

OBJEKTIVNI KRITERIJI ZA PROGNOZO NEVIHT IN TOČE

OBJECTIVE CRITERIA FOR THUNDERSTORM AND HAIL FORECAST

551.509.326

JANKO PRISTOV

Hidrometeorološki zavod SRS, Ljubljana

SUMMARY:

A few years ago a hail protection system was organised in northeastern part of Slovenia, using rockets filled up with silver iodide. An efficient thunderstorm and hail forecast is needed for alertness of the radar's crew and rocket shooters.

In the past, we used only the main weather situation as a tool for a thunderstorm forecast. In 1971, we forecasted vertical temperature distribution above the eastern part of Slovenia, and on the basis of this, vertical velocities were calculated, using Šiškin's method /4/. For this year also lability factors "K" /1/ and "SSI" /2/ were calculated. Values for vertical velocities and the above mentioned factors are given in the tables 1-3.

Results have shown that strong hail is observed at vertical velocities larger than 20 mps. At values between 10 and 20 mps thunderstorms are observed, and only occasionally weak hail. At these values strong hail can be observed in the western part of Slovenia only (region 4 /5/). Here the already calculated vertical velocities are not valid any more; for this part of Slovenia particular vertical temperature distribution must be forecasted and particular limits must be determined. At vertical velocities smaller than 10 mps only a few thunderstorms were observed, or even none.

Low level air layers determine whether the convection will start or not. Šiškin's method does not take into account the air humidity, therefore the calculated vertical velocities are too large in very dry air. Too large calculated vertical velocities are also obtained in the cases when inversion layers exist close to the height of the maximal vertical velocity.

For thunderstorm and hail forecast it is much less important to know the lability factors than to know the vertical velocities calculated for separate air layers. The shortness of the lability factors "SSI" lies in its definition. Here, the temperatures

at two different heights are taken into account (i.e. 850 mb surface and 500 mb surface), and the air humidity at only one height (i.e. 850 mb surface). When subsidence inversion layers are situated above the height of 850 mb surface, negative values of "SSI" are calculated. This should mean a creation of strong thunderstorm activity but even weak convection is missing. Similar circumstances are found with the factor "K" where data at three different heights are taken into account; but here the influence of air humidity at lower levels (850 mb and 700 mb surface) on its value is too large.

The main common shortness of the lability factors "SSI" and "K" lies in the fact that they do not take into account the circumstances occurring below the height of 850 mb surface. It was found out that determined limite values of these two factors are necessary, but, however they are not sufficient conditions for the creation of thunderstorms. It is impossible to forecast a thunderstorm only on the basis of lability factors, but their values can prove useful as an indicator showing when a more laborous calculation of vertical velocity should be made.

UVOD

Zaradi obrambe pred točo smo pričeli v Sloveniji že leta 1969 napovedovati nevihte, ki so bile izdelane na osnovi splošne sinoptične situacije, ob upoštevanju analiziranih emagramov sosednjih radiosondažnih postaj. Ocena posameznih elementov je bila močno subjektivna in je bila vrednost prognoze odvisna le od izkušenosti prognostika.

Že od samega pričetka izdelovanja teh prognoz smo želeli dobiti za prognozo neviht objektivne kriterije. V pričetku smo uporabljali najbolj splošne labilnostne faktorje, kot sta "K faktor" /1/ in "SSI faktor" /2/. Za ta dva labilnostna faktorja se je pokazalo, da sta koristna za prognozo neviht, nista pa zadostna, da bi se dalo prognozirati samo na njihovi osnovi /3/. Vrednosti teh faktorjev, pri katerih nastopajo nevihte, so različne skoraj za vsako izmed sosednjih radiosondažnih postaj, kajti pri vsaki so različni lokalni pogoji, ki nedvomno vplivajo na nastanek neviht.

Ker nas uporabnost labilnostnih faktorjev ni povsem zadovoljila, smo pričeli v letu 1971 računati vertikalne hitrosti nad Slovenijo, oziroma bolje povedano, nad pred točo branjenim področjem v vzhodni Sloveniji. Za računanje vertikalnih hitrosti smo uporabili metodo Šiškina /4/.

