

**Agrovoc descriptors:** national parks, nature reserves, alps, precipitation, rain, snow cover, environmental factors, climatic factors, trends, climatic change, climate

**Agris category code:** P40

## Analiza padavin na širšem območju Triglavskega narodnega parka za obdobje 1961-2009

Zalika ČREPINŠEK<sup>1</sup>, Andreja KUNŠIČ<sup>2</sup>, Tomaž KRALJ<sup>3</sup>, Lučka KAJFEŽ-BOGATAJ<sup>4</sup>

Prispelo 7. junija 2011; sprejeto 29. julija 2011.

Received June 7, 2011; accepted July 29, 2011.

### IZVLEČEK

Za 18 meteoroloških postaj na širšem območju Triglavskega narodnega parka smo za obdobje 1961-2009 analizirali letne višine padavin, število dni z dnevno višino padavin nad 5, 10, 20, 50, 100 in 150 mm ter število dvodnevni nalivov z višino padavin nad 50, 100 in 150 mm. Za snežno odejo smo analizirali število dni po letnih časih in za snežno sezono ter trende v številu dni s snežno odejo. Največ padavin je imela v letnem povprečju Žaga pri Bovcu (2972 mm), najmanj Rateče (1532 mm). Medletna variabilnost višine padavin je na vseh postajah velika, v izrazito mokrih letih je višina padavin več kot dvakratna višina tiste v najbolj sušnih letih. Povprečne letne višine padavin, izračunane za dekade, se statistično značilno razlikujejo. Na večini postaj je bila najbolj mokra dekada 1961-1969, najbolj sušni dekadi pa 1980-1989 in 2000-2009. Na vseh postajah se pojavljajo močni enodnevni in dvodnevni nalivi, variabilnost števila izjemnih padavinskih dogodkov se povečuje z višino padavin. Največje število dni z višino padavin >5 mm ima Vogel (90), >10 mm in >20 mm Kneške Ravne (69 oz. 44). Dvodnevni nalivov >50, >100 in >150 mm je največ na Žagi, najmanj pa v Ratečah. Na vseh postajah lahko vsako leto pričakujemo vsaj en dan, ko višina padavin presega 150 mm. Dolžina snežne sezone se v zadnjih letih zmanjšuje. Trend v številu dni s snežno odejo je na vseh postajah negativen. Velikost statistično značilnih sprememb je od -4,3 dni/10 let na Žagi do -14,9 dni/10 let v Stari Fužini.

**Ključne besede:** padavine, nalivi, snežna odeja, trendi, Triglavski narodni park

### ABSTRACT

#### PRECIPITATION ANALYSIS OF THE WIDER AREA OF THE TRIGLAV NATIONAL PARK FOR THE PERIOD 1961-2009

The annual rainfall series were analyzed for the 18 meteorological stations in the wider area of the Triglav National Park for the period 1961-2009: the amount of annual rainfall, the number of days with 24-h rainfall totals exceeding 5, 10, 20, 50, 100, 150 mm and the number of 48-h rainfall totals exceeding 50, 100 and 150 mm. For snow cover, duration and the trend of days with snow cover were analyzed. The maximum annual precipitation over the entire period has been in Žaga by Bovec (2972 mm) and the minimum in Rateče (1532 mm). High interannual rainfall variability was noticed during period observed, more than twice as much rain has fallen in the wettest periods as in the driest periods. There were some significant differences between the decadal precipitation amounts. At most stations, the wettest period was 1961-1969 and the driest were 1980-1989 and 2000-2009. Heavy 24-h and 48-h rainfalls were measured at all stations, variability in the number of extreme rainfall events has increased with the amount of rainfall. The maximum number of days with day-rainfall above 5 mm was measured in Vogel (90), and above 10 mm (69) and 20 mm (44) in Kneške Ravne. Žaga had the highest number with rainfall above 50, 100 and 150 mm and Rateče the lowest one. The snow season has shortened in recent years, negative trends were observed at all stations in the number of days with snow cover. The significant trend rates ranged from -4.3 days/decade in Žaga to -14.9 days/decade in Stara Fužina.

**Key words:** precipitation, heavy rain, snow cover, trends, Triglav national park

Članek je nastal na osnovi diplomske naloge Andreje Kunšič. Mentorica: doc. Zalika Črepinšek

<sup>1</sup> doc. dr., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Jamnikarjeva 101, SI-1000 Ljubljana

<sup>2</sup> dipl.ing.agr., Krnica 71/a, SI-4247 Zgornje Gorje

<sup>3</sup> dr., Triglavski narodni park, Ljubljanska cesta 27, SI-4260 Bled

<sup>4</sup> prof. dr., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Jamnikarjeva 101, SI-1000 Ljubljana

## 1 UVOD

V Sloveniji je za padavinski režim odločilnega pomena relief, ki močno vpliva na prostorsko porazdelitev padavin s tem, ko pogojuje ob pobočjih vzponske tokove. Slovenija dobi največ padavin z jugozahodnimi vetrovi ob gorskih pregradah kot so Trnovski gozd, Snežnik, Julijske Alpe in Savinjske Alpe (Hočevar in Petkovšek, 1995). Največ, nad 3000 mm padavin, pade v severozahodnem delu Slovenije na območju Žage in Kobarida. Višina padavin se proti vzhodu zmanjšuje, na skrajnem severovzhodu Slovenije znaša samo še 800 mm, osrednja Slovenija pa ima letno 1300-1400 mm padavin. V alpskem prostoru je izrazit padavinski maksimum jeseni. Poleg povprečnih vrednosti so pomembni tudi skrajni vremenski dogodki, ki so sestavni del naravnega podnebja. Zaradi izrazite spremenljivosti in zelo redkega pojavljanja skrajnih vremenskih in podnebnih pojavov je težko oceniti dolgotrajne trende, saj dolžina obdobja med dvema pojavoma izjemnih dogodkov na določenem območju lahko traja več let. Največja dnevna višina padavin, celo nad 400 mm, je bila zabeležena na območju Posočja (ARSO, 2010). V toplem delu leta so pogosti močni nalivi, v katerih lahko pade več kot 100 mm padavin v eni uri (Komac in Zorn, 2009; Mikoš in sod., 2006). Poleg obilnih dnevnih in večdnevnih padavin povzročajo vodno erozijo tudi nalivi, ki trajajo od nekaj minut do nekaj ur (Ceglar in sod., 2008; Komac, 2005). Ekstremne hidrološke razmere, ki so se v Sloveniji pojavile leta 2007 (Rusjan in sod., 2007), 2009 in 2010, potrjujejo scenarij o vplivu klimatskih sprememb na vodni krog (ARSO, 2010). Največ škode so povzročile padavine leta 2009 v severnem in zahodnem delu Slovenije (Polajnar, 2009). Slovenijo je v dneh od 16. do 19. septembra 2010 prizadelo močno deževje, ko je v 48 urah v povprečju padlo 170-180 mm padavin, kar je največja višina padavin v takem časovnem obdobju v zadnjih 60 letih (ARSO, 2010). Redno spremljanje in analiza ekstremnih dogodkov sta pomembna za ugotavljanje sprememb klime, saj le-te vplivajo tudi na spremembe v pogostosti in intenziteti ekstremnih dogodkov (Damm in Terhorst, 2010).

