

# Maksimalne možne kratkotrajne padavine v Ljubljani

*Darko Ogrin*

## Uvod

Urne, nekajurne, dnevne in tudi večdnevne močne padavine (nalivi) so v Sloveniji reden pojav. Največ jih imamo tam, kjer je količina padavin najvišja, to je na alpsko-dinarski pregradi. Ekstremni dogodki so časovno in prostorsko omejeni. Zelo intenzivne kratkotrajne padavine, npr. 5, 10, 15 in 30-minutne, kažejo le majhne razlike med zahodnim in vzhodnim delom Slovenije. Večina kratkotrajnih nalivov je v poletnih mesecih, intenzivnost pa skoraj enaka po vsej državi. Ob močnih nevihtah lahko v eni uri pade celo nad 100 mm padavin. Če pogledamo večurna obdobja, npr. 12 ali 24 ur, so razlike med posameznimi deli Slovenije večje. Pričakovana maksimalna intenziteta nalivov je npr. v Julijskih Alpah za te časovne intervale do trikrat večja kot v Prekmurju. Ekstremne dnevne padavine lahko v Posočju presežejo 400 mm, kar je polovica povprečnih letnih padavin v Prekmurju. V osrednji Sloveniji lahko dosežejo polovico posoških.

Kratkotrajni nalivi (urni, večurni) se pojavljajo ob plohah in nevihtah v topli polovici leta. V poletnih nevihtnih oblakih, ki so deloma termičnega izvora, so velike vzpomske hitrosti (tudi do 40 m/s). Temu sledijo izredno močni nalivi, ki običajno trajajo kratek čas. Zelo redko trajajo take padavine več ur. Bolj trdožive so padavine, ki nastanejo poleti ob prehodih hladnih front. Ob njih nastane cela skupina nevihtnih celic, ki zajamejo tudi večje območje (Pristov, 1991). Pri tem lahko v nekaj urah pade nad razmeroma majhnim geografskim območjem vzdolž poti nevihtnega oblaka nekaj 10 mm padavin. Količina padavin, ki pade v eni uri, lahko preseže tudi 50 mm, zato je odziv v naravi hiter. Tako velika količina padavin v kratkem času ne more pronicati v prst, zato jih večina odteče po površju. S tem povzroča erozijo in hitro večanje pretokov manjših vodotokov in posledično tudi njihove poplave.

Učinki kratkotrajnih močnih nalivov so najizrazitejši v urbaniziranih okoljih. Asfaltirane, tlakovane in utrjene površine ne vpijajo vode, po njih voda hitro odteka, odtoki, prepusti in kanalizacija imajo omejene dimenzije in se mašijo, objekti predstavljajo ovire odtekanju vodi, tako da je ob njih erozija ali akumulacija erodiranega materiala največja. Velikost območja z intenzivnimi padavinami je razmeroma majhna, zato takšni dogodki bistveno ne vplivajo na večje vodotoke, medtem ko so dogajanja na območjih nalivov lahko zelo burna in nevarna. Ob močnih nalivih, posebno, če so bila tla že prej dobro namočena, se lahko razen poplav pojavljajo tudi zemeljski plazovi, usadi, blatni tokovi ipd. Takšne učinke so imeli močni nalivi tudi že na območju mestne občine Ljubljana, vendar so ti dogodki izrazito lokalni, pogosto ne zajamejo niti celotnega mesta in zato nimajo izrazitejše medijske odmevnosti.



