



TRENDI INTENZIVNIH PADAVIN V SLOVENIJI V OBDOBJU 1961–2020

COBISS 1.01

DOI: 10.4312/dela.62.107-133

Izvleček

Prostorska razporeditev intenzivnih padavin v Sloveniji za obdobje 1961–2020 je skladna z razporeditvijo povprečne letne višine padavin. Intenzivne padavine so najpogostejše na območju alpsko-dinarske pregrade, ki je najbolj namočen del Slovenije. Število dni z intenzivnimi padavinami nad 30 in 50 mm je v omenjenem obdobju na splošno naraščalo, nad 70 mm pa upadalo. Analiza po posameznih postajah, ki predstavljajo podnebne in padavinske razmere na posameznih območjih, je pokazala, da so v krajih z zmerno sredozemskim padavinskim režimom maksimumi intenzivnih padavin pogostejši jeseni, na območjih z zmerno celinskim padavinskim režimom pa poleti.

Ključne besede: klimatogeografija, intenzivne padavine, podnebne spremembe, variabilnost padavin, Slovenija

TRENDS OF INTENSE PRECIPITATION IN SLOVENIA IN THE PERIOD 1961–2020

Abstract

The spatial distribution of intense precipitation in Slovenia for the period 1961–2020 is consistent with the distribution of mean annual precipitation. Intense precipitation occurs most frequently in the area of the Alpine-Dinaric barrier, which is the wettest part of Slovenia. The number of days with intense precipitation above 30 and 50 mm has generally increased during this period, while it has decreased above 70 mm. An analysis of the trends at the individual stations representing the climate and

⋮ *Šantoma 5, SI-6000 Koper, Slovenija
⋮ e-pošta: muzinagasper@gmail.com

precipitation conditions in the individual areas showed that in places with a moderate Mediterranean precipitation regime, the peaks of intense precipitation occur more frequently in the autumn, while in areas with a moderate continental precipitation regime they occur more frequently in the summer.

Keywords: climatogeography, intense precipitation, climate change, precipitation variability, Slovenia

1 UVOD

Podnebje je osnovna naravna danost, na katero smo razmeroma dobro prilagojeni. Ekstremni dogodki, ki so sestavni del naravne variabilnosti podnebja in vremena, pa praviloma prinašajo težave, včasih nas celo ogrožajo (Cegnar, 2003). Eden izmed najizrazitejših in hkrati nevarnih pojavov, povezanih s podnebnimi spremembami, so intenzivne padavine. V zadnjih desetletjih so številne regije po svetu zaznale povečanje pogostosti in intenzivnosti ekstremnih vremenskih dogodkov, vključno z intenzivnimi padavinami. Tudi Slovenija zaradi razgibanega reliefa in specifičnih podnebnih razmer ni izjema pri zaznavanju teh sprememb. Z ekstremnimi podnebnimi in vremenskimi razmerami smo se v preteklosti že srečevali, saj imata podnebje in vreme naravno variabilnost, katere sestavni del so tudi ekstremni dogodki. Svetovna meteorološka organizacija opozarja, da v povezavi s podnebnimi spremembami lahko pričakujemo pogostejše in intenzivnejše ekstremne dogodke.

O intenzivnih padavinah so pisali številni avtorji. Aloysius in sod. (2024) so v prostorski in časovni analizi trendov intenzivnih padavin v porečju Mississipija prišli do spoznanja o njihovem naraščanju. Podobno je bilo ugotovljeno tudi za področje Jamajke (Burgess in sod., 2015). An in sod. (2023) so na primeru reke Jialing na Kitajskem ugotovili, da se bo pogostost ekstremnih padavin zmanjšala, njihova intenzivnost pa povečala. Kratkotrajni in dolgotrajni ekstremni padavinski dogodki so se intenzivirali tudi v srednji Evropi (Fischer, Zeder, 2020).

Padavinam v Sloveniji je bilo v preteklosti posvečenega veliko raziskovalnega truda. Cegnarjeva (2003) je v svojem prispevku obravnavala vpliv podnebnih sprememb na padavinski režim, ki se kaže v bolj ekstremnih vremenskih pojavih, med katerimi so tudi intenzivnejše padavine. V povzetku podnebne spremenljivosti v Sloveniji med leti 1961 in 2011 Vertačnika in sod. (2018) je bila analizirana variabilnost padavin. Komac in sod. (2020) so zapisali, da se količina padavin v Sloveniji med različnimi podnebnimi območji v posameznih letih močno razlikuje. Ogrin (2023) je analiziral padavinske vzorce v zadnjem standardnem klimatološkem obdobju in jih primerjal s povprečjem 1961–1990.

Intenzivne padavine sodijo med ekstremne vremenske dogodke in se nanašajo na primere, ko količina padavin na nekem območju znatno presega običajno. Intenzivne padavine se po Cegnarjevi (2003, str. 65) delijo na nalive, ki trajajo od nekaj minut do

nekaj ur, obilne padavine ter večdnevne padavine. Delitev temelji tudi na napovedi verjetnosti za njihovo pojavljanje. Še posebej pri nalivih in poletnih nevihtah je težko napovedati točen čas in lokacijo in lahko že na majhnih razdaljah prihaja do velikih razlik v količini padavin. Pri dolgotrajnejših padavinah so čas, območje in sama ocenjena količina padavin lažje napovedljivi. Razlike med posameznimi leti v intenzivnih padavinskih dogodkih so velike.