RAČUNANJE VERTIKALNIH HITROSTI

Šiškin je računati vertikalne hitrosti po posameznih slojih in upošteval tudi advektivni člen in insolacijo. Po njegovem mnenju ne določa vertikalne hitrosti samo razporeditev temperature z višino, temveč tudi odnos med descendenčnimi in ascendenčnimi tokovi. Hitrost vertikalnega gibanja je po Šiškinu /4/ v tem primeru podana z enačbo

$$\frac{V^2}{2} = C_p [(T_b - T) - S_{Bmaks}(T_b - T_c)] \gamma$$

kjer lahko pišemo

$$C_p [(T_b - T) - S_{Bmaks}(T_b - T_c)] = \Delta q$$

in dobimo

$$\frac{V^2}{2} = \gamma \cdot \Delta q$$

pri tem je

V = vertikalna hitrost;

C_p = specifična toplota pri konstantnem pritisku;

T_c = temperatura presečišča suhe adiabate, ki poteka skozi temperature na spodnji meji sloja, z vrhom sloja;

T_b = temperatura presečišča vlažne adiabate z vrhom sloja;

T_o = temperatura kondenzacijskega nivoja;

T_{cn} = temperatura presečišča suhe adiabate, ki poteka skozi temperatura kondenzacijskega nivoja z vrhom sloja;

T = temperatura prostega ozračja na spodnjem nivoju sloja;

= koeficient pretvorbe toplotne energije v kinetično energijo;

$$\gamma = \frac{T_o - T_{cn}}{T_o}$$

Δq = latentna toplota enote mase, ki se sprosti pri kondenzaciji v oblaku;

S_{Bmaks} = optimalna oblačnost pri pogoju maksimalne možne sprostitve energije konvekcije:

$$S_{Bmaks} = 1 - \frac{\frac{\sum_{i=1}^n T_i - T_c}{\tau}}{\frac{\sum_{i=1}^n T_{bi} - T_c}{\tau}}$$

Stratifikacijska krivulja ali krivulja vertikalne temperaturne razporeditve, se deli na n odsekov z ozirom na karakteristične točke, ki se prično s prognoziranim kondenzacijskim nivojem. Če karakterističnih točk ni, vzamemo debeline slojev od 150 do 200 mb. Za vsak tak sloj se označuje suha in vlažna adiabata z izhodiščem na spodnjem nivoju sloja.

UPORABNOST IZRAČUNANIH VERTIKALNIH HITROSTI

V letu 1971 smo uporabljali radiosondažne podatke Zagreba za računanje vertikalnih hitrosti takrat, kadar je bila advekcija majhna. Te izračunane vertikalne hitrosti smo uporabljali za prognozo neviht in toče v notranjosti Slovenije, pod predpostavko, da so to maksimalne vertikalne hitrosti za določeno področje; kje na tem področju se bodo te maksimalne vertikalne hitrosti pojavile, pa ne vemo.

Kadar je bila advekcija zadosti velika, smo izdelali prognostično krivuljo, pri ka-

Tabela 2

Primeri z nevihtami brez toče v Sloveniji
(Oznake v tabeli so enake kot v tabeli 1)

Table 2

Cases with thunderstorms without hail in Slovenia
(Symbols have the same meaning as on table 1)

Datum	I	PN	h	W	SSI	K
27.6.	2	1,2,3,4	4,9	17	4	25
28.6.	2	1,2,3,4	3,0	8	1,5	32
30.6.	2	1,2,3,4	3,1	12	1	30
16.7.	3	1,2,3,4	3,4	11	6	19
24.7.	2	1,2,3,4	4,4	16	4,5	24
30.7.	2	1,2,3,4	4,1	12	-2	35
5.8.	2	1,2,3,4	3,7	14	-1,5	33
21.8.	2	1,2,3,4	5,1	20	0	30
31.8.	3	1,2,3,4	4,2	17	-1	35
3.7.	3	1,2,3	3,0	13	2,5	25
4.7.	2	1,2,3	5,6	20	0	33
6.7.	2	3	3,8	16	2	29
14.7.	1	2	2,2	9	-0,5	33
15.7.	1	1, 3	5,5	21	4,5	21
26.7.	1	1, 3	2,0	4	6	12
29.7.	3	1,2,3	5,8	21	-1,5	36
1.8.	2	1,2	3,0	13	1,0	35
3.8.	2	1,2,3	4,2	18	-2,5	32
6.8.	1	1,2	5,2	23	-2,0	33
9.8.	1	1, 3	3,0	8	2	28
11.8.	1	1, 3	-	0	-2,5	25
13.8.	1	3,4	4,3	5	4	26
25.8.	1	3,4	3,2	7	-0,5	32
30.8.	2	1, 3	5,5	17		
1.9.	1	4	2,2	5	6	24
6.9.	1	2,3,4	2,5	5	0	29
8.9.	1	4	2,9	9	8	19
12.9.	1	2,3,4	2,8	7	4	28
15.9.	1	3,4	3,1	7	2	29
POPREČNE VREDNOSTI			3,7	12,2	1,9	27,6

