

TEMPERATURA 300 METRSKE PRIZEMNE PLASTI ZRAKA V LJUBLJANSKI KOTLINI

SOME TEMPERATURE DATA OF THE PLANETARY BOUNDARY LAYER - FIRST 300 METERS - OF
LJUBLJANA BASIN

551.524.4

MIRKO KOVAČ

Hidrometeorološki zavod SRS, Ljubljana

ABSTRACT:

Temperature data are given for the first 300 meters of the planetary boundary layer at Ljubljana airport /362 m above MSL./ for the period between June 1, 1967 and May 31, 1968. Mean values and some relationships with regard to cloudiness and relative height above the airport are given on graphs and tables.

Temperature measurements were taken at various heights respectively: 5 cm above the ground, 2 m above the ground in the thermometer screen, 25 m above the ground at the airport tower and at the hill of "Šmarna gora" /667 m above mean sea level/ 10 km apart from the airport. The relative height between the hill and the airport is 305 meters.

The data show a strong ground inversion as expected because the radiation fog is observed very frequently.

Za natančno prognozo radiacijske megle rabimo meritve temperature, vlage in vetra v neposredni bližini tal na področju, kjer nas to zanima. Ob primerjanju, kako nastaja megla na letališču Brnik (h = 362 m) ter v mestu Ljublja-

na smo ugotovili, da se radiacijska megla na letališču Brnik javlja v drugačnih okoliščinah in času kot v Ljubljani, predvsem kot talna megla. V tem delu bo govora o temperaturah v prizemni plasti, ne pa o nastanku radiacijske megle. Vendar so nas opazovanja nastanka megle privedla do tega, da smo začeli natančneje opazovati temperaturni gradient od tal do višine 300 m. Temperaturo redno merimo na višini 5 cm od tal ter na višini 2 m na meteorološki postaji letališča Brnik, ki ima nadmorsko višino 362 m. Dodatna opazovanja temperature in vlage smo uvedli v kontrolnem stolpu, oddaljenem od postaje proti severozahodu za 2 km na zemljišču, ki se vzpne za 18 m, termometri pa so postavljeni v stolpu 25 m nad tlemi; dejanska razlika v višini med termometri na postaji in v kontrolnem stolpu je 41 m. Tretja opazovalna točka je na Šmarni gori, ki je oddaljena od postaje 10 km in ima nadmorsko višino 667 m.

V Sloveniji opazujejo vse klimatološke postaje le trikrat dnevno, in to v klimatoloških terminih. Za natančnejšo obdelavo temperaturnih razmer pa so bolj prikladne urne vrednosti. Za nastanek megle bi rabili meritve v časovnih presledkih, krajših od ene ure. Vsa opazovanja na stolpu, na postaji in Šmarni gori so zadovoljiva, ker imamo registrirne instrumente za temperaturo in vlago, na žalost pa manjkajo registrirne meritve na višini 5 cm; to pomanjkljivost smo skušali odpraviti z opazovanjem temperature vsako uro, toda le v marcu 1968. Ta mesec smo izbrali zaradi enakonočja. Pri izbiri smo imeli srečo, saj je bil ta mesec v celotnem obdobju med 1.VI.1967. in 31.V.1968, za katero so obdelani podatki v tej razpravi, najbolj jasen. Jasnost pa je pogoj za močne radiacijske ohladiitve. Težko je reči, da so omenjene višine najbolj prikladne za meteorološke meritve. Opazovanja smo uvedli pač tam, kjer niso bili potrebni dodatni stroški. Upamo, da bodo ti podatki pri nadaljnjih obdelavah, kjer bodo potrebne temperaturne razmere pri tleh, koristni.

V nobenem mesecu v letu ni bila povprečna temperatura na stolpu /25 m/ nižja od temperature v hišici /2 m/. Najmanjša razlika je bila v maju in juni-

ju, in to za 1⁰ C, največja pa v januarju - za 3,1⁰ C. V spodnji tabeli bomo prikazali poprečne mesečne temperature za vse ure dneva:

