

MODELSKA NAPOVED MOČNIH PADAVIN V ZAHODNI SLOVENIJI (7. in 8. novembra 1997)

Model Forecast of Heavy Precipitation in Western Slovenia

Mark Žagar*, Gregor Gregorič**, Tomaž Vrhovec*** UDK 551.50(497.4)

Povzetek

Prognostična služba Hidrometeorološkega zavoda Republike Slovenije je več kot en dan vnaprej dobro predvidela količino padavin, ki so padle v zahodni Sloveniji med 7. in 8. novembrom 1997. V precejšnji pomoč ji je bil meteorološki numerični model ALADIN, ki je v okviru možnosti - omejuje jih predvsem ločljivost modela - dokaj pravilno napovedal prostorsko in časovno razporeditev količine padavin.

Abstract

The amount of precipitation observed between 7th and 8th November, 1997 over western Slovenia was well predicted by the Forecasting Service of the Hydro-meteorological Institute of Slovenia for more than a day in advance. The ALADIN numerical meteorological model has proved to be a beneficial tool. In this particular case, the model demonstrates its ability to forecast the space and time distribution of precipitation – within the limits of its resolution.

Za spremljanje pojava in količine padavin nad zahodno Slovenijo ima Hidrometeorološki zavod Republike Slovenije (HMZ RS) na voljo podatke meteoroloških opazovalcev in avtomatskih meteoroloških in hidroloških postaj, poleg tega pa tudi sredstva tako imenovanega zaznavanja na daljavo - radarske in satelitske podatke. V enakem vrstnem redu, kot so načini spremljanja naštetih, pa se zmanjšuje natančnost izmerjenih in opazovanih vrednosti. Za pravo sliko stanja, to je meteorološke in hidrološke situacije, je včasih še bolj kot natančnost pomembna pravočasnost podatka. Zaradi časovno pogostega in nepretrganega javljanja imajo tu prednost avtomatske postaje, ob ugodni pokritosti območja z radarjem pa tudi radarske meritve. Prav v primeru zahodne Slovenije, kjer so pri nas najpogostejše močne padavine, je pomanjkanje informacije meteorološkega radarja zelo moteče, saj radar na Lisci zaradi oddaljenosti in značilnosti terena (med radarjem in npr. zgornjim Posočjem so visoki hribovi, skozi katere radarski snop ne seže) tega dela Slovenije ne pokriva.

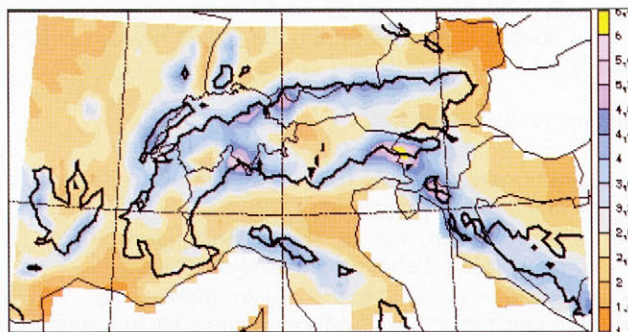
Za preprečevanje in zmanjšanje škode ter zaščito prebivalstva je pomembno pravočasno opozorilo o verjetnosti pojava močnejših padavin. Numerični meteorološki modeli - zapleteni računalniški programi, ki v zmogljivih računalnikih izračunavajo stanje atmosfere nad nekim območjem v prihodnosti - pomagajo pri zgodnjem razkritju neugodne oziroma preteče vremenske situacije. V nadaljevanju si bomo natančneje pogledali, v kolikšni meri je meteorološki model ALADIN pomagal pri odločitvah meteorološke prognostične službe HMZ RS, ko je 7. in 8. novembra v zahodni Sloveniji močno deževalo in natančno spremljali potek dogodka glede na krajevno in časovno razporeditev jakosti padavin.

Sinoptična situacija in pogoji za pojav močnih padavin

Na območju Alp pade največ padavin v Julijskih in Karnijskih Alpah, kot je lepo vidno na sliki 1.

