

PADAVINE OB HLADNIH FRONTAH V SLOVENIJI
COLD-FRONT PRECIPITATIONS IN SLOVENIA

Zdravko Petkovšek

551.577

Summary:

In the present paper are examined the precipitations of 86 cold fronts of the year 1957 in Slovenija (NW part of Yugoslavia). The sum of these precipitations amounts 3/4 of all precipitations falling in the year considered. Slovenia is represented by eleven 1st order stations.

First some theoretical aspects are discussed and it is found that the lack of data do not allow their usage in the district considered. Further is studied the procentual distribution of fronts regarding the amount of precipitations (table-1). The intensity distribution of precipitations at these fronts is significant - in wintertime more regular, in summertime, because of showers, step-form - as it is schematically presented on Fig-1. The intensity of cold front precipitation in wintertime was mostly 2 - 6 mm per hour, in summertime between 8 and 15 mm p h, but with some showers the intensity was of course much greater. The average duration of precipitation at these fronts was 8 hours.

Slovenia is considerably small. There is no wonder then, that the maximum of the curve that represents the time-distribution of precipitation spreading (Fig-2) in most cases coincides with the time of the front passage, defined by the synoptic method. Table 2 presents the number of fronts regarding the mentioned time difference. From these data it can also be concluded that the precipitation distribution corresponds mostly to the classical scheme, in spite of strong front-deformation on the Alps, that was found (8).

The present paper would like to show mainly the dependence of amount of precipitation on various weather and synoptic parameters that could serve as a forecasting resource. On 15 of the precipitations richest fronts, mean values of various parameters were determined, whereas the same was made for 15 of precipitations po-

orest fronts. The results will be seen on the table-3. It shows that only at a few parameters occur enough big differences, that by the suitable consideration some delicate usable correlations are to be found. Later it was found that the majority of the precipitably-rich fronts are the summertime fronts and the majority of the precipitably-poor fronts belong to the winter time. This shows the great influence of the season on the amount of cold front precipitations in the district considered. To eliminate this influence all cold fronts were divided in winter and in summer fronts, for each group the above mentioned method was used. Instead of values of parameters (as on table-3), their differences between precipitably-rich and poor fronts for both groups, and there, counted from the values of table-3. are presented in table 4 and discussed.

Furthermore, the types of the precipitation distribution in Slovenia at cold front passages are discussed. The types are determined after the position of the maximum precipitations amount, that, with the frequency of the types will be seen on Fig-3. The distribution of the precipitations at rich fronts are mainly of types a and b. By appropriate grupation of parameter-values, here as well, no usable correlations were found. In the whole, nowhere at the used parameters there could be found such a difference in the values for the by amount or distribution of precipitations different fronts that the established correlation could serve as a good help at the forecast.

Obraznava zajema padavine, ki so padle ob hladnih frontah v Sloveniji leta 1957. Takih front je bilo v tem letu skupno 93, vendar pa se je v 7 primerih na njih razvila močna sekundarna depresija, da je bil ustroj fronte pri nas povsem spremenjen. Večina obravnava se nanaša zato na 86 hladnih front. Količino padavin v Sloveniji predstavlja povpreček iz količin, izmerjenih na 11 sinoptičnih postajah. To so: Murska Sobota, Maribor, Celje, Šmartno, Novo mesto, Ljubljana, Jezersko, Planica, Postojna, Ajdovščina in Koper.

Poglejmo najprej na kratko kakšne so možnosti, da bi problem zajeli teoretično. Mehanizem nastanka padavin je v splošnem dobro znan. V njem nastopajo kot glavni faktorji kondenzacijska jedra, količina vode oziroma vodne pare in ohladiitveni proces. Na prve ne polagamo velike važnosti ker smatramo, da je v naravi primernih kondenzacijskih jeder dovolj. Količina vlage v zraku je zelo važna: njena določitev s sodob-

nimi sredstvi tudi za višje plasti troposfere načelno ni težka, dasi pri nas praktično je, zaradi pomanjkanja radiosondnih postaj v okolici. Kot glaven problem pa nastopa določitev ohladitvenega procesa. Pri teoretičnih proučevanjih često smatramo, da so neadiabatni vplivi v prosti atmosferi zanemarljivi ter je glavni vzrok za ohladitev adiabatni proces. Ta je vezan na vertikalna gibanja, ki pa direktno niso merljiva. Na podlagi gornjih ugotovitev in postavk se je v glavnem razvijalo teoretično delo za ugotavljanje in prognozo količine padavin. Poznamo že nekaj enačb, ki se v bistvu ne razlikujejo mnogo. Praktičnim možnostim je blizu Fulksova formula /1/, ki daje količino padavin v obliki

