rjave rendzine. Po svojstvu ustrezata tem, ki so bila merjena pod vremensko postajo v Babnem polju (glej tamkajšnje poglavje). Po osojah pa v gozdu prevladuje grobejši humus iz slabo razpadlega listja in igličevja. Meritve talne vlažnosti iz horizonta (B) niso dale večjih razlik med prisojami in osojami. V poprečju

znaša vlažnost tal na dnu merjenih vrtač 33 %, na osojnih pobočjih 35 in na prisojah 31 %. Zaradi večje vlažnosti tal na dnu, manj glinenih delcev odnosno večje toplovodnosti so tam temperaturni gradienti manjši kot na prisojah. Ker na gozdnatih osojah na tla ne sije sonce, so tam gradienti najmanjši (okoli 2°, v prisojah na travniku 2—5°, v poprečju 3,6° na 25 cm).

Poprečne izmerjene temperature v globinah 5, 20 in 30 cm so naslednje:

a) Travniška vrtača in okoliško ravno zemljišče:

Višina nad dnem v m	S	VRTAČA	N	PLANO
15			16,8 14,3 14,1	
10			(16,6) (13,7)	
5	14,5 12,0 11,6	15,8 13,9 13,7	(13,5)	
0	13,5 13,0 12,4			15,4 12,9 12,5 } Plano

b) Vrtača s travnikom v prisojah in z gozdom na osojah:

25	S	VRTAČA	N	11,9 9,2 9,2
20	10,0 8,6 8,3			12,0 10,3 10,0
15	10,3 8,8 8,2		17,1 14,1 12,8	
10	10,7 9,4 8,7		18,1 14,1 12,8	
5		11,8 9,6 9,2	17,2 13,8 12,9	
0		13,5 10,5 9,6		

grmičevje,
gozd

Vrhne prisoje so v drugem primeru nekoliko hladnejše tudi zaradi tega, ker jih delno porašča grmovje ali robni gozd.

V večjih globinah smo merili talne temperature samo na dnu takojimenovane vrtače X, ki je pozno popoldne, pozimi pa tudi opoldne, zasenčena po gozdu na pobočju, in na ravnem nedaleč od železniške

proge na zemljišču, ki je bilo še pred kratkim orano. Razlike so naslednje:

Globina v cm	Piano	Dno vrtače
5	11,8	12,9
10	11,8	11,9
20	11,9	10,1
30	11,9	9,6
40	11,4	9,2
50	11,0	8,4
60	10,7	7,8
70	10,3	7,0
80	10,1	6,7
90	9,5	6,6
100	9,0	6,4
110	?	6,1
135	?	6,0

S pobočij naplavljena zemlja na travniškem dnu vrtače je bolj peščena in manj vlažna kot globoka rjavica na polju; zato ima večje gradiente, v globini pa je ostala hladnejša še iz zimskih časov. Tla so v večji globini na krasu običajno sušnejša. To so pokazale naše meritve talne vlažnosti v vrtačah v raznih globinah. V treh primerih znaša razlika v relativni vlažnosti okoli 13 %. Vsa ta tla so bila razmeroma plitva in se iz spodnjih horizontov vлага domnevno hitreje odceja med kamenje. V kolikor smo sondno merili globlje temperature na osojah, se tam razlike glede na dno vrtače zmanjšujejo in pri 70 cm skoraj izenačijo, ker je bilo med kamenjem manj ilovice.

KLIMA KRAŠKIH POLJ

Kraška polja in uvale so področja največje koncentracije obdelovalne zemlje, naselij in prebivalstva. Ni čuda, da je večina vremenskih postaj na Notranjskem krasu prav v njih. Izkazujejo nizke zimske minimalne temperature, visoko amplitudo med srednjimi mesečnimi maksimalnimi in srednjimi mesečnimi minimalnimi temperaturami pozimi (na vrhu tabele je Babno polje s poprečno letno amplitudo 12,0, Furlan, 1965, 92) in so na sploh hladne, kar preseneča zato, ker ležijo v južni Sloveniji. Take razmere naj bi bile posledica lege v zaprti kotanji, ki

nima, kot je primer v fluviatilnem reliefu, na odtočni strani vsaj ozke doline, primerne za odtekanje ohlajenega zraka. Če pa pogledamo lego teh postaj (Gomanci, Kočevje, Rakitna itd.), uvidimo, da ležijo večinoma više kot je najnižji obod na eni strani polja in da bi se torej mogel ohlajeni zrak odtekati. Zaradi dinarske smeri ni izrazitih severnih in južnih ekspozicij. Ker pa ta smer poteka prečno na prevladajoče zahodno—vzhodne vetrove, pomeni zavetreno lego.

Da bi osvetlili temperaturne razmere, zlasti pa inverzijo, smo izvršili meritve v dveh kraških poljih, v Globodolu na Dolenjskem in v Babnem polju na Notranjskem.

Meritve v Globodolu

Globodol je med našimi najbolj sklenjenimi in globokimi, čeprav majhnimi kraškimi polji. Iznad dna v n. v. 190 do 200 m se obod dokaj enakomerno dviguje okoli 100 m, le proti jugovzhodu se v suhi dolini proti Luknji zniža na 50 m. V nasprotju z drugimi polji poteka v smeri



Foto 5. Kraško polje Globodol, od juga. Temperature so bile merjene sredi dna in na zahodni strani Malega vrha (beli zvezdici). Na desni, vzhodni strani je videti »goro« na hribu Golobinjek

Photo 5. Karst polje Globodol, from South. The locations of temperature measurements (white stars) are in the middle of the bottom and on the west side on the hill Mali vrh. On the right, the vineyards of the hill Golobinjek are visible

sever—jug. Za temperaturni obrat govoriti to, da v njem ne uspevajo češnje in orehi, medtem ko zarašča breg na zahodni strani (Mali vrh) in zlasti na vzhodni strani (Golobinjek), vinograd—ljudsko gora (G a m s , 1959). Prve sondne meritve so bile 1. 1954 (G a m s , 1962, 75).

Naše meritve so bile izvedene s pomočjo dveh termohigrografov, od katerih je bil eden nameščen na dnu kraškega polja pri osnovni šoli v Gornjem Globodolu, 1,5 m nad tlemi, drugi pa 50 m više, na zahodni strani polja, v kraju Mali vrh, in sicer na že proti zahodu obrnjenem vrhnjem pobočju slemenega. Aparat je bil nameščen 2 m nad tlemi ob seniku vrh sadovnjakov in vinograda, malo pod gozdom, ki je na vrhu slemenega. V času meritev med 4. IV. in 16. V. 1970, v katerega je to leto padel zaradi splošne zakasnitve začetek vegetiranja, sta bila termohigrografovi vsaj tedensko kontrolirana z Asmannovim psihrometrom.

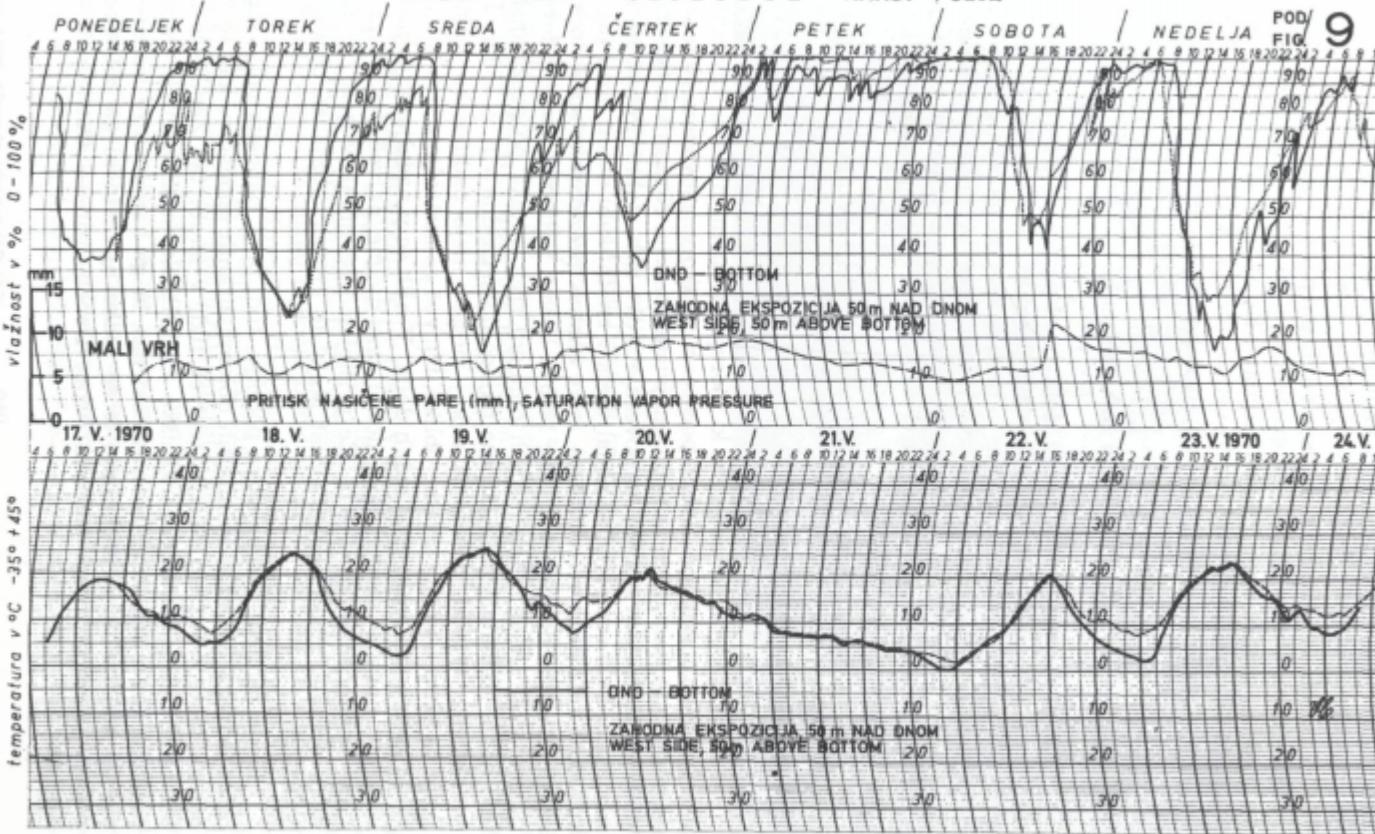
V 42 registriranih dneh se je ponoči na dnu polja znižala temperatura za 1° ali več v 19. nočeh, kar je 45 % vseh noči. V teh dneh je razlika pri dnevnom minimumu 3°, v vsem času meritev pa le 1,4°. Primerov, ko je bila na dnu polja čez dan višja temperatura najmanj za 1°, je bilo deset, s poprečno razliko 3° (največ 6°). Primerov, ko bi bila opoldne temperatura na Malem vrhu nižja, ni bilo, ali so bile razlike tako majhne, da jih s traku ni mogoče razbrati. V poprečju so bili dnevni maksimi v dnu za 0,7° višji kot na Malem vrhu.

K tem številkom je treba dostaviti, da je bilo vreme v merskem razdobju na splošno neugodno za razvoj temperaturne inverzije, ker je prevladoval ciklonski tip vremena z vdori hladnega zraka v višinah.

Večje razlike kot glede temperature so bile glede relativne vlažnosti zraka. Po sončnem zahodu (po 18—18.30^h) je v brezveternih in brezpada-vinskih dneh relativna vlažnost v dnu hitreje rastla kot na Malem vrhu in je dosegla 100 % navadno med 22 in 24^h, kar je za dve ali včasih še več ur prej kot 50 m više. Zjutraj in dopoldne ni bilo večjih razlik. Previšanje horizonta na vzhodni strani je bilo pri obeh postajah približno enako, čeprav je teren v dnu raven, na Malem vrhu pa visi pobočje za okoli 10° proti zahodu. Opoldne je bila vlažnost na dnu ob sončnih topilih dnevih često manjša kot na Malem vrhu.

Največ razlik je bilo v času od 17—24. IV. Tedaj je bilo vreme sprva pod vplivom azorskega visokega tlaka. Drobna nihanja kazalca vlage v nočeh med 17. in 19. IV. pričajo, da je zajel Mali vrh večkrat sušnejši zračni tok, ki pa ni segel do dna polja, kjer je bila vlažnost trajno višja. Med 20. in 21. IV. je sledilo ciklonsko padavinsko vreme s prehodom hladne fronte, ko ni bilo vertikalnih temperaturnih razlik, relativna vlaga pa je bila na dnu polja malo nižja. Ponovno lepo vreme je prineslo vnovič razlike, kot to kaže podoba 9. Po naših meritvah pri srednjih dnevnih temperaturah ni pravih razlik med dnem polja in tako imenovanim termalnim pasom. Pač pa so na dnu večje dnevne temperaturne amplitude ter večji del dneva, če vreme ni vetrovno in pada-vinsko, tudi večja relativna vlažnost zraka. Ponoči na dnu nekoliko nižji minimi ne pridejo toliko do izraza pri izračunu srednjih dnevnih

KRAŠKO POLJE GLOBODOL KARST POLJE



in mesečnih temperatur, kot so pomembni za rastlinstvo, ker se zaradi njih zakasni spomlaadi datum zadnje slane, jeseni pa nastopi prej.

Na podobi 9 je vnešen iz registriranega papirja izračunan pritisk nasičene pare. Vidno je, da nastopa temperaturna inverzija ponoči, kadar znaša ta pritisk okoli 7,6 mm ali manj. Ko se je 20. IV. parni pritisk dvignil na skoraj 10 mm, ni prišlo več do obrata. Kot kažeta naslednja dneva, se prične inverzija uveljavljati nekoliko kasneje kot padec parnega pritiska.

