

Meritve padavin med orografskim proženjem na območju Travljsanske gore 8. septembra 2010

Precipitation Measurements during the Orographic Triggering on the Area of Travljsanska gora on September 8, 2010

Iztok SINJUR¹, Mitja FERLAN², Miha DEMŠAR³, Gregor VERTAČNIK⁴, Primož SIMONČIČ⁵

Izvleček:

Sinjur, I., Ferlan, M., Demšar, M., Vertačnik, G., Simončič, P.: Meritve padavin med orografskim proženjem na območju Travljsanske gore 8. septembra 2010. Gozdarski vestnik, 69/2011, št. 5–6. V slovenščini z izvlečkom v angleščini, cit. lit. 14. Prevod avtorji, lektoriranja angleškega besedila Breda Misja, jezikovni pregled slovenskega besedila Marjetka Šivic.

V orografsko razgibanih območjih se količina padavin lahko krajevno precej razlikuje. Po nekaj več kot enem letu delovanja samodejne meteorološke postaje Gozdarskega inštituta Slovenije v okviru intenzivnega spremljanja stanja gozdov na Travljski gori, smo podrobno proučili padavinski dogodek 8. septembra 2010. Tako smo preverili pravilnost izmerjenih vrednosti in izpostavili pomen gostote mreže meteoroloških postaj. S primerjavo z bližnjimi uradnimi meteorološkimi postajami Agencije Republike Slovenije za okolje ARSO in hrvaškega Državnega hidrometeorološkega zavoda DHMZ smo potrdili izrazito lokalnost orografskega proženja padavin. Z analizo meritev meteorološkega radarja ARSO tipa DSWR-88 smo potrdili ponekod močno odstopanje radarsko zaznanih in izmerjenih padavin, ki izhaja iz posebnosti vremenskih razmer in nekaterih slabosti daljinskega zaznavanja z meteorološkim radarjem.

Glavne besede: orografske padavine, meteorološka postaja, gozd, Travljsanska gora, Slovenija, Life+ Futmon

Abstract:

Sinjur I., Ferlan M., Demšar M., Vertačnik G., Simončič P.: Precipitation Measurements during the Orographic Triggering on the Area of Travljsanska gora on September 8, 2010. Gozdarski vestnik (Professional Journal of Forestry), 69/2011, vol. 5-6. In Slovenian, abstract in English, lit. quot. 42. Translated by the authors, proofreading of the English text Breda Misja, proofreading of the Slovenian text Marjetka Šivic.

In the mountainous terrain precipitation amount could significantly vary locally. A study of an intense orographic precipitation event in the mountainous southern part of Slovenia was executed. The analysis was based on the data from an automatic weather station on the slope of Travljsanska gora (876 m a.s.l., in the framework of the intensive forest monitoring programme) and some other official meteorological stations in surroundings. Hereby we verified the reliability of the automatic weather station's measurements. By comparing them with the data from official meteorological stations of the Environmental Agency of the Republic of Slovenia (ARSO) and Meteorological and Hydrological Service of Croatia (DHMZ), locality of orographic triggering was evidenced. Analyses proved significant local meteorological radar DSWR-88 reflectivity disturbances that originate in the specific weather situation and some disadvantages of this kind of remote sensing.

Key words: orographic precipitation, meteorological station, forest, Travljsanska gora, Slovenia, Life+ Futmon

1 UVOD

1 INTRODUCTION

Oblika površja lokalno zelo pogojuje podnebne razmere. Medtem ko v ravninskem svetu podnebje lahko ostaja podobno tudi na razdalji več sto kilometrov, razgiban, hribovit svet povzroča podnebno raznolikost že na krajših razdaljah. Zračna masa, ki se giblje horizontalno, vsebuje določeno količino vodne pare in ohranja konstantno temperaturo, ob nespremenjenih okoljskih razmerah ostaja stabilna. Če zračna masa na svoji poti naleti na oviro (gorsko

¹ I. S., dipl. inž. gozd., Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, SI - 1000 Ljubljana, Slovenija

² M. F., univ. dipl. inž. gozd., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Jamnikarjeva 101, SI - 1000 Ljubljana, Slovenija

³ M. D., univ. dipl. meteorol., Agencija za RS okolje, Urad za meteorologijo, Vojkova 1b, SI - 1000 Ljubljana, Slovenija

⁴ G. V., univ. dipl. meteorol., Agencija za RS okolje, Urad za meteorologijo, Vojkova 1b, SI - 1000 Ljubljana, Slovenija

⁵ Dr. P. S., univ. dipl. inž. les., Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, SI - 1000 Ljubljana, Slovenija

pregrado), katere slemenitev je pravokotna na smer zračnega toka, se zrak mora dvigniti ali premakniti mimo ovire. Če se zračna masa po pobočjih gora prisilno dvigne dovolj visoko, se zrak toliko ohladi, da se začne izločati vodna para. Sprva nastaja pobočna megla ali oblačnost in pozneje padavine, ki jih ob takem vremenskem razvoju imenujemo orografske. Če je zračna masa nestabilna, nastane t. i. orografsko proženje ali pogovorno krajše tudi »orografija« – nastanek plov in neviht na območju gorskih pregrad.

Izdatnost padavin ob gorskih pregradah je odvisna od relativne višine, obsežnosti in oblike gora ter značilnosti zračnega toka (temperatura, vsebnost vodne pare, hitrost in smer gibanja). V Sloveniji so po izdatnih orografskih padavinah najbolj znana območja od zahodnih Julijskih Alp do grebena južnih Bohinjskih gora (Peči), nato pa proti jugovzhodu celoten greben Dinarskega gorstva (slika 1) (npr. Frei in Schar, 1998). Lokalno izdatne padavine nastajajo še drugod v hribovitem svetu.