$$RR = - \frac{E}{RT} \left(\frac{de}{dz} + \frac{eg}{RT} \right) w \Delta z$$

kjer sta konstanti $E = 0,622$ in $R = 287 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2} \text{ st}^{-1}$, T temperatura, e parni pritisk, w vertikalna hitrost in Δz debelina posameznih horizontalnih plasti. V teh plasteh smatramo ostale količine za konstantne oziroma vzamemo njihove srednje vrednosti. Poleg vrednosti e , T , de/dz , ki jih je možno dobiti iz radiosondnih podatkov, nastopa v njej vertikalna hitrost, kot v splošnem kvantitativno težko določljiva količina; v območju frontalnih motenj in še ob orografski pregradi pa je praktično neznana. Zato nas ta in podobne enačbe ne privedejo do zanesljivih kvantitativnih vrednosti. Kvalitativna presoja pa lahko izhaja iz samih osnovnih spoznanj o mehanizmu nastanka padavin. Ta nam pove, da je za količino padavin važna tudi debelina oblakov zaradi dolžine poti, na kateri pada kapljica skozi oblak, in višina izoterme 0°C zaradi tvorjenja ledenih kristalčkov. Zato se pridružujemo mnenju strokovnjakov, ki smatrajo, da so za praktične potrebe statistični in empirični izsledki na tem področju še vedno najuspešnejši.

Skupno je padlo ob obravnavanih 86 hladnih frontah 822 mm padavin. Podatek predstavlja povpreček z 11 sinoptičnih postaj, ki zastopajo Slovenijo. Ta vrednost ob zaokrožitvi pomeni, da je povpreček na hladno fronto 10 mm padavin. Posamezni primeri seveda močno odstopajo od tega povprečja. Ekstremi so pri frontah brez padavin, teh je 12 % in na drugi strani fronta od 6. maja 1957, ob kateri je padlo v Sloveniji povprečno 51 mm padavin (katastrofalni majski sneg). Za primerjavo z letnim povprečjem, ki znaša 1130 mm (2), moramo pritegniti še 7 hladnih front, ob katerih so se razvile zelo močne sekundarne depresije, zaradi česar smo jih sicer izpustili iz splošnega proučevanja, čeprav so dale skupno 42 mm padavin. Odtoč lahko potem

ugotovimo, da so dale hladne fronte 3/4 v tem letu padlih padavin. Postavka " ob hladnih frontah " pomeni, da tu niso vračunane samo tiste padavine, ki so padle prav ob prehodu fronte same. Te je namreč težko ali pa povsem nemogoče ločiti od predfrontalnih, orografskih, v pojačani cirkulaciji pred fronto, od termično konvektivnih plošč kmalu po prehodu fronte, od tistih, ki so nastale v tem času v zvezi z razvojem sekundarne depresije itd. Vsi ti efekti in zato vse te padavine pa so v zvezi s prihodom hladne fronte in bi jih brez nje ne bilo. Zato so tu upoštevane vse padavine, ki so padle v dneh ob fronti, razen tistih, za katere je analiza pokazala, da so nastale zaradi bližnje tople fronte. Analiza ostale četrtine padavin je pokazala, da jih nekaj več kot polovica odpade na tople fronte, in manjši del na osamljene poletne plohe, procese v zvezi s kapljo hladnega zraka v višinah itd. Dopolnilo k omenjeni povprečni količini padavin ob hladnih frontah daje pregled razporeditve front glede na količino padavin:

Količina padavin (mm)	0	0,1-1,9	2-10	11-30	>30
Število front v %	12	23	34	23	8

Tabela 1 Pogostnost hladnih front glede na količino povzročeni padavin
Table 1 Percentage frequency of cold fronts regarding the amount of precipitations

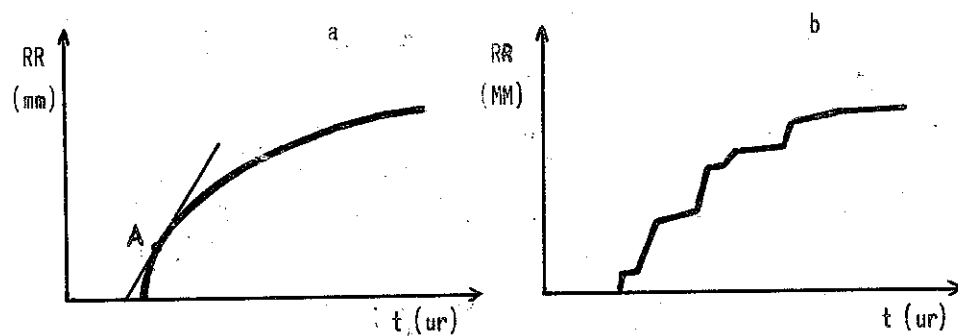
Iz nje je razvidno, da 12 % front ni dalo nobenih padavin, v ostalem pa prevladujejo fronte s količino padavin pod 10 mm, dasi tudi padavinsko bogate fronte niso izjeme.