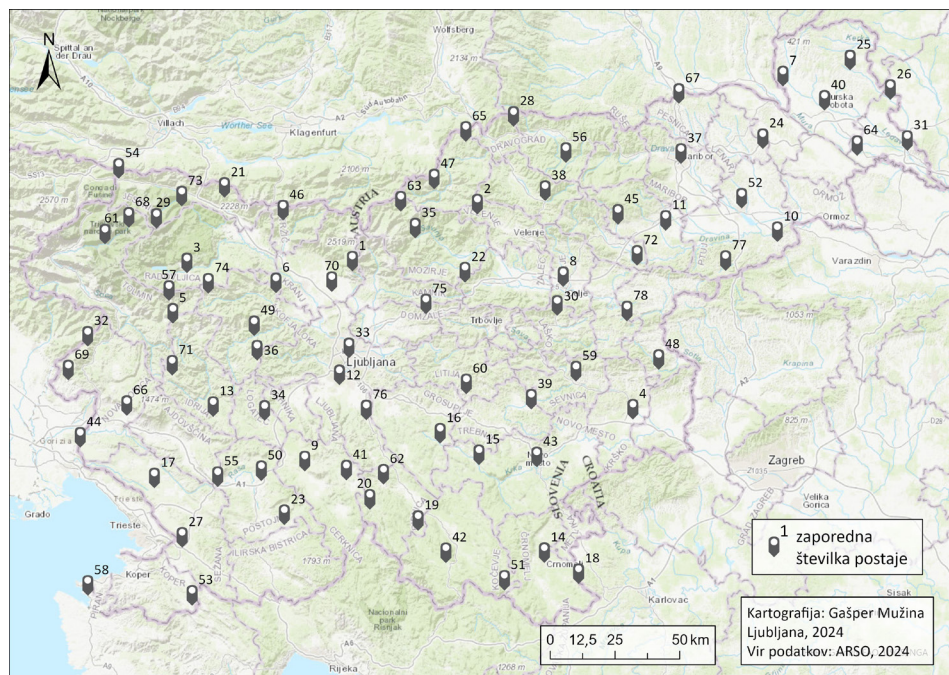
Kljub dokaj enakomerno razporejenim količinam padavin po mesecih se v Sloveniji znotraj posameznih mesecev lahko pojavijo obdobja obilnih padavin in daljša suha obdobja. Tako lahko npr. tudi v enem samem dnevu pade (ali pa je tudi presežena) celotna povprečna mesečna količina padavin, preostali del meseca pa je po drugi strani lahko večinoma suh in brez padavin. Za zelo intenzivne kratkotrajne padavine, ki padejo v 5, 10, 15 in 30 minutah, so razlike med zahodnim in vzhodnim delom države precej majhne, povsem drugače pa je pri ekstremnih dnevnih padavinah, ko lahko v Posočju pade celo 400 mm, kar ponekod v Prekmurju predstavlja že polovico povprečne letne količine padavin (Cegnar, 2003).

Intenzivne padavine so prostorsko in časovno omejene in med posameznimi leti prihaja do velikih nihanj v njihovi pojavnosti, zato jih je smiselno proučevati v daljših časovnih obdobjih, tudi takih, ki presegajo standardna 30-letna klimatološka obdobja. Po Cegnarjevi (2003) velja, da se njihova pogostost in intenziteta zaradi aktualnih podnebnih sprememb povečujeta, kar naj bi se nadaljevalo tudi v prihodnje. Glavna namena prispevka sta dva, in sicer 1) izdelati prostorsko sliko intenzivnih padavin v Sloveniji ter 2) preveriti, ali teza glede povečevanja pogostosti in stopnjevanja intenzitete padavin velja tudi za Slovenijo in ugotoviti morebitne regionalne razlike. Kot kazalce intenzivnih padavin smo upoštevali število dni z višino padavin nad 30, nad 50 in nad 70 mm, kot obdobje proučevanja pa čas med leti 1961 in 2020, ki zajema zadnji dve standardni klimatološki obdobji 1961–1990 in 1991–2020.

2 METODE IN TEHNIKE DELA

Prvi korak pri analizi intenzivnih padavin v obdobju 1961–2020 je bil izbor reprezentativnih meteoroloških postaj in zbiranje padavinskih podatkov zanje. Sledile so statistične analize in priprava rezultatov za končno analizo. Pri izboru meteoroloških postaj mi je bilo v pomoč magistrsko delo Blatnika (2018), ki je bilo tudi vir podatkov za približno polovico postaj, ki sem jih vključil v analizo. Drugo polovico meteoroloških postaj sem dopolnil glede na čim enakomernejšo razporeditev po Sloveniji z upoštevanjem njenih reliefnih in podnebnih značilnosti oziroma z iskanjem postaj za zapolnitev območij, kjer so bile zračne razdalje med posameznimi postajami večje ter glede na razpoložljivost nizov podatkov za celotno obdobje. V končni fazi je bilo v analizo vključenih 78 meteoroloških postaj s padavinskimi podatki (slika 1, preglednica 1).

Slika 1: Prostorska razporeditev meteoroloških, klimatoloških in padavinskih postaj, ki so bile vključene v analizo.



Podatke o višini padavin sem v celoti pridobil iz spletnega arhiva meritev Agencije Republike Slovenije za okolje. Vhodni podatki so bili: število dni z višino padavin nad 30, nad 50 oziroma nad 70 mm za obdobje 1961–2020. V spletnem arhivu meritev Agencije Republike Slovenije za okolje se lahko dnevne podatke za posamezno postajo pridobi za največ desetletno dobo. Tako je bilo treba za vsako od 78 postaj po šestkrat ročno prekopirati podatke. Z naslednjim korakom sem za vsako postajo s podatki o dnevni višini padavin shranil tiste, ko je padlo več kot 30 mm padavin, in izračunal letno število dni s to višino padavin. Po istem postopku sem izračunal tudi število dni z višino padavin nad 50 oziroma 70 mm. Težavo so pri nekaterih postajah predstavljala krajša obdobja (v povprečju kakšen mesec ali dva) z izpadom podatkov. V takih primerih smo podatke interpolirali s pomočjo podatkov najbližje sosednje postaje. Kljub temu in dejstvu, da lahko že na majhnih razdaljah prihaja do velikih razlik v višini padavin, menim, da so podatki dovolj zanesljivi.