Meritve v Babnem polju

V Babnem polju so, čeprav deluje postaja nepretrgoma šele od l. 1950, dvakrat zabeležili najnižjo temperaturo v Sloveniji ($-34,5^{\circ}$), ki je najnižja v Sloveniji tudi, če jo reduciramo na morsko gladino. Ta postaja ima nadalje največjo amplitudo med srednjimi mesečnimi maksimalnimi in minimalnimi temperaturami, in to v letnem poprečju, po letnih časih pa pozimi ter julija in avgusta. Srednji absolutni letni minimi znašajo kar $-27,4^{\circ}$.

Za Kredarico ima najnižje januarske srednje minimalne temperature (Furlan, 1965, Radilović, 1970).

Vse to kaže na najintenzivnejši obrat v krajih, kjer v Sloveniji delujejo meteorološke postaje.

Fizično-geografska svojstva, ki morejo biti pomembna za inverzijo, so v kratkem naslednja. Babno polje leži v tako imenovanem Notranjskem podolju, tam, kjer seže pod najvišje gorovje, Notranjski Snežnik (1796 m). Z Loškim poljem ga povezujeta dve suhi dolini. Potem ko se združita v Babnem polju, se nadaljujeta v enotni suhi dolini proti jugovzhodu do Kozjega vrha (910 m). Iz te enotne, prezidanske suhe doline segajo grape in dolinke do višine 1000 m in več. Reliefne razmere dovoljujejo torej, da se v teh višinah ohlajeni zrak odteka po prezidanski suhi dolini na Babno polje, ki ima največ ravnega dna v n. v. 750 m. Le v nekaterih vrtačah doseže za nekaj metrov nižjo nadmorsko višino. Polje pa nima običajne ovalne oblike, temveč ga sestavlja dva kraka, ki sta začetka že omenjenih suhih dolin. V njih se v nadaljevanju proti Loškemu polju v severni suhi dolini dno dvigne največ do 760 m, v južni, babnopolški, pa 768 m. Če prištejemo še smrekov gozd, ki zarašča prevale, znaša poglobljenost polja do krošenj gozda na prevalih 20—30 m.

Kot v ostalem Notranjskem podolju, tudi prek Babnega polja sega pas triadnega dolomita in mlajših dolomitiziranih apnencov, kar se ne odraža samo v nižjem reliefu, temveč tudi v izrabi tal. Zemljišče na teh kamninah je praviloma travniško. Prezidanska suha dolina in Babno polje sta precejšen sklenjen travniški pas, ki ga zaradi hitre transformacije na dnu polja prekinjajo le še redke njive in ki ga z Loškim poljem povezuje dolgi pašniški hrib Debeli hrib — Ostri hrib — Kožljek.



Foto 6. Babno polje, od juga. V podnožju hriba je bila locirana postaja Telebačnik I (spodnje osoje, 790 m, v ospredju), v dnu pa nedaleč od hiše pri opuščeni opekarni. Postaji nižje in višje osoje 790 in 840 m sta označeni na pobočju Debelega hriba v ozadju

Photo 6. Karst polje Babno polje from South. On the foothill was located the station Telebačnik I (lower shady side, 790 m), on the bottom not far from the house near the abandoned brickworks. Stations on the sunny side 790 m and 840 m altitude are marked on the slopes of the hill Debeli hrib, in the background of the picture

Obod Bavnega polja, ki je dolgo v vzhodno-zahodni smeri okoli 2,5 in široko okoli 1 km, porašča na južni strani pretežno smrekov in jelov gozd, na severni strani pa v nižjih legah listavci, više pa vedno več iglavcev. Travniško pobočje Debelega hriba (842 m) že s prevladujočimi zelišči tipa *Bromo — Brachypodietum pinnati* — domačini pravijo, da tu kosijo belo seno — in z brinjem kaže na sušne pogoje, tako da večine pobočij ne kosijo niti enkrat (foto 6).

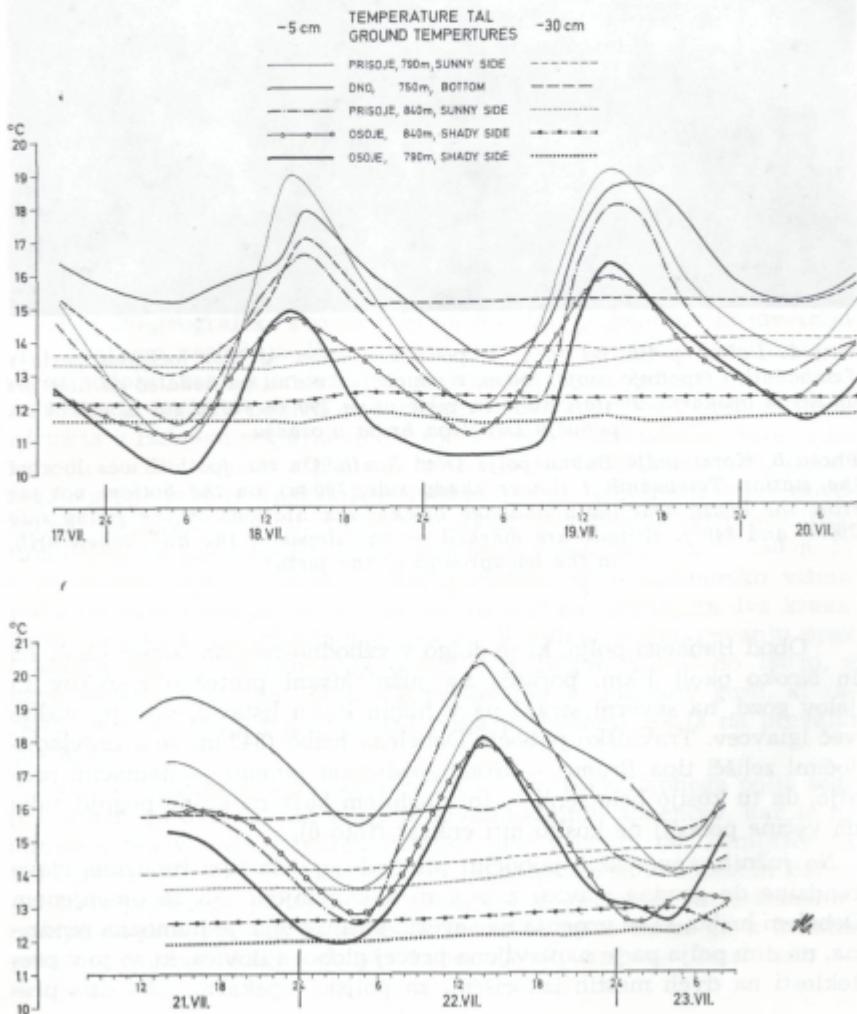
Na južnih, apneničkih pobočjih prevladujejo tla tipa rendzine, rjave rendzine do gozdne rjavice z žepi med kamenjem. Na že omenjenem Debelem hribu, ki se vzpenja na severni strani polja, je humozna rendzina, na dnu polja pa je naplavljena precej globoka ilovica, ki so jo v preteklosti na dveh mestih izkorisčali za poljsko opekarno. Del dna pre-

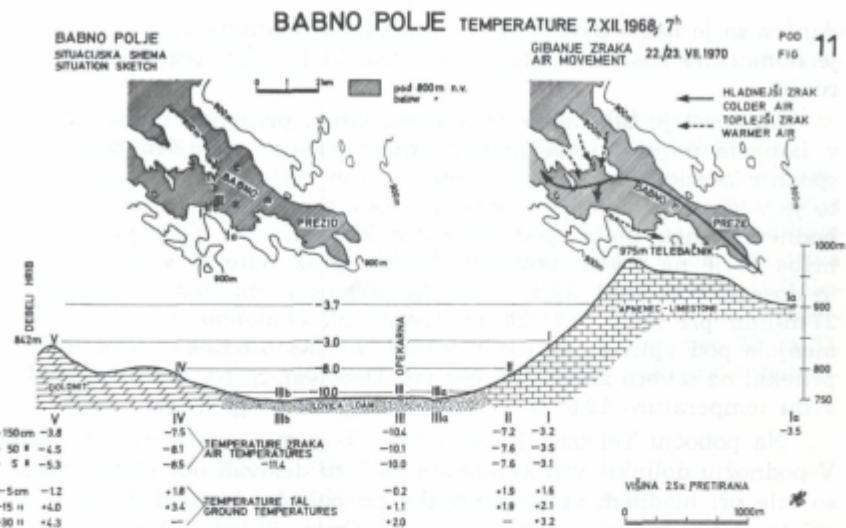
plavi voda le še ob največjih poplavah, sicer pa ni tekoče vode, razen dveh močil.

Po podatkih za razdobje 1950—1963 znaša letna količina padavin 1558 mm, z viškom v novembru in dvema nižkoma, marca in avgusta. Vetrovnost je precejšnja (brezvetrnih terminov je 34 %), med vetrovi pa prevladuje vzhodnik (48 %), ki mu pravijo burja, zahodnik (18 %), ki mu pravijo veter, ter severnik. Burja priinaša izboljšanje vremena, zahodnik pa dež. Najmanj je ozračje vetrovno v avgustu (in septembru),

BABNO POLJE 17.—23.VII. 1970

FIG. 10





ko je največja dnevna amplituda med dnevnimi maksimi in minimi. Srednja oblačnost je 6/10 (Radilović, 1970).

Da bi osvetlili vremensko dogajanje ob inverziji, sta bili izvedeni dve večdnevni meritvi na profilu čez polje v smeri S—J, z naslednjimi glavnimi postajami na travniških površinah (pod 11):

- Dno polja, zahodno od naselja Babno polje, blizu hišice, ki je nastala iz nekdanjih opekarneških zgradb, v n. v. 750 m,
- Telebačnik I, na osojnem pobočju hriba Telebačnik, to je na južni strani polja, n. v. 790 m, naklon 21° , v 20 m širokem lazu, ki se vrinja iz dna polja med bukov in smrekov gozd,
- Telebačnik II, v istem lazu, v n. v. 840 m, nedaleč od konca laza, sicer pa ob istih pogojih kot pri prejšnji postaji,
- Debeli hrib I, na južnem pobočju Debelega hriba, n. v. 790 m, na naklonu 15° proti jugu,
- Debeli hrib II, pod vrhom Debelega hriba, v n. v. 840 m, sicer pa ob istih pogojih kot pri prejšnji postaji.

Cirkulacija zraka ob inverziji

Za opazovalno dobo tipična cirkulacija je bila opazovana v noči med 22. in 23. julijem 1970. Tedaj se je odmaknil hladnejši zrak proti SV, v višinah pa je pritekal k nam toplejši zrak ob porastu grebena visokega zračnega pritiska nad Slovenijo. Opoldne 22. julija je znašala na Kredarici temperatura 11° (Ljubljana 28°). Zrak je bil zmerno suh in v Ljubljani je znašal pritisk vodnih par 22. jul. 12—14 mm. Parni pritisk je bil na Babnem polju manjši, prvi dan med 8,5 in 11 mm, drugi

dan pa se je naglo dvignil na 15 mm. Nižja relativna vлага prvega dne je domnevno posledica fenizacije vetra, ki je pihal čez Snežniško gorovje.

Opolnoči je bilo nebo že povsem jasno, prizemna meglja pa se je v Babnem polju pričela širiti na dveh mestih, v širšem pasu preko spodnje prezidanske doline in čez severno polje mimo Debelega vrha, to je v smeri pritekanja hladnega zraka, ter v otoku na skrajnem zahodnem koncu polja, pod Rakovim klancem. Po pobočju Debelega hriba se je na travni površini shlajeni zrak odtekal v smeri strmca in dosegel v dolinki, kjer je bil nameščen naš minimalni termometer, 27 m/min pri temp. $8,2^{\circ}$ 20 cm nad tlemi. Obdobjno se je smer toka menjala pod vplivom vetrov v višini. Na mesto odtekajočega zraka je pritekal od severa zračni tok čez vrh Debelega hriba. Ob 1^{h} je imel na vrhu temperaturo $12,8^{\circ}$ in relativno vlagu 92 % (pod. 11).

Na pobočju Telebačnika so vetrovi bolj menjavali smer in jakost. V podnožju dolinke, vrh katere sta na lazu delovali obe glavni postaji, so bile pri hladnem vetrču navzdol po pobočju hitrosti do 56 m/min, pri toplejši sapi od zahoda pa do 12 m/min. Skladno z menjavanjem smeri vetra po pobočju in od zahoda so bile npr. okoli 3^{h} v kratkem času izmerjene temperature $12,2^{\circ}$ (rel. vlag. 97 %), $11,5^{\circ}$ (95 %), $11,5^{\circ}$ (85 %). Proti jutru se je meglja razširila skoraj po vsem dnu polja, vendar ni presegla debeline 10 m. Na južnem robu polja je pri tleh obdobjno vel hladen vzhodnik (ob 3^{h} $7,5^{\circ}$ s hitrostjo 35 m/min); v območju mešanja s toplejšim zrakom od zahoda so se tvorili kosmi megle, ki se je dvigala proti vzhodu ob tamkajšnjem gozdu, v katerem se je ohranil toplejši zrak kot na nižjem travniku. Ob $3,30^{\text{h}}$ je meritev našla v podnožju Telebačnika na gornjem robu travnika temperaturo $7,5$ – $8,5^{\circ}$, v robnem gozdu pa $10,2^{\circ}$.

Pod sklenjenim gozdom na pobočju Telebačnika ni bilo mogoče ugotoviti hladnega vetra po pobočju navzdol.

