

**NAJVIŠJE DNEVNE PADAVINE ZA POREČJE SAVE DO KRŠKEGA  
MAXIMAL DAILY PRECIPITATIONS IN THE BASIN OF THE  
RIVER SAVA**

**Janko PRISTOV, Boris ZUPANČIČ, Filip ŠTUCIN**  
Hidrometeorološki zavod SRS, Ljubljana

UDK 551.577.2  
UDK 551.577.37

**SUMMARY**

The intention of the present work was to estimate the maximal daily precipitation in the basin of the river Sava, which covers about 11000 square kilometres of very varied relief in Slovenija. The lowest part of this basin lies 150 metres above sea level and the highest peaks reach about 2800 metres.

The work was carried out in two parts. In the first, on the basis of the results of 30 years of measurement of daily precipitation at meteorological stations in the basin, we made a choice of synoptic situations which caused heavy precipitations.

The results showed that the area was not uniform. Maximal daily precipitation did not appear throughout the river basin at the same time, since they were not caused by the same synoptic situation. On the basis of this analysis, we estimated the portion of the annual maximal daily precipitation for smaller, uniform areas, for a synoptic situation which caused maximal daily precipitation for the whole basin.

The second part of this work was a statistical analysis of the extremes. For this purpose we used Gumbel and Jenkinsen's method. The results of this analysis depend on the distribution of extreme precipitations and on the length of the series of measurements, and therefore the calculations did not give good results for all stations. Hence, we made a map of maximal daily precipitation calculated so that we considered some rules governing the distributions of maximal daily precipitation for the 30 year series of measurements.

The synthesis of the results of both parts of our work gave an estimate of the maximal daily precipitation in the basin of the river Sava.

**POVZETEK**

Cilj tega prispevka je bila ocena maksimalnih dnevnih padavin na porečju Save, ki obsega okoli 11.000 km<sup>2</sup> reliefno razgibanega območja Slovenije. Metoda dela je imela dve fazi. Najprej smo na osnovi meritev naredili izbor sinoptičnih situacij, ki so vzrok visokim padavinam. Ugotovili smo, da porečje ni padavinsko homogeno, da nastopajo najmočnejše

dnevne padavine ob različnih sinoptičnih situacijah. Za posamezna homogena področja smo ocenili razmerje med letnimi ekstremi in padavinami pri sinoptičnih situacijah, ki dajejo največ padavin na celotnem porečju. Drugi del naloge je bil izračun absolutnih ekstremov s teorijo ekstremnih vrednosti (Gumbel, Jenkinsen). Tako dobljeni absolutni ekstremi so močno odvisni od same porazdelitve ekstremnih vrednosti ter od dolžine opazovalnega obdobja. Karto prostorske porazdelitve teh vrednosti smo zato narisali še z upoštevanjem zakonitosti prostorske porazdelitve, dobljenih na karti, kjer so bili osnovni podatki izmerjeni ekstremi v 30-letnem obdobju. Sinteza prvega in drugega dela nam je dala realno oceno maksimalnih dnevni padavin na celotnem porečju Save.

## UVOD

Padavine so meteorološki element, katerega intenziteta je močno odvisna od orografije in posameznih meteoroloških situacij. Po nastanku ločimo več vrst padavin. Za naš problem so najpomembnejše: frontalne padavine, orografske padavine in padavine iz konvektivnih oblakov. Vse tri vrste padavin se lahko pojavijo v istem dnevu, največkrat pa so med seboj ločene.

Konvektivne padavine se pojavljajo ponavadi v pozno pomladanskem in poletnem razdobju. Orografske padavine so najpogostejše v jesenskem in pomladanskem razdobju, to je v povezavi s ciklonom v Sredozemlju. Frontalne padavine pa so prek celega leta, v poletnih primerih bolj povezane s konvektivnimi padavinami, v jesenskih in pomladanskih mesecih z orografskimi padavinami. Ekstremne padavine na širšem območju so v naših krajih redno vezane na vpliv oziroma prehod frontalnega sistema.

Območje jugovzhodnih Alp, še predvsem Kaninsko območje, je znano po zelo intenzivnih padavinah. Močnejše padavine so verjetno v posameznih predelih Dinarskega gorovja, in sicer tam, kjer so najugodnejši pogoji za orografske padavine (kot npr. Crkvice).

V zadnjem 80-letnem razdobju so bile v Jugoslaviji zabeležene naslednje maksimalne dnevne padavine:

Crkvice	480 mm
Drinjak	440 mm
Livek	358 mm
Lučine	341 mm
Bovec	330 mm
Gomance	326 mm
Savica	309 mm

Reya (1945) je ugotovil, da je najbolj namočeno ozemlje južno pobočje Kanina, v Italiji. Kot tipična primera ekstremnih dnevni padavin sta Osojane v Rezijanski dolini, 617 mm, in Korito v Rezijanski dolini, 371 mm (Reya 1945).

Iz navedenega sledi, da so najvišje dnevne padavine v razponu med 300 in 400 mm v zahodni Sloveniji. Nas zanima, kakšne ekstremne padavine so se pojavile v Sloveniji v zadnjih 30 letih in kakšna je povratna doba ekstremnih padavin.