Tabela 3

Primeri, ko v obravnavani dobi ni bilo neviht
(oznake v tabeli so enake kot v tabeli 1)

Table 3

Cases, when thunderstorms were not observed in the treated period
(Symbols have the same meaning as on table 1)

Datum	h	W	SSI	K
2.7.	2,9	9	4,5	27
7.7.	3,7	14,5	2	29
8.7.	3,0	3	5,5	18
9.7.	5,6	9	4,5	15
10.7.	2,4	3	8	15
19.7.	4,2	3	-1	35
20.7.	2,0	4	7	19
21.7.	2,2	3	3	26
22.7.	2,1	7	5,5	22
25.7.	3,1	13	-0,5	28
27.7.	/	0	5	17
28.7.	/	0	-0,5	24
7.8.	/	0	-3,5	22
10.8.	/	0	4	9
14.8.	/	0	-5	28
17.8.	2,6	13	2	30
18.8.	2,3	7	3	18
19.8.	/	0	8	12
20.8.	/	0	4	14
28.8.	4,1	17	1,5	27
29.8.	/	0	3,5	22
2.9.	2,5	9	10	16
3.9.	2,7	11	4,0	3
4.9.	2,0	6	8	10
5.9.	4,2	10	1,5	21
7.9.	3,0	9	5	15
9.9.	3,0	8	3	26
10.9.	/	0	9	16
11.9.	/	0	0,5	32
13.9.	/	0	9	22
14.9.	2,6	10	6	18
16.9.	3,0	6	4	22
17.9.	3,4	8	7	14
18.9.	3,1	8	6	23
19.9.	/	0	9	18
20.9.	/	0	9	12

Datum	h	W	SSI	K
21.9.	/	0	7	15
23.9.	/	0	4	17
24.9.	/	0	2,5	24
25.9.	/	0	3,0	30
26.9.	/	0	1	28
27.9.	/	0		
28.9.	/	0	2	28
29.9.	1,5	5	3	30
30.9.	/	0	4	27
POPREČJE	3,0	5,1	4,0	21,0

Izjemen primer je bil 11. 7. 1971, ko je bila izračunana vzponska hitrost samo 8,5 m/s in je na eni postaji v gorskem svetu padala toča. Toče pri vert. hitrostih pod 20 m/s so manjšega obsega in ne povzročajo znatne škode, tako da še vedno ostane kriterij za zmerno ali močno točo 20 m/s. Ti rezultati so se pokazali v letu 1971 za zelo zadovoljive.

Podobno, kot smo pri računanih vertikalnih hitrostih za točo ugotovili, da morajo biti večinoma nad 20 m/s, so pri nevihtah brez toče hitrosti med 10 in 20 m/s. Vzponske hitrosti pod 10 m/s so samo ob posameznih nevihtah ali pa so v tem primeru nevihte na Primorskem, za katere pa smo že ugotovili /3/, da ne veljajo vertikalne hitrosti izračunane, za notranjost Slovenije.

Prognostične temperaturne krivulje so izdelane za nostranjost Slovenije na osnovi radiosondažnih podatkov Zagreba; za Primorsko pa je treba za osnovo uporabljati radiosondažne podatke Udin. Posebno velika razlika nastane v jesenskih mesecih, ko se atmosfera v notranjosti Slovenije že stabilizira, v Primorju pa ostane še močno labilna.