TABELA 1

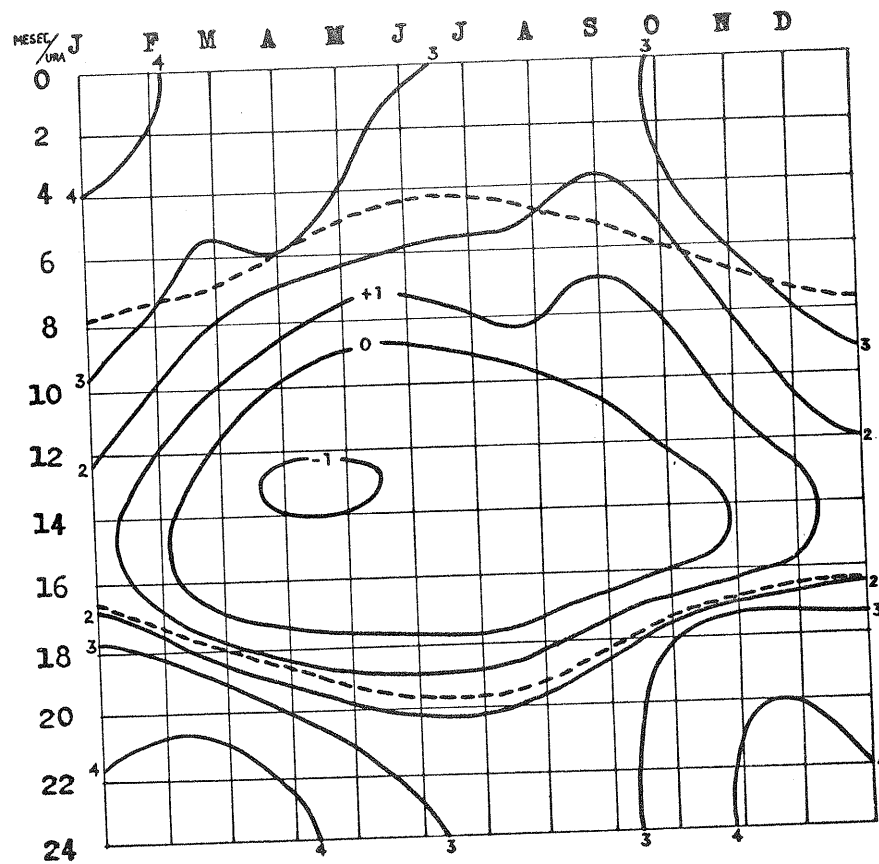
Poprečne temperaturne razlike med stolpom /25 m/ in tlemi /2 m/ za posamezne ure in mesoce v ⁰ C.

TABLE 1

Mean temperature differences - tower /25/ minus thermometer screen /2 m/ - for various hours and months in degrees centigrade.