Na osnovi 30-letnih opazovanj na 200 postajah smo za vsako postajo in vsak mesec vzeli najvišjo dnevno količino padavin. Na osnovi teh podatkov smo izbrali 10 datumov, ko je dobilo porečje Save, na osnovi najvišjih dnevni padavin, največjo množino vode. Izdelali smo dnevne in dvodnevne padavinske karte in določili sinoptične situacije, ki so povzročile te močne padavine v Sloveniji.

S teorijo ekstremnih vrednosti po Jenkinsenu (1955), smo za vse padavinske primere poskusili izračunati mesečne povratne dobe. Pokazalo se je, da je za takšen izračun v velikem številu primerov premalo podatkov, ker je razporeditev zelo neenotna. Isto metodo za računanje povratni dob oziroma absolutni ekstremov, smo uporabili za letne maksime, vendar tudi tu rezultati niso spodbudni.

Uporabili smo tudi računanje povratni dob po Gumbelovi metodi (Nemec, 1972) za povratno dobo 10.000 let, ki je v našem primeru uporabnejša, vendar so tudi tu rezultati nekoliko problematični in je zato potrebno še usklajevanje z analizo prostorske porazdelitve dobljenih točkovni vrednosti.

## POGOJI ZA NASTANEK INTENZIVNIH DNEVNIH PADAVIN

**Konvektivne padavine.** Kot smo že omenili, so pogosto zelo intenzivni nalivi pri nevihtah, ki se najpogosteje pojavljajo samo pomladi in poleti v popoldanskih in večernih urah. Te padavine ponavadi trajajo krajši čas in zato kljub veliki izdatnosti ne dosežejo ekstremni dnevni padavin. Termične nevihte in tudi nevihte v kapljah hladnega zraka lahko v našem primeru kar zanemarimo. Te intenzivne padavine so le na posameznih območjih, v bližnji okolici pa lahko padavin sploh ni.

**Padavine zaradi prehoda frontalnega sistema.** Za dnevne maksimalne padavine je pogoj, da imamo splošno dviganje zraka, ne samo v posameznih celicah. Splošno dviganje je ob frontalni sistemih ali v mladih ciklonskih tvorbah predvsem v jugovzhodnem delu ciklona.

Že prognostična praksa kaže, da je trajanje vpliva frontalnega sistema na padavine odvisno od smeri vetra v prosti atmosferi nad našimi kraji. Če je smer zračni tokov pod znatnim kotom na smer fronte pri tleh, so pomiki front razmeroma hitri. Takšni pogoji so pogosti pri frontah, ki se premikajo od severa, severozahoda ali zahoda in prevladujejo v prosti atmosferi severozahodni ali vsaj zahodni zračni tokovi. Na te frontalne sisteme sicer vpliva gorski masiv Alp na način, da se ob gorski prepreki kratkotrajno zaustavijo, ko pa preidejo glavni gorski masiv, se fronte — več ali manj — enakomerno pomikajo proti jugovzhodu. Iz naše sinoptične prakse je poznano, da trajajo intenzivne padavine ob prehodu takšne

fronte manj od 12 ur s tem, da lahko nastane na fronti celo slaboten val, ki pa takoj izgine, brž ko se fronta oddalji od Alp. Takšna fronta preide Slovenijo razmeroma hitro. Od enega do drugega konca Slovenije rabi od nekaj ur do polovice dneva in so zato najpogostejše glavne padavine v takšnih primerih zabeležene isti dan.

Drugačni pa so vplivi prehoda front, kadar se na fronti oziroma pred njo razvije sekundarni ciklon. V teh primerih prevladujejo nad Slovenijo močni jugozahodni vetrovi, ki lahko zadržijo pomik fronte prek Slovenije za dalj časa. V takšnih primerih nastane kvazistacionarni frontalni sistem, ki se lahko nekaj časa pomika v eno in nato v drugo smer. Sekundarni ciklon nastane ponavadi v Genovskem zalivu ali nad zahodnim delom Padske nižine. Če nastane takšen sekundarni ciklon nad severnim Jadranom, le-ta ni toliko izrazit in ne povzroči tako močnih padavin (Pristov, 1964).

Pri vzrokih za padavine, ki nastanejo v Sloveniji ob sekundarnih ciklonih, je več komponent, ki različno vplivajo na izdatnost in čas trajanja padavin:

- a) Vpliv prehoda fronte — padavine so lahko po vsej Sloveniji s precej enakomerno intenziteto (Petkovšek, 1964).
- b) Vpliv ciklonalne cirkulacije in s tem dviganje zraka — padavine so predvsem v zahodni Sloveniji; le če se ciklon pomika po poti 5b ali 5c, so možne po celi Sloveniji (Pristov, 1967).
- c) Orografske padavine — te padavine nastanejo predvsem ob gorskih pregradah, ko se zrak ob pobočjih dviga. Intenziteta padavin je lahko zelo velika, posebno če je vertikalna stratifikacija zraka vlažno labilna. Izrazita področja, kjer se pojavljajo te orografske padavine, so: Julijske Alpe, Trnovski gozd z Nanosom, Javorniki in tudi Snežnik. Savinjske Alpe imajo najizdatnejše orografske padavine ob južni smeri zračnih tokov, v manjši meri pa dobi občasno orografske padavine tudi Pohorje.