Praviloma se na tem območju pojavljajo dolgotrajne močnejše padavine, kadar se nad zahodnim Sredozemljem pogloblja ciklonsko območje, nad severnim Jadranom in vzhodnimi Alpami pa piha močan jugozahodni veter (slika 2). Takrat običajno razmeroma topel in vlažen zrak na svoji poti naleti na pobočja omenjenih pogorij, ki ležijo bolj ali manj pravokotno na smer toka vlažnega zraka. Ta se mora zaradi tega na kratki poti, okoli 10 do 20 kilometrov, dvigniti

tudi za 2000 metrov. Za nastanek močnih padavin so pomembni trije dejavniki. Prvi je nastajanje padavin zaradi prisilnega dviganja in ohlajanja zraka, ki zato postane z vlago prenasičen in vsebuje kondenzacijska jedra (ledene kristalčke, ki padajo iz višjih oblačnih slojev). Drugi dejavnik je pravzaprav soroden prvemu, le da hitro dviganje zraka povzroči konvergenca (stekanje) zraka pri tleh zaradi kanaliziranja v ozkih dolinah ter ob pobočjih gora. Ta dva dejavnika sta ob poznavanju splošnih lastnosti toka vlažnega zraka dokaj predvidljiva in ne povzročata večjih težav pri napovedovanju močnih padavin, če je le sinoptična situacija pravilno predvidena.



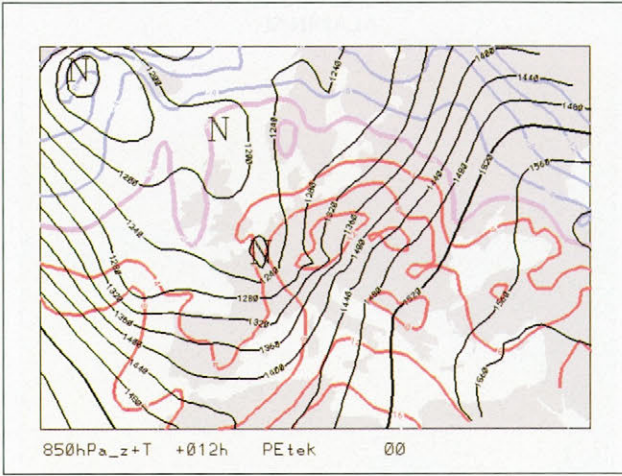
Slika 1. Klimatološko pričakovana dnevna količina padavin (mm) na območju Alp; prevzeto s strežnika MAP (http://www.map.ethz.ch/rr_clim.htm); avtor C. Frei, Atmospheric Science ETH, Zürich

Figure 1. Daily amount of precipitation (mm) over the alpine area expected on the basis of climatic characteristics. Taken from the MAP www server (http://www.map.ethz.ch/rr_clim.htm). Author C. Frei, Atmospheric Science ETH, Zürich

Zelo močne in obilne padavine pa lahko na posameznih lokacijah povzročijo tudi konvektivni procesi, ko se v dvigajočem zraku sproži še latentna energija nestabilnosti. V tem primeru lahko izredno intenzivne padavine nad razmeroma majhnim območjem vztrajajo tudi več ur, jakost pa izjemoma lahko doseže tudi 100 milimetrov padavin v eni uri. K sreči so taki dogodki redki. Povprečne akumulacije padavin nad zahodno Slovenijo na izpostavljenih lokacijah (Vojsko, Sorica, Otlica, Breginj, Žaga itd.) presegajo 30 mm/dan in temu je prilagojen tudi

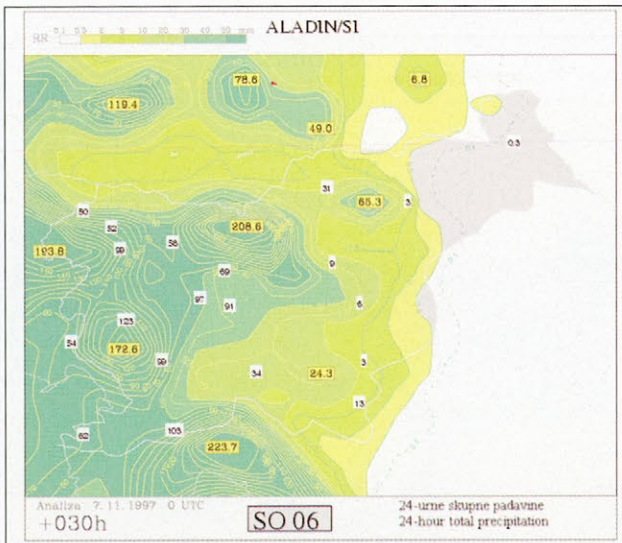
* Ministrstvo za okolje in prostor, Hidrometeorološki zavod Republike Slovenije, Vojkova 1b, Ljubljana

** , *** Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko, Katedra za meteorologijo, Jadranska 19, Ljubljana



Slika 2. Stanje v atmosferi nad Evropo v petek 7. Novembra 1997 ob 00.00 UTC, kot je bilo izračunano na podlagi analize modela ECMWF (četrtek, 6. novembra 1997 ob 12.00 UTC) na ploskvi 850 hPa; črne črte predstavljajo višino 850 hPa ploskve, barvaste pa temperaturno polje Figure 2. Synoptic situation over Europe on Friday, 7th November, 1997 at 00:00UTC; a 12 hour ECMWF forecast based on global analysis on Thursday, 6th November, 1997 at 12:00 UTC. Height of 850 hPa constant pressure level (black line) and temperature (colored line) isolines are plotted.