(foto: K. Natek)

Slika 6:

*Že ob zmerno močnih padavinah 'urejeni' mali vodotoki ne zmorejo sproti prevajati padavinske vode; neznan potok teče čez Dobrunjsko cesto in poplavlja spodaj ležeče kmetijske površine (30.3.2009).*

Za razliko od urnih in nekajurnih močnih nalivov so dnevna in večdnevna intenzivna deževja pri nas najpogostejša v jeseni. Pojavljajo se ob sredozemskih ciklogenezah s središčem nad severno Italijo (sekundarni genovski ciklon), ko priteka nad naše kraje z južnimi in jugozahodnimi vetrovi tople in zelo vlažen zrak. Sredozemskih ciklogenez je v jesenskem času povprečno vsaj 10 (Steinacker, 1999; cv. Vrhovec, 2002). Ciklonalne padavine so na splošno dolgotrajnejše, vendar niso tako intenzivne. Pri nas so lahko zelo izdatne na alpsko-dinarski pregradi zaradi orografskega dviga in ob kombinacijah z nevihtami. Količina padavin, ki ob tej vremenski situaciji pade, in z njo povezan obseg ter izrazitost morebitne naravne nesreče zaradi intenzivnih padavin, je odvisna od razvoja konkretne vremenske situacije.

## Metodološka izhodišča

Maksimalne možne padavine za območje mestne občine Ljubljana smo ugotavljali s pomočjo podatkov meteorološke postaje Ljubljana-Bežigrad. Analizirali smo maksimalne mesečne urne, 6-urne, 12-urne in 24-urne vrednosti za obdobje 1990–2007. Ugotavljali smo ekstremne vrednosti za posamezne nalive, predstavili vremensko situacijo, ki je pripeljala do njih, frekvenčno razporeditev in letni čas nastopa ekstremov. Čeprav se je v zadnjem obdobju povečalo število ekstremnih padavinskih dogodkov (Buh, 2004), smo upoštevali tudi podatke za prejšnja desetletja, ko so bile dosežene nekatere najvišje ekstremne vrednosti. Podatki za jakost nalivov za različne povratne dobe so povzeti po izračunih in kartah ARSO za obdobje 1971–2000 (Povratne dobe ..., 2009; Podnebne razmere v Sloveniji, 2006, 9; Ekstremni dogodki).

Za izračun povratnih dob je bila uporabljena Gumbelova metoda (Gumbel, 1958). Vhodni podatki so bili dolgoletni nizi petminutnih meritev višine padavin z ombrografi. Metoda daje rezultate v obliki precej grobih ocen, ki so močno odvisne od dolžine niza podatkov. Smiselne rezultate daje takrat, ko so nizi vhodnih podatkov daljši od 10 let. Pri analizi je upoštevana le ena najvišja vrednost v časovno neodvis-

nem vzorcu, to je v enem letu. Frekvenca pojavljanja izrednih dogodkov ni upoštevana. Povratna doba nekega dogodka je povprečni interval časa, znotraj katerega je vrednost nekega dogodka dosežena ali presežena enkrat (za povratno dobo 100 let se ustrezna višina padavin pojavi v povprečju enkrat vsakih 100 let; dogodek se ne pojavi vsakih 100 let v kronološkem smislu, ampak pričakujemo, da se bo pojavil 10-krat v 1000 letih).

## Nalivi v Ljubljani

Nekateri najpomembnejši padavinski ekstremi za 100-letno obdobje 1900–2000 so zbrani v preglednici 4. Izstopa velika variabilnost padavin. V ekstremno namočenih letih lahko v Ljubljani pade toliko padavin, kolikor je dolgoletno povprečje na alpsko-dinarski pregradi, ki je najbolj namočen predel Slovenije in sodi tudi med najbolj namočena območja v Evropi. V sušnih letih pa jih lahko pade toliko, kolikor je običajna vsota v Prekmurju, ki je naša najmanj namočena pokrajina. Še večja je mesečna variabilnost, ko je lahko dolgoletno povprečje preseženo za nekajkrat, ali pa ne pade praktično nič padavin, kakor januarja 1964. V ekstremnih primerih, kakor 27.9.1926, lahko v enem dnevu pade tudi več padavin kot znaša dolgoletno povprečje najbolj namočenega meseca v Ljubljani, v eni uri pa več kot polovica padavin povprečno namočenega meseca.