Pritekajoči zrak iz prezidanske suhe doline je najhladnejši, saj so bili med meritvami od 18—23. julija 1970 izmerjeni naslednji nočni minimi na dnu polja 5 cm nad tlemi:

	Vremenska postaja v vasi	Pod Telebačnikom	Pri opuščeni opekarji	Pod Debelim hribom
18. VII.	— 1,0	—	— 0,2	—
19. VII.	— 1,1	—	1,3	0,0
20. VII.	4,8	7,0	6,0	6,0
21. VII.	13,2	14,0	13,9	—
22. VII.	7,0	5,3	9,2	8,5
23. VII.	5,3	5,0	6,3	6,1

Pri tem je treba upoštevati, da merijo pri vremenski postaji, ki je v bolj vzhodnem delu polja, temperature na vzpetinici 6 m nad tamkajšnjim dnem polja.

Najnižje temperature niso v vseh dnevih na istem mestu; v splošnem se umikajo proti vzhodu, v smeri prezidanske suhe doline.

Iz teh drobnih meritev se vidi shema zračnega kroženja, po kateri počasi priteka na polje hladen zrak iz prezidanske suhe doline, zavija ob Debelem hribu proti zahodu, se na dnu polja združuje s hladnim zrakom s severnih in krajev južnih travniških pobočij ter izpodriva toplejši zrak, ki ga severnik z loške strani odriva pod gozdnati Telebačnik. Tam zavije kot kompenzacijski tok proti vzhodu, da v prezidanski dolini nadomesti odtekajoči prizemni zrak. V noči med 22. in 23. je bilo po smeri megle vidno, da odteka hladnejši zrak preko babnopoliske suhe doline proti zahodu.

Razmerje med temperaturo tal in temperaturo prizemnega zraka

Glede na teksturo vladata v Babnem polju predvsem dva tipa prsti. Prvi je na južnem, apneničkem pobočju Telebačnika in v višjih horizontih tal na dnu polja. Sestava tega tipa je naslednja:

	Grob pesek (nad 0,2 mm)	Drobni pesek (0,2— 0,02 mm)	Mel (0,02— 0,002 mm)	Glina (manj kot 0,002 mm)
Telebačnik II	0,74	37,06	41,0	21,2
Dno pri opekarni (— 10 do — 30 cm)	0,32	39,48	41,0	19,2
Dno nedaleč stran, globina 165 cm	1,21	18,39	43,0	37,2

Finejša tekstura tal v globini 165 cm na dnu polja je domnevna posledica veče starosti in lessiviranja površinskih horizontov. Da pa je vrhnja zemlja na dnu polja naplavljena, priča teksturna podobnost z zemljo na pobočju in do nekaj cm debeli drobci nekarbonatnih kamnin (grušč, pretežno iz roženca oz. silikatov), ki so jih morali pri izdelovanju opeke odstraniti in so vidni še danes.

Drugi tip zemlje je na dolomitnih pobočjih Debelega hriba, kjer je A-horizont rendzine temen, humozem in debel od nekaj cm do 20 cm in več, spodaj pa dolomitna skala. Na mestu meritev pri opuščeni opekarni je zemlja globoka nad 1 m, pri postajah na Telebačniku pa neenakomerno, 10—40 cm, pokriva pa jo slabo razpadli humus.

Ob naših meritvah 6., 7. in 9. decembra 1968 so znašale temperature v globini 30 cm: na Debelem hribu v n. v. 840 m 4,2—4,8°, v isti višini na Telebačniku 3,2—3,5°, pri opuščeni opekarni na dnu 2,0—2,1°,

pri vremenski hišici $4,5^{\circ}$ in v odprti vrtači zraven $3,7^{\circ}$. Preseneča majhna razlika med plitvimi prisojnimi in debelejšimi osojnimi tlemi. O gradientih govorijo poprečki tedanjih temperatur v raznih globinah:

	—30 cm	—15 cm	—5 cm	Razlika med —15 in —5 cm
Dno pri opuš. opekarni	2,0	1,2	—0,1	1,3
Telebačnik, 840 m	3,2	2,2	2,0	1,2
Debeli hrib, 840 m	4,4	4,6	4,2	0,4

Pri nekdanji opekarni so bila tla na površju zmrznjena, globlje pa, kot kaže, še precej suha, tako da je bila prevodnost majhna. Vlažna humozna in gruščnata zemlja na Telebačniku je sicer v celoti hladnejša zaradi osoj, toda toplota iz globin prevaja slabše kot zemlja na Debelem hribu, kjer so talne temperature v globini 5 cm občutno dnevno nihale tudi v dneh meritev v decembru. Višek je bil $8,6^{\circ}$ pri zračni temperaturi $7,9^{\circ}$, nižek pa — $1,2^{\circ}$ pri zračni temperaturi — $5,3^{\circ}$ (5 cm nad tlemi). Te razlike so znašale na Telebačniku le $0,9^{\circ}$ in na dnu polja $0,4^{\circ}$.

Terminska merjenja od 17—23. julija 1970 so bila še ob naraščanju temperature globljih tal. Najtoplejša so bila tla pri opekarni, ki so bila decembra 1968 najhladnejša. Ob poletnem merjenju so znašala kolbanja v globini 5 cm:

	Ob sončnem vzhodu	ob 14. uri	Razlika
Dno pri opuš. opekarni	15,0	18,5	3,5
Telebačnik I	12,0	16,0	4,0
Debeli vrh I	12,8	18,5	5,7
Telebačnik II	11,3	15,6	4,3
Debeli vrh II	12,7	17,8	5,1

Humozna plitva rendzina na Debelem vrhu se sicer opoldne bolj segreje kot tla na Telebačniku, a je slabše topotno prevodna in zato globlje ni večjih razlik, vkljub temu, da so tla pri postajah na Telebačniku zjutraj in zvečer delno zasenčena po okoliškem gozdu.

Podoba 10 kaže na znatne razlike med dnevi glede ogrevanja čez dan in ohlajevanja ponoči. Ob sončnem a vetrovnem dnevu (8. VII.) so se tla na najnižjih prisojah bolj segrela kot na dnu, ob oblačnem vremenu (21. VII.) pa manj.

Vpliv lege, prsti in vegetacije na temperaturno inverzijo v Babnem polju

Merjenja 6.—8. decembra 1968 so se začela ob visokem zračnem tlaku nad Srednjo Evropo, ko je 6. decembra pritekal v nižjih legah nad Babno polje hladni vzhodnik in povzročal ivje na drevesih nad okoli 850 m n. v. Ponoči je nato nastopila visoka meglja nad n. v. 900—1000 m, obenem pa se je razvila ob temperaturnem obratu še prizemna meglja na dnu polja. Naslednji dan je prišla Južna Slovenija v območje nizkega zračnega tlaka s centrom v Zahodnem Sredozemlju. Zjutraj so se pojavili ob jugozahodniku in hladnejšega vzhodnika se je razvila visoka meglja. Vzpostavno s poglabljajanjem zahodnika je ponoči nastala inverzija oslabela. Do 10. ure so se zato temperature v vseh višinah izenačile.

Pogoji za nastanek inverzije so bili torej zmerni in so dovoljevali, da je nastopila v noči od 6. na 7. december le do višine malo nad 900 m. V 40 m visoki zračni plasti je ob višku inverzije 7. decembra ob 7. uri znašal temperaturni gradient vzdolž pobočja, izračunan iz podatkov 150 cm nad tlemi, 18°/100 m, 50 cm nad tlemi 5,2° in 5 cm nad tlemi 5,5°/100 m (pod. 11). Podobno kot v vrtačah v Krajni vasi (Gams, Lovrenčak, Ingolič, 1971), so bile tudi v Babnem polju zvečer in v prvi polovici noči temperature višje na osojah kot na prisojah, čeprav na Debelem hribu talne temperature niso bile nižje. Večje razlike so bile med zgornjima dvema postajama. Na spodnji postaji je bilo na osojah toplej kot na prisojah: 150 cm nad tlemi za 1,4, 50 cm nad tlemi za 1,2 in 5 cm nad tlemi 1,5°.

Ta pojav v Krajni vasi lahko tolmačimo z dalj časa trajajočim večernim obsevanjem na južni kot na severni strani vrtače, ker je zahod poletnega sonca odmaknjen na severozahod. To pa na primeru Babnega polja odpade, ker osojnega pobočja sonce tedaj sploh ni obsevalo. Tu si lahko razlike tolmačimo z daljšim prisojnim pobočjem, po katerem laže piha hladnejši težji zrak. Ko prične po polnoči na prisojna pobočja kompenzacijsko pritekati toplejši zrak čez hrib, temperatura prizemnega zraka ne pada več tako kot na osojah. Zato se zmanjšajo razlike med obema stranema. 7. dec. ob 6.55^h so znašale le še 0,3° (150 cm nad tlemi 0,5°).

Zračne temperature ob višku inverzije v Babnem polju so prikazane na pod. 11 in 12.

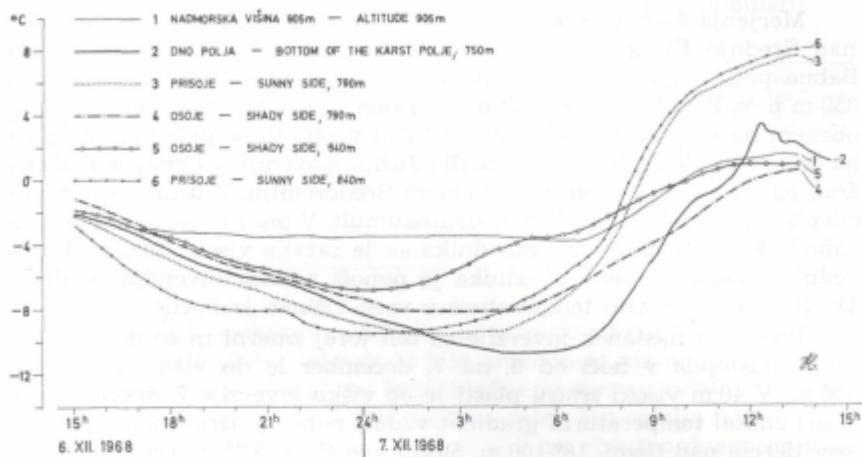
Temperature tal imajo pri ohladitvi zraka podrejeno vlogo, za vplivom vegetacije in lege.

Podobnega hitrejšega ohlajanja prisoj zvečer in do polnoči pri poletnih meritvah, od 19.—23. julija 1970, ni bilo mogoče zaslediti (pod. 12).

Potek temperatur zraka na osojah v višinah 1, 5, 50 in 150 cm ter talnih temperatur v globini 5 cm med segrevanjem čez dan prikazuje pod. 13. Največje razlike med prisojami in osojami so pri talnih temperaturah, ki se na prisojah po deveti uri znatno bolj dvignejo in pri zračnih temperaturah 0 in 5 cm nad tlemi, ki ostajajo proti večeru za-

BABNO POLJE TEMPERATURE ZRAKA — AIR TEMPERATURES (+15m)