2 METODE

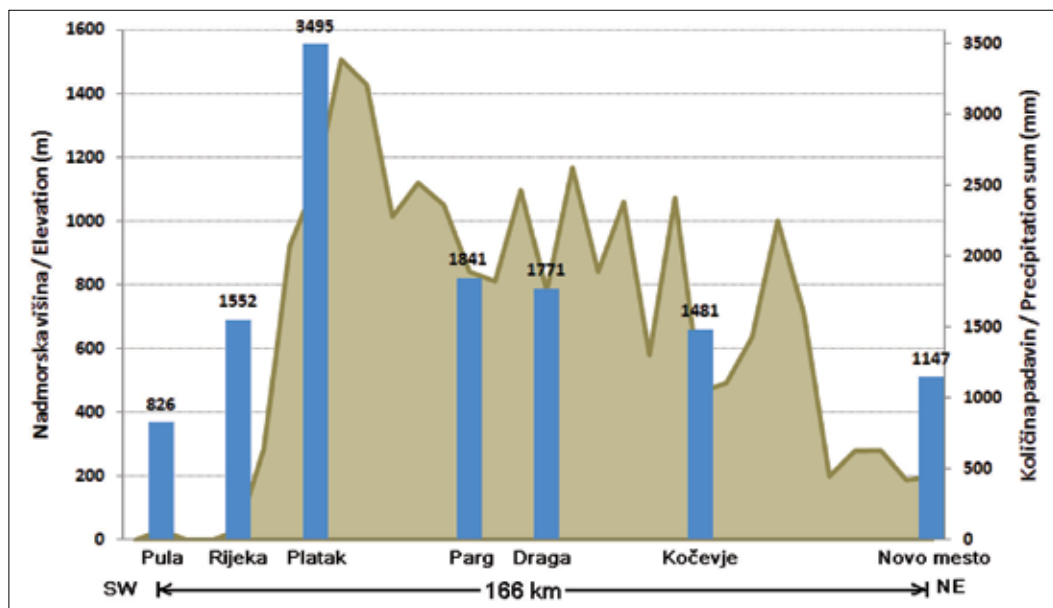
2 METHODS

2.1 Meteorološka postaja Travljsanska gora

2.1 Meteorological station Travljsanska gora

Travljsanska gora je okoli 1000 m visok, z gozdom porasel greben z značilno dinarsko slemenitvijo (severozahod–jugovzhod) v bližini meje s Hrvaško (slika 2). V dolžini okoli 8 km se razteza med vasema Lazec na severozahodni strani in Trava na jugovzhodni. Samodejna meteorološka postaja na Travljski gori je del mreže meteoroloških postaj Gozdarskega inštituta Slovenije (Sinjur in sod., 2010), ki je bila osnovana v okviru evropskega projekta Life+ »FutMon« v letu 2009 in je pomembna nadgradnja leta 1986 začete okoljskega monitoringa spremljanja in leta 2004 sprejetega Programa intenzivnega spremljanja stanja gozdnih ekosistemov (Mavsar in sod., 2004).

Postaja je postavljena na nadmorski višini 876 m in stoji na jugozahodnem pobočju sredi poseke, velikosti približno 50 m × 50 m (45°37'31,57" severno in 14°38'14,79" vzhodno). Delovati je



Slika 1: Porazdelitev povprečne letne količine padavin od jugozahoda proti severovzhodu na nekaterih uradnih meteoroloških postajah DHMZ in ARSO (smer: Istra–Gorski kotar–Goteniška gora– Kočevski rog–Novo mesto). Podatek za Platak se nanaša na obdobje 1931–1960 (Bertović in sod., 1997), pri drugih postajah pa na obdobje 1971–2000 (ARSO in DHMZ).

Figure 1: Sketch of annual precipitation distribution at some official meteorological stations in direction SW - NE over the Dinaric mountains ridge. The data for station Platak (Bertović in sod. 1997) is related to the period of 1931–1960, for other stations to the period of 1971 – 2000 (ARSO and DHMZ).

Slika 2: Lega Travljsanske gore.
Podlaga: www.geopedia.si
Figure 2:
Location of Travljsanska gora.
Basis map source: www.geopedia.si



začela 2. decembra leta 2009. Merilne naprave so nameščene 2 m in 10 m nad tlemi – po predpisih Svetovne meteorološke organizacije (World Meteorological Organization – WMO) (slika 3 in 4). Vse spremenljivke na meteorološki postaji beležimo s frekvenco 1 Hz, v hranilnik podatkov pa se shranjujejo polurne vrednosti posameznih spremenljivk. Povprečja iz sekundnih meritev se preračunavajo za hitrost in smer vetra, Sončevo sevanje, temperaturo in relativno vlažnost zraka.

Pri količini padavin se shranjuje polurna vsota, pri najvišji hitrosti vetra pa najvišja vrednost v polurnem časovnem intervalu. Vsi podatki se shranjujejo v hranilnik podatkov Campbell Scientific CR200 in jih po določenem časovnem obdobju (približno dva meseca) s pomočjo uporabniškega vmesnika LoggerNet prenesemo na prenosni računalnik.

2.2 Meteorološke postaje ARSO in DHMZ

2.2 Meteorological station ARSO and DHMZ

Na meteoroloških postajah, katerih podatke o količini padavin smo primerjali, za meritve količin padavin uporabljajo različne dežemere. Na klasičnih

meteoroloških postajah opazovalci ob 7. uri zjutraj po zimskem času merijo dnevno višino padavin, ki pade v Hellmannov dežemer (slika 5).