*Preglednica 4: Padavinski ekstremi v Ljubljani v obdobju 1900–2000.*

	<b>Padavine (mm)</b>	<b>Datum/leto</b>
Največja letna višina padavin	2379	1937
Najmanjša letna višina padavin	872	1946
Največja mesečna višina padavin	505	oktober 1992
Najmanjša mesečna višina padavin	0	januar 1964
Največ padavin v 5 minutah*	15	1951
Največ padavin v 10 minutah*	27	1951
Največ padavin v pol ure*	48	1989
Največ padavin v eni uri*	62	1951
Največ padavin v dveh urah*	90	1971
Največ padavin v šestih urah*	111	1971
Največ padavin v enem dnevu	153	27.9.1926

*Vir: Cegnar, 2003, 15.*

*\*Obdobje 1948–2000.*

Zaradi izjemnosti padavinskih razmer in njihovih posledic velja ekstremom iz 20. stoletja dodati dogodek med 16. in 19. septembrom 2010. Zaradi narivanja vlažne in nestabilne zračne gmote na alpsko-dinarsko pregrado, vetrovnega striženja in

dolgotrajnosti vremenske situacije je v 48 urah na ravni države v povprečju padlo 170 do 180 mm padavin. Zaradi izjemno obilnih padavin so številne merilne postaje dosegle ali presegle 100-letno povratno dobo za dvodnevno vsoto padavin, tudi Ljubljana-Bežigrad, kjer je od 8. ure 16.9. do 8. ure 20.9.2010 padlo kar 227 mm padavin. To je 27 mm več od dotedanjega rekorda iz septembra leta 1926. Omeniti pa velja, da so bili kratkotrajnejši nalivi septembra 2010 v Ljubljani manj izraziti kot ob preteklih ekstremnih padavinskih dogodkih. Polurna vsota je bila 17.9.2010 le okoli 13 mm, dnevna višina 18.9.2010 pa 140 mm. Kot celota pa je bil september 2010 s 425 mm (327 % dolgoletnega povprečja) najbolj namočen september po letu 1951 (Vertačnik in sod., 2010).



(foto: D. Ogrin)

Slika 7:

*Zaradi izjemno obilnih padavin septembra 2010 so južni rob Ljubljane in Ljubljansko barje prizadele katastrofalne poplave. Na sliki so poplave v Črni vasi 19. 9. 2010.*

## Enourni nalivi

V preglednici 5 so zbrani podatki o urnih, 6-urnih, 12-urnih in dnevni nalivih v obdobju 1990–2007. V Ljubljani pade v povprečnem enournem nalivu med 20 in 25 mm padavin. Največji enourni naliv je bil 3.9.2005, ko je padlo 54,2 mm padavin, kar je slabih 8 mm manj kot je zabeležena največja vrednost po drugi svetovni vojni. Nad 50 mm padavin v eni uri je padlo samo še 7.8.2004 in sicer 53,2 mm. Relativno redki so tudi nalivi, ko v eni uri pade več kot 30 mm padavin.

Iz časovne razporeditve maksimalnih enournih nalivov po mesecih je razvidno, da lahko v Ljubljani pričakujemo najhujše tovrstne nalive med junijem in vključno septembrom, z največjo verjetnostjo v mesecu juliju. Razporeditev pritrjuje tezi, da se močni kratkotrajni nalivi pojavljajo predvsem ob plohah in nevihtah v toplem delu leta (Vrhovec, 2002). Tako vreme je bilo tudi ob največjem enournem nalivu v obravnavanem obdobju 3.9.2005 zvečer, ko se je nad Ljubljano zneslo hudo neurje. Še 2.9. je bilo zjutraj in dopoldan pretežno jasno, po nekaterih nižinah je bila megla. Zaradi premikanja slabo izražene višinske doline s hladnim zrakom prek srednje Evrope je čez dan oblačnost naraščala, popoldne in zvečer so bile krajevne plohe in nevihte. 3.9. je bilo spremenljivo do pretežno oblačno z občasnimi padavinami, deloma nevihtami. Lokalno, npr. v Ljubljani in Zagorju ob Savi, so bili tudi močnejši nalivi (Markošek, 2005, 20).