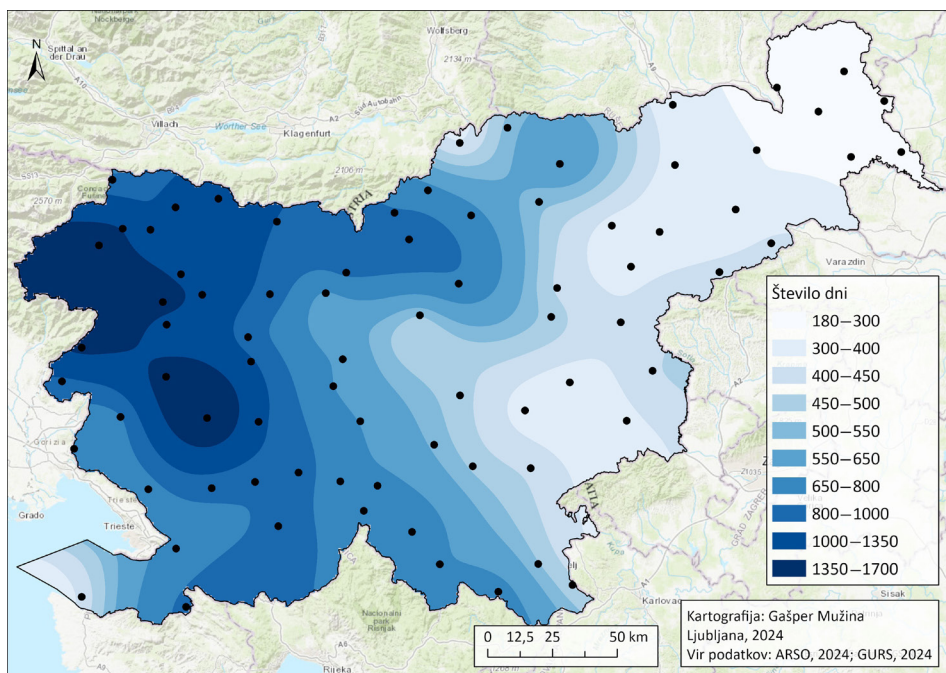
Po urejanju podatkov sem se lotil statističnih analiz v treh programskih orodjih, in sicer Excelu, SPSS-u ter ArcGIS Proju. V slednjem sem izdelal kartografsko gradivo. Za prostorsko interpolacijo točkovnih podatkov sem uporabil metodo Spline,

za katero ocenjujem, da je nekoliko boljša od metode *Kriging* oziroma *Inverse Distance Weighting*, ki sta prikazali nekoliko slabše rezultate. Excel sem uporabil za prikaz trendov in 5-letnih drsečih povprečij. SPSS mi je služil za analizo linearnih trendov in statistične značilnosti le-teh. Za izračun linearnih trendov sem uporabil linearno regresijsko analizo, za ugotavljanje statistične značilnosti trendov pa t-test.

3 REZULTATI

V prvem delu je prikazana prostorska razporeditev števila dni z intenzivnimi padavinami v Sloveniji, v nadaljevanju pa rezultati analize trendov intenzivnih padavin za števila dni z višino padavin nad 30, nad 50 oziroma nad 70 mm. Trende sem za vse tri pragove analiziral v treh korakih, in sicer najprej za celotno obdobje 1961–2020, nato pa še za obe standardni klimatološki obdobji (1961–1990 in 1991–2020). V prispevku so objavljeni rezultati za celotno obdobje proučevanja, za klimatološki obdobji pa le primerjalno, če je bil znotraj njiju večji razkorak v trendih glede na celotno obdobje 1961–2020.

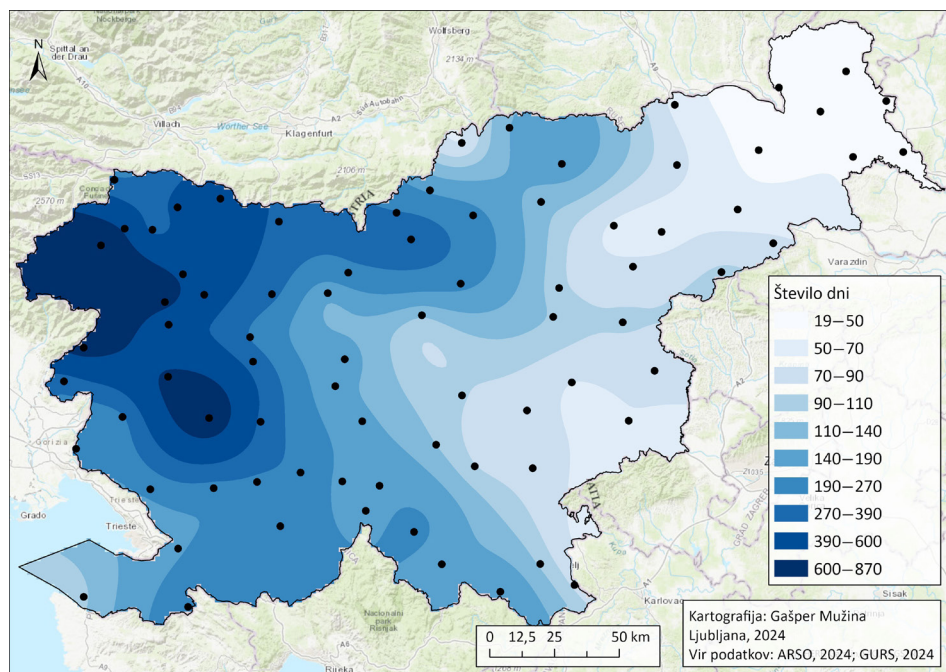
Slika 2: Skupno število dni z višino padavin nad 30 mm v obdobju 1961–2020.