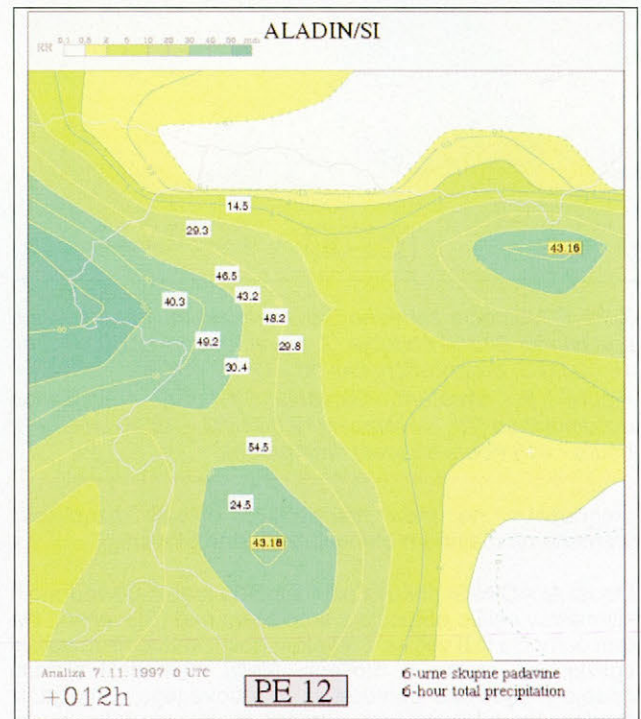
rečni sistem. Akumulacije padavin, večje od 100 mm/dan, ki se običajno pojavljajo enkrat ali dvakrat na leto, pa že predstavljajo izjemne hidrološke dogodke.



Slika 3. Primerjava napovedanih 24-urnih padavin modela ALADIN/SI (od 7. Novembra 1997 6.00 UTC do 8. novembra 1997 6.00 UTC) z opazovanimi vrednostmi na sinoptičnih meteoroloških opazovalnicah za primer močnih padavin v zahodni Sloveniji; model ALADIN/SI je bil pognan z začetnimi pogoji 7. Novembra 1997 0.00 UTC, akumulacija padavin na zgornji sliki je za prognostični čas med +6 in +30 ur

Figure 3. 24-hour precipitation accumulation forecast (7th November, 1997 at 6:00 UTC - 8th November, 1997 at 6:00 UTC) and its comparison with measurements. The ALADIN/SI model was initialized using data valid on 7th November, 1997 at 0:00 UTC. The accumulations were computed between +6 and +30 forecast time ranges.

Meteorološka situacija, ki jo želimo natančneje predstaviti, je na sliki 2. Vzroka za obilne padavine (še preden je sistem dosegel Alpe) sta bila globoka dolina nad zahodno Evropo in z njo povezan frontalni sistem. Opazimo lahko zelo goste izolinerije polja geopotenciala 850 hPa ploskve nad območjem Alp. Zaradi tega je zapihal močan južni do jugozahodni veter in nad območje, ki nas zanima, je začel iz Sredozemlja dotekati vlažen zrak. Posledica tega so bile obilne padavine v zahodnem delu Slovenije, medtem ko je bilo v osrednji Sloveniji dežja manj, na skrajnem vzhodu države pa skoraj nič. Na sliki 3 so prikazane količine padavin nad celo Slovenijo med 7. novembra ob 6h zjutraj in 8. novembra ob 6h zjutraj. Dogajanje bomo podrobno analizirali v naslednjih poglavjih, ko bomo dejansko stanje sproti primerjali z napovedjo meteorološkega modela ALADIN.