V primerih, ko ni bilo v Sloveniji niti neviht niti toče, so izračunane vertikalne hitrosti pod 10 m/s. Večje vrednosti so zabeležene samo takrat, ko je bila slabo prognozirana temperaturna krivulja ali se je pojavila močna subsidenca tik nad izračunanimi maksimalnimi vrednostmi vertikalnih hitrosti.

Kolikor je zrak presuh, je treba izhodiščno formulo za vzponske hitrosti korigirati s tem, da zmanjšamo vertikalno hitrost. Upoštevamo namreč, da je pritok suhega zraka v oblak vertikalnega razvoja tolikšen, da se dvigajoči zrak ne dviga več po vlažni adiabatni, temveč nekje po sredi med vlažno in suho adiabato. Na ta način izračunane vzponske hitrosti so znatno manjše, kot če upoštevamo, da se dviga zrak po vlažni adiabatni. Ocena, za koliko se zmanjša v tem primeru vertikalna hitrost, je še subjektivna in bo objektivizacijo potrebno izdelati na osnovi večjega števila primerov.

Vertikalne hitrosti pod 10 m/s povzročajo v Sloveniji le posamezne nevihte v no-

tranjosti, kjer ti izračuni pravzaprav veljajo. Kolikor predvidevamo, da bodo res samo posamezne nevihte v Sloveniji, jih ne bi smeli napovedovati pri splošni vremenski napovedi, kajti v nasprotnem primeru bi bila napoved brez neviht v poletnih mesecih le izjemen primer. Vsekakor pa je verjetnost teh neviht treba podati pri specialnih vremenskih napovedih.

LABILNOSTNI FAKTORJI

V obdelavi za leto 1969 je Pristov /3/ prikazal, da so kriteriji za prognozo neviht ali toče odvisni tudi od orografije in od bližine morja. Zato so vrednosti za prognozo neviht, bodisi pri SSI ali pri K faktorju za različne radiosondažne postaje različne. Razlike so bile zelo velike že med postajama Dunaj in Zagreb, da o Udinah, kjer se pozna še morski vpliv, sploh ne govorimo. Pri teh vrednostih labilnostnih faktorjev se pozna še letni čas, tako da je za nevihte potrebna v pomladanskem času drugačna vrednost kot v jesenskem času.

Vrednosti teh labilnostnih faktorjev si lahko natančneje ogledamo pri vrednostih temperaturne razporeditve nad Slovenijo, ki smo jo prognozirali za računanje vertikalnih hitrosti. Tu se namreč lepše pokažejo njihove vrednosti in pomanjkljivosti. Vrednosti v tabl. 1., 2. in 3. nam povedo, da so lahko posamezne meje pri teh vrednostih potreben, ne pa zadosten pogoj.

Kadar je padala toča, je bil labilnostni faktor SSI razen v izjemnih primerih znatno pod 0, torej negativen. Vrednosti SSI, ki so pod -1 pa ne zasledimo samo v primerih, ko je bila toča, temveč velikokrat tudi v primerih, ko neviht oziroma konvekcije sploh ni bilo.

Podobno je tudi s K faktorjem. Ta je bil pri pojavu toče skoraj vedno nad vrednostjo 30; v primerih, ko so bile nevihte, vendar brez toče, je bil skoraj vedno nad 25; ko pa ni bilo neviht je imel v velikem številu primerov vrednosti pod 25, vendar so bili tudi primeri z vrednostjo nad 30 in celo z vrednostjo 35.

Razlaga zakaj se pojavljajo negativne vrednosti SSI tudi pri stabilnem vremenu, je v tem, da SSI faktor upošteva vlago samo na 850 mb ploskvi. Razmere v ozračju pod to ploskvijo sploh ne upošteva. Velikokrat se zgodi, še posebno v poznem poletju ali v zgodnji jeseni, da je v sloju od tal do 850 mb ploskve močna inverzija in zato še tako močno segrevanje pri tleh ne povzroči konvektivnih oblakov. V teh primerih labilnostni faktorji popolnoma odpovedo.