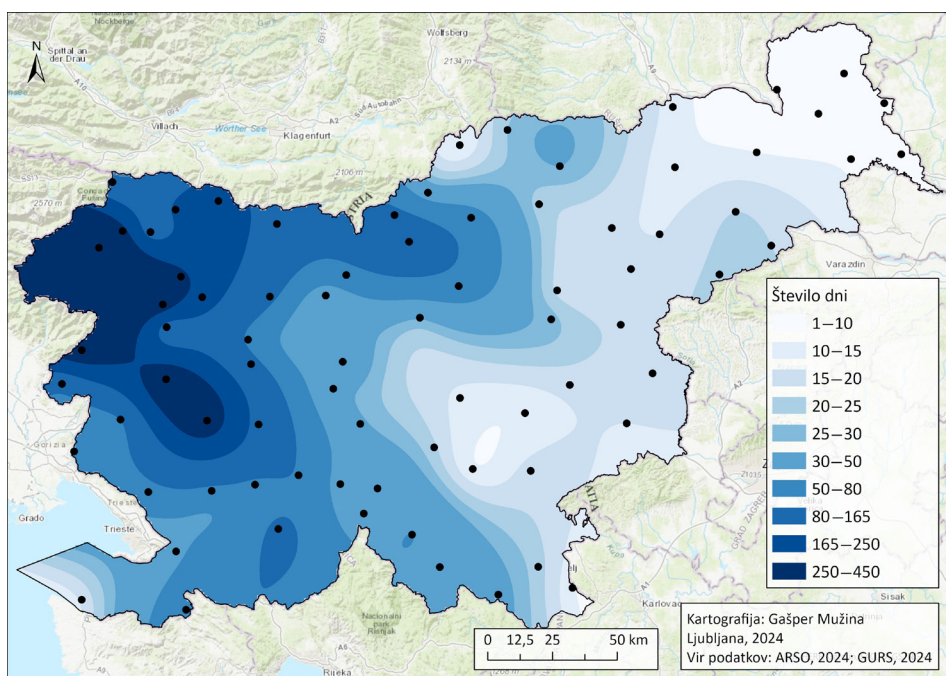
3.1 Prostorska razporeditev števila dni z višino padavin nad 30, nad 50 in nad 70 mm v obdobju 1961–2020

Slike 2, 3 in 4 prikazujejo razporeditev skupnega števila dni z višino padavin nad izbranimi padavinskimi pragovi na območju Slovenije za obdobje 1961–2020. Pri izdelavi kart sem si pomagal s prostorsko interpolacijo. Prikaz ni popolnoma natančen, saj je informativnost prikaza odvisna od števila meteoroloških postaj oziroma uporabljenih podatkov. Potemtakem je zanesljivost večja na območjih, kjer je mreža meteoroloških postaj bolj zgoščena, po drugi strani pa so rezultati na območjih z redko mrežo meteoroloških postaj precej manj zanesljivi. Slednje se na vseh kartah najbolj opazi na območjih Snežnika, Pohorja in Gorjancev, kjer bi pričakovali bolj poudarjen maksimum. Sicer je za vse padavinske pragove opaziti precej podobnosti v primerjavi s splošno razporeditvijo padavin v Sloveniji. Tako tudi za intenzivne padavine v grobem velja, da se najpogosteje pojavljajo v alpskem svetu in krajih ob alpsko-dinarski pregradi, nakar se število dni z intenzivnimi padavinami zmanjšuje tako v smeri jugozahoda kot tudi severovzhoda proti Prekmurju, kjer je število dni nad izbranimi padavinskimi pragovi najmanjše.

Slika 3: Skupno število dni z višino padavin nad 50 mm v obdobju 1961–2020.



Slika 4: Skupno število dni z višino padavin nad 70 mm v obdobju 1961–2020.



3.2 Trendi za število dni z višino padavin nad 30 mm v obdobju 1961–2020

Preglednica 1 prikazuje trende intenzivnih padavin za števila dni z višino padavin nad 30, nad 50 oziroma nad 70 mm ter njihovo statistično značilnost. Trendi s stopnjo značilnosti na ravni $p \leq 0,05$ so označeni z dvema zvezdicama, trendi s stopnjo značilnosti $p \leq 0,1$ pa z eno zvezdico.

Preglednica 1: Trendi intenzivnih padavin za števila dni z višino padavin nad 30, nad 50 oziroma nad 70 mm v obdobju 1961–2020.

Ime postaje	Številka postaje	Trend števila dni z višino padavin nad 30 mm	Trend števila dni z višino padavin nad 50 mm	Trend števila dni z višino padavin nad 70 mm
Ambrož pod Krvavcem	1	+ **	+ **	+
Bele Vode	2	–	–	+

Ime postaje	Številka postaje	Trend števila dni z višino padavin nad 30 mm	Trend števila dni z višino padavin nad 50 mm	Trend števila dni z višino padavin nad 70 mm
Bohinjska Bistrica	3	–	–	– **
Brege	4	+	–	+ **
Bukovo	5	– **	– **	– *
Bukovščica	6	–	+ / –	+
Cankova	7	+	–	+ / –
Celje	8	+	–	–
Cerknica	9	–	–	–
Cirkulane	10	+	–	–
Črešnjevec	11	+	–	+
Črna vas	12	+ **	+	+
Črni Vrh nad Idrijo	13	–	+	–
Črnomelj	14	+ *	+	–
Dvor	15	–	–	–
Fužina	16	+	+	–
Godnje	17	+	–	–
Gorenjci pri Adlešičih	18	+	–	+
Grčarice	19	+	+ **	–
Hrib	20	+	–	+ / –
Javorniški Rovt	21	+	+	+
Jeronim	22	–	+ / –	+
Juršče	23	– *	–	–
Kadrenci	24	+	–	–
Kančevci	25	+	+ / –	–
Kobilje	26	+	+	+ *
Kozina	27	– **	– **	–
Kozji Vrh	28	+	+	+
Kredarica	29	+ **	+	+
Laško	30	+	+	–
Lendava	31	+	–	– **
Lig	32	–	+	–