Glede na predstavljene podatke in izračune Agencije Republike Slovenije za okolje (Povratne dobe ..., 2009; Podnebne razmere v Sloveniji, 2006, 9) znaša enourna višina padavin za povratno dobo 100 let v Ljubljani 67 mm, za povratno dobo 50 let 61 mm in za povratno dobo 25 let 54 mm (preglednica 5).

Preglednica 5: Maksimalni nalivi (v mm) v Ljubljani v obdobju 1990–2007.

	Urni		Šesturni		Dvanajsturni		Štiriindvajseturni	
	Višina pad.	Datum	Višina pad.	Datum	Višina pad.	Datum	Višina pad.	Datum
1990	20,1	9.6.	46,5	1.11.	65,7	7.8.	80,0	7.8.
1991	25,8	14.7.	36,8	20.11.	51,4	20.11.	85,1	19.11.
1992	25,6	5.10.	51,8	29.10.	76,3	4.9.	96,9	17.10.
1993	20,2	6.7.	35,8	6.7.	53,7	21.10	87,4	21.10.
1994	25,6	5.7.	60,2	3.10.	<b>88,2</b>	3.10.	91,0	3.10.
1995	21,4	2.8.	46,2	28.8.	66,9	28.8.	72,2	27.8.
1996	23,4	30.6.	33,8	18.11.	48,4	18.11.	63,3	17.11.
1997	31,7	13.9.	<b>71,8</b>	13.9.	86,2	13.9.	96,7	7.11.
1998	25,2	7.7.	51,6	14.7.	77,3	4.11.	<b>106,8</b>	4.11
1999	35,3	22.7.	49,5	22.7.	49,7	22.7.	54,7	22.11.
2000	16,0	15.7.	31,8	29.3.	42,2	29,3	53,0	8.7.
2001	41,8	30.5.	43,7	25.9.	69,7	30.5.	74,4	25.9.
2002	30,3	24.6.	40,4	22.10.	44,7	22.10.	62,9	24.7.
2003	40,4	28.7.	58,2	28.7.	58,4	28.7.	77,9	26.11.
2004	53,2	7.8.	66,3	7.8.	72,4	9.10.	93,4	9.10.
2005	<b>54,2</b>	3.9.	65,9	3.9.	66,9	3.9.	87,4	2.9.
2006	44,4	17.9.	67,8	17.9.	68,3	17.9.	71,7	17.9.
2007	16,9	18.9.	43,5	6.10.	62,7	18.9.	69,0	5.10.
	<b>54,2 mm (3.9.2005)</b>		<b>71,8 mm (13.9.1997)</b>		<b>88,2 mm (3.10.1994)</b>		<b>106,8 mm(4.11.1998)</b>	

Preglednica 6: Frekvenčna porazdelitev maksimalnih mesečnih urnih nalivov v Ljubljani v obdobju 1990–2007.

	Frekvenca	Delež (%)
Pod 20 mm	181	83,8
20–30 mm	27	12,5
30–40 mm	3	1,4
40–50 mm	3	1,4
Nad 50 mm	2	0,9