Ker so prav ob hladnih frontah dani pogoji za najmočnejše nalive vsled velike nestabilnosti, ne bo odveč, če si ob tem ogledamo intenzivnost padavin ob teh frontah. Za uspešno delo so seveda potrebni ombrogrami, zato se moramo v tej zadevi omejiti le na en kraj - Ljubljano. Izkaže se, da imamo ob hladnih frontah v Ljubljani dokaj tipično razporeditev intenzitete padavin, ki je shematično prikazana na sliki 1a. V poletni dobi jo navadno popači izrazit značaj plošč, ki ji da stopničasto obliko, pri čemer je osnovna razporeditev često še lepo ohranjena - slika 1b. Intenziteta je določena s strmino tangente na ombrogramsko krivuljo v točki na prvi tretjini količine - na sliki točka A.

Norda ta način ni najboljši, vendar je enostaven in kaže, da se giblje intenziteta padavin ob hladnih frontah v zimski polovici leta med 2 in 6 mm/h v poletni pa med 8 in 15 mm/h. Seveda nastopa ob posameznih ploščah poletni intenziteta preko 100 mm/h, vendar v znatno krajšem času kot je ena ura. Maksimalna dnevna količina padavin v

dneh ob hladni fronti v tem letu je bila povprečno za Slovenijo 45 mm (fronta dne 5. V.), od upoštevanih krajev je imela tedaj največ padavin Planica 72 mm.

Vzporedno s tem nas zanima vprašanje o trajanju padavin ob hladnih frontah pri nas, nanj pa je razmeroma težko odgovoriti. Težave pri določanju trajanja padavin nastopajo zlasti poleti, ko padavine niso zvezne ter so časi dejanskega padanja razmeroma kratki, celotna doba ploha pa je lahko precej dolga. Padavine ob hladnih frontah v zimski polovici leta, ko imajo padavine dokaj zvezen potek, trajajo povprečno 8 ur, z ekstremnima vrednostima trajanja padavin 3 in 16 ur. Pri tem so bile upoštevane le fronte, ki so dale ob zaokrožitvi nad 1 mm padavin. V letni dobi je bil čas dejanskega trajanja večinoma krajši, v posameznih primerih pa so trajale padavine kontinuirano tudi več kot 24 ur, toda le v zvezi s sekundarno depresijo južno od Alp. Ta pa nastane večinoma prav ob prihodu hladne fronte v Sredozemlje (3).



Slika 1 Shema zimske a) in poletne b) razporeditve padavin ob prehodu hladnih front preko Slovenije

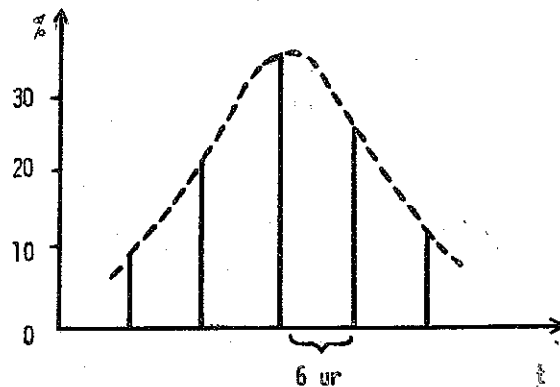
Fig-1 Schema of winter distribution a) and summer distribution b) of precipitations at cold front passages over Slovenia

Proučevanje geografske razširjenosti padavin ob hladnih frontah nam pokaže, da je okrog 70 % od padavinskih hladnih front povzročilo padavine po vsej Sloveniji, to je, na vseh upoštevanih postajah. Včasih se dogodi, da ostane brez padavin le severovzhodna Slovenija in včasih, da je brez padavin le Primorska. V

ostalem so brez padavin le posamezni kraji, a brez reda. Več o krajevni razporeditvi padavin bo povedano na koncu razprave.

Vrst padavin posebej nismo natančneje proučevali. Na podlagi opažanj med celotnim delom in manjših vzporednih tovrstnih analiz pa lahko trdimo, da so ob hladnih frontah pri nas zastopane vse vrste. Prehod iz dežja v sneg pa je vsekakor značilen prav ob hladnih frontah in zgodni spomladni in pozni jesenski dobi. Oblika padavin, ki je značilna za procese ob veliki labilnosti ob hladnih frontah, je toča, ki povzroča letno v Sloveniji precejšnjo gospodarsko škodo in je bila v zvezi s tem pri nas že obravnavana. (4). Toča zavzema navadno le manjša področja ter so nekateri kraji, kjer pogosto pada in drugi, kjer je skoro nikoli ni. Iz tega sledi, da so pri njenem nastanku odločilni lokalni vplivi, vendar pa je splošna velika labilnost ozračja in zadostna količina vlage v zraku potreben predpogoj za njen nastanek. Zaradi močno lokalnega značaja, je toča z nedoločeno stopnjo reprezentativnosti zastopana v mreži upoštevanih enajstih postaj. Na teh postajah je bilo v letu 1957 skupno 13 dni s točo, od tega devetkrat le na eni postaji, štirikrat pa sta imeli točo po dve od teh postaj isti dan. Od omenjenih 13 dni jih pade 9 na dan prihoda hladne fronte (med njimi vsi dnevi s točo na dveh postajah hkrati) in dva dneva v naslednji dan po prehodu fronte. Od ostalih dveh dni je bila enkrat toča časovno dlje od prehoda fronte in drugič v Koprju ob višinski depresiji (17. VI. 1957).