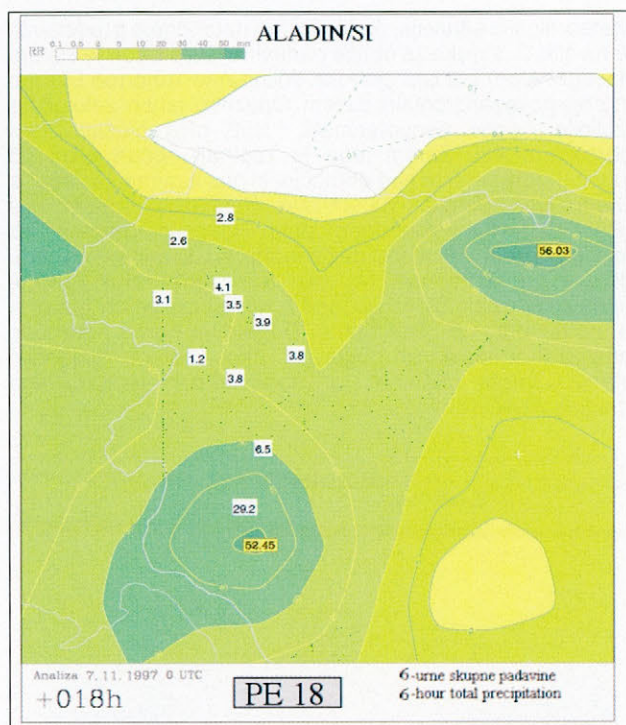


Slika 4. Območje zahodne Slovenije: akumulirana količina padavin za 6-urno obdobje (7. november 6.00 UTC do 12.00 UTC; prognostični čas od +6 do +12 ur)

Figure 4. Western Slovenia: 6-hour precipitation accumulation (7th November, 6:00 UTC - 12:00 UTC; +6hours - +12 hours forecast time range).

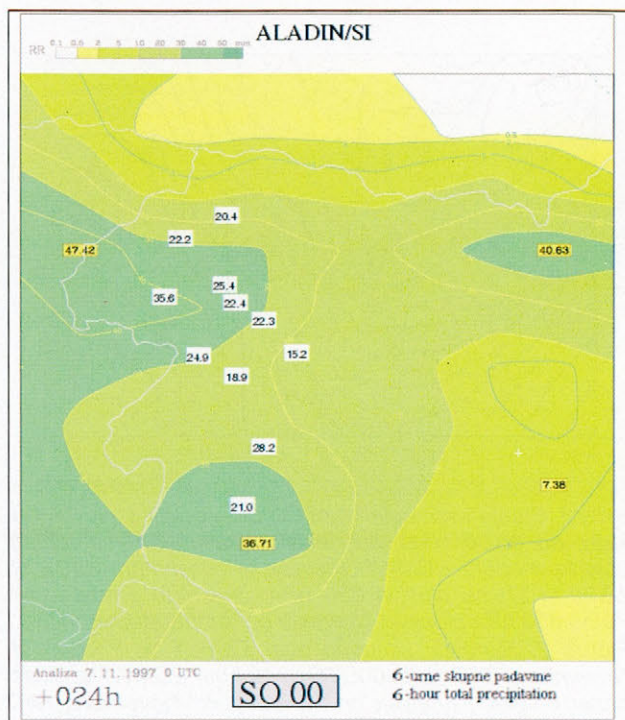
Napovedovanje padavin z numeričnim modelom ALADIN/SI

Leta 1990 se je začelo sodelovanje med Francijo in nekaterimi državami srednje in vzhodne Evrope na področju numeričnega modeliranja. K projektu je leta 1993 pristopila tudi Slovenija, natančneje HMZ RS in Katedra za meteorologijo Univerze v Ljubljani. Rezultat tega sodelovanja je postal kmalu očiten v obliki prognostičnega modela ALADIN. Od lanskega leta model v za naše razmere prilagojeni konfiguraciji v računalnikih HMZ RS vsakodnevno izračunava napovedano stanje atmosfere nad širšim območjem Slovenije za dva dneva vnaprej. Poleg tega modela uporablja prognostična služba HMZ RS pri svojem delu tudi rezultate drugih modelov, predvsem modela Evropskega centra za srednjeročno napovedovanje vremena (ECMWF), ki pa zaradi slabše prostorske ločljivosti (model je namenjen predvsem za globalno



Slika 5. Območje zahodne Slovenije: akumulirana količina padavin za 6-urno obdobje (7. november od 12.00 UTC do 18.00 UTC; prognoistični čas od +12 do +18 ur).

Figure 5. Western Slovenia: 6-hour precipitation accumulation (7th November, 12:00 UTC – 18:00 UTC; +12 hours – +18 hours forecast time range).