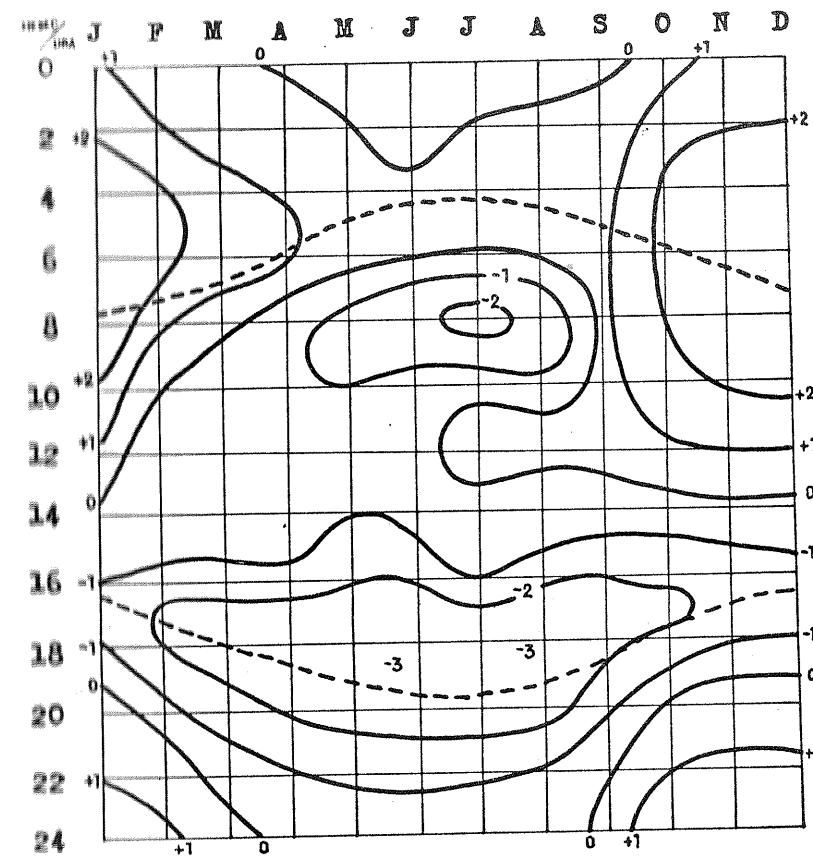
Ura	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
0	4.1	1.9	3.1	4.0	2.2	3.3	2.9	2.4	2.2	3.1	2.1	2.5
1	3.7	2.0	3.6	3.6	1.9	2.7	2.9	2.3	2.2	3.3	2.0	2.4
2	4.1	1.9	3.4	3.6	1.7	2.7	2.8	2.3	2.0	3.3	1.9	2.6
3	4.1	1.8	3.1	3.4	1.8	2.5	2.7	2.2	2.0	3.0	1.7	2.8
4	3.9	1.7	3.3	3.4	1.8	2.5	2.6	2.2	1.8	2.4	1.7	2.9
5	3.9	1.8	2.9	3.2	1.8	2.0	2.7	2.1	1.6	2.3	1.7	2.7
6	3.6	1.8	2.7	3.1	1.4	1.9	1.8	1.8	1.4	1.4	1.5	2.5
7	3.3	1.8	2.7	1.9	1.0	1.0	1.1	1.2	0.7	1.7	1.7	2.0
8	3.4	1.6	1.6	1.2	0.8	0.0	1.1	1.2	0.8	1.1	1.5	2.1
9	3.2	1.6	1.7	0.7	1.0	-0.2	0.2	0.4	0.7	0.9	0.7	2.0
10	2.8	1.5	1.0	-0.1	0.2	-0.2	-0.2	-0.1	0.3	0.6	0.7	1.6
11	2.8	1.3	0.4	-0.6	-0.1	-0.2	-0.3	-0.4	0.0	-0.1	0.3	1.5
12	2.3	0.9	-0.1	-0.8	-0.5	0.0	-0.7	-0.6	-0.1	0.5	0.1	1.4
13	1.8	0.8	-0.3	-1.4	-0.6	-0.5	-0.5	-0.7	-0.8	-0.2	0.0	1.1
14	1.8	0.8	-0.6	-0.7	-0.6	-0.4	-0.7	-0.7	-0.5	-0.6	-0.1	1.1
15	1.3	0.5	-0.5	-0.7	-0.4	-0.2	-0.9	-0.8	-0.4	-0.4	-0.1	1.2
16	1.6	0.7	-0.4	-0.9	-0.5	-0.1	-0.5	-0.5	-0.5	-0.8	0.7	1.8
17	2.7	1.0	-0.1	-0.3	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1	0.1	1.2	1.7	2.7
18	3.4	1.5	1.0	0.2	0.0	0.3	-0.1	0.4	1.5	3.3	2.1	2.8
19	3.5	1.8	2.8	1.9	0.3	1.2	0.7	1.4	2.2	3.7	2.2	2.9
20	3.6	1.6	3.7	2.8	1.5	1.9	1.6	2.0	2.4	3.5	2.3	2.6
21	3.6	1.6	4.7	3.3	2.3	2.2	2.7	2.4	2.1	3.4	2.1	2.3
22	3.6	1.8	4.6	4.1	2.4	2.7	2.8	2.5	2.3	3.2	2.1	2.5
23	4.0	1.9	4.2	3.8	2.4	2.9	3.1	2.5	2.2	3.5	2.0	2.7
24	4.1	1.9	3.1	4.0	2.2	3.3	2.9	2.4	2.2	3.1	2.1	2.5
Pov.	3.1	1.6	2.0	1.6	1.0	1.0	1.9	1.1	1.1	1.6	1.4	2.2
Obl.	5.7	7.4	4.4	4.8	6.5	5.5	4.6	4.8	5.8	4.9	7.1	6.8

Iz tabele 1 ugotovimo, da so najmanjše razlike v mesecih: februarju, maju, novembru in decembru. Ravno v navedenih mesecih je bilo najbolj oblačno, in sicer je bila srednja mesečna oblačnost večja kot 6/10. Če izvzamemo omenjene mesece, oziroma reduciramo njihove vrednosti glede na skupno oblačnost, pridemo do zelo preglednega grafikona, ki nam ponazarja, v katerih mesecih je inverzija večja, kdaj je ni in kdaj je nadadiabatni gradient.