Padavine zaradi sredozemskega ciklona. Te padavinske situacije lahko trajajo dalj časa. V teh primerih ni izrazitih frontalnih sistemov pri tleh. Padavine nastanejo ponavadi zaradi advekcije toplega in vlažnega zraka ob jugozahodnih oziroma južnih vetrovih. Padavine so tem močnejše, čim večja je vsebnost vlage v zraku, čim izrazitejši so jugozahodni zračni tokovi, čim izrazitejša je splošno dviganje zaradi ciklonalne cirkulacije in dviganja vlažnega zraka ob gorskih preprekah. To so primeri ko dobi največ padavin zahodna in jugozahodna Slovenije. Druga področja dobijo znatnejše padavine le, če se ciklon pomika po poti 5b in 5c. Ta padavinski režim lahko traja tudi dalj časa — nekaj dni.

## PRIMERI MOČNIH PADAVIN NA POREČJU SAVE

Padavine pri sredozemskem ciklonu. Najizrazitejša primera ciklonalnih padavin v tem ciklonalnem razdobju, sta bila 11. 11. 1954 in 25. 9. 1973. Smer vetra v prosti atmosferi je v teh primerih južna oziroma jugozahodna. Glavne padavine dobijo Savinjske Alpe, Snežnik, pa tudi osrednja Slovenija. Kateri kraji, poleg gorskih pretek, dobijo veliko množino padavin, je odvisno od primera do primera. Vsekakor so to lahko tudi nižinski predeli oziroma kraji zunaj gorskih masivov.

Najmočnejše padavine na porečju Save so bile 25. 9. 1973, in sicer ob izrazitem sredozemskem ciklonu. Maksimum je bil na področju Snežnika, Suhe krajine in Savinjskih Alp (slika 1). Padavine niso enakomerne, temveč so v večjih ali manjših izrazitejših celicah. Med temi padavinskimi celicami so ožja območja, kjer je padlo na isti dan znatno manj padavin, lahko tudi le 1/3 količine iz najbolj namočenih krajev. Značilnost te situacije je, da dobi padavine celotna Slovenije, seveda ponekod več drugod manj.

Primeri padavin pri prehodu fronte z nastankom sekundarnega ciklona. Kadar nastane nad severnim Sredozemljem, največkrat nad Genovskim zalivom, izrazit sekundarni ciklon, se pojavijo v Sloveniji orografske padavine. Sekundarni ciklon nastane ponavadi že pred prodorom hladnega zraka prek Alp, torej še v topli zračni masi (primeri: 29. 10. 1959, 9. 10. 1964, 20. 5. 1969). Nad našimi kraji prevladujejo v takšnih primerih močni jugozahodni vetrovi. Padavine se prično v območju Julijskih Alp ali Trnovskega gozda, včasih lahko tudi v območju Snežnika ali v Savinjskih Alpah, odvisno od smeri vetra v prosti atmosferi. Pri izrazitejših ciklonih nastopijo padavine vsaj en dan pred prehodom fronte in so izrazito orografskega značaja. V takšnih primerih vzhodna Slovenija skoraj nima padavin, v osrednji in zahodni Sloveniji pa padavinsko močno izstopajo hriboviti in gorski predeli (slika 2). Takšna porazdelitev padavin lahko traja tudi do dva dni, odvisno od sinoptične situacije. Cela Slovenija dobi padavine šele pri zamenjavi zračne mase (prehod frontalnega sistema) ali ob pomiku ciklona iznad Genovskega zaliva proti vzhodu (Pristov, 1965).

Te vremenske situacije se pojavljajo pogosto v poznojesenskem času, ko je atmosfera že stabilna in ne pride do neviht. Savica in Kamniška Bistrica imata dnevni maksimum v mesecu oktobru in so v obeh primerih orografske padavine.

Podobne sinoptične situacije se lahko pojavijo tudi v spomladanskih mesecih, vendar padavine tedaj niso izrazito vezane na relief, ker že pride do formiranja nevihtnih oblakov in lahko potuje nevihtna celica tudi razmeroma daleč od gorske prepreke. V takšnih primerih ne nastanejo padavine samo zaradi dviganja zraka ob preprekah, temveč so padavine pogojene dodatno z labilnostjo ozračja, torej so padavine v teh primerih delno orografske, delno konvektivne.

Primeri padavin ob prehodu hladnih front. Poznamo zelo različne vplive prehodov hladnih front prek Slovenije. Nekatere hladne fronte povzročijo le pooblačitev ali le padavine v severovzhodni Sloveniji. To so predvsem fronte, ki preidejo naše kraje ob severozahodnih vetrovih. Nekateri prehodi front povzročijo manjše oziroma kratkotrajne padavine po vsej Sloveniji in nas v tem primeru ne zanimajo. Ostanje torej prehodi front, ki povzročajo intenzivne padavine. To so hladne fronte, ob katerih nastane ponavadi val, ki fronto nekoliko zaustavi in zaradi tega lahko trajajo intenzivne padavine tudi prek 12 ur. Pogoja za takšno situacijo sta znatna temperaturna razlika med zračnima masama in vsaj prehodno jugozahodni zračni tokovi nad našimi kraji. Pogosto sta ta pogoja izpolnjena na prednji strani višinske doline. Val na hladni fronti, ki nastane na južnem obrobju Alp, izgine, brž ko se pomakne fronta proti vzhodu. Val nastane zaradi pomika hladnega zraka okoli Alp in v višjih zračnih plasteh prek Alp.