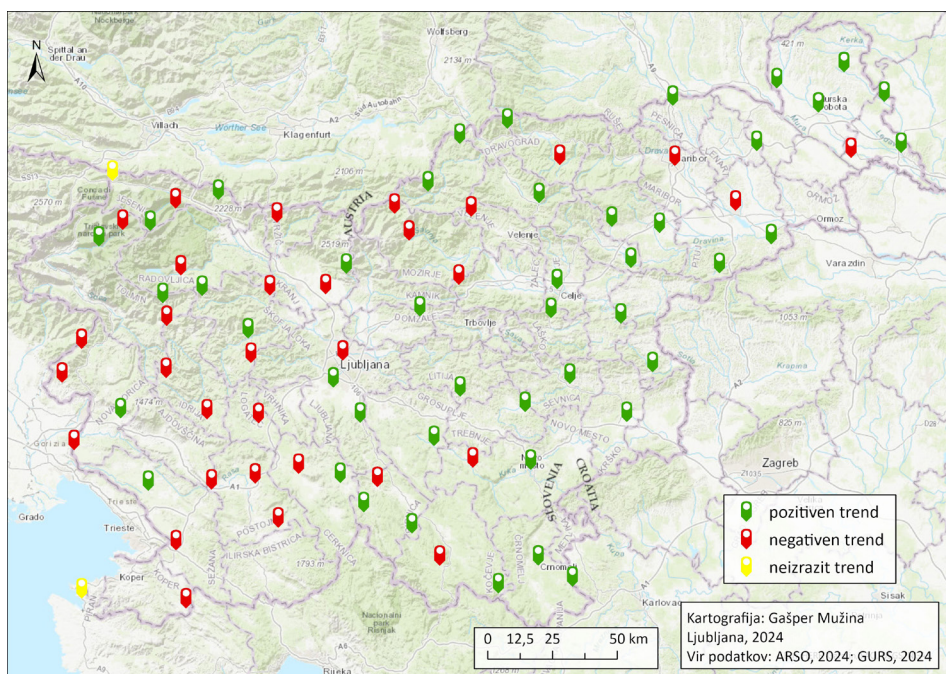
Ime postaje	Številka postaje	Trend števila dni z višino padavin nad 30 mm	Trend števila dni z višino padavin nad 50 mm	Trend števila dni z višino padavin nad 70 mm
Ljubljana	33	–	+	+
Logatec	34	–	–	–
Luče	35	– **	– **	–
Lučine	36	– **	–	– *
Maribor	37	–	–	+
Mislinja	38	+	–	–
Mokronog	39	+	+	–
Murska Sobota	40	+	+	+/-
Nova vas na Blokah	41	+ **	+	+
Novi Lazi	42	–	–	+/-
Novo mesto	43	+ *	+	–
Opatje selo	44	–	+	+ *
Oplotnica	45	+	–	–
Podljubelj	46	–	–	– *
Podpeca	47	+ **	+	–
Podsreda	48	+	+	+
Poljane nad Škofjo Loko	49	+	+	+/-
Postojna	50	–	–	– *
Predgrad	51	+ **	+ *	+/-
Ptuj	52	–	+	–
Rakitovec	53	–	–	+/-
Rateče	54	+/-	+	–
Razdrto	55	–	– **	– **
Ribnica na Pohorju	56	–	+	+
Rut	57	+	+	+
Seča	58	+/-	+ **	+ **
Sevnica	59	+	–	–
Sevno	60	+ *	+	–
Soča	61	+	+ **	+ *
Sodražica	62	–	–	–

Ime postaje	Številka postaje	Trend števila dni z višino padavin nad 30 mm	Trend števila dni z višino padavin nad 50 mm	Trend števila dni z višino padavin nad 70 mm
Solčava	63	–	+	–
Srednja Bistrica	64	–	–	+/-
Strojna	65	+	+	+/-
Šempas	66	+	+ *	+ **
Šentilj	67	+	+	–
Trenta	68	–	–	– *
Vedrijan	69	– *	+	+
Voglje	70	–	+	+
Vojsko	71	–	–	–
Zbelovska Gora	72	+	+	–
Zgornja Radovna	73	–	+	–
Zgornja Sorica	74	+	+	+
Zgornje Loke pri Blagovici	75	+ *	+	+
Želimlje	76	+	–	–
Žetale	77	+	+	+
Žusem	78	+	+	+

Opomba: * statistično značilen trend (pozitiven/negativen) na ravni $p \leq 0,1$; ** statistično značilen trend (pozitiven/negativen) na ravni $p \leq 0,5$.

Iz slike 5 je razvidno, da se je v obdobju 1961–2020 pozitiven trend intenzivnih padavin za število dni nad 30 mm pretežno pojavljal v vzhodni polovici Slovenije, negativen pa je prevladoval na zahodu. V Sloveniji je imelo pozitiven trend dobrih 56 % postaj, 41 % negativnega, postaji Seča in Rateče pa sta imeli neizrazit trend. Deset postaj je imelo statistično značilen trend s stopnjo značilnosti 0,05 (Ambrož pod Krvavcem, Črna vas, Kredarica, Nova vas na Blokah, Podpeca in Predgrad s pozitivnimi trendi, z negativnimi pa Bukovo, Kozina, Luče in Lučine), šest pa jih je imelo statistično značilen trend s stopnjo značilnosti 0,1 (Črnomelj, Novo mesto, Sevno in Zgornje Loke pri Blagovici s pozitivnimi trendi, Juršče in Vedrijan pa z negativnimi trendi).

Slika 5: Trendi za število dni z višino padavin nad 30 mm v obdobju 1961–2020.