Uporabili smo podatke meteorološkega radarja ARSO, ki je nameščen na vrhu Lisce nad Sevnico (943 m). Radar ameriške izdelave tipa DSWR-88 ima naslednje značilnosti:

- doseg 200 km
- naklonski kot snemanja od 0,5 ° do 30 °
- čas snemanja 5 minut
- frekvenca snemanja 0,1 min⁻¹
- pulzna frekvenca 750 Hz

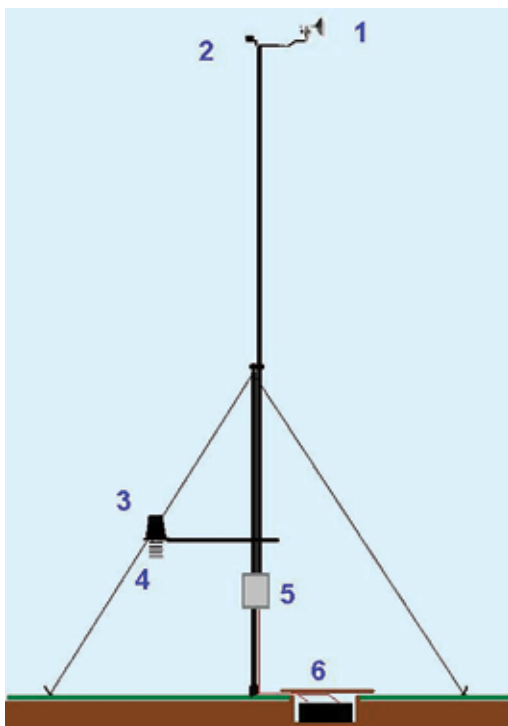
2.3 Meteorološki podatki in metoda popravka

2.3 Meteorological data and the correction method

Uporabili smo meteorološke podatke Gozdarskega inštituta Slovenije, Urada za meteorologijo Agencije Republike Slovenije za okolje in Državnega hidrometeorološkega zavoda Republike Hrvaške. Uporabili smo zapise vremenskih pojavov v mesečnih meteoroloških dnevnikih padavinskih in klimatoloških postaj ARSO Babno Polje, Hrib - Loški Potok in Trava.

Merilne naprave in drugi sestavni deli samodejne meteorološke postaje na Travljski gori:

- 1 – merilnik hitrosti in smeri vetra (Davis Instruments)
- 2 – merilnik Sončevega sevanja (Davis Instruments)
- 3 – merilnik padavin (Davis Instruments)
- 4 – samodejni registrator temperature in relativne zračne vlage (Votcraft DL-120TH)
- 5 – omarica z merilnikom zračnega tlaka (Freescale Semiconductor) in s hranilnikom podatkov, ki shranjuje podatke o padavinah, Sončevem sevanju, zračnem tlaku in vetru (Campbell Scientific datalogger, CR200)
- 6 – glavanaglavna baterija



Slika 3: Skica samodejne meteorološke postaje
Figure 3: Sketch of an automatic meteorological station



Slika 4: Meteorološka postaja Travljska gora. Fotografirano 19. januarja 2011 proti severozahodu (Foto: Iztok Sinjur)

Figure 4: Meteorological station Travljska gora. Photo taken in January 19, 2011 towards NW (Photo: Iztok Sinjur)



Slika 5: Klasičen Hellmanov dežemer za meritve dnevnih količin padavin na uradni meteorološki postaji ARSO (Foto: Iztok Sinjur)

Figure 5: Traditional Hellman rain gauge for daily precipitation sum at an official ARSO meteorological station (Photo: Iztok Sinjur)

Ker so radarske ocene o količini padavin na opazovanem območju zelo podcenjene, smo jih popravili z metodo pluviometriških popravkov. Metoda temelji na tem, da za osem okoliških postaj (po dve najbližji postaji iz vsakega kvadranta) primerjamo izmerjene radarske padavine (rr_{radar}) z izmerjenimi padavinami na postajah ($rr_{\text{opazovalec}}$), in tako za vsako od osmih postaj izračunamo korekcijski faktor (1):

$$(1) \quad \mu_i = \frac{rr_{\text{opazovalec}}}{rr_{\text{radar}}}$$

Tako za vsako postajo izračunamo koeficient, ki pove, za koliko radar količino padavin podcenjuje ali

precenjuje. Vse koeficiente povprečimo in dobimo oceno, koliko so meritve meteorološkega radarja na nekem območju podcenjene ali precenjene (2):

$$(2) \quad \mu = \frac{\sum_i \mu_i}{8}$$

Vrednost $\mu > 1$, pomeni, da so radarske meritve podcenjene, če pa je $\mu < 1$, pa precenjene. Tako izračunani korekcijski faktor uporabimo, da na poljubni točki v prostoru popravimo količine padavin, ki jih zaznal meteorološki radar.

Pri izračunu pluviometriškega popravka smo uporabili podatke o količini padavin iz osmih najbližjih uradnih meteoroloških postaj, ki so prikazani v preglednici skupaj z radarsko oceno količine padavin ter izračunanimi korekcijskimi faktorji.

3 OROGRAFSKO PROŽENJE 8. SEPTEMBRA 2010

3 THE OROGRAPHIC TRIGGERING ON SEPTEMBER 8, 2010

3.1 Sinoptična situacija

3.1 Synoptic situation

7. septembra se je nad Skandinavijo in severovzhodno Evropo raztezalo območje visokega zračnega tlaka. Zahodno Evropo je doseglo ciklonsko območje, nad osrednjo pa se je zadrževalo odcepljeno višinsko jedro hladnega zraka.

Naslednji dan je Slovenija od zahoda prišla pod vpliv doline in ciklonskega območja. Zmeren do

močan zahodni veter v višinah se je obrnil na jugo-zahodno smer; k nam je dotekal večinoma vlažen in razmeroma topel zrak. 9. septembra je nastal prizemni genovski ciklon, del doline se je odcepil in potoval proti jugu. V spodnji plasti ozračja se je veter obrnil na vzhodno in severovzhodno smer. Dan pozneje se je z razširitvijo anticiklona vremensko dogajanje umirilo.