Slika 6. Območje zahodne Slovenije: akumulirana količina padavin za 6-urno obdobje (7. november od 18.00 UTC do 24.00 UTC; prognoistični čas od +18 do +24 ur).

Figure 6. Western Slovenia: 6-hour precipitation accumulation (7th November, 18:00 UTC – 24:00 UTC; +18 hours – +24 hours forecast time range).

prognozo) ne more zadovoljivo opisati raznolikosti vremena na majhnem območju zahodne Slovenije.

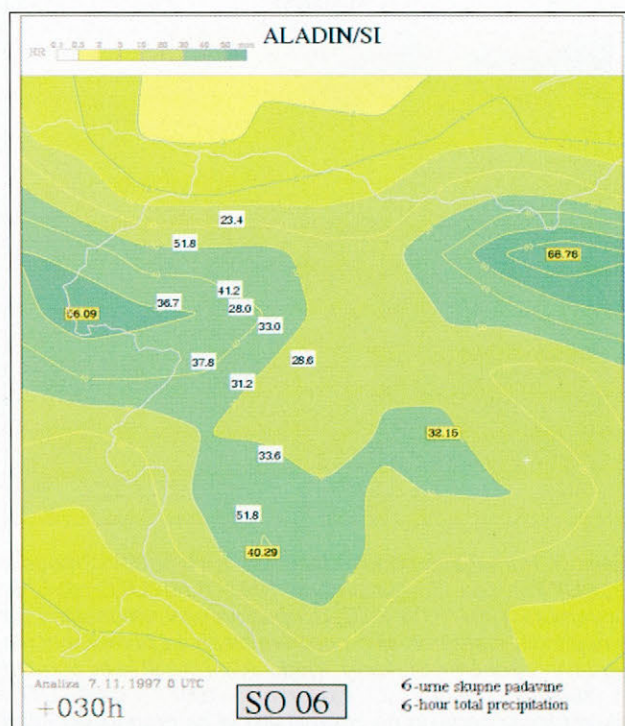
Model ALADIN/SI pokriva približno 700 krat 700 kvadratnih kilometrov veliko območje s središčem nad Slovenijo. Na tem območju leži večina z reliefom povezanih dejavnikov, ki vplivajo na vreme v Sloveniji. Večji vremenski sistemi pridejo v modelsko območje skozi robove tega območja, iz drugega modela, v našem primeru je to prav tako model ALADIN, vendar v drugačni konfiguraciji (ALADIN/LACE, ki pokriva celo Evropo, razen skrajnega severa Skandinavije). Prostorska ločljivost modela ALADIN/SI je 11,2 km, kar pomeni, da model zmore zadovoljivo opisati vremenske sisteme velikosti nekaj deset kilometrov.

Primerjava izmerjenih padavin 7. in 8. novembra z napovedanimi z modelom ALADIN

Izračunavanje modela ALADIN se je začelo 7. novembra ob 00 UTC z začetnimi pogoji, ki so ustrezali stanju, predstavljenem na sliki 2. Med 06 in 12 UTC so nad zgornjim Posočjem že izmerili količine padavin do 50 mm/6h.

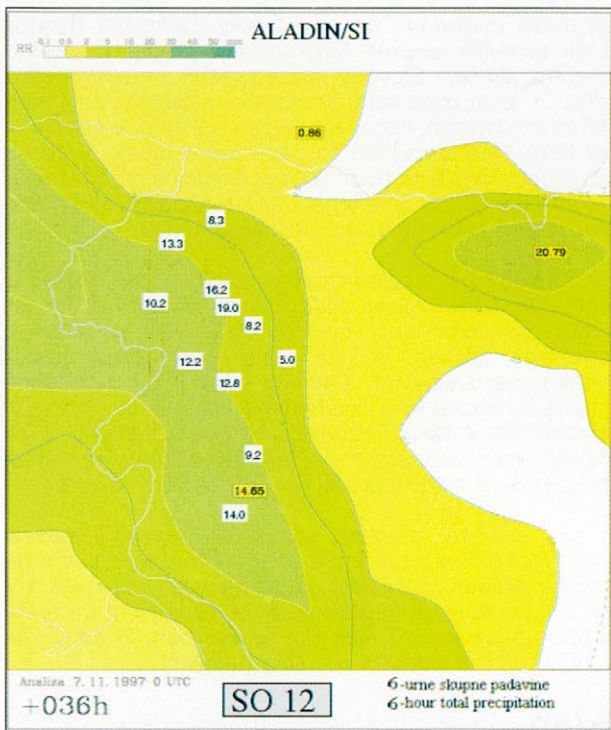
Ob teh intenzivnih padavinah so opazovalci izjemoma sporočali podatke vsakih 6 ur; običajno zapisujejo le dnevne količine padavin, podatke pa na HMZ RS zberejo enkrat na mesec.