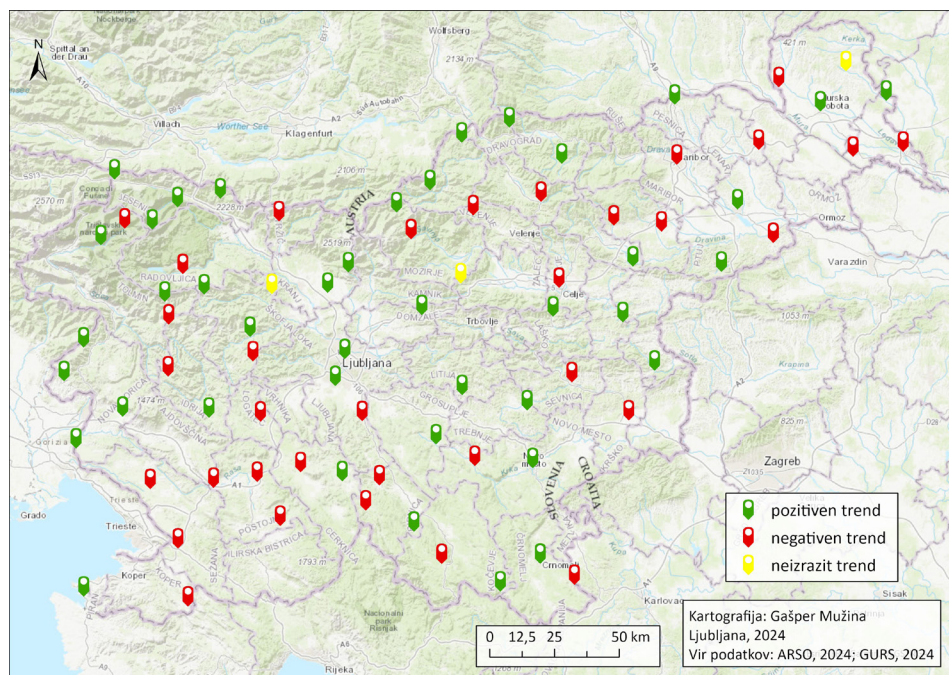
Če celotno obdobje primerjamo z obema standardnima klimatološkima obdobjema (1961–1990 in 1991–2020), lahko ugotovimo, da je bila v prvem tridesetletnem obdobju razporeditev trendov po državi precej bolj neenakomerna. Nekaj več postaj s pozitivnim trendom je bilo razpršenih po severni polovici države, sicer pa je na državni ravni prevladoval negativen trend, ki se je pojavljal na 63 % vseh postaj. Na drugi strani je klimatološko obdobje 1991–2020 pokazalo drugačno sliko, saj je prevladoval pozitiven trend, ki se je pojavljal na 62 % vseh postaj. Najizrazitejša in večja sklenjena območja s pozitivnim trendom so bila na območju Julijskih Alp, Karavank in v Prekmurju, v jugozahodnem delu Slovenije, na Kočevskem in v Beli krajini.

3.3 Trendi za število dni z višino padavin nad 50 mm v obdobju 1961–2020

Trendi števila dni z višino padavin nad 50 mm so neenakomerno razpršeni po državi, zato o kakšnem prostorskem vzorcu ne moremo govoriti (slika 6). Tri postaje so imele neizrazit trend, dobrih 52 % pozitiven in dobrih 43 % negativen trend. Osem postaj je imelo statistično značilen trend s stopnjo značilnosti 0,05 (Ambrož pod Krvavcem,

Grčarice, Seča in Soča s pozitivnimi trendi, z negativnimi pa Bukovo, Kozina, Luče in Razdrto), dve pa sta imeli statistično značilen trend s stopnjo značilnosti 0,1 (Predgrad in Šempas s pozitivnim trendom).

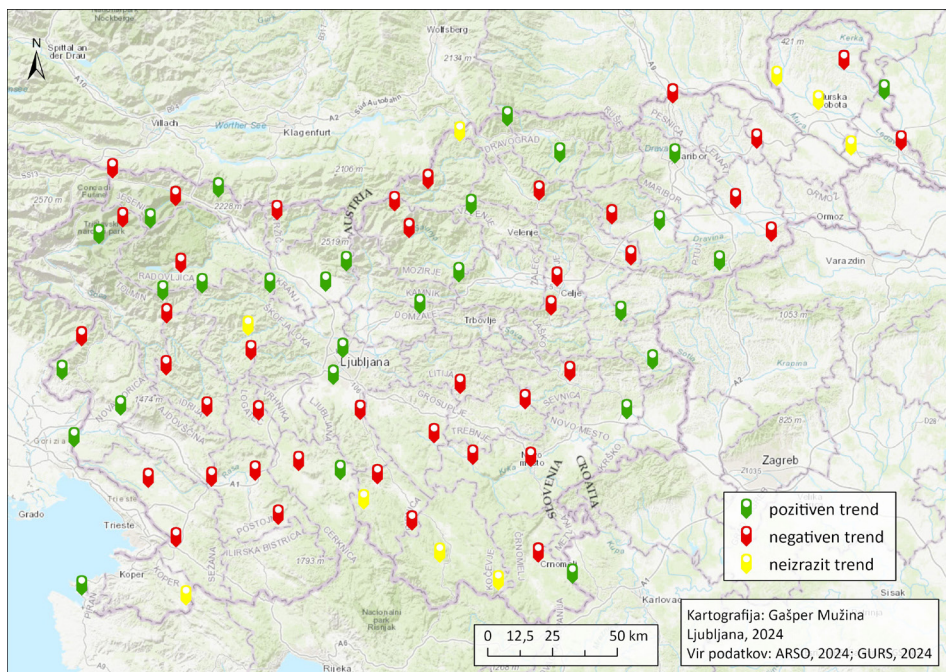
Slika 6: Trendi za število dni z višino padavin nad 50 mm v obdobju 1961–2020.



V klimatološkem obdobju 1961–1990 je enako število postaj beležilo pozitiven in negativen trend. Večje sklenjeno območje s pozitivnim trendom je bilo v pasu od Šenčurja, Maribora in Dravske doline proti jugu vse do Novega mesta, po drugi strani pa je vzdolž alpsko-dinarske pregrade prevladoval negativen trend. V klimatološkem obdobju 1991–2020 se je slika precej spremenila. Večja območja s pozitivnim trendom so bila v Prekmurju, v Julijskih Alpah in Karavankah ter v pasu od Kozjanskega preko Sevnice in Novega mesta do Bele krajine, drugod je prevladoval negativen trend. Rezultati za to obdobje so pokazali, da je imelo slabih 58 % postaj pozitiven trend in 41 % postaj negativen trend.

3.4 Trendi za število dni z višino padavin nad 70 mm v obdobju 1961–2020

Slika 7: Trendi za število dni z višino padavin nad 70 mm v obdobju 1961–2020.