Za nastanek snežne odeje (SO) so potrebne padavine v trdi obliki. Trajanje in debelina SO pomembno vplivata na vodne zaloge. Število dni s SO je izrazito povezano s temperaturo zraka in višino padavin. Temperatura zraka z nadmorsko višino pada, višina padavin pa v povprečju z nadmorsko višino narašča, zato je trajanje SO močno povezano z nadmorsko višino. Snežne razmere vplivajo na mobilnost prebivalstva, zato so podatki o snežnih razmerah pomembni v vsakdanjem življenju, pa tudi v številnih vejah gospodarstva: v prometu, komunalni, gradbeništvu, turizmu in kmetijstvu. Po ocenah so

alpska smučišča pod nadmorsko višino 1200-1300 m manj perspektivna za bodoče investicije v smučarsko infrastrukturo (Žiberna, 1991), številne raziskave za območje Alp pa so potrdile skrajševanje snežne sezone po letu 1980 (Latersner in Schneebeili, 2003; Schöner in sod., 2009; Valt in Cianfarra, 2010). Spremembe v višini padavin pozimi in trajanju snežne sezone so zanimive tudi z vidika vodne bilance in erozije, saj meteorna voda v tekoči obliki v času izven vegetacijske dobe predstavlja večjo možnost za nastajanje novih erozijskih žarišč (ARSO, 2010; Zorn in Komac, 2005).

Triglavski narodni park (TNP) se razprostira na severozahodu Slovenije, na jugovzhodnem delu alpskega masiva, obsega pa 880 km<sup>2</sup>, kar je 4 % površine Slovenije. Vodno bogastvo parka predstavljajo številni kraški izviri, potoki, reke, podzemne vode in ledeniška jezera. Gorski grebeni med rekama Savo in Sočo zarisujejo hidrološko mejo med Črnim in Jadranskim povodjem. Padavinsko povprečje znaša nad 1500 mm, letno pa je na tem območju 120-146 padavinskih dni. Podatki o vodnih zalogah in kriosferi (snegu in ledu) so pomembni za različna področja: kmetijsko pridelavo, oskrbo z vodo, varovanje okolja, turizem, promet, energetiko itd. Iz dosedanjih analiz padavin na območju Alp je razvidno, da so obilne padavine, ki se pojavljajo v povprečju enkrat na mesec, v zadnjih sto letih narasle (Kajfež-Bogataj in sod., 2010). Ugotovljeno je bilo, da je povečanje padavin značilno za jesen in zimo. Simulacije nakazujejo progresivno rast števila in intenzitete padavin in s tem posebno opazne učinke na pogostost obilnih padavin (ARSO, 2010). Meja za območja, na katerih zapade vedno dovolj snega za obstoj smučarskega turizma, se dviguje na večje nadmorske višine. To ima za posledico neposredno gospodarsko škodo, po drugi strani pa okoljske probleme, saj zaradi zmanjšanja števila snežnih dni poskušajo razširiti smučarski turizem v višje predele.

Analizirali smo padavinski režim na širšem območju TNP za osemnajst postaj za obdobje 1961-2009, obravnavali smo povprečno višino letnih padavin ter število dni z dnevno in dvodnevno vsoto padavin nad 5 mm, 10 mm, 20 mm, 50 mm, 100 mm in 150 mm. Za isto obdobje smo preučili povprečno število dni s SO in trende po letnih časih. Dobljeni rezultati so pomembna osnova za strokovno utemeljene strategije blaženja in prilagajanja na podnebne spremembe ter prispevek k razvijanju vsebin informacijskih središč, ohranjanju kakovosti prostora, kulturne krajine, varstvu narave, izobraževanju in obveščanju.

## 2 MATERIAL IN METODE

Meteorološke podatke smo pridobili iz arhiva Agencije republike Slovenije za okolje, ARSO (Arhiv..., 2010), za obdobje 1961-2009. Analizirali smo višino letnih padavin, število dni z dnevno in dvodnevno vsoto padavin >5 mm, >10 mm, >20 mm, >50 mm, >100 mm, >150 mm, število dni s SO

ter trende števila dni s SO za izbrane postaje na širšem območju TNP. Obravnavane meteorološke postaje smo izbrali tako, da je čim bolj pokrito celotno območje TNP (Preglednica 1, Slika 1).