Slika 1 Povprečna razlika med temperaturama na stolpu /25/ in 2 m nad tlēmi. Črtkani krivulji označujeta sončni vzhod in zahod.
 Fig. 1 Mean temperature difference - tower /25/ minus thermometer screen - as a function of time during the day and the year. Dashed curves represent sunrise and sunset.

Pozitivne vrednosti nam povedo, za koliko stopinj poprečno je topleje na višini 25 m od višine 2 m nad tlēmi, negativne pa obratno. V drugi tabeli bomo prikazali za isto obdobje kot na prednji strani razlike med poprečnimi urnimi vrednostmi temperature na Šmarni gori /667 m NV/ in 25 m nad tlēmi. Grafikon 11 je izdelan iz podatkov tabele 2 z redukcijo vrednosti za iste mesece kot v grafikonu.



Slika 2 Povprečna razlika med temperaturama na Šmarni gori in stolpu. Črtkani krivulji označujeta sončni vzhod in zahod.
 Fig. 2 Mean temperature difference - The hill of "Šmarna gora" minus tower - as a function of time during the day and the year. Dashed curves represent sunrise and sunset.

TABELA 2

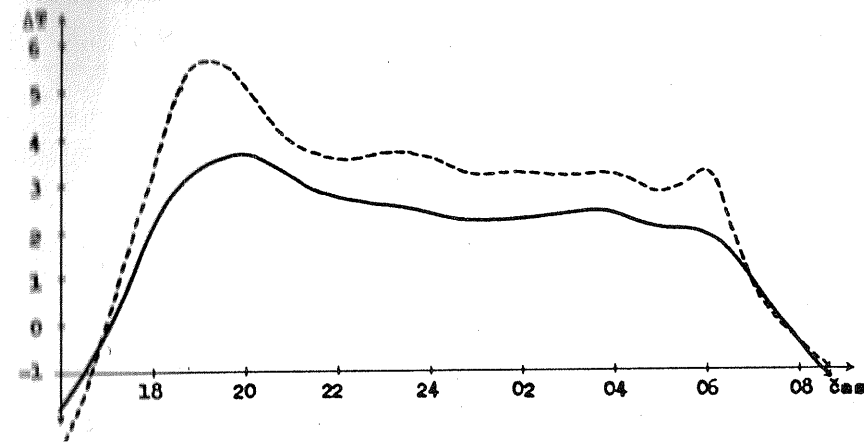
Poprečne temperaturne razlike med Šmarno goro in stolpom za posamezne ure in mesece v °C.

TABLE 2

Mean temperature differences - the hill of "Šmarna gora" minus tower /25 m/ - for various hours and months in degrees centigrade.