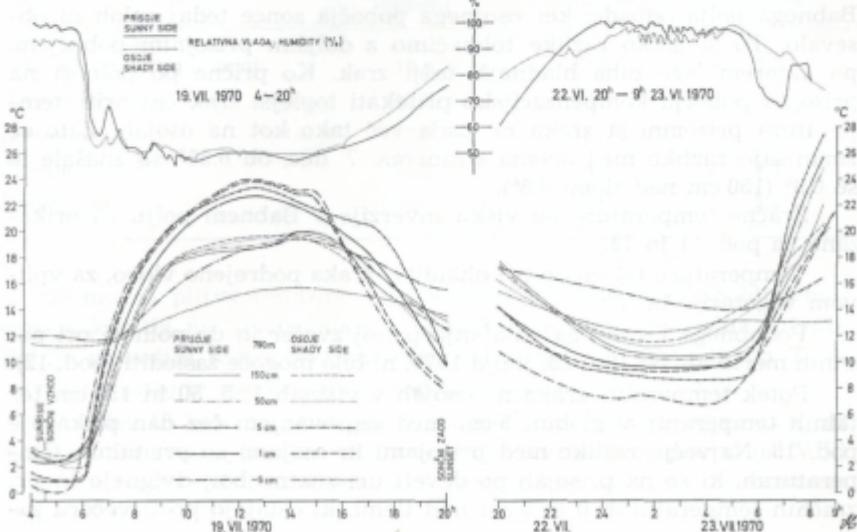
POD. FIG. 12

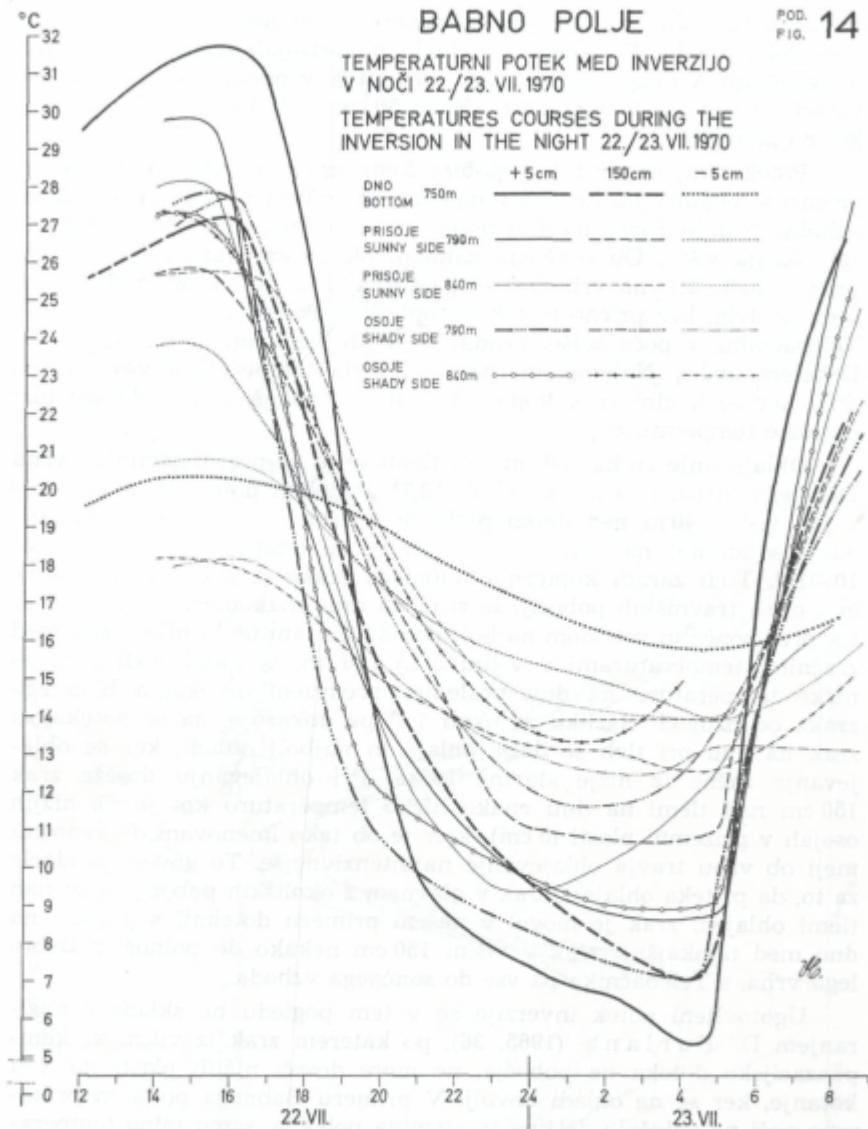


radi bolj segretih humoznih tal z večjo specifično topлотo še toplejša. Razlike v relativni vlagi prizemnega zraka so očitnejše ponoči do sončnega vzhoda, ko je na Telebačniku sušnejše, in po sončnem zahodu, ko je tam vlažnejše kot na prisojah. Te razlike se skladajo s pojavom, ki smo ga zabeležili v decembrisem merjenju v Babnem polju, ko je v osojah padala proti noči zračna temperatura počasneje. Toda julija

BABNO POLJE TEMPERATURE PRISOJ IN OSOJ
TEMPERATURE ON THE SUNNY AND SHADY SIDES

POD. FIG. 13





razlike v vlagi niso vplivale na zračne temperature, najbrž zato, ker jih kompenzirajo toplejša tla na prisojah. Upoštevati pa je, da je okolica postaje na Telebačniku bolj gozdnata.

Na podobi 14 je prikazan potek temperatur na prisojah in osojah za noč med 22. in 23. julijem 1970, ko je bila občutna inverzija. Na prisojah se tla enakomerno ohlajajo vso noč, na osojah pa predvsem v

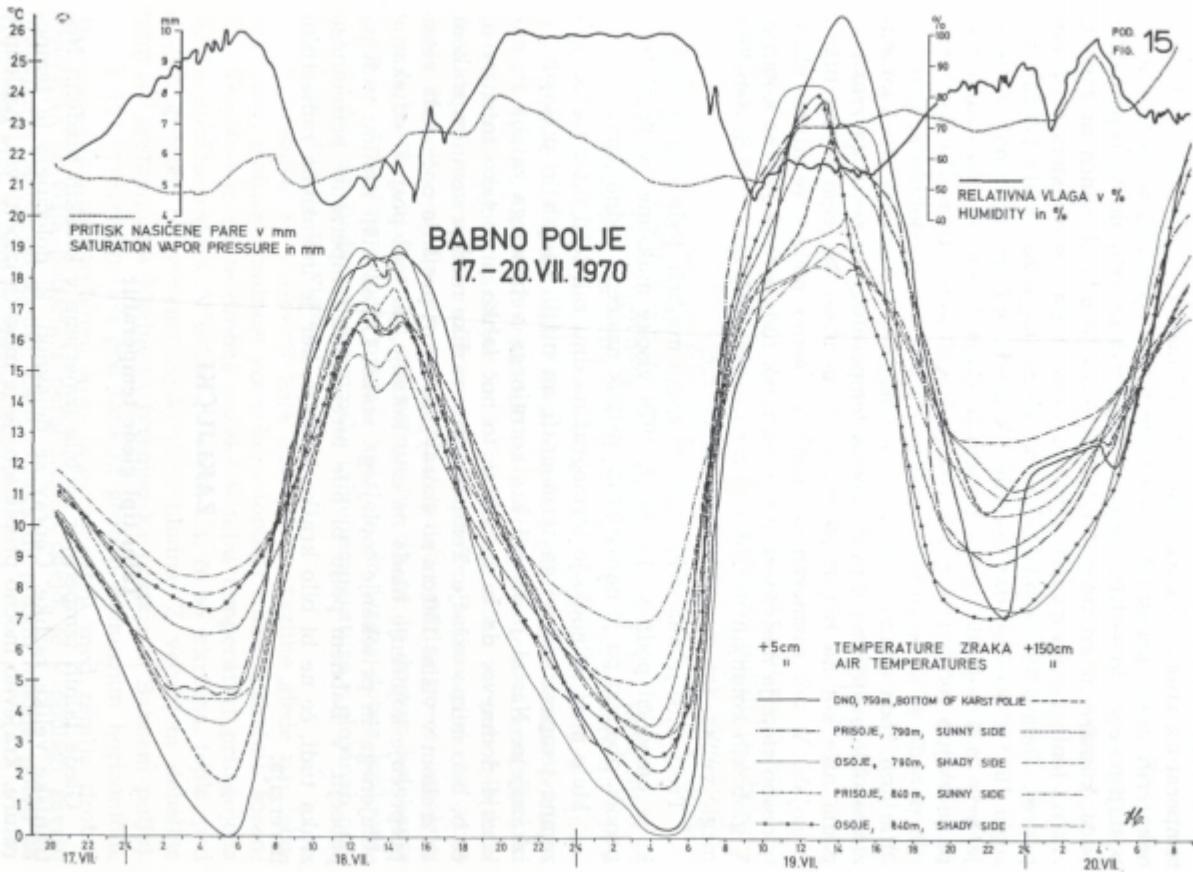
prvi polovici. Vkljub temu pa sta zveznici za temperature pri tleh po noči dokaj enaki. Po sončnem vzhodu na prisojah temperature hitreje naraščajo. V drugi polovici noči, in tudi še v prvih urah po sončnem vzhodu, postajajo temperature 150 in 50 cm nad tlemi na osojah višje kot na prisojah.

Potek temperatur tal v globini 5 cm, zraka v višini 5 in 150 cm, prikazuje podoba 14. Zračne temperature + 5 cm po 16^h skrajna dokaj skladno padajo, razen na dnu polja, in so, deloma tudi zaradi toplejših tal, skrajna višje. Ob sončnem zahodu, okoli osme ure zvečer, pa se prično razhajati: na vrhu Debelega hriba se že okoli 23^h padec spremeni v dvig, ker prične pritekati toplejši zrak čez vrh; zniževanje na Telebačniku je počasnejše, vendar v nižjih legah intenzivnejše kot na Debelem hribu. Najenakomernejše pa pada temperatura vso noč na dnu, ker se hladni zrak kopiči. Vkljub najtoplejši zemlji doseže tam najnižje temperature.

Ohlajevanje zraka 150 cm nad tlemi se je najprej ustavilo na vrhu Debelega hriba, in sicer na okoli 13,7°. Podoben potek so imele osoje v isti višini. 40 m nad dnem polja je v drugi polovici noči hladnejše na prisojah kot na osojah, pri obeh pa se temperature ustalijo pri 10—12°. Tudi zaradi kopičenja hladnega zraka iz previdanske doline in z obeh travniških pobočij, se zrak na dnu enakomerno ohlaja in se tik pred sončnim vzhodom najbolj ohladi. Če tam ne bi bilo razlik med zračnimi temperaturami v višini 5 in 150 cm, bi mogli soditi, da so nizke temperature na dnu posledica predvsem dotekanja hladnega zraka od drugod. Razlika za okoli 1,5° pa dokazuje, da se dotekajoči zrak na dnu pri tleh še dalje ohlaja in najbolj ohladi, ker se ohlajevanje začne iz nižje startne točke. Pri ohlajevanju doseže zrak 150 cm nad tlemi na dnu enako nizko temperaturo kot je na nižjih osojah v prizemni plasti (5 cm), kjer je ob tako imenovani dejavnostni meji ob vrhu travja ohlajevanje najintenzivnejše. To govori vendarle za to, da priteka ohlajeni zrak v glavnem z okoliških pobočij. 5 cm nad tlemi ohlajeni zrak je mogel v našem primeru dotekat s pobočjem na dno med tamkajšnji zrak v višini 150 cm nekako do polnoči z Debelo vrha, s Telebačnika pa vse do sončnega vzhoda.

Ugotovljeni potek inverzije se v tem pogledu ne sklada z nazorjem D. Furlana (1965, 36), po katerem zrak iz višin, ki kompenzacjsko doteka na pobočja, ne more doseči nižjih plasti na dnu kotanje, ker se ne ohladi dovolj. V primeru Babnega polja in prikazane noči ne odločajo dolžina in strmina pobočja, samo talne temperature in vrsta travja, temveč tudi splošna zračna cirkulacija, v našem primeru dotekanje toplejšega zraka od severa in odrivanje hladnejšega pod osojno pobočje. Mnogo bolj kot minimalne temperature v prizemnem zraku se razlikujejo temperature nad 150 cm, ker se na kontanjastem dnu kopiči na pobočjih ohlajeni in semkaj zdrseli zrak.

Vzroke intenzivnosti temperaturne inverzije nakazuje podoba 15. Od treh noči med 17. in 23. julijem so bili najnižji minimi prvo noč



ob visokem tlaku in grezjanju zraka — subsidenčni inverziji. Tedaj je temperatura zraka ob gornji dejavnostni meji travja (+ 5 cm) segla v nekaterih otokih pri opuščeni opekarni le malo pod nič, na meteorološki postaji pa celo do — 1,1°. Slana je na njivah in vrtovih rahlo prizadela buče, kumare in krompir. Naslednji večer je bila ob sončnem zahodu zračna temperatura na naših postajah celo nižja kot ob istem času dan poprej. Toda višja je bila relativna vlaga, ki je že kmalu po 22^h dosegla 100 %, prejšnji dan pa šele tik pred sončnim vzhodom. Zato se je prvo noč pojavila redka prizemna vlaga le na otokih, drugo noč pa je vkljub večji vetrovnosti dosegla debelino čez 10 m. Z nižjih osojnih pobočij je sicer pritekal ohlajeni zrak, v neki dolinki s hitrostjo 31 m/min, toda očitno je sproščanje energije ob kondenzaciji kompenziralo ohlajevanje na dnu in nočna temperatura prizemnega zraka ni padla niže kot na nižjih osojah in je le malo presegla to na nižjih prisojah. V teh razmerah se zrcali ne samo pomen relativne vlage odnosno stopnja nasičenosti s paro, ampak tudi pomen globine kotanja. V globokih kotanjah je lahko globina hladnega jezera in tudi debelina megle velika, zato v njih ni take ohladitve.

Tretjo noč je bila sicer vlažnost zraka majhna, toda suhi zahodnik, ki je omogočil podnevi 19. julija 1970 visoke maksime, je pihal tudi ponoči, obenem pa je narasel tudi pritisk nasičene vodne pare.

Malo pred polnočjo je termograf na dnu zabeležil hiter padec prizemne temperature, ki ga termografi na nižjih osojah in prisojah ne izkazujejo. Nastal je zaradi kratkotrajnega vetrovnega zatišja in nakazuje domnevo, da bi bil obrat to noč lahko prav tako intenziven, če bi bilo mirno ozračje. Temperaturne razlike med prizemnim zrakom in zrakom v višini 150 cm so skoraj enake kot prejšnje noči, toda veter preprečuje kopiranje hладa na dnu kotanje, pa tudi pospeši odtekanje ohlajenega in pritekanje toplejšega zraka. Odtod višji minimi tudi na pobočju. V Babnem polju bi bile torej nizke temperature prizemnega zraka tudi, če ne bi bilo kraške kotanje, ker je intenzivna radiacijska inverzija.

ZAKLJUČKI

Talni tipi glede temperatur

Glede talnih temperatur so bile izmerjene v kraških predelih Notranjske velike razlike. Čeprav se dejavniki, ki določujejo te temperature, krajevno močno prepletajo, je le mogoče izločiti vsaj naslednje talne tipe, ki so ugotovljeni z meritvami temperature pod travno vegetacijo:

1. Poleti so bile izmerjene najvišje površinske (— 5 do — 10 cm) in globlje (— 30 cm) temperature v tistih tleh, ki jih obdobjno (dno

vrtače pri meteorološki postaji v Babnem polju konec aprila) ali trajno (Cerkniško polje, ob Zadnjem kraju) ovlažuje talna voda in povečuje toplovodnost. Takih tal s talno vodo pa je na krasu malo. Na vodo-držnih tleh se talna vlažnost praviloma veča z globino. Naša merjenja pa so vsa ugotavljala manjšanje talne vlažnosti bliže vodoprepustne karbonatne podlage. Čeprav sprejema slovenski kras v celinski klimi razmeroma precej padavin, te na suhih tleh na vodoprepustni podlagi poleti ne ogrevajo tal v toliki meri kot na nekraškem svetu.