Najpogosteje trajajo v takšnih primerih padavine manj kot en dan, če pa se pojavijo padavine tudi drugega dne, niso to frontalne, temveč pofrontalne padavine.

Te padavine zajamejo celotno Slovenijo (primeri: 11. 9. 1953, 7. 11. 1973 in 28. 9. 1978). Prično se ponavadi v severozahodnih ali severnih krajih in se razširjajo proti jugovzhodu oziroma jugu. Te situacije so lahko v vseh letnih časih, a povzročajo različne množine padavin. Največje množine padavin so jeseni ali poleti, ko je absolutna vlaga v ozračju v poprečju znatno višja kot spomladi ali celo pozimi. V zimskih in tudi spomladanskih mesecih so namreč najvišje dnevne padavine povezane s pojavljanjem izrazite ciklonalne situacije.

V teh izbranih padavinskih primerih niso izrazite orografske padavine, temveč v splošnem dobi osrednja in zahodna Slovenija več padavin kot vzhodni kraji Slovenije (sliki 3 in 4).

Prav pri teh padavinskih situacijah se najbolj pozna celična razporeditev padavin. Maksimalne dnevne padavine ob takšnih situacijah niso vezane na gorske pregrade, temveč so odvisne precej od naključja, kjer se je na hladni fronti najmočnejše razvila padavinska celica. V okolici te padavinske celice so padavine znatno šibkejše. To se pozna tudi na analiziranih padavinskih kartah, kjer so lepo izražene posamezne celice intenzivnih padavin.

Najvišje dnevne padavine. Najvišje dnevne padavine (slika 5), ki so bile kdajkoli v 30 letih od 1950 do 1979 zabeležene na naših postajah, so na večini porečja Save do Krškega med 100 in 140 mm. Nad 140 mm dnevnih padavin so bile v strnjemem področju, to je, razen na posameznih merskih mestih, na obrobju porečja Save do Savinjskih Alp, prek Karavank. Nad 220 mm dnevnih padavin je bilo zabeleženo le v Julijskih Alpah, Bohinjskem področju in na porečju Idrijce.

Podobno porazdelitev nam prikazuje tudi karta (slika 6) za 10.000-letno povratno dobo maksimalnih dnevnih padavin, izračunanih na osnovi podatkov 30-letnega niza od 1950 do 1979. Seveda so v teh primerih vrednosti znatno večje, zelo grobo vzeto za približno 100%. Najvišja vrednost je izračunana za področje Kanina, 610 mm, kar se ujema z že izmerjenimi podatki v Rezijanski dolini.

Na porečju Save ima najvišjo izračunano vrednost Savica, 577 mm. Razen Bohinjskega področja so izračunane 10.000-letne padavine povsod na porečju Save pod 400 mm.

Te izračunane vrednosti, kakor tudi maksimalne dnevne padavine v 30-letnem razdobju, pomenijo najvišje vrednosti za posamezne točke. Predhodna razglabljanja pa so pokazala, da povzročajo določene padavinske situacije maksimalne padavine le v posameznih predelih, nikakor pa ne istočasno nad celotnim porečjem Save.

## ZAKLJUČKI

Obdelave sinoptičnih situacij, ki povzročajo na porečju Save zelo močne padavine, so pokazale, da so vzroki za nastanek teh padavin različni. Različne sinoptične situacije povzročajo tudi različno prostorsko porazdelitev padavin. Nikdar se ne zgodi, da bi lahko na isti dan dobilo celotno povodje Save ekstremno močne padavine.

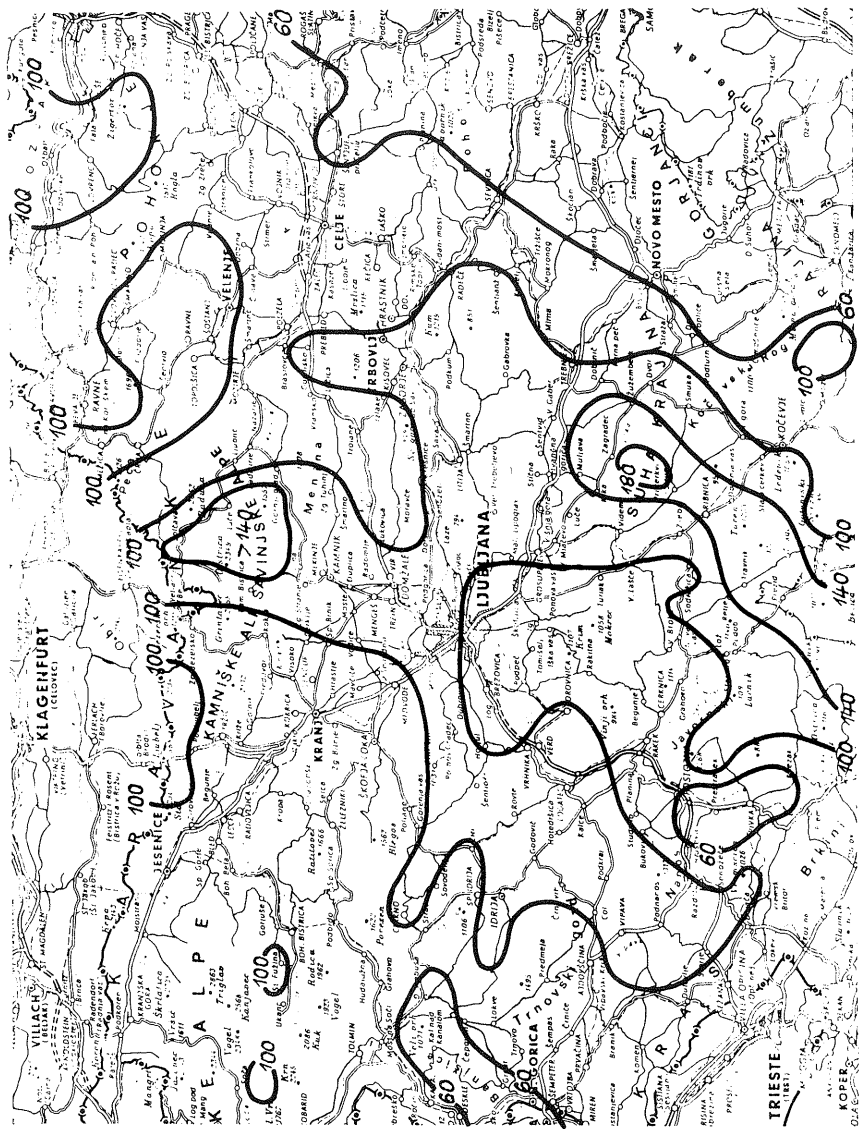
Vsekakor so dnevne padavine na povodju Save lahko intenzivnejše, kot smo jih zabeležili pri kakršnikoli sinoptični situaciji v 30-letnem razdobju, vendar imajo kljub temu določeno zgornjo mejo.