**Preglednica 1:** Obravnavane postaje, njihove nadmorske višine in geografske koordinate (Klimatografija..., 2000).

**Table 1:** Analyzed stations with altitude and geographical coordinates (Klimatografija..., 2000).

kraj	oznaka postaje	nadmorska višina [m]	zemljepisna širina [φ]	zemljepisna dolžina [λ]
Livek	LI	695	46° 12'	13° 36'
Kobarid	KO	263	46° 14'	13° 34'
Planina pod Golico	PG	948	46° 27'	14° 03'
Stara Fužina	SF	547	46° 17'	13° 53'
Vogel	VO	1800	46° 20'	13° 45'
Kredarica	KR	2514	46° 22'	13° 50'
Rateče	RA	864	46° 29'	13° 42'
Zgornja Sorica	ZS	860	46° 13'	14° 01'
Javorniški Rovt	JR	962	46° 27'	14° 05'
Zgornja Radovna	ZR	750	46° 25'	13° 56'
Gorjuše	GO	940	46° 18'	14° 00'
Bohinjska Bistrica	BB	507	46° 16'	13° 57'
Kranjska Gora	KG	804	46° 29'	13° 47'
Log pod Mangartom	LM	650	46° 24'	13° 36'
Trenta	TR	622	46° 22'	13° 45'
Soča	SČ	487	46° 20'	13° 40'
Žaga	ŽA	419	46° 18'	13° 28'
Kneške Ravne	KN	752	46° 12'	13° 49'



**Slika 1:** Lokacije obravnavanih postaj z mejo Triglavskega narodnega parka (Medved-Cvikl, 2010).

**Figure 1:** Locations of the analyzed stations with Triglav national park border (Medved-Cvikl, 2010).

Statistične analize meteoroloških podatkov smo izvedli s programoma Statgraphics 5.0 (STSC, Rockwille, USA) in MS Office Excel 2003. Med merami sredine smo prikazali aritmetično sredino, med merami variabilnosti pa variacijski razpon (VR), standardni odklon (SD) ter koeficient variabilnosti (KV). Osnovno dolgoročno tendenco števila dni s

SO smo prikazali z linearnim trendom, ki smo ga izrazili v številu dni na dekada (10 let). Negativni trend pomeni, da se vrednost obravnavane spremenljivke v obravnavanem obdobju v zadnjem obdobju zmanjšuje glede na začetno obdobje, pozitiven trend pa pomeni povečanje vrednosti obravnavane spremenljivke glede na začetno obdobje.

### 3 REZULTATI Z DISKUSIJO

#### 3.1 Povprečne letne višine padavin

V preglednici 2 so podane povprečne letne višine padavin za obravnavane postaje za obdobje 1961-2009. Povprečna višina letnih padavin je največja na območju Žage (2972 mm), najmanjša pa v Ratečah (1532 mm). Absolutno največjo letno višino padavin v obravnavanem obdobju so izmerili na postaji Žaga pri Bovcu (4042 mm), sledita ji Soča (3759 mm) in Livek (3680 mm), absolutno najmanjšo letno višino padavin med obravnavanimi postajami pa imajo Rateče (1129 mm). Postaja Žaga pri Bovcu, kjer merijo padavine vsak dan,

ima uradno največje dolgoletno povprečje letne višine padavin v Sloveniji, na postajah Bogatinsko sedlo in Zadnji Vogel, kjer merijo le letno višino padavin, je bilo v enem letu izmerjeno tudi že več kot 5000 mm padavin. Na padavinski postaji Učja, tik ob italijansko-slovenski meji, so v letu 1960 zabeležili kar 6103 mm padavin (ARSO, 2010). Spremenljivost višine padavin med leti smo prikazali s SD in KV. Najmanjši KV imata postaji Zgornja Sorica in Stara Fužina (13 %), največjega pa Livek (19,9 %).

**Preglednica 2:** Povprečna (pov), maksimalna (max) in minimalna (min) višina letnih padavin v mm, standardna deviacija (SD) in koeficient variabilnosti (KV) za obdobje 1961-2009 za meteorološke postaje na širšem območju TNP.

**Table 2:** The average (pov), maximum (max) and minimum (min) yearly precipitation amount in mm, standard deviation (SD) and coefficient of variability (KV) for the period 1961-2009 for meteorological stations of the wider area of TNP.

	ZS	JR	PG	ZR	GO	BB	SF	KR	KG
<b>pov</b>	2065	1954	1735	1830	1967	2112	2298	2005	1648
<b>max</b>	2737	2696	2572	2588	2953	2876	3058	2799	2472
<b>min</b>	1420	1497	1260	1322	1383	1446	1644	1239	1242
<b>SD</b>	268,7	273,2	276,8	317,5	309,3	344,3	306,3	306,2	246,5
<b>KV</b>	13,0	14,0	15,9	17,4	15,7	16,3	13,0	15,3	15,0
	RA	LM	TR	ŠČ	ŽA	LI	KO	KN	VO
<b>pov</b>	1532	2400	2149	2421	2972	2476	2623	2795	2691
<b>max</b>	2290	3470	3065	3759	4042	3680	3639	3791	3576
<b>min</b>	1129	1486	1479	1665	1828	1497	1596	1582	1908
<b>SD</b>	233,0	410,3	343,4	425,1	498,0	492,9	440,2	449,4	511,7
<b>KV</b>	15,2	17,1	16,0	17,6	16,8	19,9	16,8	16,1	19,0

Poleg povprečnih letnih višin padavin za celotno obdobje 1961-2009 smo analizirali tudi povprečne letne višine padavin za vse obravnavane postaje (razen postaje Vogel, za katero so podatki meritev od l. 1982 dalje) po desetletjih: 1961-1969, 1970-1979, 1980-1989, 1990-1999 in 2000-2009. Najbolj mokro obdobje je bilo na večini (13) postaj 1961-1969, višina padavin v tem obdobju je statistično značilno večja od višine padavin v kasnejših obdobjih (Duncanov test,  $p < 0,05$ ). Dekadi 1980-1989 in 2000-2009 sta med obravnavanimi obdobji najbolj sušni na vseh postajah, z izjemo Kredarice, vendar razlike glede na ostale dekade niso statistično značilne.