Količino padavin smo iz modela izpisovali na vsakih šest ur (za termine, ko padavine merijo na zemeljskih meteoroloških postajah), pa tudi za 24 ur (dnevna količina padavin se meri ob 7.00 po SEČ (6.00 UTC)) Izpisovali smo akumulacijo padavin v obravnavanem časovnem intervalu 6 ali 24 ur. Prognozirana polja padavin smo primerjali z



Slika 7. Območje zahodne Slovenije: akumulirana količina padavin za 6-urno obdobje (8. november od 0.00 UTC do 6.00 UTC; prognoistični čas od +24 do +30 ur).

Figure 7. Western Slovenia: 6-hour precipitation accumulation (8th November, 10:00 UTC – 6:00 UTC; +24 hours – +30 hours forecast time range).



Slika 8. Območje zahodne Slovenije: akumulirana količina padavin za 6-urno obdobje (8. november od 6.00 UTC do 12.00 UTC; prognozični čas od +30 do +36 ur).

Figure 8. Western Slovenia: 6-hour precipitation accumulation (8th November, 6:00 UTC – 12:00 UTC; +30 hours - +36 hours forecast time range).

meritvami količine padavin. Resolucija modelskega prostora in s tem tudi resolucija polja napovedanih padavin je 11,2 km, medtem ko so razdalje med merilnimi točkami večje (okoli 30 km), tako da je polje napovedanih padavin precej bolj razgibano. V večjih (rumenih) pravokotnikih so zapisane predvidene največje količine padavin, v manjših (belih) pa izmerjene vrednosti. Lokacija vrednosti izmerjenih padavin na karti ustreza zemljepisnemu položaju opazovalnic. Zaradi izgubljenega reliefa se lahko topografske značilnosti v modelu nekoliko razlikujejo od dejanskih.

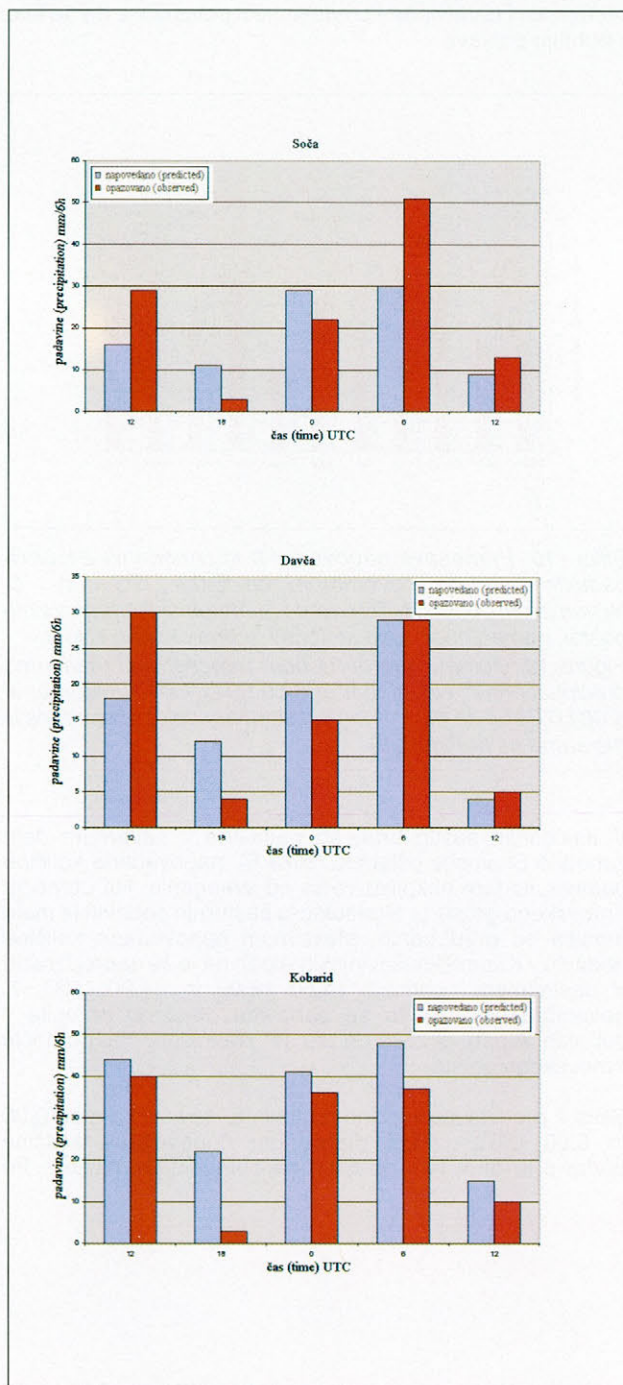
S primerjavo 24-urnih akumuliranih padavin lahko vidimo, da so vrednosti napovedane in izmerjene količine padavine v zahodnem delu Slovenije zelo podobne.