Ker so ekstremno močne padavine vezane izključno na posamezne celice, katerih lokacija je odvisna od sinoptičnih situacij in reliefa, lahko predpostavimo, da se te ekstremne padavine pojavljajo v različnih krajih ob različnem času. Če gre za frontalne padavine, moramo upoštevati tudi pomike frontalnih sistemov in s tem v zvezi pomike frontalnih padavin.

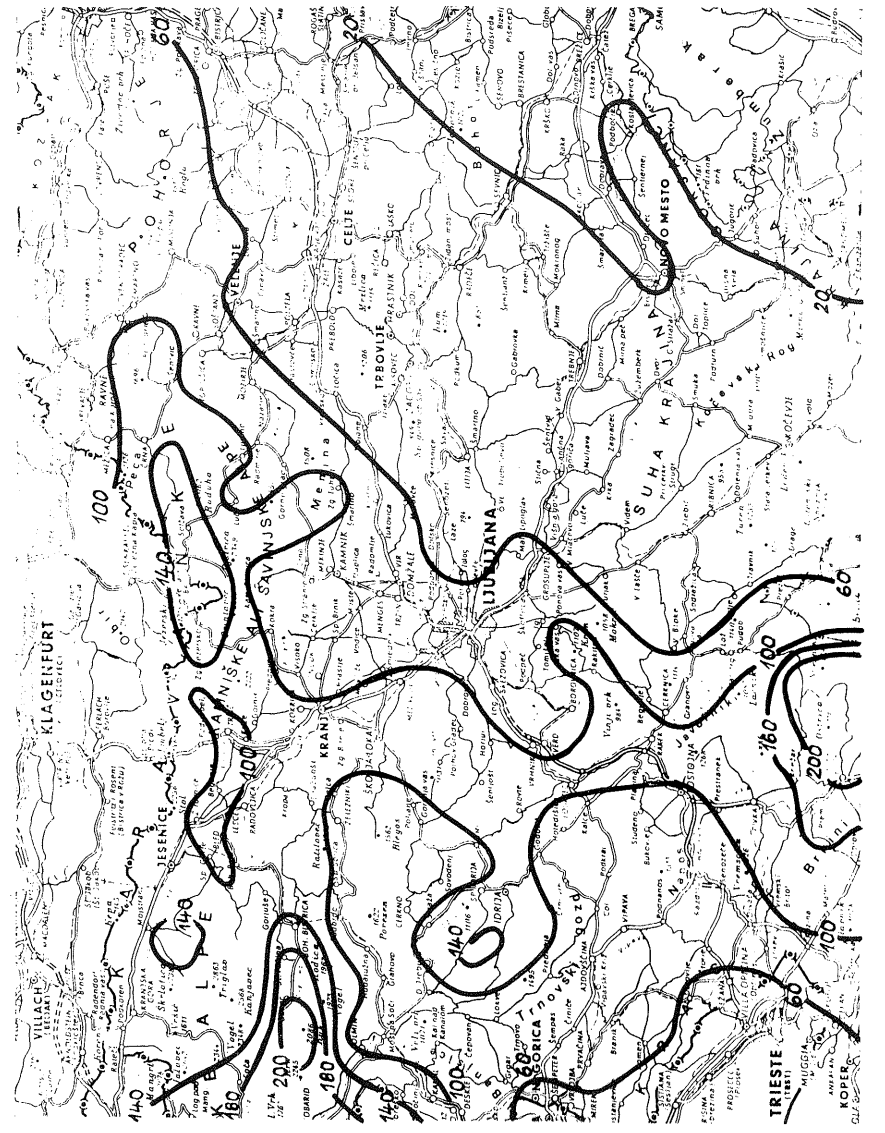
Če želimo oceniti maksimalne padavine za isti dan za 10.000-letno povratno dobo, moramo iz prej navedenih razlogov zmanjšati vrednosti iz slike 6, vsaj za 1/3 do 1/2, da bi dobili oceno teoretično možnih padavin s to povratno dobo za isti dan za celotno porečje Save.