#### 3.2 Analiza dnevnih padavinskih dogodkov

Za dnevne padavine smo analizirali šest različnih padavinskih dogodkov in sicer število dni, ko je dnevna višina padavin preseгла 5, 10, 20, 50, 100 ali 150 mm, primeri za 5, 20, 50 in 150 mm so prikazani na sliki 2. V povprečju je letno med 70 (Rateče) in 90 dni (Vogel), ko dnevna vsota padavin doseže  $>5$  mm. KV je majhen, kar pomeni, da se število dni z dnevno višino padavin

$>5$  mm med leti ne spreminja veliko, vrednosti KV pa znašajo od 9,3 % (Stara Fužina) do 15,9 % (Kneške Ravne). Število dni z višino padavin  $>10$  mm znaša od 47 do 70, pri čemer imajo Kneške Ravne v povprečju največ padavinskih dni  $>10$  mm (69,2), najmanj pa Rateče (47,1 dni). Variabilnost med leti se z intenzivnostjo padavinskih dogodkov povečuje; KV števila padavinskih dni  $>10$  mm ima razpon med 11,4 % in 17,2 %. Absolutno največje letno število takšnih padavinskih dni znaša kar 91 na postaji Kneške Ravne, najmanj pa 33 v Ratečah. Rateče imajo prav tako najmanjše povprečno število dni s padavinami  $>20$  mm (24) in Kneške Ravne največ takih dni (44). Na postaji Žaga znaša absolutni ekstrem kar 62 padavinskih dni  $>20$  mm v enem letu, minimalno število pa je zabeleženo za postajo Rateče. KV za povprečno število padavinskih dni  $>20$  mm znaša od 15 % do 22,1 %.

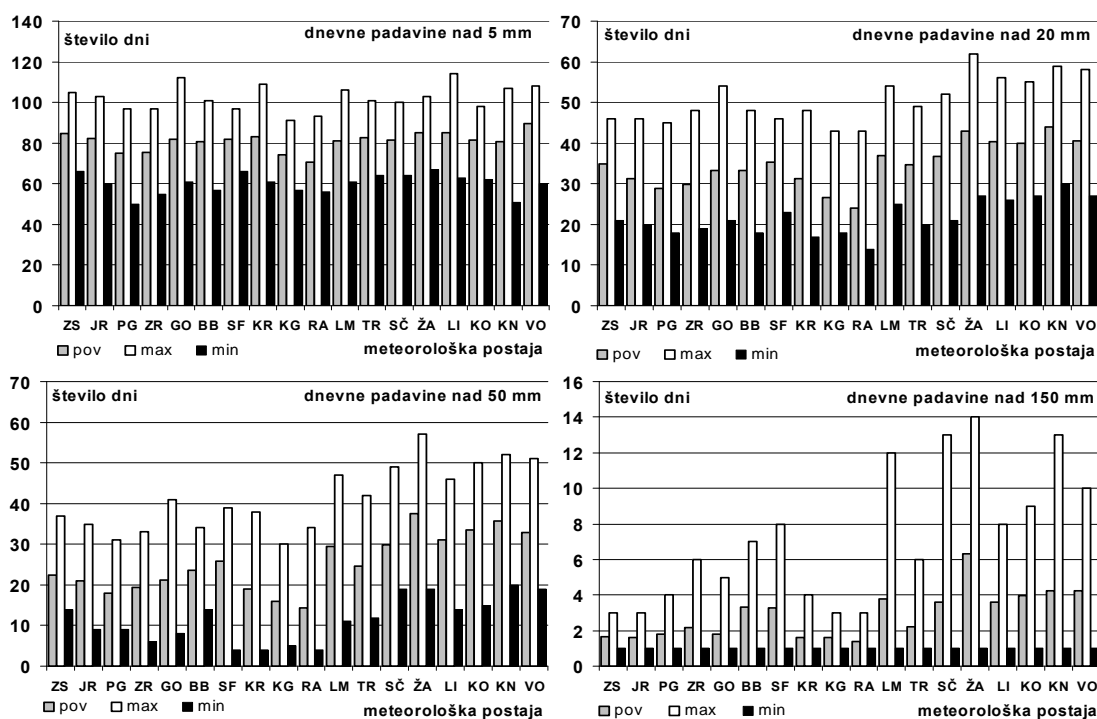
V Ratečah lahko v povprečnem letu pričakujemo 14 dni, ko dnevna višina padavin preseže 50 mm, medtem ko lahko tako intenzivne dnevne padavine pričakujemo več kot tridesetkrat letno na postajah Žaga (38), Kneške

Ravne (36), Kobarid (34), Vogel (33) in Livek (31). V posameznih letih se dnevni nalivi >50 mm pojavijo zelo redko, absolutni minimum, samo štiri takšne nalive letno, imajo postaje Stara Fužina, Kredarica in Rateče. Postaja Žaga ima največje letno število nalivov >50 mm in sicer kar 57. Medletna variabilnost je zelo visoka in znaša do 40,7 % v Ratečah.

Na vseh obravnavanih postajah lahko vsako leto pričakujemo vsaj en dan, ko bo višina padavin preseгла 100 mm, v Kobaridu in na Voglu tri takšne dneve, vsaj štiri pa na postaji Žaga. Le-ta ima tudi največje povprečno letno število padavinskih dni >100 mm (14,4) ter absolutni maksimum 23 takšnih padavinskih dogodkov v enem letu. Sicer pa znaša povprečno število letnih nalivov >100 mm od 2 do 3 v Kranjski Gori in Ratečah do preko 10 v Kobaridu (11,1), Kneških

Ravnah (11,1 dni), Voglu (10,7 dni) in Žagi (14,4). Število dni z višino padavin >100 mm je zelo variabilno, KV pa znaša od 31,7 % do 59 %.

Tako kot dnevni nalivi >100 mm se tudi nalivi >150 mm v povprečju pojavijo vsaj enkrat letno na vseh obravnavanih postajah. Takšni padavinski dogodki so v povprečju zelo redki, na večini postaj dva do trije letno, štirje na postajah Log pod Mangartom, Soča, Livek, Kobarid, Kneške Ravne in Vogel, na postaji Žaga pa je letno v povprečju 6 do 7 dni z intenziteto padavin >150 mm. Postaja Žaga ima tudi absoluten letni maksimum v število nalivov >150 mm, ki znaša 14. Zaradi redkega pojavljanja tako intenzivnih padavin je medletna variabilnost zelo visoka, vrednosti KV znašajo od 43 % do 71 %.



**Slika 2:** Povprečno (pov), maksimalno (max) in minimalno (min) letno število dni z dnevno višino padavin nad 5, 20, 50 in 150 mm za obdobje 1961-2009.

**Figure 2:** The average (pov), maximum (max) and minimum (min) number of days per year with daily precipitation exceeded 5, 20, 50 and 150 mm for the period 1961-2009.