3.2 Razvoj vremena

3.2 Weather development

V jutranjih urah je občasno deževalo zlasti v hribovitem svetu zahodne in severne Slovenije. Dež so spremljale tudi nevihte. Zgodaj dopoldne se je vreme prehodno umirilo. Nevihtna aktivnost na zahodu Slovenije in v italijanski Furlaniji-Julijski krajini se je proti poldnevu okrepila, nevihtna linija je najprej prešla zahodno Slovenijo, nato pa oslabljena potovala naprej proti vzhodu. Medtem se je začela konvekcija na območju južne Slovenije, Istre in Gorskega kotarja. Zlasti območje med Kočevjem in Loškim Potokom so prešli številni nalivi, saj so na hribovitih pregradah severno od Reke v nestabilnem ozračju z vlažnim jugozahodnim zračnim tokom (slika 6) nastajale plohe in nevihte (slika 7). Nad omenjenim območjem je meteorološki radar beležil najvišje odbojnosti v ožjem pasu, ki je segal od jugozahoda proti severovzhodu (slika 8). Slednje potrjujejo zapisi meteoroloških opazovalcev na okoliških meteoroloških postajah, pri čemer je treba upoštevati subjektivnost opažanja in beleženja:

Preglednica 1: Pluviometriški popravki za primer, opisan v članku. Navedeni so podatki o postajah, količini padavin in korekcijsko razmerje.

Table 1: Pluviometric corrections for the case described in the article. Station and precipitation data as well as correction factors are given the table.

Meteorološka postaja <i>Meteorological station</i>	Oddaljenost (km) <i>Air distance (km)</i>	rr-opazovalec (mm) <i>rr-observer (mm)</i>	rr-radar (mm) <i>(min-max)</i>	Korek. Factor <i>Correction factor</i>
GRČARICE	9,6	60,9	13,0–16,3	3,7
PRIGORICA	12,4	80,8	25,0–29,5	2,7
BABNO POLJE	7,5	78,3	14,5–14,5	5,4
HRIB - LOŠKI POTOK	9,4	46,6	10,0–11,3	4,1
PARG	3,0	114	23,3–34,7	3,3
TRAVA	3,6	94,3	26,7–26,7	3,5
ILIRSKA BISTRICA - KOSEZE	32,3	51,8	12,6–14,7	3,5
ISKRBA	18,6	14,9	2,9–3,1	4,4
Povprečje / Average				3,8

Preglednica 2: 24-urna količina padavin na nekaterih meteoroloških postajah, izmerjena 9. septembra 2010 ob 8. uri po srednjeevropskem poletnem času (GIS – Gozdarski inštitut Slovenije, DHMZ – Državni hidrometeorološki zavod Republike Hrvaške, ARSO – Agencija Republike Slovenije za okolje)

Table 2: Precipitation sum in 24 hours recorded at some meteorological stations in September 9, 2010 at 6 UTC (GIS – Slovenian Forestry Institute, DHMZ – Meteorological and Hydrological Service of Croatia, ARSO – Environmental Agency of the Republic of Slovenia)

Meteorološka postaja in nadmorska višina / Meteorological station with elevation in m a.s.l.	24-urna količina padavin (mm) / Precipitation sum in 24 h (mm)	Zračna razdalja in smer od postaje GIS / Air distance and direction from the GIS station	Viri podatkov / Data source
Travljsanska gora (876 m)	153,0		GIS
Parg - Čabar (800 m)	114,2	3 km JZ /SW	DHMZ
Trava (774 m)	94,3	4 km JV /SE	ARSO
Babno Polje (756 m)	78,3	8 km Z / W	ARSO
Hrib - Loški Potok (825 m)	46,6	9 km S / S	ARSO
Šmarata (580 m)	40,2	15 km SZ / NW	ARSO

Babno Polje: Nevihte z dežjem od dopoldneva do popoldneva. Dež se je pojavljal še zvečer.

Hrib - Loški Potok: Rahel dež v zgodnjem jutru in med 8.30 in 10.10. Ob 13.08 je začelo deževati, ob 13.15 pa je sledila nevihta. Nevihte so se pojavljale vse do 17. ure. Med 14.23 in 15.10 je opazovalec beležil močan dež. Deževje se je nadaljevalo do večera.

Trava: Deževje od noči do večera.

Samodejna meteorološka postaja GIS je v času od 13. do 16. ure zabeležila 109,8 mm padavin, do

9. septembra ob 7. uri (to je v 24 urah) pa 153 mm (preglednica 2).

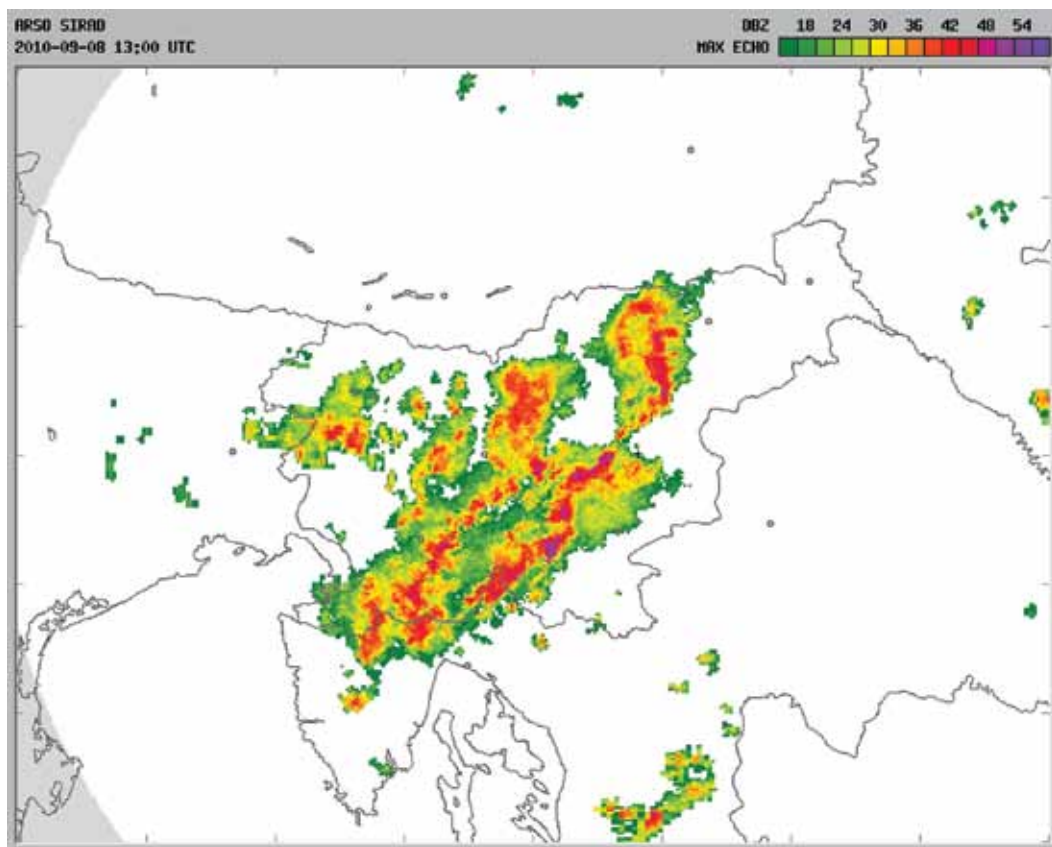
Zvečer je deževalo v večjem delu Slovenije, proti polnoči pa se je tudi na severu Slovenije nehalo deževati.