Iz slike 7 razberemo, da so z izjemo dinarske Slovenije, kjer prevladujejo negativni trendi, druge ti precej razpršeni. V obdobju 1961–2020 je na 36 % postaj prevladoval pozitiven trend, 52 % postaj je zabeležilo negativen trend, 12 % postaj pa je imelo neizrazit trend, kar gre pripisati majhnemu deležu ter redkosti pojavljanja dni, ki presegajo ta padavinski prag. Dnevna višina padavin nad 70 mm se pogosteje pojavlja ob alpsko-dinarski pregradi, proti vzhodu pa vse redkeje. Murska Sobota je tako v celotnem 60-letnem obdobju zabeležila le šest takšnih dni, zato rezultati za ta del države niso najbolj smiselni. Na območju alpsko-dinarske pregrade lahko razberemo menjavanje obeh vrst trendov, kar kaže na neenakomerno prostorsko razporeditev padavin z dnevno višino nad 70 mm. Nekaj postaj na tem območju in ob njem je imelo statistično značilne trende. Obe vmesni standardni klimatološki obdobji kažeta podobno sliko kot celotno obdobje 1961–2020.

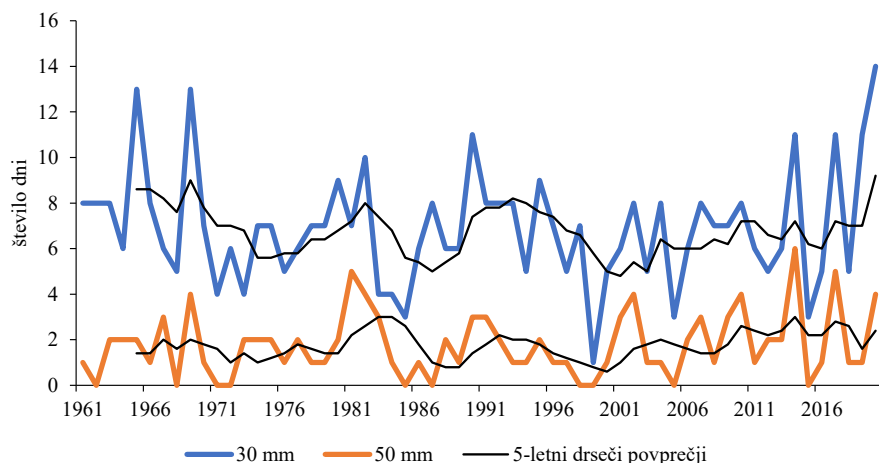
3.5 Trendi intenzivnih padavin na reprezentativnih postajah v obdobju 1961–2020

Za podrobnejšo analizo trendov intenzivnih padavin sem analiziral podatke za 6 reprezentativnih postaj, ki predstavljajo podnebne in padavinske razmere na svojih območjih: Seča (zmerno sredozemsko podnebje), Kredarica (gorsko podnebje), Ljubljana (zmerno celinsko podnebje osrednje Slovenije), Črnomelj (zmerno celinsko podnebje jugovzhodne Slovenije), Celje (zmerno celinsko podnebje vzhodne Slovenije) in Murska Sobota (zmerno celinsko podnebje severovzhodne Slovenije). Za vsako od postaj sem prikazal število dni z višino padavin nad 30 in 50 mm ter pripadajoča petletna drseča povprečja. Za prikaz števila dni z višino padavin nad 70 mm se, z izjemo Kredarice, nisem odločil, in sicer zaradi že omenjene redkosti pojavljanja tako obilnih dnevnih padavin. Za vsako postajo so prikazani tudi absolutni letni padavinski maksimumi (dan z največjo višino padavin v posameznem letu) ter prikaz po sezoni oziroma trimesečju, v katerem je prišlo do absolutnega letnega padavinskega maksimuma.

Seča

Pri Seči (slika 8) so opazne precejšnje razlike v pojavljanju intenzivnih padavin med leti. S pomočjo drsečih povprečij lahko izluščimo obdobja, ko so bile intenzivne padavine pogostejše oziroma manj pogoste. Razvidno je, da se je število dni z intenzivnimi padavinami do preloma tisočletja pri obeh pragovih zmanjševalo, po letu 2000 pa sta obe krivulji usmerjeni večinoma navzgor. Kljub temu je od leta 2010 naprej moč zaznati velika nihanja med posameznimi leti, kar potrjuje predvidevanja o vse pogostejših padavinskih ekstremih. Linearni trend za število dni z višino padavin nad 30

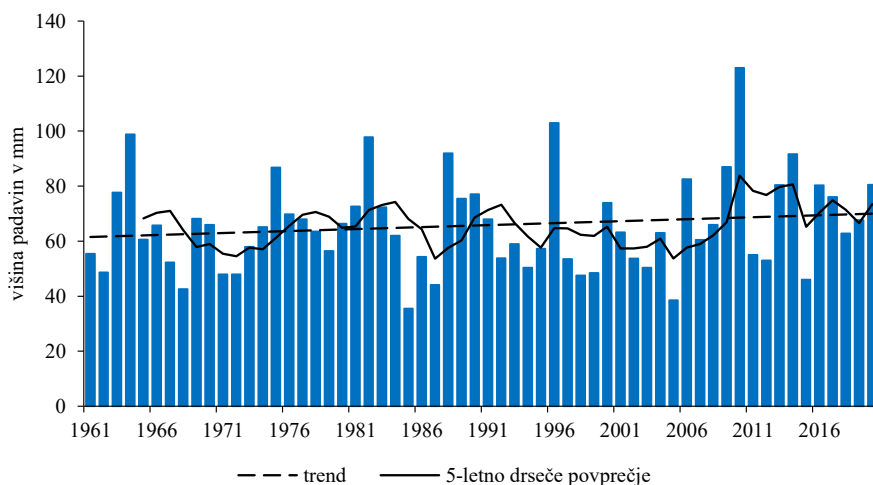
Slika 8: Potek števila dni z višino padavin nad 30 in 50 mm v Seči v obdobju 1961–2020.



mm je neizrazit, pri številu dni nad 50 mm pa pozitiven (+0,1 dni/10 let) in statistično značilen s stopnjo značilnosti 0,05.