Na postaji Vogel so namerili 99 mm padavin, predvidenih je bilo okoli 110 mm, na postaji Vojsko so namerili 123 mm, napovedani pa so jih 120 mm, v Sečovljah je bilo namerjenih 62 mm, napovedanih pa 70 mm. Ponekod se te vrednosti niso tako dobro ujemale.

V razgibanem reliefu Julijskih Alp modelska topografija ni povsod dovolj natančna. Postaja Rateče leži v modelskem prostoru v izrazitem fenskem zavetrju, tako da so tam napovedane količine padavin premajhne. Ravno tako velja upoštevati, da na izrazito vetrovnih legah naravnega reliefa (npr. Kredarica) pluviometri namerijo bistveno manj padavin, kot pa jih v resnici pade na naravna tla. Za uporabnike je seveda zanimivo, da so največje vrednosti napovedanih količin padavin drugje, kot pa bile so izmerjene največje količine. Najzahodnejši maksimum je na območju Kaninskega pogorja, nato na območju Trnovskega gozda, še izrazitejša pa sta maksimuma 24-urnih akumuliranih padavin na območju Grintavcev in Snežnika. Napovedanih vrednosti pa v nobenem od teh

primerov ne moremo objektivno in neposredno potrditi; v okolici teh maksimumov (morda z izjemo Vojskega in Trnovskega gozda) ni bilo prizemnih meritev količine padavin.

V nadaljevanju je predstavljeno zaporedje slik prognoziranih padavin in vrednosti izmerjenih padavin nad zahodno Slovenijo v šesturnih intervalih. Poleg javljajočih postaj, katerih količine padavin so predstavljene na sliki 3,

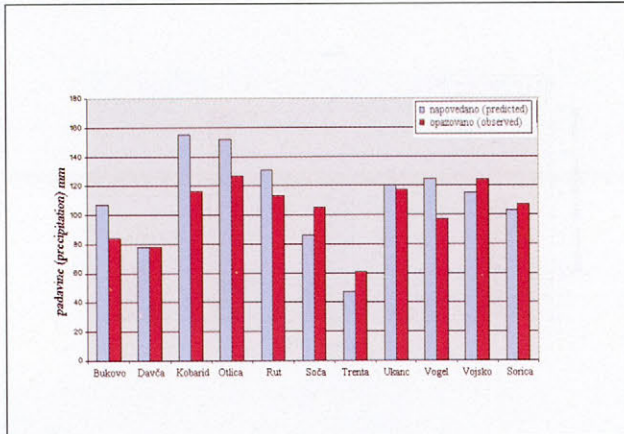


Slika 9. Primerjava 6-urnih napovedanih (svetlejši stolpci) in izmerjenih padavin (temnejši stolpci) za opazovalnice v Davči (a), Kobaridu (b) in Soči (c) med 7. Novembrom ob 6.00 UTC in 8. Novembrom ob 12.00 UTC.

Figure 9. Comparison of 6-hour forecast (light columns) and measured precipitation (dark columns) for the Davča (a), Kobarid (b) and Soča (c) stations between 7th November at 6:00 UTC and 8th November at 12:00 UTC

so sedaj med postajne vrednosti dodane tudi meritve na klimatoloških postajah.

Na sliki 4 so predvideni trije maksimumi na Kaninu, Trnovskem gozdu in na Grintavcih. Maksimum s področja Kanina se razteza proti vzhodu vzdolž Krna in Spodnjih Bohinjskih gora. Z razmeroma gosto klimatološko opazovalno mrežo vzdolž Bohinjskih gora so namerili količine padavin, ki zelo ustrezajo napovedanim (okoli 40 mm v šestih urah). Ta količina padavin je skupaj z intenzivnimi padavinami prejšnje noči povzročila, da so bile v Bohinju poplave.