Ura	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
0	1.6	-0.6	0.1	-0.3	-0.5	-1.0	0.3	-0.5	0.1	1.5	-0.4	0.4
1	1.8	-0.3	0.6	0.3	-0.3	-0.6	-0.1	-0.2	0.0	0.9	-0.2	0.4
2	1.9	-0.1	0.8	0.5	0.3	-0.3	0.2	0.0	0.2	1.8	-0.2	0.5
3	2.2	-0.1	0.9	0.8	0.4	-0.1	0.4	0.2	0.5	2.2	-0.1	0.6
4	2.2	0.0	1.0	1.0	0.4	0.3	0.6	0.2	0.6	2.2	-0.1	0.8
5	2.3	0.0	1.1	1.3	0.6	0.6	0.8	0.5	0.7	2.1	0.1	0.9
6	2.5	0.0	1.2	1.2	0.2	0.2	0.1	0.3	0.9	2.0	0.3	0.9
7	2.6	0.0	0.9	0.4	-1.5	-1.4	-1.0	-0.8	0.7	2.1	0.1	1.0
8	2.7	0.3	0.6	-0.3	-1.2	-1.3	-2.1	-1.7	0.3	2.1	0.6	1.2
9	2.5	-0.3	-0.6	-0.4	-1.3	-1.0	-1.1	-1.3	0.1	1.8	0.9	1.5
10	2.4	-0.5	-0.2	0.9	-1.0	-0.5	-0.3	-0.9	0.3	1.8	0.4	1.0
11	1.7	-0.6	-0.1	1.5	-0.8	-0.5	1.1	-0.4	0.2	2.3	0.3	0.5
12	0.9	-0.6	0.6	1.3	-0.6	-0.1	0.7	0.1	0.3	0.8	0.0	-0.2
13	0.3	-0.9	0.3	1.7	-0.8	-0.1	0.3	-0.4	0.0	0.5	-0.5	-0.2
14	-0.2	-0.8	-0.1	0.3	-1.3	-0.8	-0.1	-0.4	-0.7	0.1	-1.0	-0.6
15	-0.4	-1.5	-0.7	-0.5	-1.5	-1.7	0.0	-1.0	-1.6	-1.0	-1.2	-1.0
16	-0.9	-1.0	-1.6	-0.9	-2.1	-2.2	-0.5	-2.3	-1.8	-1.5	-1.7	-1.4
17	-1.1	-2.1	-2.1	-2.3	-2.4	-2.2	-1.1	-2.9	-2.3	-2.3	-2.7	-1.3
18	-0.7	-1.8	-2.5	-2.5	-2.8	-2.6	-2.2	-3.0	-2.4	-1.5	-1.4	-0.9
19	-0.1	-1.6	-2.1	-2.5	-2.4	-3.0	-2.2	-2.8	-1.7	-0.8	-0.9	-0.8
20	0.1	-1.0	-1.6	-2.1	-2.4	-2.6	-2.2	-2.4	-1.1	-0.0	-0.8	-0.4
21	0.4	-0.8	-1.2	-1.7	-1.7	-1.9	-1.8	-1.9	-0.8	0.8	-0.5	-0.1
22	0.9	-0.8	-0.9	-1.5	-1.4	-1.4	-1.1	-1.4	-0.5	1.2	-0.4	-0.1
23	1.4	-0.7	-0.2	-0.7	-1.0	-0.9	-0.7	-0.8	-0.1	1.1	-0.2	-0.1
24	1.6	-0.6	0.1	-0.3	-0.5	-1.0	0.3	-0.5	0.1	1.5	-0.4	0.4
Pov.	1.2	-0.8	-0.2	-0.1	-1.1	-1.0	-1.4	-1.0	-0.4	1.1	-0.4	0.1

Med stolpom in opazovalnim prostorom nastopa inverzija vedno med sončnim zahodom in sončnim vzhodom. Približno eno uro po sončnem zahodu doseže temperaturna razlika največjo vrednost in s kolebanjem nekaj desetink stopinj se ta razlika ohrani do približno eno uro po sončnem vzhodu. Ta ugotovitev pa ne velja za 4 zimsko mesece, ko se inverzija ohrani tudi v opoldanskih urah. Ne glede na oblačnost, kakor bomo naknadno ugotovili pri odvisnosti jakosti inverzije od oblačnosti, je temperaturni obrat največji v mesecu januarju, ko znaša razlika celo popoldne več kot eno stopinjo.



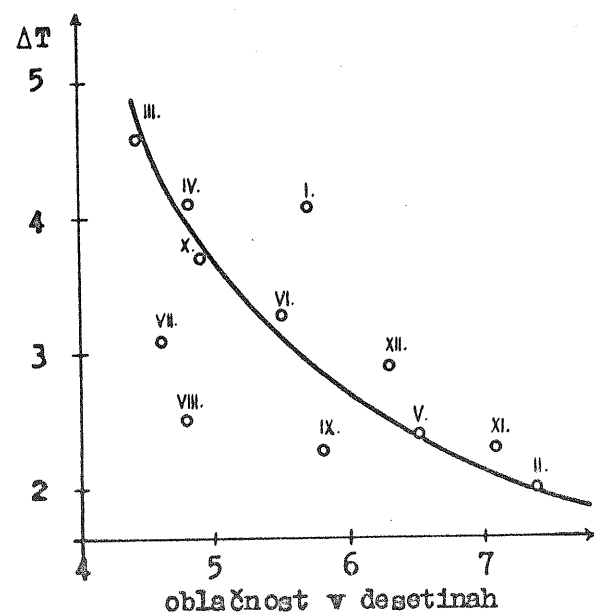
Slika 3 Poprečna razlika med temperaturama na 2 m in 5 cm nad tlemi za mesec marec 1968. Poprečna razlika za 11 jasnih noči v istem mesecu je označena z črtkano krivuljo.