Kot pripomoček za časovno določitev prehoda hladnih front se je izkazalo primerno upoštevati razširjenosti padavin nad obravnavanim področjem v določenih časovnih intervalih, kar je dalo zanimive rezultate. Padavine, ki jih povzroči posamezna hladna fronta, trajajo v povprečju, kot smo videli, nekaj ur, zato določanje na uro natančno ni primerno, razen tega pa moramo upoštevati, da delamo primerjave za neko področje, preko katerega potuje fronta neki čas. Izkazalo se je, da je časovni interval 6 ur ugoden. Vsakih 6 ur določimo, koliko od izbranih postaj je imelo padavine, zajamemo pa ob vsaki fronti dobo 30 ur, torej 5 časovnih točk iz območja prehoda fronte, ki smo ga določili po sinoptičnih kartah. Opazimo, da nastopa pri veliki večini primerov nek relativni maksimum, čas njegovega vrha pa se zelo dobro ujema s časom prehoda hladne fronte preko osrednje Slovenije, določenim po sinoptičnih kartah. Izločiti moramo fronte, ob katerih sploh ni bilo padavin, za ostale primere pa ugotovimo srednji relativni maksimum, ki je tudi v povprečju lepo izražen in ga predstavlja slika 2. Ujemanje posameznih maksimumov s časom prehoda fronte pa je razvidno iz tabele 2.



Slika 2 Povprečna razporeditev razširjenosti padavin (odstotek postaj s padavinami) v času prehodov hladnih front

Fig-2 Average distribution of precipitation spreading (percentage of the stations with precipitations) in the time of cold front passages

stopnja odklona (v urah)	maksimalna razširjenost padavin				
	pred fronto	ob fronti	za fronto		
12	6	0	5	12	
število front (v %)	4	16	63	24	3

Tabela 2 Število front glede na časovni odklon maksimalne razširjenosti padavin od sinoptično določenega časa prehoda hladne fronte

Table 2 Number of fronts regarding the time difference between the time of maximum of precipitations spreading and synoptically determined time of frontal passage

Razvidno je, da se v večini primerov čas prehoda hladne fronte in čas nastopa maksimalne razširjenosti padavin ujemata. V ostalem nekoliko prevladuje število listih

prijerov, pri katerih nastopi največja razširjenost padavin v intervalu 5 ur po prehodu hladne fronte, določenem po sinoptičnih kartah. To pa je v skladu z razporeditvijo padavin glede na klasično shemo hladne fronte in vremenskega dogajanja v njej. Vendar ni gotovo, da je bil čas po sinoptični metodi vedno povsem pravilno določen in da pri razporeditvi padavin niso prevladovali lokalni vplivi. Če smatramo, da je čas, določen po sinoptični metodi pravilen, potem iz tabele sledi, da nastopa v Sloveniji največja razširjenost padavin najčešče prav ob prehodu hladne fronte, v ostalem pa češče nekaj ur za fronto kot pred njo. Glede na Bergeronovo klasifikacijo (5) lahko iz tega dalje sklepamo, da prihaja k nam več front I. kot II. reda, oziroma v smislu Faustove klasifikacije (6) več pasivnih kot aktivnih hladnih front. Tako sklepanje bi lahko ob upoštevanju še drugih kriterijev, ki določajo posamezni frontalni tip, prešlo v trditev, če bi bilo področje topografsko enotnejše in če bi razpolagali s tako velikim številom hladnih front, da bi lahko eliminirali vpliv dnevnega časa s parcialnimi proučevanji glede na dnevni čas grupiranih front. Z enako upravičenostjo moremo sicer smatrati, da časovni odklon maksimalne razširjenosti padavin od sinoptično določenega prehoda hladne fronte ni posledica tipa fronte, temveč predvsem vpliva dnevnega časa ali pa aktivnosti sekundarnih depresij, zlasti onih, ki potujejo po poti Vb (po Van Beberju) /7/. Prvo trditev podpira dejstvo, da je 14 od 19 hladnih front, pri katerih je maksimum razširjenosti padavin v času po prehodu fronte, prešlo Slovenijo zjutraj ali dopoldne. Direktno torej niso povzročile padavin, ampak so nastopile padavine šele pozneje v obliki plov ob termalni konvektivni aktivnosti. To lahko velja predvsem za poletno dobo in res tudi velika večina teh primerov nastopa v letni dobi. Ker so ostali trije primeri s "zakasnitvijo padavin" nastali ob razvoju sekundarne depresije, s čimer imamo obrazloženi 90 % takih primerov sledi, da je na tej osnovi brez drugega resnično neprimerno sklepati na tip fronte.