2. Melnato-peščena ilovica, značilna za naplavljena tla v kraških depresijah, je zaradi nekdanjega in sedanjega obdelovanja lessivirana in zaradi precejšnje zračnosti slab prevodnik toplotne. Zaradi sušnosti pa ima manjšo specifično toploto. Taka tla (primer postaje Bife, Otok, Dolenje jezero na Cerkniškem polju, pri opuščeni opekarni v Babnem polju) se poleti in opoldne močno segrejejo na površju in v globinah, pozimi in na osojah pa se nadpoprečno ohladijo.

3. Neorana globoka ilovica z debelim A horizontom (postaje na Slivnici, vrtača pri vremenski postaji v Babnem polju) je običajno vlažnejša, z večjo specifično toploto in nekoliko boljšo toplotno prevodnostjo kot jo ima prejšnji talni tip. V celoti so hladna, dnevno kolebanje je v vrhnji plasti manjše.

4. V celoti plitva ilovnata do glinasta ali peščena tla s hitro se menjajočo globino, tipa rjave rendzine, rjave do rjavo rdeče ali rdeče zemlje. Njihov temperaturni režim določuje majhna specifična toplota (za apnenec 0,18 gram. cal. $^{\circ}$ C) in dobra toplovodnost skalne podlage, ki se vriva med prst ali sega celo na površje. Pri tem talnem tipu, ki je na krasu najbolj razširjen in ki prevladuje zlasti na pobočjih kraških depresij, so velike razlike v temperaturnem režimu glede na osonenje. Nezasenčena tla se v vrhnji plasti poleti opoldne precej ogrejejo, ponoči znatno ohlajajo. Na zasenčenih mestih pa je dnevno kolebanje majhno. Pozimi in ponoči prihaja vse leto do izraza dobra toplovodnost kamna od spodaj in zato zimske talne temperature v globinah niso nizke, poletne pa ne visoke.

V drobnem so v okviru tega tipa znatne razlike glede na debelino prsti, zračnost, možnost konvekcije toplega zraka iz skalnih špranj itd. Verjetno je na te drobne razlike v talni temperaturi prilagojena pestra gozdna sestava. V celiem pa so ta tla, če so izkrčena, topla, pod gostim gozdom pa v vegetacijski dobi hladna. Z večanjem debeline humusa postajajo tla hladnejša (vremenska postaja v Babnem polju).

5. Pri gruščnatih tleh pod tankim grobim humuznim horizontom, ki so značilna za otrebljeni kras, kjer so ostali med zemljo drobni kamni, in za višja pobočja s periglacialno odejo, je v podlagi zavrtlo prevajanje toplotne od spodaj. Zato so taka tla pozimi hladna, poleti pa zelo topla tudi v osojah (Javorniki).

6. Humozna rendzina na morenskem in periglacialnem grušču, med katerim so neizpolnjeni prostori (Masletova koleševka). Zaradi velike zračnosti je toplovodnost majhna, humuzni pokrov pa je izvrsten toplotni izolator. Ta talni tip je v vrtačah v senčnih legah poleti

najhladnejši. Verjetno prihaja tudi do pretakanja podtalnega hladnega zraka po pobočju navzdol. Grušč pomeni toplotno izolacijo proti skalni podlagi, humus pa proti površinskemu ogrevanju.

Mrazišča

Hladnost rendzine na morenskem ali periglacialnem grušču na osojah povečujejo predvsem depresijske kraške oblike, posebno vrtače in koleševke, v katerih je zaradi zavetrne lege pozimi več snega. To se je izkazalo pri ogledu naslednjih mrazišč na našem krasu.

Na severni strani Notranjskega Snežnika (1769 m) se vrsti več globokih vrtač. V vrtači pod Gamsovo glavo je ležal še 9. septembra 1970 sneg. V zahodnejšo vrtačo, z dnem v n. v. 1461 m, sega rušje (*Pinus mugo*) od vrha Snežnika po pobočju s povprečnim naklonom 35° do blizu dna, na drugih pobočjih prehaja bukov gozd okoli 30 m nad dnem ob ostri vodoravni meji v rušje, med katerim so redke smreke slabe rasti (foto 7). Rušje prehaja ob zakrnelim in vedno nižjem rastju slabih 10 m nad dnem v alpski pašnik. V območju rušja in trave na dnu 8. in 9. septembra 1970 postavljeni termohigrografi so, verjetno zaradi vetra, zabeležili na dnu ponoči v poprečju samo za eno stopinjo nižjo temperaturo kot na višjih prisojah in osojah. Pač je bila na dnu med 14. in 21. uro v poprečju za 15 % nižja relativna vlaga kot na osojah, med polnočjo in peto uro pa rahlo višja. Vsa pobočja sestavlja porasel grušč, del dna pa morena (?) na koncu jarka s snežniškega pobočja.⁵ 8. septembra 1970, torej v času najvišjih temperatur v globini 30 cm, so znašale talne temperature na neporaslih, z rušjem ali bukovjem pokritih južnih, vzhodnih in zahodnih straneh, v globini 30 cm med 9,8 in 11°, največkrat okoli 10°. V globini 20 cm so bila tla v poprečju le za 0,3° toplejša, v globini 5 cm pa so ob delno oblačnem vremenu pri zračni temperaturi 15° imela 12° C. Hladnejša tla so bila le pod poševno jamo, ki se odpira okoli 10 m nad dnem vrtače na vzhodni strani in iz katere piha obdobno hladnejši zrak (— 30 cm: 7,8—8,5°). Edino osojno pobočje pod rušjem je bilo znatneje hladnejše (na pobočju 30 m nad dnem v globini 30 cm 5,1°). Izven vrtače, više na Snežniku, so bile te temperature na manj poraščenem zemljišču višje, okoli 10°, to je toliko, kot v vrtači izven osojnih mest. Te nizke temperature so verjetno posledica snega, ki se tam nakopiči in dolgo obleži. Hladni zrak z osojnih pobočji, zaradi katerega je bila zabeležena tudi višja relativna vlaga, še poleti ohlaja dno vrtače, kar povzroča vegetacijski obrat. Pas rušja se je verjetno pod vplivom človeka razširil na račun smreke in alpski pašnik na dnu na račun rušja, toda oblika grmovja in navzdol vedno bolj zakrnene smreke v rušju ter talne temperature govorijo za to, da je vegetacijski obrat priroden pojav, čeprav v večjem obsegu kakor nekoč.

⁵ Morebiti gre za gruščnati nasip na koncu snežišča, ki je v času, ko so pastirji požgali rušje na osojnem pobočju, segalo do vrha Snežnika.

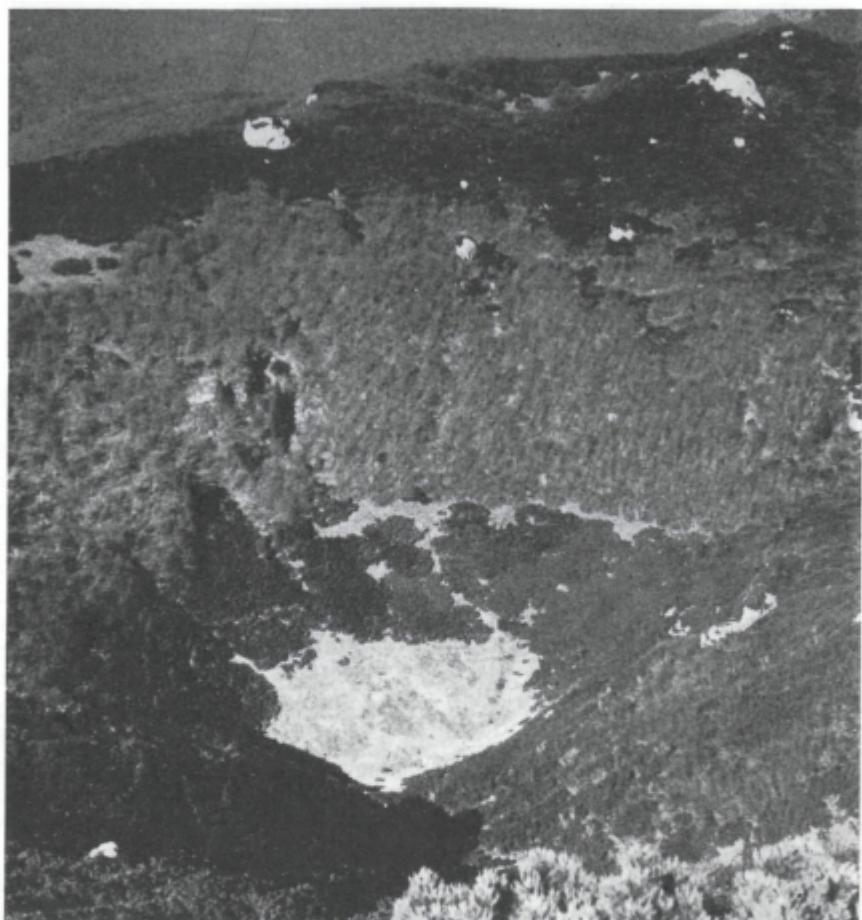


Foto 7. Zahodna vrtača pod Notranjskim Snežnikom, z dnem v n. v. 1461 m. Vegetacijski obrat obsega bukov gozd, ki prehaja navzdol v rušje — *Pinus mugo* (ta sega na severno stran, proti nam, do vrha brez prekinitev), in alpski travnik v dnu

Photo 7. The west dolina below the Mt Notranjski Snežnik, whose bottom lies at an altitude of 1461 m. The vegetational inversion comprises beech forest, which continues downward into the pine bushes (*Pinus mugo* on the north side, below us, reaching the crest without interruption) and alpine meadow on the bottom

Hladnejša rendzina na grušču in kotanjasta lega prideta do izraza v vegetacijski odeji tudi v sosednji, uvalasti vrtači Holarina z dnem v n. v. 1430 m vzhodno od tod (foto 8). Na dnu je več ločenih sekundarnih vrtač z golimi skalami na samem dnu, s pasom travja naokoli,



Foto 8. Sestavljeni vrtača (uvala) Holarina z dnem v n.v. okoli 1430 m severno pod Velikim Snežnikom. Od otokov gruščate tundre in alpskega travja na dnu sekundarnih vrtač je viden samo eden sredi rušja (*Pinus mugo*). To prehaja navzgor v bukov gozd, razen na severni strani, kjer porašča (morenski) drobir smrekov gozd

Photo 8. A compound dolina (uvala) named Holarina whose bottom lies at an altitude of cca 1430 m, North of Mt. Vel. Snežnik (1796 m). Only one island of rubble tundra and alpine meadow lying on the bottoms of the secondary dolinas, is seen between the *Pinus mugo*. This continues up the slopes into beech forest, except in one place on the north side, where (drift) boulders are covered by pine forest

nakar sledi rušje, temu pa na severovzhodni strani smrekov gozd z debli, visokimi do 20 m in več, drugod pa gozd bukve, jesena, goskega javorja itd. Smrekov gozd porašča sistem morenskih nasipov in raztresenega morenskega drobirja.⁶ V gostem smrekovem gozdu so bile v osojni legi talne temperature med 8,5 in 9° (v globini 30 cm), podobno kot na ravnem v ruševju med vrtačami, medtem, ko so bile pod travjem na prisojah temperature okoli 10°. Med golimi skalami na dnu vrtač ni bilo takega hladu, kot smo ga ugotavljali na dnu koleševk pri Logatcu.

Najbolj splošno znano mrazišče z vegetacijskim obratom, Smrekova draga na severni strani Goljakov, leži znatno niže, z dnem

⁶ M. Šifrer (Obseg pleistocenske polededenitve na Notranjskem Snežniku. Geografski zbornik V, 1959), moren na severni strani Snežnika ne omenja. Da gre za morene, pričajo oblike površja, petrografska mešani drobir in nekaj zaobljenih kamnov. Golic, žal, ni.

v n. v. 1100 m. Da rušje v vrtači ni samo klimatsko pogojeno, dokazujejo do 10 in več metrov visoke smreke še v najnižjem delu dna ob severnem robu kotanje. Meja med rušjem in gozdom nima značilnosti klimatske gozdne meje. Rušje porašča bolj zasenčeno dno in osojna pobočja, v glavnem po ulegniah, po vmesnih legah pa sega nižje. Že te razmere izključujejo topotno inverzijo kot odločilni dejavnik vegetacijskega obrata do pasu rušja, kakor je to mislil Beck-Mannagetta (1906) in drugi ter po njih tudi A. Melik (1960, 489, in sliki na strani 485 in 487; njegovi sliki zaradi perspektive ne dajeta podobe zaraščenosti severnega roba kotanje s smrekovim gozdom). Zmotno gledanje, da je rušje pogojeno samo z inverzijo, je popravil že Hribar (1960), ki je navedel kot vzrok relativne hladnosti vrtače hladni zrak, ki piha iz medskalnih votlin na pobočjih. To so potrdila tudi naša merjenja 25. avgusta 1970, ko smo pri zračni temperaturi 14—15° ugotovili po osojni grapi vetrič s temperaturo 11,2° ter hitrostjo 1,5 m/sek. Talne temperature v globini 30 cm so bile dokaj izenačene v smrekovem gozdu na severnem robnem gozdu in v rušju na osojah — okoli 6,7 do 7,2°; toliko je znašala tudi temperatura v nekaterih skalnih votlinah, medtem, ko je bila v bukovem gozdu na ravnem prevalu nad vrtačo okoli 11,2°. Rušje je zaraso posekani ali požgani smrekov gozd. Smreka v borbi z rušjem na osojnih, po požigu erodiranih pobočjih in na bolj zasenčenem dnu ni mogla uspešno tekmovati toliko zaradi nizkih talnih in zračnih temperatur, kolikor predvsem zaradi pičlega humusa, ki porašča morenske skale.⁷ Ker ostajajo pod humusom hladna skalnata tla z velikim temperaturnim gradientom še v vegetacijski dobi, drevesa z globjimi koreninami ne morejo tekmovati z rušjem. Zaradi inverzije in zapolnjevanja dna s hladnim zrakom z osojnimi pobočji, bi se izražal naravni vegetacijski obrat samo v razporedu bukve zgoraj in smreke spodaj.