## LITERATURA

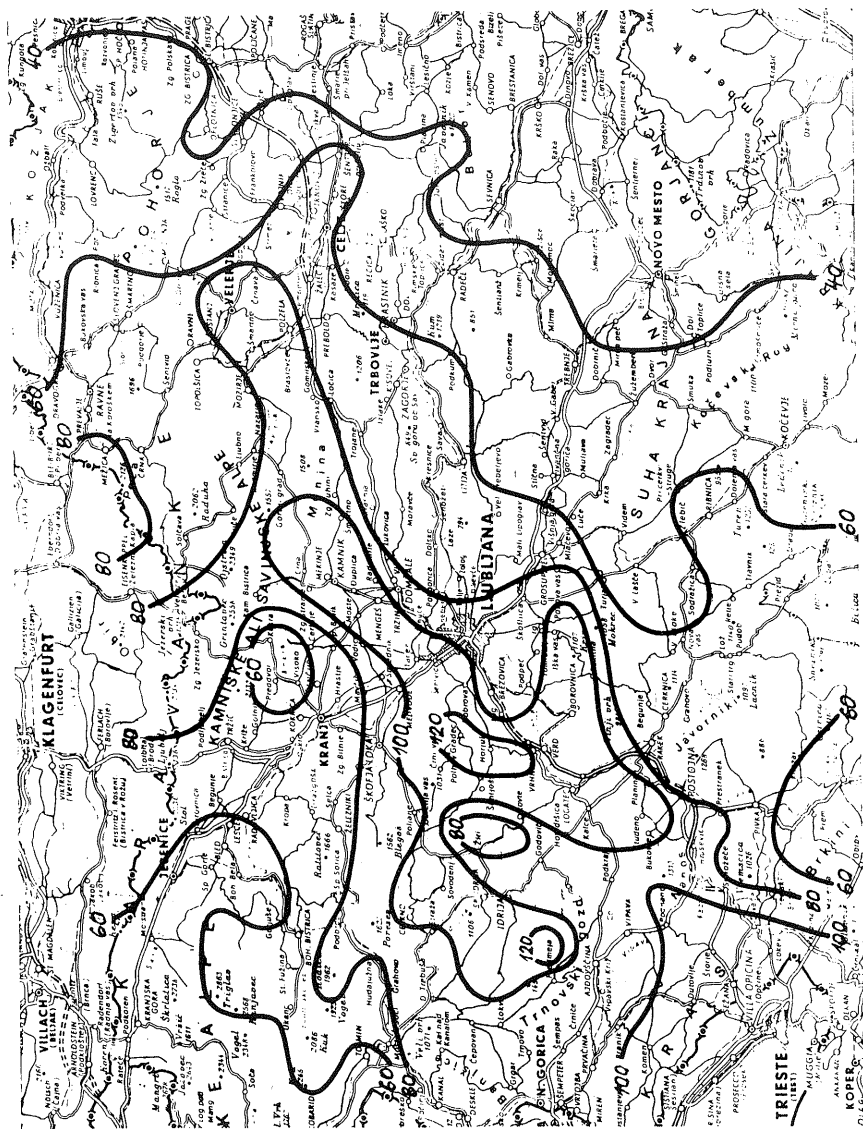
- Reya, O., 1945: Najvišje dnevne padavine v Sloveniji. Zavod za meteorologijo in geodinamiko, Ljubljana
- Jenkinsen, A. F., 1955: The frequency distribution of the annual maximum (or minimum) values of meteorological elements Q. J. R. Met. Soc. 87 (1955), 158—171
- Nemec, J., 1972: Engineering hydrology, London
- Chromow, S. P., 1942: Einführung in die synoptische Wetteranalyse, 2. Aufl., Wien
- Petkovšek, Z., 1964: Padavine ob hladnih frontah v Sloveniji, Razprave — Papers IV, Ljubljana
- Pristov, J., 1967: Odvisnost med padavinsko razporeditvijo in temperaturo in vetrovi na višinah, Razprave — Papers IX, Ljubljana
- Pristov, J., 1964: Količinska kratkoročna napoved padavin, poročilo Skladu Borisa Kidriča (neobjavljeno)
- Pristov, J., 1964: Vremenska dogajanja v zvezi s prodorom hladnega zraka preko Alp in vpliv orografije na padavine. Meteorološki zbornik Ljubljana, 1957
- Pristov, J., 1965: Količinska kratkoročna napoved padavin, Sklad Borisa Kidriča (neobjavljeno)