Razmeroma malo je primerov, pri katerih je maksimalna razširjenost padavin nastopila pred prihodom fronte, kot sledi iz gornje tabele. Zato pri njih ni mogoče najti kakega reda in je težko ugotoviti vzrok za to. V posameznih primerih lahko nastopa katerikoli izmed zgoraj obravnavanih vplivov, dodatno pa utegnejo biti tu odločujoče predfrontalne orografske padavine ob pojačani horizontalni cirkulaciji pred fronto.

Ugotoviti želimo odvisnost količine padavin od raznih vremenskih in sinoptičnih

parametrov. V zvezi s prvimi bi mogli uspešneje razložiti vzroke in razporeditev padavin (krajevno kot časovno), pri drugih pa bi poleg tega pričakovali možnost prognostičnih prijemov, ker se dajo nekateri sinoptični parametri mnogo lažje prognozirati kot direktno količina padavin. V ta namen si izberemo glede padavin ekstremne primere hladnih front.

fronte, ki so padavinsko bogate / revne	Δt	ΔT	W	v_f	α_t	B_t, K	dd	ff	$\Delta \alpha_t$	ΔT_h	$\Delta T'$	δ_T	$\Delta \alpha_f$	dd _n	
	ur	°C	10°	km/h	10°	10°	m/s	°C	°C	100 m	°C	100 m	°C	°C	
bogate	7	4,3	10	31	36	28	m C	25	16	m	3,9	5,0	0,6	1,7	360
revne	8	1,7	0	32	34	28	m m	28	15	m	3,2	8,0	0,6	3,7	310

Tabela 3 Povprečne vrednosti parametrov pri padavinsko bogatih in padavinsko revnih hladnih frontah.

Simboli pomenijo: Δt - časovna razlika prehoda fronte od 03. ure po lokalnem času, ΔT - jakost ohladitve pri tleh, W - število neviht, α_f - smer prihoda fronte (8), v_f - hitrost premeščanja fronte, α_t - smer tokov nad Alpami na 300 mb ploskvi, B_t - barični tip (9) (m - različen), K - ukrivljenost izohips na 500 mb ploskvi, $\Delta \alpha_t$ - topla advekcija (diferenca vetrovne smeri na 850 in 500 mb ploskvi), ΔT_h - moč ohladitve na 850 mb nad Münchenom, dd in ff - smer in hitrost vetra na 500 mb ploskvi po prehodu fronte, $\Delta T'$ - depresija rosišča v toplen zraku na 850 mb ploskvi, δ_T - stabilnost v toplen zraku (temp. diferenca med 850 in 500 mb), $\Delta \alpha_f$ - deformacija fronte na alpah (8), dd_n- smer vetra pri tleh po prehodu fronte.

Table 3 Mean values of parameters by precipitability richest and by precipitations poorest cold fronts

The symbols stands for: Δt - the time difference between 03 local time and the time of front passage, ΔT - temperature decrease caused by the front, W - number of thunderstorms, α_f - direction of frontal approach, v_f - its speed, α_t - wind direction above the Alps on 300 mb level, B_t - the type of baric field (9) (m = different), K - curvature of counter lines on 500 mb level, dd- and ff - wind direction and speed on 500 mb level, $\Delta \alpha_t$ - vertical wind shear (warm advection), ΔT_h - cooling in the high levels, $\Delta T'$ - dew point depression in the warm air on 850 mb level, δ_T - the stability of warm air, $\Delta \alpha_f$ - the deformation of front on the Alps, dd_n- wind direction at the ground after the front passage.

V ta namen si izberemo glede padavin ekstremne primere hladnih front. Izločimo 15 front, ki so povzročile povprečno v Sloveniji nad 20 mm padavin in enako število takih, ki niso dale nobenih padavin ali v povprečju za Slovenijo le neizmerljivo malo. Določitev srednjih vrednosti raznih parametrov pri obojih tipih je dala rezultate, ki so razvidni iz tabele 3.

Za računanje smiselnega povprečnega časa prihoda enih in drugih front vzamemo srednji odklon od 03. ure, ki je nasprotna tisti vrednosti v dnevu, ob kateri nastopa maksimum dnevne temperaturne krivulje in zato vpliv segrevanja od tal. Tako nam pove majhen odklon, da so prešle tiste fronte v nočnih ali zgodnje jutranjih urah, velik pa, da so prešle v dobi relativno tople podlage, ki daje svoj doprinos h konvekciji. Razporeditev, ki jo dobimo v tem pogledu je sicer neizrazita, vendar v nasprotju s pričakovanji. V iskanju vzroka za to se je izkazalo, da smo pri tem izpustili važen faktor, to je letni čas. Razumljivo je, da igra insolacija važno vlogo poleti, medtem, ko je njen vpliv na segrevanje tal, konvekcijo in končno dnevno razporeditev padavin pozimi nepomemben. S tega stališča smo analizirali ene in druge fronte in ugotovili, močno potrditev naših domnev: 13 od 15 padavinsko bogatih hladnih front spada v letno polovico leta (od 1. IV. - 30. IX.) Obratno je razmerje pri frontah brez padavin: 13 od 15 front jih pade v zimsko polovico leta. Iz tega sledi, da je pri oceni padavin potrebno upoštevati letni čas kot bistven in često odločujoč faktor.