Po Wrabrovem (1969) opisu je podobnega značaja, to je z gruščnim dnem, tudi Prelesnikova koleševka na Kočevskem, kjer je sredi bukovega gozda otok subalpskega smrekovega gozda (*Piceetum subalpinum dinaricum*).

V naši geografski literaturi najdemo o topotni inverziji kraških kotanj in kotlin vobče tako-le naziranje: »Takrat se zrak ohlaja spričo izžarevanja v jasnih nočeh, ohlajena zračna plast se vleže na dnu kotline, kamor doteka tudi mrzli zrak s pobočij na obodu vsak dan na novo. Spričo tega se nabira v kotlini čim dalje večja množina zelo ohlajenega zraka, ki stagnira tamkaj... Čim višji je obod, tem večji je učinek. V Ljubljanski kotlini je na jugu obod razmeroma nizek, zato je tam manj inverzije... Temperaturni obrat nastopa zlasti tudi v kraških poljih, kjer so zanj prav tako ugodni pogoji, dasi spričo nizkega oboda v milejši obliki« (Melik, 1956, 233, 235, 237).

⁷ Da je to gradivo morensko, je potrdil Habič (1968, s. 138), ki navaja (s. 152) dihalnike. Skozi luknje v snežni odeji je pozimi 1962/63 pihal zrak s temperaturo 1,3° C.

Vrste inverzije

Meritve, navedene v tem elaboratu, zahtevajo podrobnejšo razčlenitev invezije kot jo je najti v učbenikih (npr. Munn, 1966). Glavni tipi bi bili naslednji:

1. Radiacijska inverzija, ki nastaja zaradi dolgovalovnega sevanja zemlje v jasnih nočeh in je predvsem mikroklimatski pojav v zraku do 2 višine. Ni vezana na kotline. Merjenja na Babnem polju 19. in 20. jul. 1970 so ugotovila znatno mikroinverzijo tudi ob oblačnem in precej vetrovnem vremenu. To se pravi, da so nekateri predeli posebno ugodni za razvoj radiacijske inverzije. Ker se zrak najbolj ohladi v višini zgornje dejavnostne meje na vrhu travja (glej pod. 13 in 14) in ne tik ob površju prsti, moramo pogoje zanjo iskati predvsem v vegetaciji. Suhe prsti in trave tipa *Nardus stricta* na kislih in *Bromo-Brachypodietum pinnati* na karbonatnih tleh, so za razvoj radiacijske inverzije domnevno posebno ugodne, verjetno zaradi večje sušnosti prizemnega zraka.

2. Subsidenčna inverzija v naših preučevanih depresijah pospešuje radiacijsko inverzijo v Babnem polju zaradi fenizacije vetra, ki piha čez gorovje Notranjskega Snežnika, pri čemer se adiabatsko segreva in suši.

3. Advektijsko inverzijo modifirajo kraške kotanje, ki imajo neenako vegetacijo, s tem, da hladnejši zrak, ki veje podnevi npr. iz gozda na pobočju, zaradi večje teže stagnira na travniškem dnu kotanje.

Poleg teh inverzij, ki so značilne za ravno površje, se javljata v kraških depresijah še naslednja dva tipa:

4. Inverzija zaradi prisilne ali proste konvekcije.⁸ Ta tip bi lahko imenovali tudi poletni odnosno dnevni tip inverzije v nasprotju z radiacijsko inverzijo, ki je bolj nočna. Obsevani del vrtače ali koleševke se bolj ogreva, nastopi konvekcija, dvigajoči se zrak pa nadomešča hladnejši zrak, ki priteka v prizemnem sloju po osojnem pobočju proti dnu. Med 29. majem in 5. junijem 1970 so bile v logaških koleševkah razlike med temperaturo zraka v prizemnem sloju na dnu koleševke in na prostem ob sončnem vzhodu poprečno $2,6^{\circ}$, nakar so se večale proti večeru, ko so dosegle 9° , nato pa spet manjšale. Skladno s tem je upadala tudi hitrost hladnega vetra po osojah Mačkove koleševke.

5. Rezistenčna inverzija je sicer značilnost vseh kotanj, a je v globokih koleševkah bolj pogosta. Tedaj hladni zrak zaradi teže še leži v depresiji, čeprav je v prostem ozračju toplejši zrak že

⁸ Po Munnu (1966, 42) nastaja prisilna konvekcija, kadar piha veter po neravnini površini, povzroča turbulenco, ki meša zrak iz raznih neenako ogrevanih mest. Prosta konvekcija nastaja zaradi neenakega ogrevanja tal, zaradi česar se toplejši zrak dviga sam od sebe.

zamenjal hladnega. Ob sončnem vremenu inverzija zaradi proste ali prisilne konvekcije nadomesti rezistenčno inverzijo.

6. Inverzija zaradi reliktnega snega v kraških kotanjah. Dolgotrajen sneg na dnu je značilen zlasti za globoke koleševke s strmim južnim pobočjem in rendzino na periglacialnem ali glacialnem grušcu na pobočju ali na dnu.

Omenjene vrste inverzije se običajno dopolnjujejo in jih je težko ločiti. Subsidenčna inverzija v Babnem polju na primer povečuje zaradi večje sušnosti ozračja radiacijsko ohlajevanje, ta povečuje advekcijsko inverzijo, ki vpliva na inverzijo zaradi prisilnega ali prostega dviga zraka. Često jih spremljata še rezistenčna inverzija in inverzija zaradi reliktnega snega.

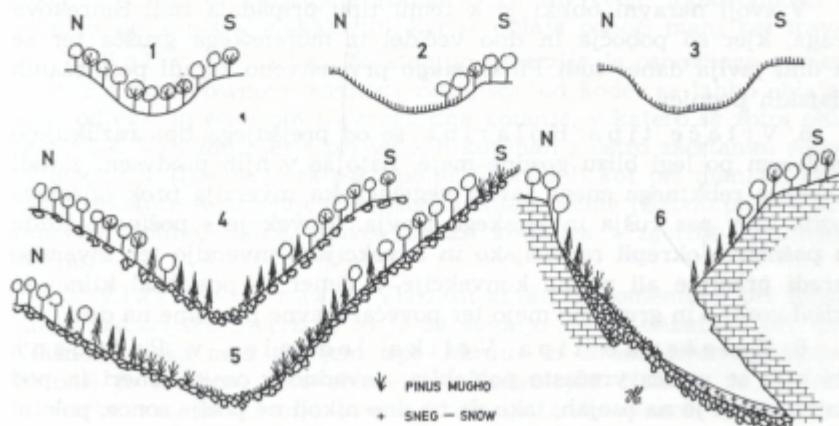
Celokupnost teh vplivov v kraških kotanjah, ki jih spremljajo kata-batični vetrovi, bi lahko imenovali *katabatično inverzijo*. Ob njej se steka ohlajeni prizemni zrak po pobočju samo zaradi večje relativne teže zraka.

Morfološko-vegetacijski tipi vrtač

Na intenzivnost in prevlado omenjenih inverzij močno vplivajo oblike kraške kotanje in vegetacija. Ker pa sta ta dva pojava v medsebojni zvezi, lahko izmed množice primerov izločimo vsaj naslednje tipe (pod. 16):

1. Pogozdene vrtače. Čeprav niso povsem znane stopnje ohladitve zraka ob gornji dejavnostni meji gozdnega drevja in ni povsem znano drsenje zraka po neravnini ploskvi krošenj ter med debli

TIPI VRTAČ PO INTENZIVNOSTI TEMPERATURNEGA OBRATA
TYPES OF DOLINES ACCORDING TO THE INTENSITY OF TEMPERATURE INVERSION



po pobočju, pomeni gozd po naših meritvah v Krajni vasi in v Babnem polju močno oviro za nastajanje radiacijske, advekcijske inverzije, inverzije zaradi prisilne in proste konvekcije. Ker pa gozd zmanjšuje vetrovnost, sta v globokih vrtačah občutni rezistenčna inverzija in inverzija zaradi reliktnega snega.

2. Delno pogozdene vrtače. Gozd praviloma zarašča osojna pobočja, dno in prisoje pa so pod travniki. V tem primeru se javljajo vse vrste inverzije, nekoliko manj radiacijska, bolj pa advekcijska in inverzija zaradi prisilne ali proste konvekcije, ko piha ob sončnem vremenu hladni zrak iz gozda proti osončenem dnu in prisojam, kjer vlada konvekcija.

3. Travniške vrtače. Po naših meritvah poleti v teh vrtačah radiacijska inverzija navadno ni intenzivnejša kot v prosti okolici in malokdaj se javlja rezistenčna inverzija, ker je čez dan ozračje zaradi neenake insolacije labilno. Pač pa se lahko na dnu ustvarja jezero hladnega zraka in dalj časa stagnira v vrtačah s tako strmim južnim pobočjem, da je sončno sevanje na dnu bistveno zmanjšano. Na intenzivnost posameznih vrst inverzije in njeno celoto bistveno vpliva oblika vrtače (skledaste, kotlaste), razmerje med prisojnim in osojnim pobočjem, razsežnosti (zaradi protisevanja niso ugodne majhne kotlaste, zaradi vetrovnosti ne plitve odprte vrtače).

4. Koleševke tipa Mačkova koleševka. Pobočja so gruščnata, pokrita z rendzino, porasla z gozdom. Pri mladih tvorbah s strminami, večjimi od posipnega kota, je na dnu neporaslo skalovje. Zaradi večje vlažnosti je radiacijska inverzija slabotnejša kot na prostem v travniškem okolju. Spomladi je najbolj značilna inverzija zaradi reliktnega snega, poleti pa inverzija zaradi prisilne ali proste konvekcije. Pozimi se uveljavlja reliktna inverzija. Že v nadmorskih višinah nad 450 m se v predelih z nad 1600 mm padavin javlja v takih kolešvkah v dnu smrekov gozd, medtem ko višja pobočja porašča združba jelke in bukve.

V svoji naravnih oblikih je k temu tipu pripadala tudi Smrekova draga, kjer so pobočja in dno večidel iz morenskega grušča ter se na dnu javlja danes tudi *Pinus mugo* prvenstveno zaradi poslabšanih edafskih pogojev.

5. Vrtače tipa Holarina se od prejšnjega tipa razlikujejo predvsem po legi blizu gozdne meje. Zato se v njih predvsem zaradi inverzije reliktnega snega javlja vegetacijska inverzija prek iglastega gozda še v pas rušja in alpskega travja. Človek je s požigom gozda za pašništvo okreplil radiacijsko in advekcijsko inverzijo ter inverzijo zaradi prisilne ali proste konvekcije, s čimer je poslabšal klimo in zvišal gozdro in grmovno mejo ter povečal travne površine na dnu.

6. Koleševke tipa Velika ledenica v Paradani. Pri njih se vrtača vrečasto poglablja, navadno v osojni smeri in pod previsom, ki je na osojah, tako da na dno nikoli ne posije sonce, poletni

dež pa ne pada na dno naravnost, temveč prej ponika skozi previs, pri čemer se ohladi in doseže dno v curkih. Zato lahko ostaja na dnu sneg, ki ga ponekod kopijo tudi snežni plazovi s pobočij, v posebno ugodnih legah pa tudi led. Rastlinska inverzija je popolna, od gozdne do grmovnate zarasti, alpske travne cone, gruščnate tundre in ledu. To je tip snežnic in ledenic, njihovo klimo pa je starejša literatura nehote posploševala na vse vrtače. Dejansko pa predstavljajo prehod k jamski klimi. Po meritvah Hribarja (1960) je bila v Veliki ledenici v Paradani največja topotna inverzija poleti, najmanjša pa pozimi, ker je temperatura na dnu stabilnejša zaradi protisevanja od pobočij in vlage. Čez dan se najbolj spreminja v višini, do katere sega na prisojah sonce in povzroča prosto in prisilno konvekcijo.

Stevilčno ta tip vrtače daleč zaostaja za drobnimi in plitvimi skledastimi ali lijakastimi vrtačami in za običajnimi koleševkami.

Kako more tako kraška kotanja lokalno znižati snežno mejo, vidimo iz naslednjega računa. Če izhajamo iz vremenskih postaj v Vipavski dolini, ima ob gradientu $0,54^{\circ}/100\text{ m}$, nadmorska višina 1090 m , v kateri je zasneženo dno Velike ledenice v Paradani, srednjo letno temperaturo okoli 7° . Toda na Kredarici, v višini 2515 m , ki je $100\text{ do }200\text{ m}$ pod snežno mejo, znaša srednja letna temperatura $-1,7^{\circ}$. Kotanja Ledeneice zniža lokalno temperaturo vsaj za 9° .

Kraška polja

V luči naših raziskav so najpomembnejši dejavniki za inverzijo naslednji:

1. **Talne in vegetacijske razmere.** Ker se zrak ponoči najbolj ohladi ob gornji dejavnostni meji travja, je za stopnjo ohladitve v kraškem polju pomemben obseg travniške, pašniške in poljske površine ter sestava travja. Suha tla in suha trava pospešujejo ohlajevanje, voda in gozd pa zadržujeta (Bohinj). Zaradi večje topovodnosti ni ugodno, če je pobočje skalovito, ker se ohlaja ponoči manj kot travje.