Fig. 3 Mean temperature difference - thermometer screen minus 5 cm above the ground - as a function of time during the day as taken within March 1968. Mean temperature difference for 11 clear nights in this month is represented by a dashed curve.

Precej drugačno sliko dobimo, ko primerjamo temperaturne razlike med Šmarno goro in stolpom. Inverzija nastopa le v zimskih mesecih, in še takrat je popoldne prekinjena za nekaj ur.

Med majem in avgustom zasledimo, da je Šmarna gora med 6 in 10 uro za več kot eno stopinjo hladnejša od stolpa, prav tako med 15 in 22 uro od marca pa do novembra, ko nastopi največja razlika - do 3 stopinje ob 18 uri.

Urne vrednosti temperature na 5 cm so na razpolago samo za marec 1968. Razlika med 2 m in 5 cm nad tlemi je prikazana na sliki 3. Izkazalo se je, da je poprečno največja razlika dve uri po sončnem zahodu. Če pa upoštevamo samo jasne večere, potem ugotovimo, da nastopi že v prvi uri po sončnem zahodu ekstremna vrednost. Ta ne ostane vso noč, temveč se po eni uri zmanjša za približno eno stopinjo. Ta diferenca ostane skoraj enaka vse do sončnega vzhoda.

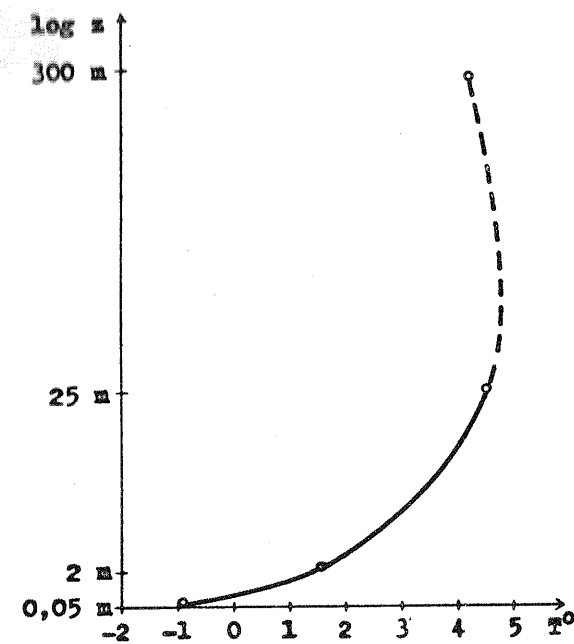


Slika 4 Odvisnost maksimalne temperaturne razlike med 25 m in 2 m nad tlemi od poprečne oblačnosti.

Fig. 4 Maximum temperature difference - tower /25 m/ minus thermometer screen - as a function of mean cloudiness.

Vse te meritve ter poprečne vrednosti se ujemajo z znanimi ugotovitvami o radiaciji in insolaciji, po katerih so v nočnem in zimskem času prizemne plasti zraka znatno bolj ohlajene kot zrak nekaj metrov nad tlemi. Velikost teh razlik pa je odvisna predvsem od oblačnosti, kar je razvidno iz slike 4.

Pri upoštevanju poprečnih temperaturnih vrednosti iz vseh štirih opazovalnih točk za marec 1968 med 17 uro in 06 smo dobili krivuljo /slika 5/, ki ponazarja temperaturni gradient z višino. Temperaturni gradient je največji v neposredni plasti zraka pri tleh, in že od višine 2 m navzgor se hitro zmanjša. Na kateri višini je običajno zgornja meja inverzije, je težko reči, ker za to ni meritev, verjetno pa ta nastopa najpogosteje med 20 in 50 m nad tlemi.



Slika 5 Poprečne nočne temperature /med 17. in 06. uro/ za mesec marec 1968 za razne višine.

Fig. 5 Mean night temperatures /between 5 p.m. and 6 a.m./ as taken for March 1968 at various heights above the ground.

LITERATURA

Godske C., Bergeron T., Bjerknes J. and Bundgard R.:

Dynamic Meteorology and Weather Forecasting, str. 103, Boston 1957.