### 3.3 Analiza dvodnevnih nalivov

Poleg dnevnih padavin smo analizirali tudi 2-dnevne nalive, ko je višina padavin v 48 urah preseгла 50, 100 ali 150 mm. Zaradi načina meritev padavin (vsak dan ob 7h zjutraj zabeležijo višino padavin za zadnjih 24 ur) so pogosto presekani dogodki z močnimi padavinami in razdeljeni na dve dnevni meritvi, tako da jih težko zaznamo kot ekstremni dogodek. Z analizo 2-dnevnih padavin torej povečamo verjetnost, da zaznamo večje število takšnih nalivov. V preglednici 3 je prikazano

letno število dvodnevnih nalivov z višino padavin >50 mm s pripadajočimi SD. V letnem povprečju ima največje število dvodnevnih nalivov >50 mm Žaga (37,5), nad 30 takšnih padavinskih dogodkov imajo tudi Kneške Ravne (35,7), Kobarid (33,5) in Livek (31,1); najmanjše povprečno število nalivov >50 mm pa imajo Rateče (13,8). Izračunani KV kažejo, da je variabilnost v številu nalivov >50 mm med leti zelo velika (od 20,8 % do 37,3 %), tako je bilo npr. na postaji Vogel, kjer je KV največji, največje letno število nalivov >50 mm kar

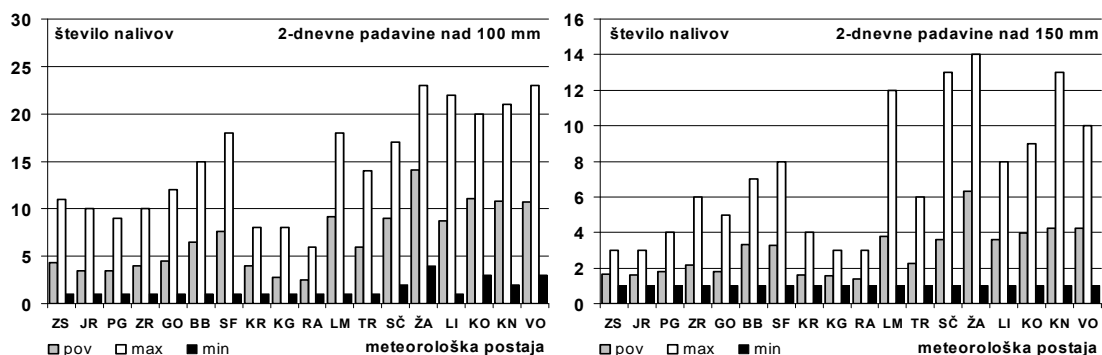
51, najmanjše število pa samo 4. Po pričakovanjih je število dvodnevni nalivov >100 mm (Slika 3) bistveno manjše kot število nalivov >50 mm. Največ dvodnevni nalivov >100 mm ima Žaga (14,1), sledita Kobarid (11,1) in Kneške Ravne (10,8), najmanj nalivov >100 mm pa je v Ratečah, kjer se v povprečju pojavijo letno le 2 do 3 takšni padavinski dogodki. Maksimalno število nalivov >100 mm v posameznem letu znaša 23 na postajah Žaga in Vogel, medtem ko je v letu z minimalno vrednostjo bil zabeležen le 1 tak padavinski dogodek. Število dvodnevni nalivov >100 mm med leti niha bolj kot število nalivov nad >50 mm; KV znaša od 32,6 % do 67 %. Še večja variabilnost med leti je značilna za število nalivov >150 mm (Slika 3). Občasno se v zahodnih predelih Slovenije pojavljajo še močnejši nalivi kot obravnavani v naši raziskavi. Največja 2-dnevna višina padavin, izmerjena s klasičnim dežemerom, znaša za Slovenijo 584 mm za Bovec (november 1960), največja dnevna pa 363 mm za isto postajo in obdobje. Dejanske vrednosti so lahko še

večje, tako je samodejna agrometeorološka postaja Zadlog nad Idrijo do 8. ure 18. septembra 2010 zabeležila 377 mm v 24 urah in do 2. ure 19. septembra 620 mm v 48 urah (ARSO, 2010). Ekstremne padavine so eden izmed sprožilnih dejavnikov, ki vplivajo na pojavljanje plazov (Komac, 2005), poleg tega močni kratkotrajni nalivi povzročajo erozijo tal, uničujoče hudourniške vode, poplave, škodo v turizmu, infrastrukturi, kmetijstvu in drugih dejavnostih (Polajnar, 2009). Zaradi vsega naštetega je pomembno poznati verjetnost pojavljanja močnih nalivov, imeti učinkovit sistem za pravočasno opozarjanje pred tovrstnimi nevarnostmi ter pripravljene ukrepe za zaščito ljudi in njihovega premoženja, če pride do ekstremnih padavin (Starec, 2002). Regionalni scenariji bodočih podnebni sprememb napovedujejo intenzivnejše padavine v spremenjenem padavinskem režimu, pogostejše in intenzivnejše ekstremne vremenske dogodke kot so suše, poplave ter neurja z močnimi vetrovi (Ceglar in sod., 2008).

**Preglednica 3:** Povprečno (pov), maksimalno (max) in minimalno (min) letno število dvodnevni nalivov z višino padavin nad 50 mm za obdobje 1961-2009, SD-standardna deviacija, KV-koeficient variabilnosti.

**Table 3:** The average (pov), maximum (max) and minimum (min) number of events with 48-h rainfall totals exceeded 50 mm for the period 1961-2009, SD-standard deviation, KV-coefficient of variability.

	ZS	JR	PG	ZR	GO	BB	SF	KR	KG
<b>pov</b>	22,5	20,9	18,0	19,3	21,1	23,6	25,8	19,0	15,9
<b>max</b>	37	35	31	33	41	34	39	38	30
<b>min</b>	14	9	9	6	8	14	4	4	4
<b>SD</b>	5,1	5,9	5,0	5,6	6,3	5,5	6,4	6,5	4,8
<b>KV</b>	22,8	28,4	27,9	28,8	29,7	23,4	24,8	34,0	30,3
	RA	LM	TR	SČ	ŽA	LI	KO	KN	VO
<b>pov</b>	13,8	29,5	24,6	29,8	37,5	31,1	33,5	35,7	29,3
<b>max</b>	30	47	42	49	57	46	50	52	51
<b>min</b>	4	11	12	19	19	14	15	20	4
<b>SD</b>	4,9	7,1	6,7	7,4	7,8	8,8	7,3	7,8	10,9
<b>KV</b>	35,4	23,9	27,1	25,0	20,8	28,2	21,7	21,9	37,3



**Slika 3:** Povprečno (pov), maksimalno (max) in minimalno (min) letno število dvodnevni nalivov z višino padavin nad 100 in 150 mm za obdobje 1961-2009.