Podelimo vseh 86 hladnih front, glede na dano razdelitev leta, v letne in zimske, ter določimo vsaki skupini povprečno količino padavin. Za zimske dobimo vrednost 4,5 mm in za letne 13,5 mm, kar pomeni, da so poletne hladne fronte v povprečju trikrat bogatejše na padavinah kot zimske in to daje končno potrditev gornji postavki. Odvisnost količine padavin od dnevnega časa, ki smo jo dobili lepo izraženo pri drugih primerjavah (10), nam tu prekrije vpliv letnega časa, ki je očitno prav tako važen ali celo odločilnejši.

Vzajemnost moči ohladitve in količine padavin ob frontah se kaže tudi iz te tabele, razlika pa je gotovo pri letnih frontah občutnejša kakor pri zimskih. V najtesnejši povezavi z gornjim je tudi nevihtnost, zakaj ob 15 padavinsko bogatih frontah je bilo zabeleženih v obravnavanih krajih Slovenije skupno 146 neviht, ob enakem številu padavinsko šibkih front pa le 4 in še to le pri tistih dveh izjemnih primerih, ki spadata med poletne fronte. Povpreček vrednosti danih števil ob zaokrožitvi na število front da vrednosti, ki so razvidne iz tabele. Iz nadaljnjih stolpcev v tabeli sledi, da ni opaziti bistvenih razlik med povprečki enih in drugih front glede smeri, iz katere pride fronta, glede hitrosti front, hitrosti višinskih tokov nad nami, višinske ohladitve na 850 mb

ploskvi, glede baričnega tipa, vetrovnega striženja z višine in tudi ne v stabilnosti toplega zraka. Pri tem nas predvsem preseneča zadnja ugotovitev.

Ostale vrednosti nam kažejo, da je pri padavinsko bogatih frontah krivina tokovnic nad nami pretežno ciklonalna in so le včasih tokovnice ravne, medtem ko je pri padavinsko revnih frontah to različno. Smer višinskih tokov je pri padavinsko bogatih frontah jugozahodna, medtem ko je pri revnih opaziti majhno severno komponento, v čemer je čutiti rahel vpliv fenizacije, ki je sicer važna, tu pa očitno maskirana z drugimi efekti. Rekli smo, da v vetrovnem striženju pri povprečnih, ki so dani v gornji tabeli, ni opaziti razlik. Analiza po posameznih primerih pa nam pokaže, da vlada med njimi zelo velika neenotnost v predznaku, čeprav absolutne vrednosti res niso velike. Povsem pa izstopajo primeri, ko imamo na 850 mb ploskvi prav nasproten veter kot na 500 mb ploskvi. Zanimivo je pri tem to, da nastopajo taki slučajji češče ob padavinsko revnih hladnih frontah, vendar pa je pri taki razporeditvi ob padavinsko bogatih frontah v višinah vedno jugozahodnik. Ta topel in vlažen zrak se nariva nad hladnega, ki prihaja iz Panonske kotline v nižjih plasteh, kar je pri nas značilen in poznan pojav. Pri padavinsko revnih frontah prevladuje v večjih višinah NW ter imamo višinski fen, v nižjih plasteh pa prodiranje hladnega zraka od vzhoda.

Razlika med obema skupinama front se kaže v vlažnosti toplega zraka (ΔT^*) to je depreciji rosišča, ki je seveda večja pri padavinsko revnih frontah. Tudi radarska proučevanja drugod so pokazala relativno veliko korelacijo med tem parametrom in padavinami (11). Ker se ta parameter nanaša na stanje pred prihodom fronte, nam lahko služi kot uspešen prognostični pripomoček pri predvidevanju količine padavin, dasi moramo upoštevati tudi mogoče odstopa od tega povprečja. Glede deformacije front ob Alpah ($\Delta \alpha$) se je izkazalo, da je ta pri hladnih frontah, ki so dale mnogo padavin znatno manjša kot pri frontah brez padavin, za kar ni videti neposrednega vzroka. Možno je, da igra pri tem važno vlogo vertikalni transport toplote in sproščena latentna toplota v višjih plasteh, verjetno pa je to tudi v zvezi s hitrostjo front, ki je pri prvih nekoliko večja, gotovo pa se tudi tu pozna vpliv letnega časa. Glede na stalno segrevanje zraka v nižjih plasteh in močnejšo vertikalno izmenjavo poletji lahko smatramo, da se letne fronte manj deformirajo kot zimske, pri katerih je stratifikacija v splešnem stabilnejša in nastopajo veliki temperaturni gradienti. Na hladni zrak pri tem zato tedaj le malo vplivajo višinski tokovi in se mora samostojno prelivati po poti najmanjšega odpora okoli pregrada.