Velika količina meteorne vode je poleg zemlje in peska z gozdnih vlak na gozdno cesto nanašala opad in veje. Nekateri prepusti za odvodnjavanje so se zamašili, obcestni kanali so bili marsikje zasuti. Z zgornjega ustroja gozdne ceste je voda odnašala



Slika 6: Vetrna roža za obdobje od 6. do 8. septembra 2010 na podlagi meritev samodejne meteorološke postaje GIS na Travljski gori na 876 m nadmorske višine.

Figure 6: Wind rose for the period from September 6 to 8, 2010, based on the automatic weather station measurements on Travljsanska gora (876 m a.s.l.)



Slika 7: Slika največje radarske odbojnosti padavin nad Slovenijo in okolico 8. septembra 2010 ob 15. uri po srednjeevropskem poletnem času. Intenzivnost padavin se veča od zeleno do vijolično obarvanih območij (vir: ARSO).

Figure 7: The maximum radar reflectivity over Slovenia and surroundings on September 8, 2010, at 2 pm CET. Precipitation intensity rises from green to violet (source: ARSO).

pesek in erodirala odkopne ter nasipne brežine. Ob regionalni cesti med vasjo Lazec in Podpreska je meteorna voda v peščen nasipni material izoblikovala tudi več 10 cm globoke kanale in pesek odložila na nekaterih odsekih asfaltiranega vozišča.

4 REZULTATI IN RAZPRAVA

4 RESULTS AND DISCUSSION

Kakovost zabeleženih meteoroloških podatkov je pri samodejnih meteoroloških postajah zelo odvisna od vrste in delovanja merilnih naprav. Bistvena prednost samodejnih meteoroloških postaj so meritve ob katerem koli času s poljubnim časovnim razmikom, v zadnjem času tudi hiter prenos podatkov iz še tako oddaljenih in težko dostopnih krajev. Ostaja negotovost glede nemotenega delovanja

elektronskih sestavnih delov, pa tudi sposobnost zaznavanja dejanskih vremenskih dogodkov (zlasti v času trajanja izrednih vremenskih razmer). Znano je, da so pri različnih intenzivnostih padavin pri različnih vrstah dežemerov podatki obremenjeni z različno napako merilnega inštrumenta (Sandsborg, 1972, in Lanza in sod., 2010).

Pri zaznavanju prostorske in časovne razporeditve padavinskih procesov nad večjim območjem so nam v veliko pomoč meteorološki radarji. Pri nas meteorološki radar na Lisci nad Sevnico vsakih 10 minut zabeleži prisotnost in intenzivnost padavin nad Slovenijo in bližnjo okolico. Tako sledimo padavinskim procesom v prostorski ločljivosti 1 km × 1 km. Radarske meritve so v primerjavi z meritvami meteoroloških postaj pri tleh po navadi obremenjene z napako (lahko so podcenjene ali precenjene). Težave lahko nastanejo že zaradi primerjave dveh različnih

tipov meritev, saj radar meri ploskovno povprečje padavin v ozračju na vsakih 10 minut, medtem ko se na postajah opravljajo točkovne meritve in beleži dejansko povečanje padavin brez vmesnih prekinitev. Med preostalimi znanimi in predvidljivimi viri napak omenimo še vpliv »senčenja« gora (Picciotti in sod., 2008 in Divjak, 1996), vpliv Zemljine ukrivljenosti (Collier, 1989), naklon radarske antene (Germann, 2006) in pomen oslavitve radarskih žarkov zaradi sipanja in absorpcije v atmosferskih plinih in padavinskih delcih – pri slednjih oslavitvah lahko dosega tudi 0,5 dB/km (Collier, 1989).

Iz primerjave med količinami padavin, ugotovljenimi s klasičnimi meritvami na meteoroloških postajah in radarskimi meritvami, je razvidno, da je nad širšo okolico Travljsanske gore radarska ocena količine padavin zelo podcenjena (slika 10). Poleg tega radar na območjih, kjer podcenjuje količine padavin, zaznava tudi manj padavinskih dni. Zlasti izrazita je ta napaka daleč od radarja, še posebno v hladnejši polovici leta ob plitvih oziroma stratiformnih padavinah (Demšar, 2005).