2. **Vpliv reliefa.** Za stopnjo inverzije je osnovnega pomena razmerje med obsegom travnega zemljišča, od koder se lahko ohlajeni zrak odteka, in obsegom dna kotanja, v katero se zbira ohljeni zrak. To razmerje je pri velikih kotlinah z ostro začrtanim robom neugodnejše (Loško, Cerkniško polje, Globodol) kot pri manjših kotanjah, v katere se končujejo daljše travniške doline (Bačno polje s prezidansko dolino, Bloke, Slovenjgraška kotlinica z zgornjo Mislinjsko dolino).

3. **Vlažnost zraka.** Vlažnost zraka je pomembna pri formiranju radiacijske inverzije, to je za stopnjo nočne ohladitve pri tleh. Vlažnost zraka med travjem tipa *Nardus* in *Bromo-Brachypodietum* Pinnati je majhna, zato ohlajevanje izdatnejše. Nadalje je vlažnost pomembna za formiranje jezera hladnega zraka ponoči v kotanjah.

Tako kot se v istih kotanjah inverzija bolj javlja ob sušnem vremenu, tako se javlja bolj v tistih kotanjah in dolinah, ki imajo v poprečju sušnejši zrak (Murska Sobota). Večletna opazovanja v Babnem polju so naletela na močno fenizacijo, ki pogojuje subsidenčno inverzijo. Tako imenovane drevesne zastave na Notranjskem Snežniku dokazujejo, da tam prevladuje veter iz južne smeri. Ta se na severni strani greza-fenizira. Ob zmerno oblacičnem vremenu se od Čabra mimo Babnega polja in Babne police pogosto javlja na nebu otok jasnine. Na severozahodu se končuje tam, kjer se ob Notranjskem podolju neha Snežniško pogorje, Javorniki pa se primaknejo tik ob podolje ter ga senčijo z oblaki nad vrhovi. Zato se otok jasnine često končuje na jugovzhodnem koncu Loškega polja. Zaradi fenizacije ima Babno polje manj padavin kot vse okoliške postaje (Radilović, 1970, 9). Verjetno prispeva k nastanku jasnine na nebu tudi pretežno pašniški suhi dolomitski pas med Prezidom in Babno polico, saj je ob suhi travi albedo večji. Ker sega avgusta mediteranski vpliv s subsidenco in sušnim ozračjem globoko v notranjost, se v Babnem polju tedaj javlja razmeroma močna inverzija z največjimi mesečnimi amplitudami med dnevнимi in minimi in maksimi (14,7%).

Tudi nad osrednjem Slovenjegraške kotlinice se javlja otok jasnine na nebu zaradi fenizacije severnih vetrov, ki se spuščajo preko zahodnega Pohorja, in južnih, ki prečkajo Karavanke v vetrovnem kanalu (Gams, 1970). Iz istega razloga je v Krški kotlini najbolj hladen Topliški predel, ki leži pod Rogom.

Ker debelejša meglja zavre sevanje tal in sprošča s kondenzacijo latentno toploto (glej Babno polje 17. in 18. julija 1970, pod. 15), so za obrat ugodnejše plitvejše kotanje z globino manj od 30 m. Globoke kotanje s pogosto debelo meglo izkazujejo manj intenziven obrat (Globodol, Loško, Cerkniško polje, Ljubljansko barje). Spodnji deli kotanj, v katerih se nabira megleno jezero, se ponoči ne ohladijo toliko, kot višji kraji v dnu ob gornji meji megle (primerjaj Brnik ali Voglje z Ljubljano!).

4. Nadmorska višina. Ker so tudi v prostem ozračju v nadmorskih višinah med 700 in 1000 m najmanjši temperaturni gradienti ($0,33^{\circ}/100\text{ m}$ — Klimatographie von Österreich 1960/149), je nagnjenost k inverziji v predelih teh višin največja. Najbolj znana mrazišča kot so Gstettneralm, Bükk in pri nas Babno polje so v teh višinah ali malo višje.

Omenjene dejavnike zasledimo v spodnji tabeli najhladnejših postaj v Sloveniji. Narejena je po naslednjem kriteriju. Po Furlanu (1965, 91—96) so izračunani srednji letni minimi, dobljeni iz mesečnih minimalnih temperatur in reducirani na morski nivo z gradientom $0,44^{\circ}/100\text{ m}$. V naslednji koloni je izračunana srednja dnevna amplituda med nočnim minimom in dnevnim maksimom. Ker sta oba elementa v ozki odvisnosti od temperaturne inverzije, si vrednosti sledijo v dokaj obratno razmerjem zaporedju.

Postaja	Nadmorska višina	Letni minimi (morski nivo)	Amplituda med sred. mesečnimi maksimi in minimi
Babno polje	756	3,54	12,0
Smartno pri Sl. Gradcu	459	4,3	11,4
Celje — letališče	242	4,57	11,6
Voglje	371	4,55	11,24
Rateče—Planica	864	4,8	11,07
Murska Sobota	192	4,85	10,7
Kočevje	461	5,03	10,77
Novo mesto	193	5,25	10,66
Jezersko	906	5,3	10,1
Ljubljana—letališče	290	5,47	10,5
Postojna	410	5,94	9,87

Od vseh teh postaj ležita samo postaji v Babnem polju in v Postojni niže kot je najnižji prehod iz kotline. Drugod se lahko hladni zrak odliva. Reliefna oblika je očitno drugotnega pomena (primerjaj Mursko Soboto, hladnejše Voglje od Ljubljane—letališča, to je Zaloga).

LITERATURA

- I. Bárány, 1967. Der Einfluss des Niveauunterschiede und der Exposition auf die Lufttemperatur in einer Doline im Bükk-Gebirge. *Acta climatologica, Acta universitatis szegediensis*, t. VII, f. 1—4, Szeged.
- D. Berényi, 1967. Mikroklimatologie. Mikroklima der bodennahen Atmosphäre. Stuttgart.
- G. Beck-Mannagetta, 1906. Die Umkehrung der Pflanzenregionen in den Dolinen des Karstes. *Sitzber. Akad. Wiss. CXV*, Wien.
- D. Furlan, 1965. Temperature v Sloveniji. Dela 15 Instituta za geografijo SAZU, Ljubljana.
- 1969. Meteorološka opazovanja. 3. mednarodni mladinski raziskovalni tabor, Cerknica 1.—12. julija 1969. Ljubljana.
- I. Gams, 1962. Klima Krške kotline. Dolenjska zemlja in ljudje. Novo mesto.
- 1959. H geomorfologiji kraškega polja Globodola in okolice. Poročila — Acta carsologica II Instituta za raziskovanje krasa SAZU, Ljubljana.
- 1967. Faktorji in dinamika korozije na karbonatnih kameninah slovenskega dinarskega in alpskega krasa. *Geografski vestnik XXXVIII*, Ljubljana.
- 1970. Geomorfološke in klimatske razmere v Jugovzhodni Koroški. Jugovzhodna Koroška. Ljubljana.
- I. Gams, F. Lovrenčák, B. Ingolič, 1970. Krajna vas — študija prirodnih pogojev in agrarnega izkoriščanja krasa. *Geografski zbornik X* Instituta za geografijo SAZU, Ljubljana.
- R. Geiger, 1930. Mikroklima und Pflanzenklima. Handbuch der Klimatologie, Berlin.

- 1966. The Climate near the Ground. Cambridge.
- P. Habič, 1968. Kraški svet med Idrijco in Vipavo. Dela 11 Instituta za geografijo SAZU, Ljubljana.
- I. Horvat, 1953. Vegetacija ponikava. Geografski glasnik, št. 14—15, Zagreb.
- Klimatographie von Österreich. 1960. Österr. Akad. Wiss. Wien.
- F. Hribar, 1960. Temperatur- und Vegetationsumkehrungen in Trnovski gozd. VI^e Congres international de meteologie alpine. Bled, Yougoslavie, 14.—16. septem.
- G. Kraus, 1911. Boden und Klima auf kleinstem Raum. Jena.
- A. Melik, 1960. Slovensko Primorje. Ljubljana.
- 1963. Slovenija I. Ljubljana.
- R. E. Munn, 1966. Descriptive Micrometeorology. New York-London.
- M. Oblak-Polajnar, 1959. Logaška kotlina kot geografska individualnost. Geografski vestnik XXXI, 1 Ljubljana.
- Z. Petkovsek, I. Gams, A. Hočvar, 1969. Meteorološke razmere v profilu Drage. Zbornik Biotehnične fakultete.
- S. Polli, 1961. Il clima delle doline del Carso triestino. Atti del XVIII congresso geografico italiano, Trieste, 4.—9. april 1961. Trieste.
- M. Radilović, 1970. Klima Babnega polja. Geografski obzornik XVII, 2, Ljubljana.
- F. Sauberer, I. Dirmhirn, 1953. Über die Entstehung der extremen Temperaturminima in der Doline Gstettner-Alm. Archiv f. Meteorologie, Geoph. u. Bioklimatologie, Ser. B. 5.
- 1956. Weitere Untersuchungen über die Kaltluftsammlungen in der Doline Gstettner-Alm, bei Lunz. Wetter u. Leben, Jg. 8.
- J. Sedej, 1968. Ekologija kraških vrtač. Tipkopis. Knjižnica Oddelka za gozdarstvo FAG, Ljubljana.
- R. Wagner, 1970. Kaltluftseen in den Dolinen. Acta climatologica, T. IX, f. 1—4, Szeged.
- M. Wraber, 1957. Gozdne vegetacije jerinskih tal na slovenskem krasu. Gozdarski vestnik XV, 9, Ljubljana,
- 1960. Fitosociološka razdelitev gozdne vegetacije v Sloveniji. Zbornik ob 150-letnici botaničnega vrta v Ljubljani. Ljubljana.
- 1969. Subalpinski smrekov gozd na Kočevskem in njegova horološko-ekološka problematika. Varstvo narave VI, Ljubljana.
- M. Župančič, 1969. Vegetacijska podoba Cerkniškega jezera. 3. mednarodni mladinski raziskovalni tabor, Cerknica 1—12. julija 1969. Ljubljana

A CONTRIBUTION TO THE MICROCLIMATOLOGY OF THE KARST DOLINAS AND POLJES

Summary

In the dinaric dolinas and poljes two types of karst ground are dominant: thick sandy, loamy to clay soil on the bottom and stony ground with shallow soil on slopes filling up the unevenness of the solid fissured limestone ground. The thermal differences in these two types are also reflected in the different forest associations in the Littoral Karst of Slovenia. On the rocky ground the thermophilic association *Seslerieto autumnalis-Ostryetum carpiniifoliae* Horvat is found, whereas on the thick loamy and clay soil mesophytic — acidophytic wood of *Castaneeto Quercetum sessiliflorae submediterraneum* prevails (Wraber, 1954).

The thermal differences of the shallow stony soil (for 33 % fine sand, 47 % silt, 17 % clay) and thick loam (for 43 % fine sand, 51 % silt and 5 % clay), both covered with grass, were studied in the karst polje Babno polje at an altitude of 750 m. The measurements of soil temperatures were carried out at depths of 5 cm and 30 cm during the months of November 1968, April and May 1969 (fig. 1, 2, 3). The numerical differences measured daily at 7, 14 and 21^h are given in the tables on the first pages of this article. Downward heat conductivity of the stony soil is better but during the night and winter this ground at a depth of 30 cm is warmer due to better heat conduction upward from solid bedrock-limestone and probably also by convection of warmer air from fissures. The stony ground was in average by 1,5° C warmer than loam. Only after heavy warm rain fall (53 mm) at the end of April 1969 the thick loamy soil was warmer for 10 days due to its greater field capacity of water and better heat conductivity on the sunny days. In the nonkarstic soil moisture is increasing with depth. However, our measurements on karst have detected a decreasing soil moisture with increasing depth and closer vicinity to the underlying limestone bedrock (fig. 8). Thick soil on karst, lacking ground water in the depths, have a lower heat conductivity and were therefore in depth colder in the growing season than the same soil on non karst.

Further measurements of soil temperatures described in this article were carried out in Cerkniško polje. The data on the profile reaching from the altitude of 1000 m on both sides of the polje down to the bottom at an altitude of 550 m are shown in the tables on the pages No 17—18 and in figure No 4. According to measurements made nearly every hour during 46 hours on the 6th and 7th of July 1969 in Cerkniško polje, more incidental on Babno polje, near Logatec at the beginning of June 1970 and in other dolinas, the following types of karstic soil can be distinguished in regard to the soil temperature below the grass cover:

- a) thick soil with ground water, rare in real karst country, is in summer warmer in the depths due to better downward heat conductivity,
- b) thick sandy loam and loam, typical of alluvion and colluvion on the bottom of karstic dolines and poljes, where the tilled lands are concentrated, is strongly lessivé. It has a high porosity and low specific heat. This kind of soil is warm in the depth during summer and also at noon on the surface,
- c) non tilled thick loam and clay soil with thick humus A horizon has a higher humidity. Due to better heat conductivity and higher specific heat the daily surface temperature lapse on the sunny slope is smoother. The temperatures during the growing season are lower than those in the soil types mentioned above,
- d) shallow loamy or clay soil with overburdens or parts of isolated rock rising near the surface or above it, is typical of the dinaric karst. Due to strong heat conductivity downward and from below this type of soil on the sunny slopes is warm on the surface as well as in the depths. Limestone bedrock on karst has — in case of water percolating dispersedly — a steady temperature all over the year already at depths of 10—20 m below surface (measurements in the Postojna Cave, G a m s , 1967). The same rock tempe-

ratures are found downward to the base of water circulation. The mean temperatures of the precipitated water during the year are decisive for these rock temperatures, which have also an influence on the soil temperatures. On the shady side and under dense wood this type of ground tends to be cold in summer,

e) Stony, rubble soil with residual stones left in the soil after the «cleaning» of the stony surface for tilling or for grazing cattle since old times is warmer in summer and colder in winter than the preceding soil type,

f) Rendzina on the glacial or periglacial boulders with air between them is on the shadow side of the mountains, dolinas and poljes the coldest type due to the low heat conductivity of ground air underneath the humus horizon. This type of soil has a great influence on the temperature inversion and especially vegetation inversion in the high karst dolinas.