**Figure 3:** The average (pov), maximum (max) and minimum (min) number of events with 48-h rainfall totals exceeded 100 and 150 mm for the period 1961-2009.

### 3.4 Analiza trajanja snežne odeje

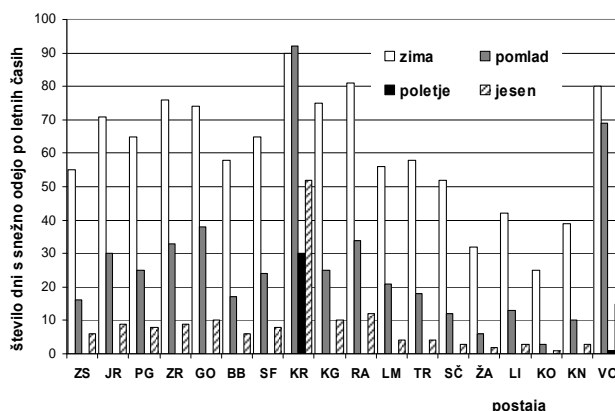
V preglednici 4 so podatki o povprečnem, maksimalnem in minimalnem letnem številu dni s SO, na sliki 4 pa smo prikazali število dni s SO po letnih časih. Pri tem smo upoštevali meteorološke letne čase, pri katerih traja zima od 1.12. do 28.2., pomlad od 1.3. do 31.5., poletje od 1.6. do 31.8., jesen od 1.9. do 30.11., snežna sezona pa od 1.7. tekočega leta do 30.6 naslednjega leta. Obravnavali smo samo število dni s SO, ne pa tudi višine SO, ki pomembno vpliva na vodnatost rek in potokov v spomladanskem času, ko se topi sneg. Glede na nadmorsko višino obravnavanih postaj je razumljivo, da ima najdlje trajajočo snežno sezono naša najvišja meteorološka opazovalnica Kredarica, kjer se sneg v povprečju obdrži 264 dni, SO pa se razmeroma dolgo obdrži tudi na Voglu in v Ratečah (166 dni). Najkrajšo

snežno sezono ima Kobarid (30 dni), kjer se že pozna vpliv sredozemskega podnebja oziroma prodorov toplega morskega zraka, ki se po dolini Soče dviga proti gorskim območjem vse do Trente in vpliva na višje temperature zimskih mesecev. Med leti so razlike v trajanju SO izrazito velike, v posameznih letih SO praktično ni, v drugih pa traja zelo dolgo; tako je bilo npr. v Kranjski Gori l. 1989 samo 10 dni s SO, l. 1969 pa kar 154. Pozimi je število dni s SO od 25 (Kobarid) do vseh 90 na Kredarici (Slika 4). Na vseh postajah lahko tudi v pomladnih mesecih pričakujemo še nad 10 dni s SO, razen na postajah Žaga, kjer je spomladi SO v povprečju le 6 dni, ter v Kobaridu (3 dni). Na Kredarici se SO obdrži tudi del poletja (30 dni), Vogel pa ima v povprečju poleti le en dan s SO (Slika 4).

**Preglednica 4:** Povprečno (pov), maksimalno (max) in minimalno (min) letno število dni s snežno odejo za obdobje 1961-2009, SD-standardna deviacija, KV-koeficient variabilnosti.

**Table 4:** Average (pov), maximum (max) and minimum (min) numbers of days with snow cover per year for the period 1961-2009, SD-standard deviation, KV-coefficient of variability.

	ZS	JR	PG	ZR	GO	BB	SF	KR	KG
<b>pov</b>	81	110	98	118	123	82	98	264	110
<b>max</b>	137	160	160	169	169	152	153	309	154
<b>min</b>	10	12	8	31	29	9	18	235	10
<b>SD</b>	32,5	32,8	38,8	31,2	30,9	37,9	36,7	16,3	29,5
<b>KV</b>	40,2	29,9	39,7	26,4	25,2	46,4	37,6	6,2	26,7
	RA	LM	TR	SČ	ŽA	LI	KO	KN	VO
<b>pov</b>	166	81	81	67	40	60	30	52	166
<b>max</b>	219	139	142	125	92	115	79	120	219
<b>min</b>	65	5	22	3	2	3	9	3	65
<b>SD</b>	13,8	37,8	33,2	32,9	23,0	29,1	20,3	25,1	31,8
<b>KV</b>	19,2	46,7	41,0	49,1	57,2	49,0	68,4	48,2	19,2



**Slika 4:** Povprečno število dni s snežno odejo po letnih časih za obdobje 1961-2009.

**Figure 4:** The average number of days with snow cover by seasons for the period 1961-2009.

### 3.5 Trendi števila dni s snežno odejo

V preglednici 5 so prikazani trendi števila dni s SO, to so dnevi, ko so ob 7. uri zjutraj tla pokrita s snegom. Na

vseh obravnavanih postajah je za obdobje 1961-2009 trend števila dni s SO za celotno snežno sezono negativen, na večini postaj (13) je trend statistično

značilen. Velikost spremembe je od -4,3 dni/10 let na postaji Žaga do -14,9 dni/10 let na postaji Stara Fužina, kar kaže na to, da so spremembe v trajanju snežne sezone že tako velike, da vplivajo na vodne zaloge, pretoke rek spomladi, zimski turizem in trajanje vegetacijske sezone.