Slika 10. Primerjava napovedanih in izmerjenih 24 urnih padavin (med 7. novembrom ob 6.00 UTC in 8. Novembrom ob 6.00 UTC) za 11 klimatoloških opazovalnih postaj; pomen obarvanih stolpcev je enak kot na sliki 9.

Figure 10. Comparison of 24-hour forecast and measured precipitation (7th November at 6:00 UTC – 8th November at 6:00 UTC) for 11 climatological stations (color of columns is the same as in Figure 9).

V naslednjih šestih urah so padavine v severnem delu zahodne Slovenije oslabele (slika 5); napovedane količine padavin so tam nekoliko večje od izmerjenih. Na območju Trnovskega gozda je akumulacija šesturnih padavin le malo manjša od predhodnih. Maksimum napovedane količine padavin v Kamniško-Savinjskih Alpah pa je še naprej izrazil. V naslednjem obdobju (med 18.00 in 24.00 UTC, 7. novembra slika 6) so se padavine ponovno okrepile v Julijskih Alpah, jakost pa se je zmanjšala na območju Trnovskega gozda.

Slika 7 predstavlja količino padavin 8. novembra med 0.00 in 6.00 UTC. Izrazit maksimum napovedane količine padavin je bil v tem obdobju na območju Grintavcev. Po

intenzivnih padavinah so se v dolini Kamniške Bistrice sprožili zemeljski plazovi. Med največjo izmerjeno količino padavin v zahodni Sloveniji in predvideno se tokrat pojavi razlika v prid izmerjene vrednosti (največja izmerjena količina je 51,8 mm, napovedana pa 40,3 mm). V soboto 8. novembra 1997 dopoldne so padavine oslabele; v šestih urah je padlo približno 10 mm dežja. Glede na prognoziranje količine padavin so izmerjene količine padavin zelo dobro porazdeljene okoli manj izrazitih maksimumov.

Poleg splošnega pregleda napovedanih padavin smo iz modela ALADIN izpisali tudi napovedane vrednosti padavin po posameznih šesturnih presledkih v nekaterih modelskih točkah, ki ustrezajo posameznim klimatološkim opazovalnicam. Tako na slikah 9 a, b in c vidimo primerjavo napovedane in izmerjene količine padavin za tri opazovalnice v Davči, Kobaridu in Soči. Model je bil nekoliko manj uspešen v primeru Soče, verjetno zaradi reliefa, ki je na modelu precej bolj gladek kot v resnici.

Še en splošen pregled uspešnosti napovedi modela ALADIN in količine padavin, ki so v enem dnevu padle na območju zahodne Slovenije, je predstavljen na sliki 10, kjer so primerjane napovedane in izmerjene 24 urne količine padavin v vseh opazovalnicah, ki so v tem obdobju pošiljale podatke o količini padavin.

Sklep

Na podlagi analize primera intenzivnih padavin ugotavljamo, da smo z modelom ALADIN/SI za 36 ur vnaprej dobro napovedali količino padavin v zahodni in osrednji Sloveniji. Izmerjene in napovedane vrednosti akumuliranih količin padavin so prostorsko in časovno usklajene. Med napovedanimi količinami padavin so izrazito velike vrednosti na območjih, kjer ni merilnih postaj. Tam so velike gorske pregrade, ki so blokirale vetrove, ki so pihali 6. novembra 1997, in povzročale prisilni dvig zraka ter intenzivno izcejanje padavin.

Meteorološki model, ki mu smemo zaupati, je treba vedno sproti preizkušati in primerjati z dejanskimi podatki, zato podatkov ni nikoli preveč. Zaradi tega bi nam bila v veliko pomoč čim gostejša mreža avtomatskih postaj z dežmeri, še primernejši pa bi bil meteorološki radar, ki bi priskrbel ploskovno informacijo o intenzivnosti padavin, poleg tega pa podatke pošilja pogosteje kot mreža avtomatskih postaj. Napoved modela bi tako lahko preverjali sproti, s tem pa bi sproti tudi ocenili, koliko smemo konkretni modelski napovedi verjeti.

Napoved numeričnega modela, naj bo ta še tako izpopolnjen, namreč nikoli ne bo popolnoma zanesljiva, saj je model zelo občutljiv tudi za najmanjša odstopanja dejanskega stanja ozračja od tistega, ki ga vstavimo v model ob začetku izračunavanja.