## Šesturni nalivi

Največjo šesturno višino padavin so v Ljubljani v obdobju 1990–2007 namerili 13.9.1997 (71,8 mm). Vrednost je precej nižja od najvišje zabeležene po drugi svetovni vojni, ko so leta 1971 namerili kar 111 mm. Naliv septembra 1997 je bil posledica prehoda hladne fronte, ki je od zahoda prišla nad naše kraje. Pred njo je k nam z jugozahodnimi vetrovi pritekal topel in precej vlažen zrak. V zahodni Sloveniji so bile najprej občasne padavine, nato tudi nevihte z izdatnimi padavinami (Markošek, 1997, 14). Frekvenčna porazdelitev šesturnih nalivov kaže, da so tovrstni nalivi z več kot 50 mm padavin redki, saj jih je bilo v obravnavanem obdobju le pet. V veliki večini maksimalnih šesturnih nalivov pade manj kot 40 mm padavin (preglednica 7). Maksimumi se enakomerno pojavljajo med julijem in novembrom. To pomeni, da so posledica tako poletnih ploh in neviht kakor tudi jesenskih frontalnih padavin. Šesturna višina padavin za povratno dobo 100 let znaša 100 mm, za povratno dobo 50 let 92 mm in za 25-letno povratno dobo nekaj nad 80 mm (preglednica 10; Povratne dobe ..., 2009; Podnebne razmere v Sloveniji, 2006, 9).

*Preglednica 7: Frekvenčna porazdelitev maksimalnih mesečnih šesturnih nalivov v Ljubljani v obdobju 1990–2007.*

	Frekvenca	Delež (%)
Pod 40 mm	192	88,9
40–50 mm	19	8,8
50–60 mm	4	1,8
60–70 mm	4	1,8
Nad 70 mm	1	0,5

## Dvanajsturni nalivi

Največ padavin v 12 urah je padlo 3.10.1994, in sicer 88,2 mm. Velika količina padavin je bila posledica območja nizkega zračnega tlaka, ki se je poglobilo nad srednjo in severno Evropo. Slovenijo je prešlo več hladnih front, zaradi katerih je pogosto deževalo. Prehode front so spremljale tudi nevihte (Mesečni bilten oktober 1994, 4). Nad 80 mm padavin v pol dneva je v obravnavanem obdobju padlo še dvakrat (13.9.1997: 86,2 mm in 7.11.1997: 81,0 mm), nad 70 mm pa še štirikrat. Najpogosteje pade v Ljubljani ob 12-urnih mesečnih maksimumih pod 50 mm padavin (preglednica 8). Čas nastopa najhujših 12-urnih nalivov se že pomika v jesenske mesece, saj se največ tovrstnih ekstremom pojavlja septembra in oktobra. Dvanajsturna višina padavin za povratno dobo 100 let je v Ljubljani nekaj pod 120 mm, za povratno dobo 50 let 107 mm in za povratno dobo 25 let skoraj 100 mm (preglednica 10; Povratne dobe ..., 2009; Podnebne razmere v Sloveniji, 2006, 9).



Preglednica 8: Frekvenčna porazdelitev maksimalnih mesečnih dvanajsturnih nalivov v Ljubljani v obdobju 1990–2007.

	Frekvenca	Delež (%)
Pod 50 mm	184	85,3
50–60 mm	15	6,9
60–70 mm	10	4,6
70–80 mm	4	1,8
Nad 80 mm	3	1,4

Slika 8:

*Ob močnih nalivih, ki v topli polovici leta spremljajo plohe in nevihte, lahko v eni uri pade tudi več kot 50 mm padavin.*



(foto: D. Ogrin)

## Štiriindvajseturni nalivi

Najmočnejši dnevni naliv v obdobju 1990–2007 je bil 4.11.1998, ko je padlo 106,8 mm padavin. To je skoraj 50 mm manj kot je padlo 27.9.1926 (153 mm). Tedaj je od 14. ure 26. 9. do 18. ure 40 minut 28.9. padlo kar 237 mm. To pomeni, da je deževalo 42 ur in 35 minut, vmes so bili samo trije presledki. Še več padavin kot v Ljubljani, čez 300 mm, je padlo v Polhograjskem hribovju. Obilno deževje je povzročilo v Ljubljani katastrofalne poplave. Gradaščica je zalila velik del južne Ljubljane, na Viču in v Rožni dolini je bila voda ponekod 2 m visoko (Trontelj, 1997).