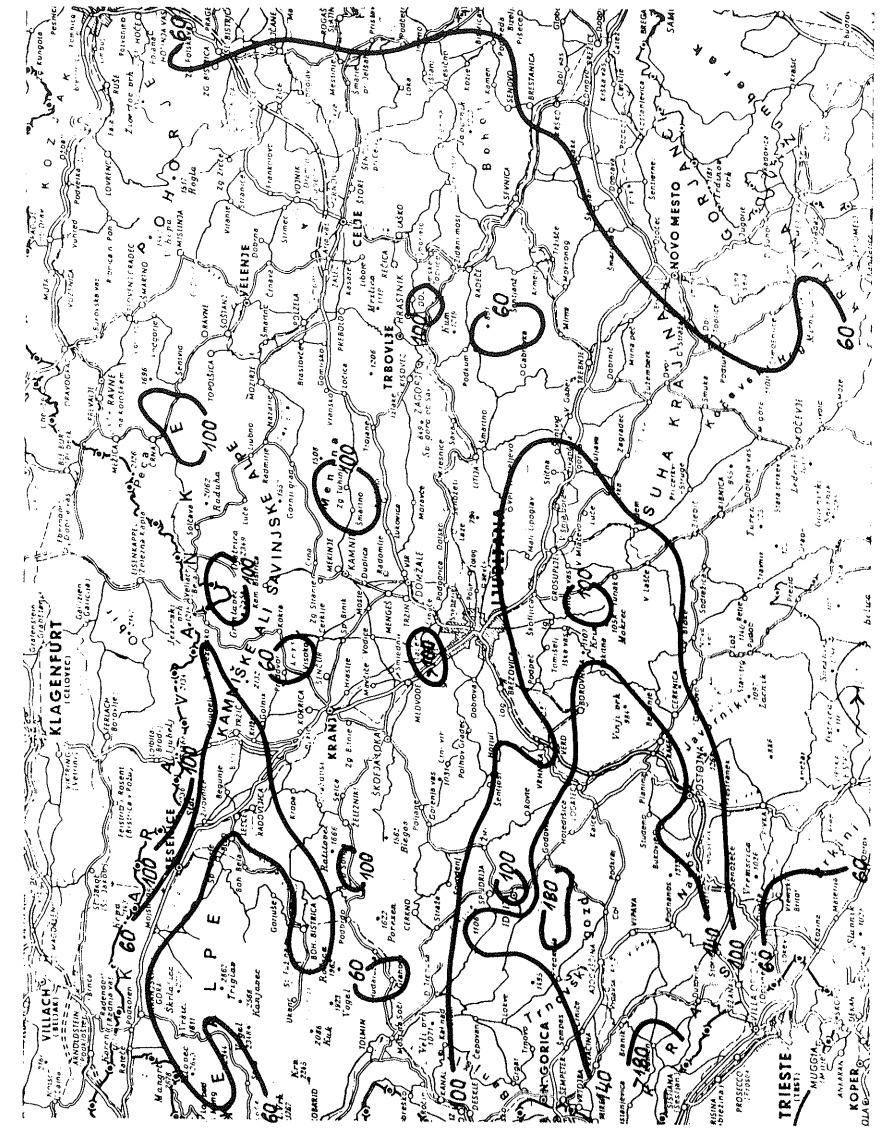
Slika 1: Padavinska karta za dan 25. IX. 1973  
 Fig. 1: Map of daily precipitation on 25. IX. 1973



Slika 2: Padavinska karta za dan 9. X. 1964  
 Fig. 2: Map of daily precipitation on 9. X. 1964