The microclimatological observation in the dolinas near the village Logatec, at the altitudes of 450—500 m, mean yearly temperature about 8°C, nearly 2000 mm of annual precipitations, realised from 1th to 5th of July 1970, were a continuation of the measurements in the dolinas on classical (Triestiner) Karst (Gams, Lovrenčak, Ingolič, 1970). These measurements are in agreement with results of investigations in the Mountain Bükk (Barany, 1967, and near of Trieste, Polli, 1961): a temperatures inversion on the bottom (averagely 2°C), mostly in dolinas with grass cover.

According to not yet published data (Sedej, 1968), the measurements in a 49 m deep wooded dolina SW of Mt Notranjski Snežnik have found in the spruce forest at the bottom at an altitude of 1099 m in August 1968 an abasement of 2,4°, in September of 2,0 and in October 1968 of 2,5°C daily minimum temperatures in regard to a 78 m higher level in the mixed deciduous forest on the slope. The daily temperature lapse was at the bottom in August 3,4, in September 2,7 and October 1968 1,1°C greater than 78 m higher. These data confirm the results from the dolinas near the village Krajna vas (Gams, Lovrenčak, Ingolič, 1970), that the wood decisively hinders the temperature inversion.

The results of a series of measurements in the 30—47 m deep collapsed dolinas with steep slopes near Logatec, in the Slovene language called *koleševka* (singular) are shown on the figures No 5 and 6. Measurements, made by means of the spheric piranometer type Bellani showed in the Mačkova *koleševka* 33 %, in the Masletova *koleševka* 22 % of the amount of total radiation on the free surface (see profiles of these two dolinas on figures 5 and 8). But in a shallow, grass-covered dolina (called *Vrtača I ob progi*, fig. 8) the bottom received more radiation than the level surface outside the dolina, probably due to the reflected radiation. The depth of the snow cover at the bottom of the «*koleševkas*» from January 1970 till May 1970 are presented in the table on page No 30. After snowfall on March the 14th, the snow cover in the surrounding 3—15 m deep dolinas was averagely 8 cm thicker than on the level surface. In the deep and narrow dolinas, especially those situated in the wood, the snow cover persisted several months longer. In the above mentioned Mačkova and Masletova *koleševka* in the years 1969 and 1970 the snow melted finally at the beginning of June. The

amount of snow a dolina receives depends on many factors (depth, shape, situation etc.). Between May the 29th and June the 5th the two mentioned koleševkas received 8,5 do 16,4 % more rain than the surrounding level. In areas above the tree line on the high karst (Julian Alps, Kamnik Alps), the snow levels the ground and the many meters deep narrow dolinas were in winter completely filled up with snow. More precepitations mean more locally accelerated corrosion and consequently growth of the dolinas (See Gams, 1967).

The persistence of snow cover in the deep dolinas (koleševkas) provokes the retardation of springtime soil warming. On figure No 8 are shown the soil temperatures under the surface of some dolinas in this order: soil temperatures at 5, at 20 and 30 cm depths, in selected places also soil moisture and pH, all these in vertical intervals of 5 m from the bottom upward on the slopes. On the page No 43 a scheme with average soil temperatures is given for the beginning of June for meadow and partially wooded dolinas. On the sunny side under grass cover the highest soil temperatures are about 10 meters above bottom level. From this belt the temperatures are diminishing upward and downward. If the sunny slope is grass covered and the shady side is wooded, the soil temperatures under grass are in average at a depth of 5 cm 4,5 and at the depth of 20 cm 4° and at a depth of 30 cm 3,5°C higher (all this referring to the dolinas at Logatec, 1—5th of June 1970). These differences in soil temperatures have great influence on the temperature inversion in the deep dolinas as in the Mačkova koleševka (see profile on figure No 5). Its shady slope has an angle of 60°. Due to ground heating on the sunny slopes and bottom and due to the convection of the heated air the colder air of the near-surface layer on the shady slope in wood slides down to the bottom. The maximal velocity of these breezes measured in the Mačkova koleševka was 26 m/min. In the period from 1th—5th of June on sunny days the difference in temperature of the air 5 cm above the surface in the Mačkova koleševka at the bottom of the dolina and in the outside air, grown from 2,6° at 04^h to 9° at 18^h and then diminishes (Figure No 6). The velocity of the mentioned cooled wind increases also with the increasing inversion. This type of temperature inversion which is typical of sunny days is called by the author *inversion due to free and forced convection* (accompanied by free and forced convection in the sense of Munn, 1966, 42). It occurs frequently in the deep and steep dolinas in wood or in shallower dolinas with wood on the shady side and meadow on the sunny side. In these types the radiation inversion is smaller than on the grass surface outside.

All kinds of temperature inversion which are accompanied by cool air flowing down the slopes of karstic depressions are here called *katabatic inversions* (due to katabatic winds).

Incidental temperature measurements in springtime in the deep dolinas at Logatec showed a nearly steady inversion in surface air layer due to long persistent snow cover at the bottom. However, in winters with few wind, cooler air persisted in the koleševkas on cloudy and foggy days lacking in-

version due to forced and free convection, when already warmer air invaded the country. This kind of inversion was called persistent inversion.

The effects of some kinds of the mentioned temperature inversions are comprehensive (radiative inversion, subsidence inversion, persistent inversion, inversion of persistent snow). But the inversion due to free and forced convection suppresses other inversions at periods of high sun. But in periods when direct solar rays reach only the higher part of the sunny slope and the flow of cooler air substitutes the free or forced convection at a higher level, a steady lake of cold air persists at the bottom.

The shape of the dolina and its vegetation have a great influence on the occurrence of some kind of temperature inversion. A scheme of combined morphological and vegetational types of dolinas is given in figure No 16. In the wooded shallow dolina (type No 1) the radiation inversion is much less significant than in the meadowy doline (type 3). Typical of a dolina with wood on one side and meadows on the other are advection inversion and inversion due to free and forced convection. For the deep dolinas-koleševkas (type 4 and 5) with rendzina soil covering glacial or periglacial boulders the inversion due to persistent snow and inversion due to free and forced convection are typical. A vegetation inversion is a common feature in such dolinas in middle and high karst areas with more than 1600 mm of annual precipitations. At the bottom of the deep dolinas situated near the tree line dwarf-trees (*Pinus mugo*) are often found. One in the literature well known case of vegetation inversion in the deep dolina Smrekova draga on the Trnovski gozd, with an altitude of 1100 m (see Beck, 1906) had, before human intervention, spruce forest at the bottom and not *Pinus mugo* as it is today. Centuries ago the forest was burned to obtain pasture ground. By this way the humus rendzina on the glacial boulders was destroyed and so the radiative inversion and inversion due to free and forced convection were intensified. Hribar (1960) has also measured the chillier air flow along the shady slope of Smrekova draga. According to the author the forest line in the dolinas situated North of Mt Notranjski Snežnik (1796 m) in the altitude of 1451 and presented on the photo No 7 have been artificially lowered to enlarge pasture area.

Another example of influence of cool rendzina soil on glacial boulders is the dolina in the photo No 8, at an altitude of 1440 m North of Notranjski Snežnik. Spruce forest only occurs here on the glacial boulders. In Slovene Karst the dolinas with all the year persistent snow or ice on the bottom are found when snow avalanches accumulate the snow or when an overhanging limestone wall shields the snow on the bottom against summer rain (Type of Velika ledenica in Paradana) with glacier at the altitude of 1090 m. At this altitude the mean annual temperature of free atmosphere is nearly 7°C, whereas the meteorological station Kredarica, 2515 m, 15—200 m below the snow line on Mt Triglav has a mean annual temperature of —1,7°C.

The characteristics of temperature inversion in a karst polje were investigated in the poljes Globodol and Babno polje. Globodol is situated in Dolenska (Lower Carniola) at an altitude of 200 m and with 100 m high wooded slopes (photo No 5). Due to the temperature inversions, cherries and chestnuts

do not thrive at the bottom, but on the western slopes and especially on the east slope (Mt Golobinjek) vineyards are present. Measurements were made from 4. IV.—16. V. 1970, at 1,5—2 m above the surface on the bottom and 50 m higher up on the western slope. By means of thermohygrographs a temperature inversion was registered in 45 % of the total number of days. The mean difference was 1,4°/50 m, in days of inversion 3°/50 m. The daily maxima at the bottom were averagely 0,7°C higher. Greater differences were registered in the humidity (Figure No 9). In nights with clear sky the air humidity on the polje bottom reaches the 100 % nearly 2 hours earlier than on the west slope, 50 m higher up. The effect of temperature inversion in this polje is not so much expressed in the daily and monthly mean temperature as it is in its vegetation because it shifted the last frosty day in sprigtime at the bottom for many weeks in the very important time of spring bloom.

The most intensive temperature inversion in Slovenia which has many prealpine basins occurs in the karst polje Babno polje, situated north of the Mountain Notranjski Snežnik (1796 m) whose bottom lies at an altitude of 750 m. The meteorological station of Babno polje has registered the lowest temperature minimum in Slovenia ($-34,5^{\circ}\text{C}$), it has the lowest monthly mean minimum reduced on sea level, the lowest mean annual minimum ($-28,4^{\circ}\text{C}$) and the greatest mean daily temperature lapse in Slovenia (12°C). In Slovenia only the 2515 m high station Kredarica ($-11,9^{\circ}\text{C}$) has a lower mean minimum temperature of January than Babno polje ($-9,3^{\circ}\text{C}$). In Slovenia the »ventilated stations (they are outside valley and basins) at 1000 m higher altitude than Babno polje have the same monthly minimum in January.

The process of inversion in the Babno polje was investigated by measurements from 6—8. December 1968 (fig. 11) and from 17—23. July 1970 at five principal and other auxiliary stations on the north — south profile across the polje (fig. 8). The often observed »window« of clearness on the cloudy sky proves the presence of subsidence inversion caused by fēn (catabatic wind down the northern slopes of Mt Notranjski Snežnik). A strong radiative inversion was established, favoured by dry grass cover of *Bromo* — *Brachypodietum pinnati* on the dominant dolomite slopes with meadows. Figure No 15 shows great differences in the temperatures at 5 and 150 cm above surface in the clear night of 17th and 18th of July 1970 as well as in the windy night of 17—20th of July. But the wind then prevented the formation of a lake of cold air in the polje by gathering cool air from the slopes. As a consequence of strong radiative inversion in the first two nights, (17th and 18th of July at the altitude of 750 m!), frost occurred in the surface air layer on some places at the polje bottom. The intensity of advection inversion is in evident relationship with the saturation vapour pressure (fig. 15).

The soil temperature differences have a dominant influence on the lapse of air temperatures at a height of 1 cm above soil (fig. 10) but they are not decisive for the different nocturnal air cooling at 5 cm above soil surface (fig. No 13).

Special attention was paid to a feature, established in a dolina on the classical Karst (of Triest) (Gams, Lovrenčak, Ingolič, 1970).

There, the cooling of the near surface air at a height of 5 cm on the sunny slope proved to be more intensive after sunset and the first half of the night than on the shady side. The same occurred in the Babno polje in the night of 6—7th of December 1968 (fig. 12). The probable cause should be found in the dryer air on the sunny slope of the dolina and polje. Further explanation of this phenomenon in Babno polje was found by closer examination of the air circulation during the inversion. From the dry valley of Prezid, which is connected with the polje, cooler air flowed during the night inversion towards the polje bottom and mixed with cooler air flowing from the northern, lower meadowy slopes (with a velocity of 27 m/min in the night of 22—23rd of July 1970 at a temperature of 8,2°C). This downward flow along the slope was substituted in the second half of the night by warmer air, flowing over the northern crest of the polje (temperature 13,8°C). Due to this warmer air, the temperature of the cold breeze coming down the northern slope did not fall any more in the second half of the night. No flow of cold air could be registered on the lower zone of the spruce and mixed wood on the southern slope of the polje (Mt. Telebačnik) where the two meteorological stations were situated on grass surface.

The Babno polje has also a favourable proportion of area of cool air accumulation and of much more extensive area from where cool air is gathered. Its basin has also a favourable depth (20—30) which hinders the formation of thick fog. The deeper karst poljes, for instance the neighbouring poljes of Lož, Globodol and prealpine basins (for instance that of Ljubljana) have therefore less intensive inversion. On page No 71 are listed the Slovene meteorological stations with the lowest mean monthly minimum temperatures (reduced to sea level at the gradient of 0,44°C/100 m). They nearly follow the same sequence as that of the mean daily temperature lapse (difference between daily maximum and daily minimum). Both are obviously a consequence of temperature inversion.

KAZALO

UVOD	7
TALNE TEMPERATURE V KRAŠKIH KOTANJAH	7
A. Vpliv tekture na zemeljske temperature	7
B. Kombiniran učinek talnih razlik in ekspozicije na talne temperature	15
KLIMA VRTAČ IN KOLEŠEVK	20
Dosedanje meritve	20
Meritve v globoki vrtači Globočak	23
Meritve v koleševkah in vrtačah na Logaškem ravniku junija 1970	25
KLIMA KRAŠKIH POLJ	44
Meritve v Globodolu	45
Meritve v Babnem polju	48
ZAKLJUČKI	60
Talni tipi glede temperatur	60
Mrazišča	62
Vrsta inverzije	66
Morfološko-vegetacijski tipi vrtač	67
Kraška polja	69
LITERATURA	71
A CONTRIBUTION TO THE MICROCLIMATOLOGY OF THE KARST DOLINAS AND POLJES (Summary)	72