Drugi vzrok znatnih negativnih vrednosti SSI faktorja je močna subsidenčna inverzija nad 850 mb ploskvijo. Sesedajoči zrak je imel še razmeroma velik vertikalni temperaturni gradient, vendar zelo nizko vlago. Kot smo že omenili, upoštevamo pri SSI faktorju vlago samo na 850 mb ploskvi in nato domnevamo, da se bo od kondenzacijskega nivoja dalje dvigal zrak po vlažni adiabatni, ne glede na to, koliko suh je zrak. Vemo, da to ne drži in da dvigajoči zrak vsrka približno 1/3 zračne mase iz okolice oblaka. S tem se meša nasičen dvigajoči zrak in suhi zrak iz okolice. Če je zrak iz okolice zadosti suh, bo oblak izginil in bi se zato moral dvigati po suhi adiabatni; tako velikega vertikalnega gradienta pa ni in se zato zrak umiri. Iz teh dveh primerov lahko sklepamo, da je negativna vrednost SSI faktorja nad določenim področjem potrebna, ni pa zadosten pogoj. V vsakdanji pra-

ksi nam ta labilnostni faktor lahko precej koristi, ker ima določeno prognozično vrednost, in ga zelo hitro dobimo. Koristi nam lahko tako, da računamo vertikalne hitrosti takrat, ko dobimo za SSI zelo male pozitivne ali pa celo negativne vrednosti.

Labilnostni faktor "K" je empirično določen faktor, pri katerem ni potrebno imeti emagrama ali drugega adiabatnega papirja, ker upošteva samo temperaturne razmere na treh in vlažnostne razmere na dveh ploskvah, to je na 850 in 700 mb ploskvi. Ta labilnostni faktor je močno odvisen od vlage na 700 mb ploskvi in lahko dobimo razmeroma visoko vrednost za ta faktor, če je vlaga na 850 in 700 mb ploskvi visoka, četudi je vertikalni temperaturni gradient razmeroma majhen. S takim faktorjem je skoraj nemogoče ločiti, kdaj bodo samo nevihte in kdaj se bo pojavila tudi toča.

Iz logičnega sklepanja vidimo, da dobimo razmeroma visok K faktor takrat, ko je subsidenčna inverzija tik nad 700 mb ploskvijo.

Druga pomanjkljivost tega faktorja je ista kot pri faktorju SSI, to je da ne upošteva atmosferskih razmer pod 850 mb ploskvijo. Poprečne vrednosti "K" faktorja, ki smo jih dobili iz prognozičnih oziroma korigiranih tempov za področje Slovenije (tab. 2., 3. in 4.), nam dajo zelo ugodno razvrstitev. Vrednosti v primerih s točo so znatno višje kot v primerih z nevihtami brez toče (razlika 3,7), te pa so znatno višje kot v primerih brez neviht (razlika poprečnih vrednosti 6,6). Poprečne vrednosti pa nam ne povedo vsega. V primerih brez neviht (tab. 3) vidimo, da je znatno število primerov, ko je vrednost labilnostnega faktorja 30 ali celo več. Največja vrednost neviht je bila za K faktor celo 35. Iz tega sledi, da nam lahko pomagata oba labilnostna faktorja pri prognozi neviht, le kot potreben, ne pa kot zadosten pogoj.

LITERATURA

- /1/ George J.J.: Weather Forecasting for Aeronautics. New York - London, 1960
- /2/ Galway G.J.: The Lifted Index as a Predictor of Latent Instability. Bulletin of the American Meteorological Society, Vol. 37, 1956
- /3/ Pristov J.: Uporabnost labilnostnih faktorjev za prognozo neviht in toče v Sloveniji. Razprave XII, DMS Ljubljana 1970
- /4/ Bibilašvili N.Š., Lapčeva V.F., Ordžoninkidze A.A., Sulakvelidze G.K.: Osobnosti koagulacionno-rasti gradi, svjazanie s izmenenjem skorosti vertikalnih potokov po visote. A.N. SSSR ser. geofiz. No 4 1960
- /5/ Trontelj M.: Prognoza neviht nad Slovenijo s pomočjo empiričnih parametrov. Razprave XII, DMS Ljubljana 1970