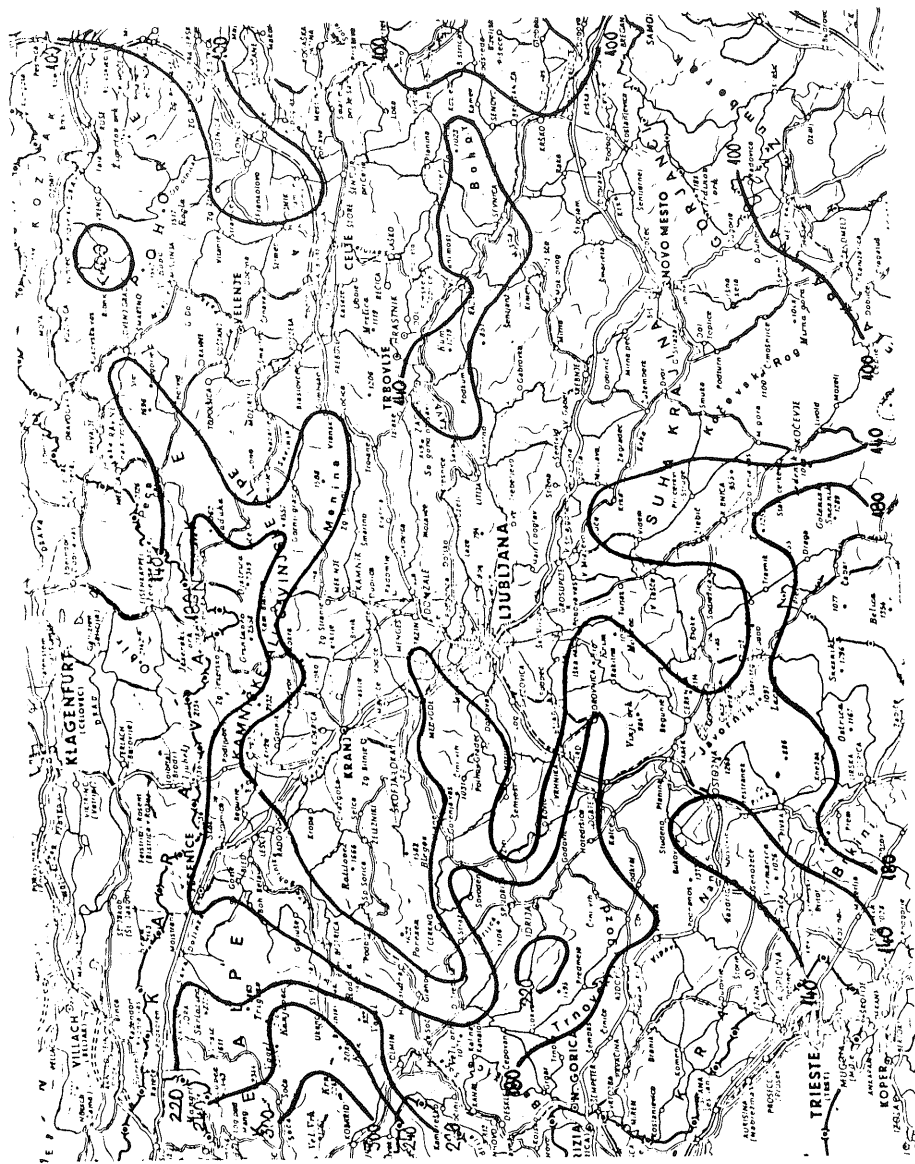


Slika 3: Padavinska karta za dan 28. IX. 1978  
 Fig. 3: Map of daily precipitation on 28. IX. 1978

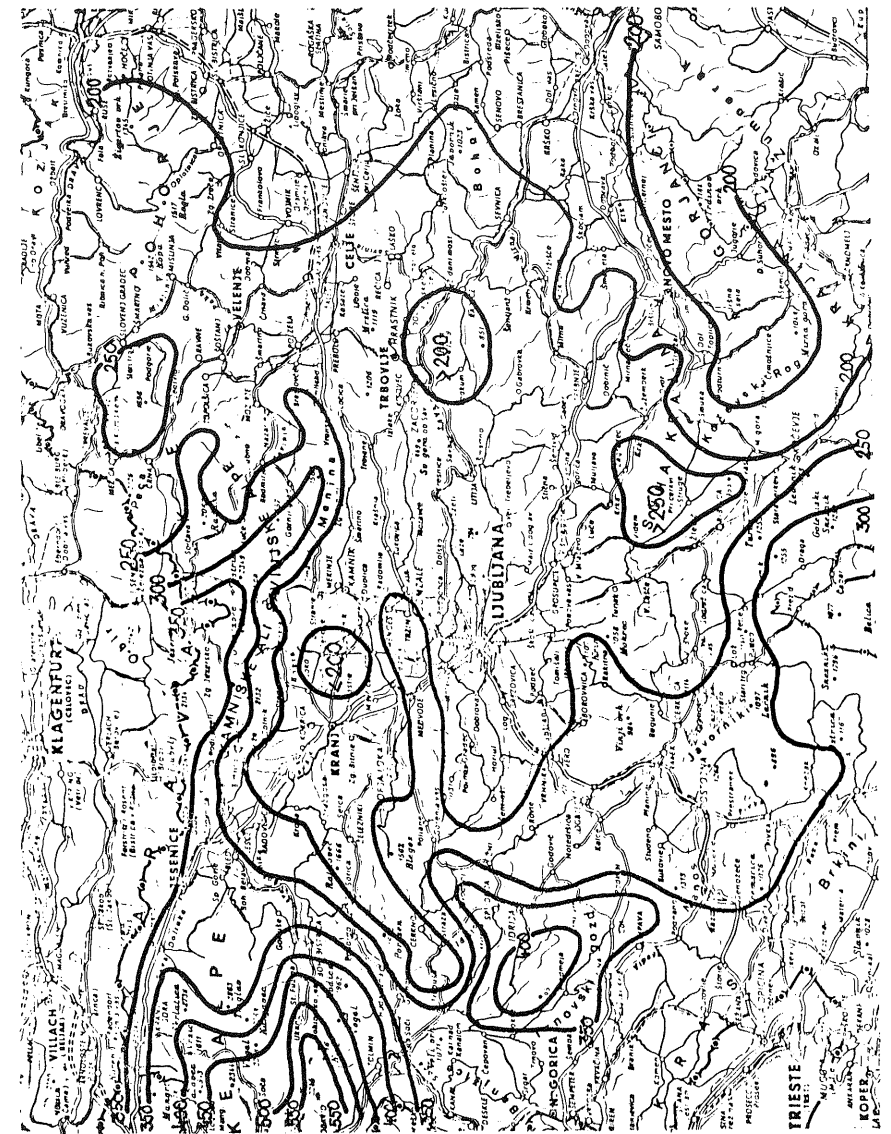


Slika 4: Padavinska karta za dan 11. IX. 1953  
 Fig. 4: Map of daily precipitation on 11. IX. 1953





Slika 5: Padavinska karta za maksimalne dnevne padavine za 30-letno obdobje od 1950 do 1979  
 Fig. 5: Map of maximal daily precipitation for the 30 year period 1950—1979



Slika 6: Padavinska karta za maksimalne dnevne padavine, izračunana po Gumbelovi metodi za  $T = 10.000$  let  
 Fig. 6: Map of maximal daily precipitation calculated by Gumbel's method for  $T = 10,000$  years