Glede na spodaj omenjena razmerja obojih front tabele 3 in glede na letni čas, v katerega fronte spadajo, lahko smatramo, da so padavinsko bogate fronte dejansko padavinsko bogate letne fronte in da so fronte, ki sestavljajo drugo vrsto omenjene tabele, dejansko padavinsko revne zimske fronte. Poiščimo tem nasprotno primere in izberimo posebej letne, padavinsko revne in zimske, padavinsko bogate hladne fronte ter primerjajmo fronte v vsaki letni polovici posebej, s čimer izločimo vpliv letnega časa. Če tvorimo kar difference srednjih vrednosti za značilnejše parametre dobimo vrednosti, ki jih prikazuje tabela 4. V njej smo dodali zaradi ilustracije še difference, ki jih dobimo iz vrednosti tabele 3.

Parameter:	Δt ur	Δt °C	W	α_f °	v_f km/h	ΔT_h °C	ΔT^* °C
Razlike za :							
poletne fronte	3	4,2	5,0	0	1,3	2,7	2,2
zimske fronte	0	1,6	1,6	-40	1,1	1,7	5,6
iz tabele 3	1	2,6	10,0	-10	0,2	0,7	3,0

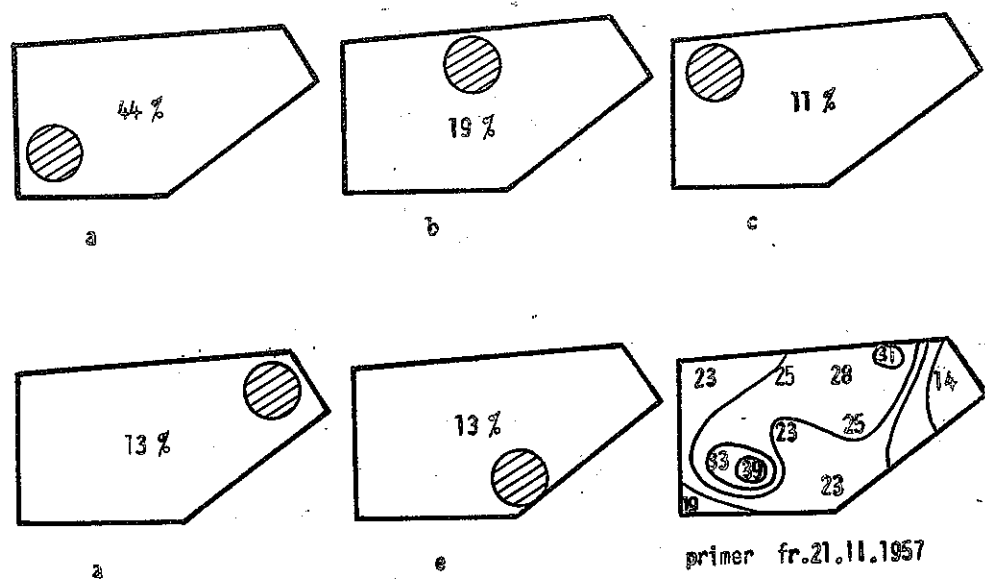
Tabela 4 Razlike povprečnih vrednosti parametrov med padavinsko bogatimi in padavinsko revnimi frontami. Označbe kot pri tabeli 3. Pozitivne vrednosti pomenijo, da so bile te pri padavinsko bogatih frontah večje.

Table 4 Differences of mean values of parameters between precipitably rich and poor fronts for summer (poletne) and winter (zimske) fronts and these from the table 3. Positive values signify that these were bigger at rich fronts.

Zadnja vrsta nas v primerjavi z gornjima opozori na tiste parametre, ki so odvisni predvsem od letnega časa. To so nevihte in ohladitve na višinah, pri katerih leže vrednosti zadnje vrste izven vrednosti gornjih dveh, medtem ko so vrednosti ostalih parametrov med temi. Večina neviht nastane pri nas poleti, ohladitve na višinah pa so poleti slabše zaradi močnejše vertikalne izmenjave, vsled konvekcije.

Za proučevanje krajevne razporeditve padavin ob hladnih frontah v Sloveniji so bile za fronte prve polovice leta risane padavinske kartice. Posamezne padavinske kartice kažejo celotno količino padavin, ki jo je povzročila ustrezna hladna fronta. Primerjava teh kartic med seboj je pokazala, da jih moremo grupirati v 5 tipov (a, b,

c, d, e) glede na tisti kraj ali predel Slovenije, kjer je bila količina padavin največja. V veliki večini primerov je nastopil tak maksimum samo nad enim delom Slovenije, odtod vstran pa je bila količina padavin vse manjša; le redko sta bila dva močna maksimuma izrazito ločena. Definicije posameznih tipov in odstotek front,



Slika 3 Tipi padavinske razporeditve glede na kraj ali področje z maksimalno količino padavin in pogostnost tipov
 Fig-3 Types of precipitations distribution regarding the place or district with maximum amount of precipitations, and frequency of types

ki pripadajo posameznemu tipu, so razvidni iz slike 3, kjer je kot primer pridana še kartica za fronto 21. 11. Področje maksimalne količine padavin, ki definira tip padavinske razporeditve je označeno na sliki s krogcem. Fronte, ki niso dale nikjer nobenih padavin, so bile iz tega proučevanja seveda prej izločene.