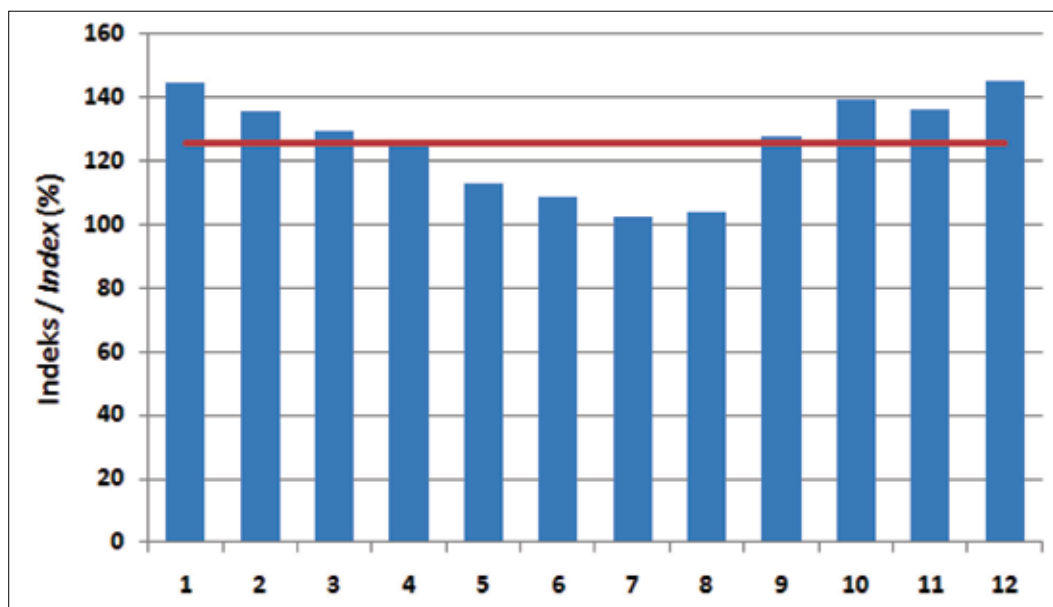
Gorske pregrade ob toku vlažnega zraka so lahko še pred vremenskimi frontami območja z velikim padavinskim gradientom. Vrhovec in sodelavci (2004) za območje jugovzhodnih Alp navajajo

gradient tudi 150 mm/dan na 25 km razdalje v smeri sever–jug.

Izračunali smo, da se letna količina padavin v smeri od vasi Hrib - Loški Potok proti vasi Trava (ob jugovzhodnem vznožju Travljsanske gore) opazno poveča. Čeprav je med obema vasema približno 12,5 km zračne razdalje, je bilo v letih od 1981 do 2010 na meteorološki postaji Hrib - Loški Potok na leto 1429,7 mm padavin, na meteorološki postaji v Travi pa 1795,6 mm (ARSO). Glede na letno akumulacijo padavin precej velik gradient, ki je opazno višji v obdobju pogostejše sredozemske ciklogeneze (npr. Baša, 2007), se za ožje območje Travljsanske gore lahko nakazuje pogostejše orografsko izdatnejše padavine (slika 8).

Za primerjavo smo za leta 2008, 2009 in 2010 za uradni meteorološki postaji Hrib - Loški Potok in Trava preverili zaznavanje padavin z meteorološkim radarjem. Izkazalo se je, da je na območju meteorološke postaje Trava radar v primerjalnem obdobju na leto zaznal le nekaj več kot tretjino dejansko izmerjenih padavin na postaji, na območju Hriba - Loškega Potoka pa približno polovico (preglednica 3).

Pri analizi padavinskega dogodka smo si pomagali z radarskimi posnetki meteorološkega radarja



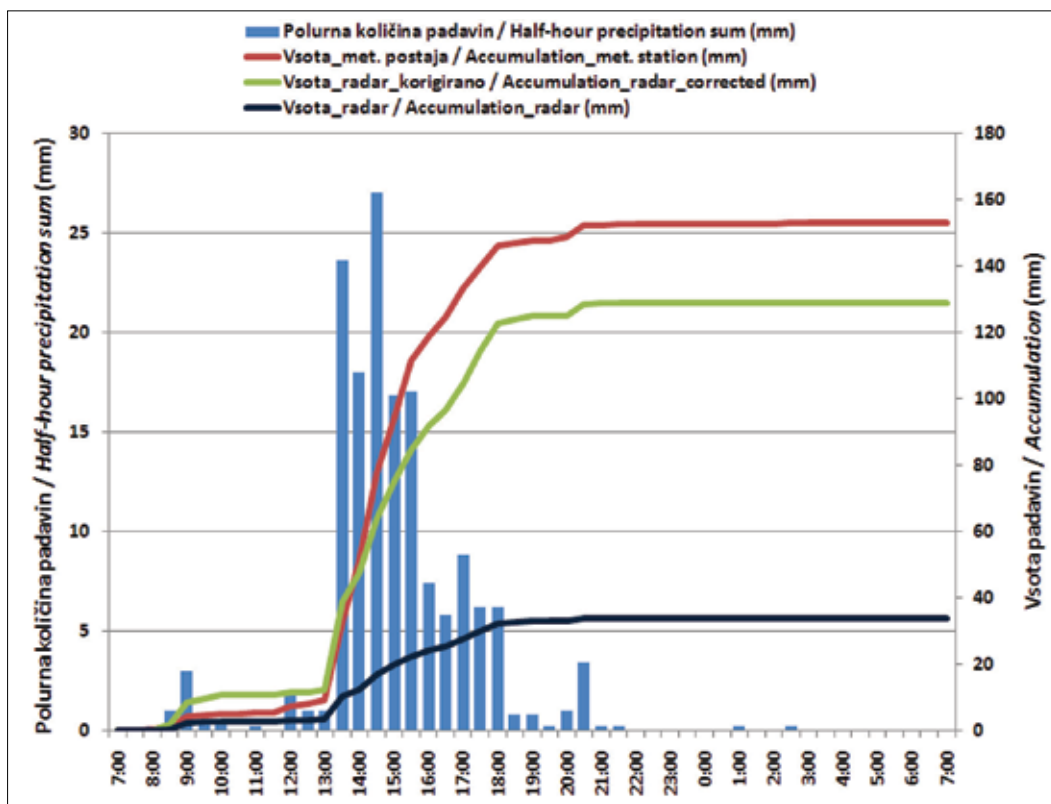
Slika 8: Indeks povprečnih mesečnih višin padavin v obdobju 1981–2010 na meteorološki postaji Trava glede na meteorološko postajo Hrib - Loški Potok

Figure 8: Mean monthly precipitation ration between the meteorological stations of Trava and Hrib-Loški Potok in the period 1981-2010

Preglednica 3: Letna količina padavin, kot jih je izmeril opazovalec, delež radarsko izmerjenih padavin glede na meritve opazovalca in količina padavin, ugotovljena s popravkom radarskih meritev za meteorološko postajo Trava.