Na sliki 5 smo za Log pod Mangartom prikazali odklone števila dni s SO od dolgoletnega povprečja, ki za to postajo znaša 81 dni na leto. Trend je močno statistično značilen ( $p < 0,01$ ) in znaša -11,9 dni/10 let. V obdobju 1961-1987 prevladujejo leta s številom dni s SO nad dolgoletnim povprečjem, po letu 1987 pa leta, ko je bilo število dni s SO pod dolgoletnim povprečjem. Rezultati naše analize se ujemajo z rezultati raziskave Žagarjeve in sod. (2006), ki so z neparametričnim preizkusom Mann-Whitney-Pettit določili prelomne točke trendov in ugotovili, da se je naraščanje temperatur zraka, krajše trajanje snežne odeje in zgodnejši nastop fenofaz v Sloveniji začelo približno po letu 1987. Skrajšanje snežne sezone so potrdili tudi za

območje avstrijskih (Schöner in sod., 2009), italijanskih (Valt in Cianfarra, 2010) in švicarskih Alp (Latersner in Schneebeli, 2003), povsod pa so spremembe izrazitejše po letu 1980. Glede na izračunane trende ter scenarije podnebnih sprememb lahko sklepamo, da bodo zime v prihodnje toplejše in trajanje snežne sezone krajše (Cegnar, 2003; Kajfež-Bogataj in sod., 2004, 2010). Posledice so že vidne v zimskem turizmu, naraščajo potrebe po umetnem zasneževanju, kjer pa so smučišča v zavarovanem območju, je to možno le brez kemikalij ali mikroorganizmov za utrjevanje snega, ki bi škodovali okolju. Umetno zasneževanje povzroči večje stroške obratovanja smučišč, večjo porabo energije, večje pritiske na vodne vire in vodni krog, kar ogroža gospodarjenje z vodo na teh območjih. Snežna sezona močno vpliva tudi na vegetacijsko dobo, zato so podatki o snežnih razmerah pomembni tudi v kmetijstvu. Krajšanje trajanja SO odeje lahko vpliva na zgodnejše viške pretokov na vodotokih, ki so odvisni od taljenja snega, dolgoročno pa lahko pričakujemo tudi spremembo rečnih režimov.

**Preglednica 5:** Trend spreminjanja števila dni s snežno odejo za obdobje 1961-2009.

**Table 5:** The trend of number of days with snow cover for the period 1961-2009.

Postaja	Zima	Pomlad	Jesen	Snežna sezona	Velikost spremembe za snežno sezono (število dni/10 let)
ZS	-.***	-.**	-	-.***	-11,6
JR	-.**	-.***	-	-.***	-11,8
PG	+	-	-	-	-1,4
ZR	-	-.**	-	-.**	-7,2
GO	-	-	-	-	-4,8
BB	-.**	-	-	-.***	-11,9
SF	-.***	-.**	-	-.***	-14,9
KR	-	0	+	-	-0,6
KG	-.*	-.**	-	-.**	-8,0
RA	-	-.**	-	-.**	-9,7
LM	-.***	-.**	-	-.***	-11,9
TR	-.**	-.**	-	-.**	-8,7
SČ	-.**	-	-	-.**	-8,3
ŽA	-.*	-	+	-.*	-4,3
LI	-.*	-	-	-.*	-5,5
KO	-	-	+	-	-3,1
KN	-.**	-	-	-.**	-6,6
VO	+	-	-	-	-4,6

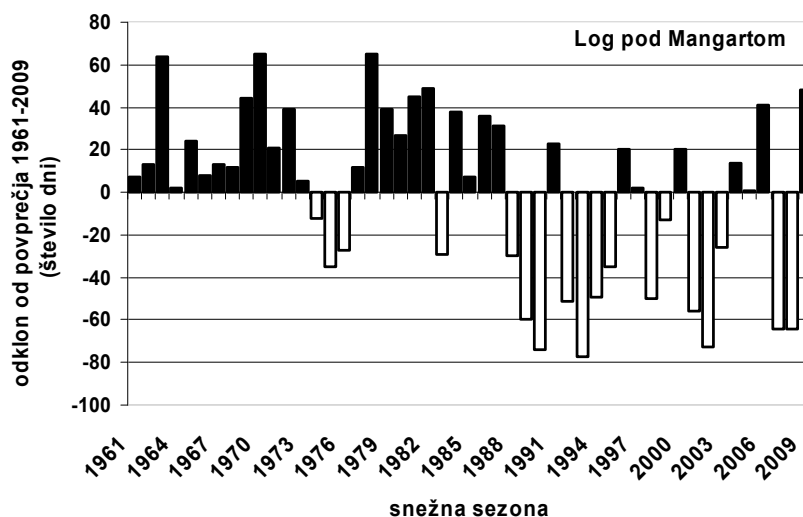
Stopnja tveganja: \* p 0,10 / \*\* p 0,05 / \*\*\* p 0,01 /

Smer trenda : negativen trend (-): manj sneženih dni / pozitiven trend (+): več sneženih dni

Significance: \* p 0.10 / \*\* p 0.05 / \*\*\* p 0.01 /

Trend sign: negative trend (-): less snow days / positive trend (+): more snow days





**Slika 5:** Odkloni števila dni s snežno odejo od dolgoletnega povprečja 1961-2009, ki znaša 81 dni na snežno sezono v Logu pod Mangartom.

**Figure 5:** Deviations (days) from long-term average number of days with snow cover for the period 1961-2009, which is 81 days per snow season in Log pod Mangartom.

#### 4 ZAKLJUČKI

Razgiban teren in nadmorska višina močno vplivata na prostorsko porazdelitev padavin v Sloveniji. Poleg povprečnih vrednosti padavin in njihove spremenljivosti so pomembni tudi ekstremni padavinski dogodki, ki so sestavni del naravnega podnebja. Za 18 meteoroloških postaj na območju TNP smo za obdobje 1961-2009 analizirali letne višine padavin, število nalivov ter trende v številu dni s snežno odejo. Med postajami na širšem območju TNP obstajajo velike razlike v povprečni letni višini padavin. Največ padavin ima v obravnavanem obdobju Žaga pri Bovcu (2972 mm), najmanj pa Rateče (1532 mm). Razponi med maksimalno in minimalno višino padavin so na vseh postajah veliki, v izrazito mokrih letih je letna višina padavin več kot dvakratna višina tiste v najbolj sušnih letih. Povprečne letne višine padavin, izračunane za desetletna obdobja, se statistično značilno razlikujejo. Najbolj mokro desetletje je bilo 1961-1969, najbolj sušni desetletji pa 1980-1989 in 2000-2009.