Obilno deževje 4.11.1998 je bilo posledica vremenske motnje med 3. in 6.11., ki je povzročila po Sloveniji poplave. Ljubljana je bila na robu območij, ki so v teh dneh prejeli tudi več kot 200 mm padavin. Največ padavin je padlo v Julijskih Alpah, zahodnem Predalpskem hribovju, na Trnovskem gozdu in v Kamniško-Savinjskih Alpah. Obilne padavine je povzročilo sekundarno območje nizkega zračnega tlaka (genovski ciklon), ki je nastal nad severno Italijo. Hladna fronta se je le počasi pomikala čez Slovenijo. Deževati je začelo 3.9., ko je začel pihati jugozahodnik. 4.9. je bilo ves dan oblačno s padavinami. Ker je nad naše kraje še pritekal topel zrak, je bila meja

sneženja na okoli 2500 m. Do nižin se je spustila v noči na 5.11., ko je začel v nižjih zračnih plasteh od severovzhoda pritekati hladen zrak (Markošek, 1998, 17; Dolinar, 1999, 155–156).

Dnevni nalivi z več kot 90 mm padavin so bili v obdobju 1990–2007 v Ljubljani še štirikrat: 17.10.1992 (96,9 mm), 3.10.1994 (91,0 mm), 7.11.1997 (96,7 mm) in 9.10.2004 (93,4 mm), z več kot 80 mm pa prav tako še štirikrat (preglednica 9). Najmočnejši 24-urni nalivi se praviloma pojavljajo v jeseni, najpogosteje novembra in oktobra (v obravnavanem obdobju je bil novembra maksimum šestkrat, oktobra pa petkrat) ob izraziti ciklogenezi v severnem Sredozemlju. Poleti so močni dnevni nalivi redki.

Izhajajoč iz podatkov za dnevne nalive, ki so na razpolago za Ljubljano, lahko ugotovimo, da znaša 24-urna višina padavin za 100-letno povratno dobo 145 mm, za 50-letno 134 mm in za 25-letno povratno dobo 122 mm (preglednica 10; Povratne dobe ..., 2009; Podnebne razmere v Sloveniji, 2006, 9). Na poplavno ogroženost mestne občine Ljubljana vplivajo tudi vodotoki, ki pritečejo iz bližnjega hribovja, ki je v povprečju bolj namočeno in kjer so lahko padavine še intenzivnejše kot v Ljubljani. Pri tem je večjega pomena hribovje zahodno od Ljubljane, kjer pade več padavin, zato je smiselno za ta del upoštevati maksimalne dnevne nalive za 100-letno povratno dobo od 150 do 200 mm. Po podatkih za Črni Vrh nad Polhovim Gradcem znaša dnevna višina padavin za 100-letno povratno dobo 169 mm, za 50-letno pa 155 mm (Povratne dobe ..., 2009).

*Preglednica 9: Frekvenčna porazdelitev maksimalnih mesečnih 24-urnih nalivov v Ljubljani v obdobju 1990–2007.*

	<b>Frekvenca</b>	<b>Delež (%)</b>
Pod 70 mm	197	91,3
70–80 mm	10	4,6
80–90 mm	4	1,8
90–100 mm	4	1,8
Nad 100 mm	1	0,5

*Preglednica 10: Povratne dobe za ekstremne padavine za meteorološko postajo Ljubljana-Bežigrad (1948–2007).*

<b>Trajanje padavin</b>	<b>Povratna doba</b>		
	<b>25 let</b>	<b>50 let</b>	<b>100 let</b>
<b>1 ura</b>	54 mm	61 mm	67 mm
<b>6 ur</b>	83 mm	92 mm	100 mm
<b>12 ur</b>	98 mm	107 mm	117 mm
<b>24 ur</b>	122 mm	134 mm	145 mm

Vir: Povratne dobe ..., 2009.