Table 3: Yearly precipitation amount gathered by the weather observer, meteorological radar and after the correction of adjusted radar measurements at meteorological stations Trava and Hrib –Loški Potok.

	Trava			Hrib - Loški Potok		
	Opazovalec (mm) <i>Weather observer (mm)</i>	Radar (%) <i>Radar (%)</i>	Radar + popravek (%) <i>Radar + correction (%)</i>	Opazovalec (mm) <i>Weather observer (mm)</i>	Radar (%) <i>Radar (%)</i>	Radar + popravek (%) <i>Radar + correction (%)</i>
Leto/year 2010	1982,1	36,8	78,0	1742,9	64,8	118,8
Leto/year 2009	1623,2	38,4	78,8	1272,4	52,8	96,5
Leto/year 2008	1864,2	37,4	80,5	1559,8	43,7	87,3



Slika 9: Količina padavin na meteorološki postaji GIS Travljsanska gora (876 m) med 8. in 9. septembrom 2010 (srednjeevropski čas, UTC+1). Modri stolpci prikazujejo polurno količino padavin, krivulje pa kumulativo.

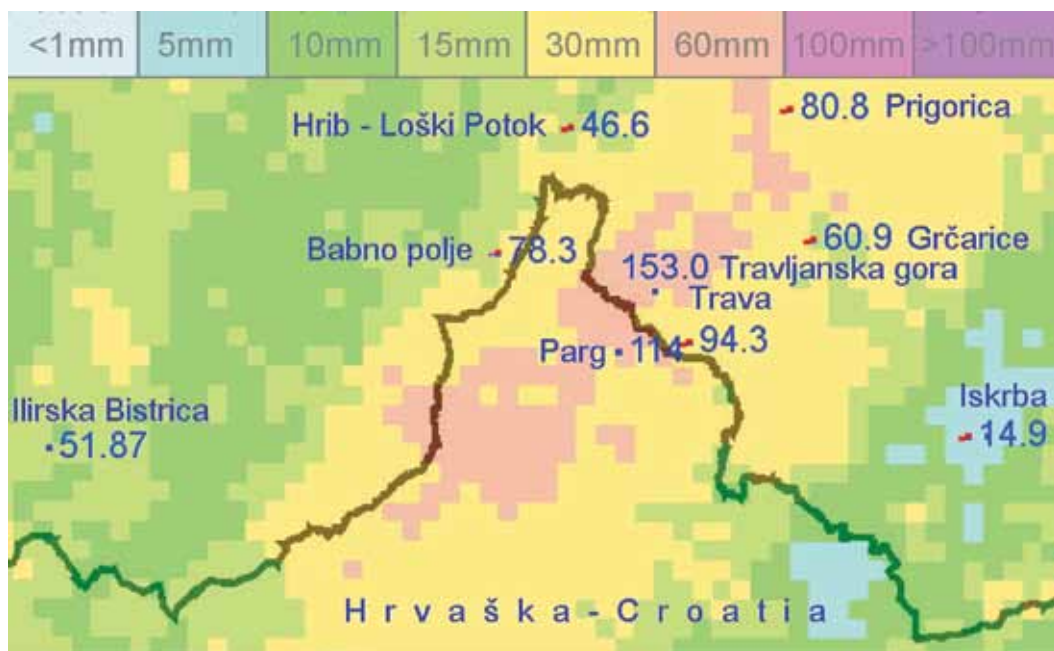
Figure 9: Precipitation sum at meteorological station GIS Travljsanska gora (876 m a.s.l.) during September 8 and 9, 2010 (Central European Time, UTC+1). Blue bars denote half-hour sum and curves denote accumulation.

na Lisci. Glede na prej navedene ugotovitve se je potrdilo značilno razhajanje med količinami padavin, zaznanimi z radarjem, in dejansko izmerjenimi količinami na meteoroloških postajah. Na sliki 9 sta poleg izmerkrov meteorološke postaje Travljsanska gora prikazani tudi originalna in popravljena radarska meritev.

5 ZAKLJUČEK

5 CONCLUSION

Količina padavin in temperatura zraka sodita med glavne vhodne podatke za zagon različnih računskih modelov. V orografsko razgibanih območjih se količina padavin lahko krajevno precej razlikuje. Po nekaj



Slika 10: 24-urna količina padavin (v mm) 9. septembra 2010 ob 8. uri po srednjeevropskem poletnem času na meteoroloških postajah, katerih podatki so bili uporabljeni za izračun pluviometriškega popravka in na meteorološki postaji Travljska gora ter količina padavin, izmerjena s pomočjo radarskih meritev (barvni sloj).

Figure 10: Precipitation sum (in mm) in 24 hours recorded at some meteorological stations on September 9, 2010 at 6 UTC (GIS – Slovenian Forestry Institute, DHMZ –Meteorological and Hydrological Service of Croatia, ARSO – Environmental Agency of the Republic of Slovenia)

več kot enem letu delovanja samodejne meteorološke postaje Gozdarskega inštituta Slovenije na Travljski gori smo podrobno proučili padavinski dogodek z omejenostjo na manjše hribovito območje. Izkazalo se je, da so 8. septembra 2010 v popoldanskih urah na območju Travljske gore nastale lokalno zelo izdatne padavine, kar je povzročilo povečano erozijsko dejavnost. To so zjutraj 9. septembra 2010 potrjevale tudi dobro vidne posledice na gozdnih prometnicah in regionalni cesti med vasema Lazec in Podpreska. Da so izrazito lokalno močne padavine nastale ravno na območju Travljske gore, potrjujejo neposredne meritve padavin GIS, podatki Urada za meteorologijo ARSO in podatki hrvaške državne meteorološke službe DHMZ. Čeprav je najbližja uradna meteorološka postaja (Parg - Čabar, Hrvaška) od meteorološke postaje GIS na Travljski gori oddaljena le 3 km jugozahodno so bile tam zabeležene le tri četrtine količine padavin na Travljski gori. Še manj so beležile okoliške uradne meteorološke postaje ARSO.