Iz slike je razvidno, da je skoro v polovici primerov razporeditev tipa a, to je taka, da ima največ padavin Primorska, proti severovzhodu pa jih je vedno manj. Ta razporeditev je v skladu z razporeditvijo, ki izhaja iz splošne padavinske karte Slovenije (12)

ter je bilo zato pričakovati, da bo tudi med našimi tipi najmočnejše zastopana. Frekvenca front za ostale tipe je približno enaka ter so si zato ti tipi po frekvenci precej enakovredni. Parametri, ki smo jih doslej uporabljali za primerjavo efektov in vplivov ob frontah, so bili grupirani za vsak posamezni tip padavinske razporeditve. Rezultati tega dela pa so presenetljivo neenotni in nezadovoljivi. Pričakovali bi, da je razporeditev padavin odvisna od smeri, iz katere prihaja hladna fronta, kar pa rezultati primerjav skoro povsem zanikajo. Še največja enotnost v tem pogledu se kaže pri tipu e (pri tem tipu so padavine najmočnejše v jugovzhodnem delu Slovenije - Novo mesto), čigar fronte prihajajo dosledno od severozahoda, medtem ko kaže tip b dokaj izrazito dve smeri in sicer isto kot prejšnji in jugozahodno, ki pa je v manjšini. Na podlagi te grupacije smo si obetali podatke za obrazložitev vzrokov posameznih padavinskih razporeditev, vendar pa nam silna neenotnost v parametrih onemogoča kakršnekolikoli zaključke, ki bi imeli splošno vrednost.

Analiza teh skupin pa je nadalje pokazala, da so bile povprečne količine padavin v Sloveniji velike le pri tipu a in b, ki sta tudi zato najbolj važna. Pri ostalih treh tipih pa je v povprečju kot tudi pri posameznih primerih količina padavin daleč pod srednjo vrednostjo, razen v enem samem primeru, ki pa tudi ni posebno izrazit. Obratno sledi, da je pri padavinsko bogatih frontah razporeditev padavin v Sloveniji v smislu tipa a in b torej taka, da ima največ padavin zahodna ali severna Slovenija. Najrevnejše po padavinah so fronte, ki dajo maksimalno količino padavin v Prekmurju (tip d). Neugodno dejstvo, da vlada med parametri po tipu padavinske razporeditve grupiranih front izredna neenotnost, nam onemogoča, da bi po katerem izmed njih lahko sodili, kakšna bo razporeditev padavin v Sloveniji ob prihajajoči fronti. Tu si moremo očitno pomagati le s splošno vremensko situacijo, z ugotovitvijo bodoče stacionarnosti fronte ter z oceno nastanka ter smeri in hitrosti gibanja sekundarne depresije, ki na hladni fronti južno od Alp tako često nastaja.

Literatura:

1. Petterssen S: Weather Analysis and Forecasting, sec. ed. Vol. II, London 1956.
2. Petkovšek Z: Poseben prikaz vremena v Sloveniji za leto 1957, Univerza v Ljubljani, razprava 1960.
3. Gressel W: Die Bedeutung der Mittelmeer-Depressionen in der Alpinen Wettervorhersage, Met. Rundsch. Jahrg. 5 Nr. 1/2.
4. Reya O: Invasion de front froid dans les Alpes sudorientales, La Meteorologie - IV.
5. Bollay E: Fronts, Handbook of. Met. London 1945, cit. Bergerona.
6. Faust H: Kaltfronten und Kaltfronttypen, Berichte der Deutsch.Wetterd. Nr. 12.
7. Chromov S P : Einführung in die synoptische Wetteranalyse, Wien 1940, cit. Van Bebbra.
8. Petkovšek Z: Die Einfluss der Alpen auf die Kaltfront-Bewegungen, Berichte der Beutsch. Wetterd. Nr. 22.
9. Petkovšek Z: Doprinos k prognozi spomladanskih pozeb v Sloveniji, Meteorol.Zbornik I, DMS Ljubljana 1957.
10. Petkovšek Z: Der Niederschlagsmengenunterschied zwischen der Nord- und der Südsseite der Alpen, VI^e Congres int. Bled 1960, SHMZ Beograd 1962
11. Cox M K: The distribution and variability of the cold front precipitation, Bulletin of AMS Vol. 40 No-9
12. Reya O: Padavinska karta Slovenije, Zavod za met. in geod. Ljubljana 1946.