Na vseh postajah se pojavljajo močni enodnevni in dvodnevni nalivi, število takšnih padavinskih dogodkov se med postajami in leti bistveno razlikuje. Največje število dni z višino padavin >5 mm ima Vogel (90 dni), >10mm in >20mm Kneške Ravne (69 dni oz. 44 dni). Dvodnevni nalivov >50, >100 in >150 mm je največ na Žagi, najmanj pa v Ratečah. Na vseh obravnavanih postajah lahko vsako leto pričakujemo vsaj en dan, ko

višina padavin presega 150 mm. Z večjo intenziteto nalivov se povečuje tudi variabilnost njihovega števila. Variabilnost je največja pri višini padavin >150 mm, najmanjša pa pri višini padavin >5 mm. Ekstremne padavine vplivajo na pojavljanje plazov, povzročajo erozijo tal, uničujoče hudourniške vode, poplave, škodo v turizmu, infrastrukturi, kmetijstvu in drugih dejavnostih. Zaradi vsega naštetega je pomembno poznati verjetnost pojavljanja močnih nalivov, imeti učinkovit sistem za pravočasno opozarjanje pred tovrstnimi nevarnostmi ter pripravljene ukrepe za zaščito ljudi in njihovega premoženja, če pride do ekstremnih padavin.

Trajanje SO se med obravnavanimi postajami in leti bistveno razlikuje. Na Kredarici, ki je najvišje stoječa slovenska meteorološka postaja, je v povprečju 264 dni s SO, najkrajša snežna sezona med obravnavanimi postajami pa je v Kneških Ravnah (52 dni) in Kobaridu (30 dni). Na vseh analiziranih postajah je opazen negativen trend v številu dni s SO tekom snežne sezone, kar vpliva na turizem, vodni režim in kmetijstvo. Redno spremljanje in analiza padavinskih dogodkov sta pomembna za ugotavljanje sprememb podnebja, napovedi v bodoče ter potrebne prilagoditve na spremenjen padavinski režim na različnih področjih človekovega delovanja.

## 5 VIRI

- Arhiv urada za meteorologijo, Agencija republike Slovenije za okolje (ARSO). 2010. Ljubljana, Agencija RS za okolje (izpis iz baze podatkov).
- ARSO. Agencija Republike Slovenije za okolje in prostor. 2010. <http://www.arso.gov.si/> (23. november 2010)
- Ceglar A., Črepinšek Z., Zupanc V., Kajfež-Bogataj L. 2008. A comparative study of rainfall erosivity for eastern and western Slovenia. *Acta agriculturae Slovenica* 91-1: 331-341.
- Cegnar T. 2003. Podnebne spremembe in padavinski režim. V: 14. Mišičev vodarski dan 2003. Ljubljana, 8. nov. 2003. Zbornik referatov. Ljubljana, Agencija Republike Slovenije za okolje: 24-31.
- Damm B., Terhorst B. 2010. A model of slope formation related to landslide activity in the Eastern Prealps, Austria. *Geomorphology* 122-3,4: 338-350.
- Hočevar A., Petkovšek Z. 1995. Meteorologija, osnove in nekatere aplikacije. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, 219 str.
- Kajfež-Bogataj L., Bergant K., Črepinšek Z., Cegnar T., Sušnik A. 2004. Scenariji podnebnih sprememb kot temelj za oceno ogroženosti z vremensko pogojenimi naravnimi nesrečami v prihodnje. Ljubljana, Agencija Republike Slovenije za okolje, 17 str.
- Kajfež-Bogataj L., Pogačar T., Ceglar A., Črepinšek Z. 2010. Spremembe agro-klimatskih spremenljivk v Sloveniji v zadnjih desetletjih. *Acta agriculturae Slovenica* 95-1: 97-109.
- Klimatografija Slovenije. Število dni s snežno odejo 1961-1999. 2000. Ljubljana, Hidrometeorološki zavod Republike Slovenije: 356 str.
- Komac M. 2005. Intenzivne padavine kot sprožilni dejavnik pri pojavljanju plazov v Sloveniji. *Geologija* 48-2: 263-279.
- Komac B., Zorn M. 2009. Statistical landslide susceptibility modeling on a national scale: the example of Slovenia. *Rev. roum. géogr.* 53-2: 179-195.
- Latersner M., Schneebeli M. 2003. Long-term snow climate trends of the Swiss Alps (1931-99). *Int. J. Climatol.* 23: 733-750.
- Medved-Cvikl B. 2010. Meteorološke postaje na območju Triglavskega narodnega parka. *barbara.medved@bf.uni-lj* (osebni vir, 28. nov. 2010).
- Mikoš M., Jošt D., Petkovšek G. 2006. Rainfall and runoff erosivity in the alpine climate of north Slovenia: a comparison of different estimation methods. *Hydrol. Sci. J.* 1: 115-126.
- Polajnar J. 2009. Visoke vode v Sloveniji leta 2009. *Ujma* 24: 25-29.
- Rusjan S., Kobold M., Mikoš M. 2007. Characteristics of the extreme rainfall event and consequent flash floods in W Slovenia in September 2007. *Nat. hazards earth syst. sci.* 9: 947-956.
- Schöner W., Auer I., Böhm R. 2009. Long term trend of snow depth at Sonnblick (Austrian Alps) and its relation to climate change. *Hydrological Processes* 23-7:1052-1063.
- Starec M. 2002. Varstvo pred poplavami. V: Nesreče in varstvo pred njimi. Ušeničnik B. (ur.). Kranj, Gorenjski tisk: 512-522.
- Valt M., Cianfarra P. 2010. Recent snow cover variability in the Italian Alps. *Cold Regions Science and Technology* 64-2: 146-157.
- Zorn M., Komac B. 2005. Erozija prsti na kmetijskih zemljiščih v Sloveniji. *Ujma* 19: 163-174.
- Žagar T., Kajfež-Bogataj L., Črepinšek Z. 2006. Časovna analiza nekaterih klimatskih spremenljivk v Sloveniji. *Acta agriculturae Slovenica* 87-2: 285-298.
- Žiberna I. 1991. Ujma v severozahodni Sloveniji. *Ujma* 5: 98-101.