Na podlagi omenjenih meritev sklepamo, da je nad pobočjem Travljske gore ob prevladujočem

vlažnem jugozahodnem zračnem toku zaradi prisilnega dviga zračne mase nastalo izdatno orografsko proženje. Domnevo so potrdili tudi radarski posnetki meteorološkega radarja ARSO, na podlagi katerih smo skušali še prostorsko rekonstruirati padavinsko dogajanje tistega dne. Nad omenjenim območjem se je radarsko zaznavanje padavin sicer izkazalo za koristno, a zaradi številnih negativnih vplivov količinsko zelo podcenjeno. Izračunali smo, da je nad lokacijo meteorološke postaje Travljska gora radar zaznal le 22 % (34 mm) dejansko izmerjene količine padavin. Z uporabo pluviometriškega popravka temeljnih radarskih meritev smo izboljšali rezultate. Popravek je radarsko zaznane količine padavin povečal do 84 % (129 mm) dejansko izmerjenih padavin.

V hribovitih območjih so zaradi pogosto lokalno izdatnejših in intenzivnejših padavin, ki nastajajo zaradi prisilnega dviga, nujno potrebne meritve na kraju samem. Čeprav je tam po navadi gostota poselitve manjša, so izjemni, pogosto stacionarni padavinski dogodki potencialna nevarnost tudi za druga območja (npr. katastrofalne poplave v Železnikih 18. septembra 2007). Stacionarno oro-

grafsko proženje ostaja težje napovedljiv dogodek, ob tem pa škodne posledice lahko nastanejo že v nekaj ur trajajočem dogodku. Zaradi omenjenih značilnosti tovrstnih vremenskih razmer in omejitev pri radarskih meritvah je za pojasnitev, še bolj pa za opozarjanje nujno potrebna ustrezna gostota meteoroloških postaj.

6 ZAHVALA

6 ACKNOWLEDGEMENT

Zahvaljujemo se Katarini Šmalcelj, univ. dipl. meteorol., iz DHMZ, ki nam je pripravila meteorološke podatke z območja Republike Hrvaške in pomagala s koristnimi mnenji. Članek je v večji meri nastal v okviru Life + evropskega projekta »FutMon«.

7 VIRI

7 SOURCES

ARSO. Meteorološki arhiv Agencije Republike Slovenije
BAŠA, J., 2007. Analiza zavetnih ciklonov. Seminar. Fakulteta za matematiko in fiziko. Univerza v Ljubljani. Katedra za meteorologijo. November 2007. Url: http://mafija.fmf.uni-lj.si/seminar/files/2007_2008/Seminar_-_Analiza_zavetnih_ciklonov_-_Joze_Basa.pdf (15.3.2011)

Bertović, S., Generalović, M., Karavla, J., Martinović, J., 1997. Priroda i parkovni objekti u općini Rijeka. Šumarski list br. 3-4, CXXI (1997), 133-160. Url: <http://www.sumari.hr/sumlist/pdf/199701330.pdf> (7. 2. 2011)

Collier, C. G., 1989. Applications of weather radar systems : a guide to user of radar data in meteorology and hydrology. Chichester: Ellis Horwood, 294. str.

Demšar, M., 2005. Analiza radarskih meritev v letu 2004 in njihovo izboljšanje s pluviometrijskim popravkom. Diplomsko delo. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko. Ljubljana.

DHMZ. Državni hidrometeorološki zavod Republike Hrvaške. Meteorološki podatki za obdobje 1971-2000.

Divjak, M., 1996. Radarsko merjenje padavin v neoptimalnih razmerah. Magistrsko delo. Ljubljana, FMF, Oddelek za fiziko, 66 str.

Frei, C., Schar, C., 1998. A precipitation climatology of the Alps from high-resolution rain gauge observations. *Int. J. Climatol.* 18: 873-900 (1998). http://www.map.meteoswiss.ch/sop-doc/rr_sop/FreiSchaer1998.pdf (11. 2. 2011)

Germann, U., Galli, G., Boscacci, M., Bolliger, M., 2006. Radar precipitation measurement in a mountainous region. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*. Volume 132, Issue 618, pages 1669-1692, July 2006, Part A. doi: 10.1256/qj.05.190. Url: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1256/qj.05.190/pdf> (11. 2. 2011).

Lanza, L. G., Vuerich, E., Gnecco, I., 2010. Analysis of highly accurate rain intensity measurements from a field test site. *Advances in Geosciences* 25, 37-44, 2010. Url: <http://www.adv-geosci.net/25/37/2010/adgeo-25-37-2010.pdf> (11. 2. 2011)

Picciotti, E., Gallese, B., Cimatori, A., Montopoli M., Telleschi, A., Volpi, A., Consalvi, F., Cinque, G., Marzano, F. S., 2008. C-band radar precipitation measurements in mountainous region: comparison with raingauge fields and X-band radar data. *ERAD 2008 – The Fifth European Conference on Radar in Meteorology and Hydrology*. Helsinki, Finland. Url: <http://erad2008.fmi.fi/proceedings/extended/erad2008-0195-extended.pdf> (11. 2. 2011)

Sandsborg, J., 1972. Precipitation measurements with various precipitation gauge installations. *Nordic Hydrology* 3, 1972, 80-106. Url: <http://www.iwaponline.com/nh/003/0080/0030080.pdf> (11. 2. 2011)

Sinjur, I., Ferlan, M., Simončič, P., Vilhar, U., 2010. Mreža meteoroloških postaj Gozdarskega inštituta Slovenije = The meteorological stations net of the Forestry Institute of Slovenia. *Gozd. vestn.*, 2010, letn. 68, št. 1, str. 41-46.

Vrhovec, T., Rakovec, J., Gregorič, G. 2004. Mesoscale diagnostics of prefrontal and frontal precipitation in the Southeast Alps during MAP IOP 5. *Meteorology and Atmospheric Physics*

Volume 86, Numbers 1-2, 15-29, DOI: 10.1007/s00703-003-0023-1. Url: <http://www.springerlink.com/content/k5wt721wam5fku15/> (11. 2. 2011)