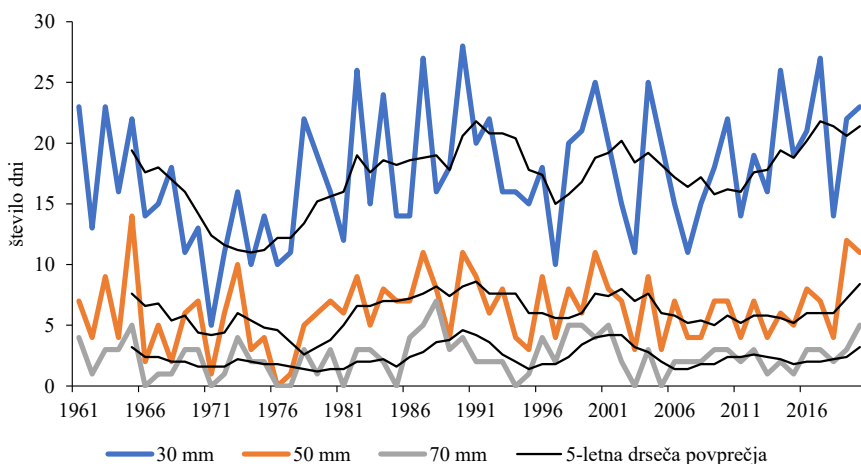
Absolutni letni padavinski maksimumi so v Seči v obravnavanem obdobju kazali trend rasti, ki je znašal +1,4 mm/10 let (slika 9), trend pa je bil statistično neznačilen. Pojavljala so se tako leta, ko je bila v enem dnevu krepko presežena povprečna mesečna višina padavin (npr. leta 2010), ter leta, ko je največja mesečna višina padavin znašala manj kot 40 mm, kot se je zgodilo v letih 1985 in 2005.

Slika 9: Absolutni letni padavinski maksimumi v Seči v obdobju 1961–2020.



Kredarica

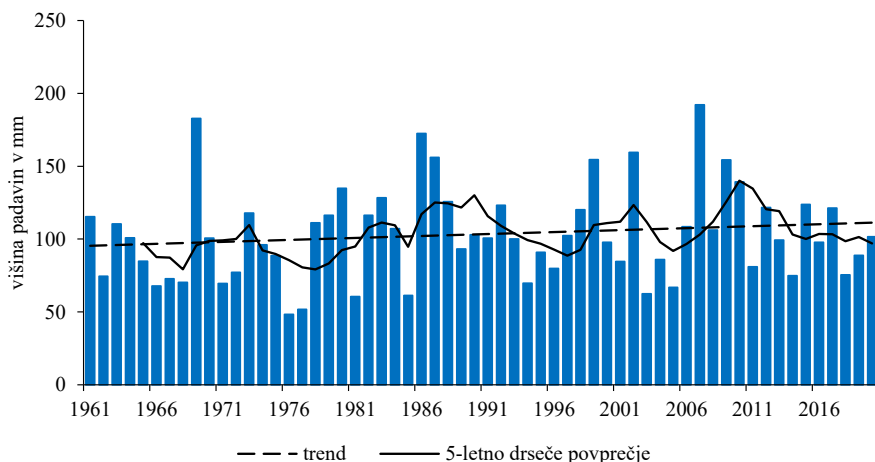
Slika 10: Potek števila dni z intenzivnimi padavinami na Kredarici v obdobju 1961–2020.



Na Kredarici je bilo na začetku obravnavanega obdobja večletno obdobje z manj intenzivnimi padavinami, ki je najbolj izraženo pri številu dni z višino padavin nad 30 mm. Za vse izbrane padavinske pragove je približno do sredine sedemdesetih let opazen trend zmanjševanja števila dni z intenzivnimi padavinami, druga manj izrazita upada sta opazna v devetdesetih letih ter med letoma 2002 ter 2007 (slika 10). 5-letna drseča povprečja so se počasi povečevala, na kar kažejo tudi trendi, ki so v obdobju 1961–2020 za vse tri padavinske parametre pozitivni (+0,3 dni/10 let za 50 mm oziroma +0,1 dni/10 let za 70 mm). Za padavine nad 30 mm dnevno je trend tudi statistično značilen s stopnjo značilnosti 0,05 in znaša +0,8 dni/10 let.

V obdobju 1961–2020 so bili absolutni letni padavinski maksimumi na Kredarici pogosto višji od 100 mm (slika 11). Nekoliko nižji dnevni maksimumi so se ujeli z leti, ko so bile intenzivne padavine nekoliko manj pogoste. Tako kot pri Seči so se tudi na Kredarici absolutni letni padavinski maksimumi povečevali (+2,7 mm/10 let), trend je bil statistično neznačilen.

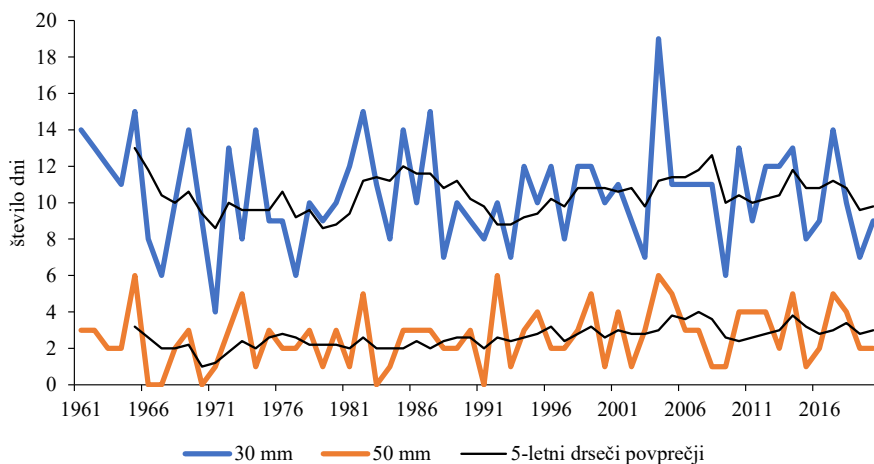
Slika 11: Absolutni letni padavinski maksimumi na Kredarici v obdobju 1961–2020.



Ljubljana

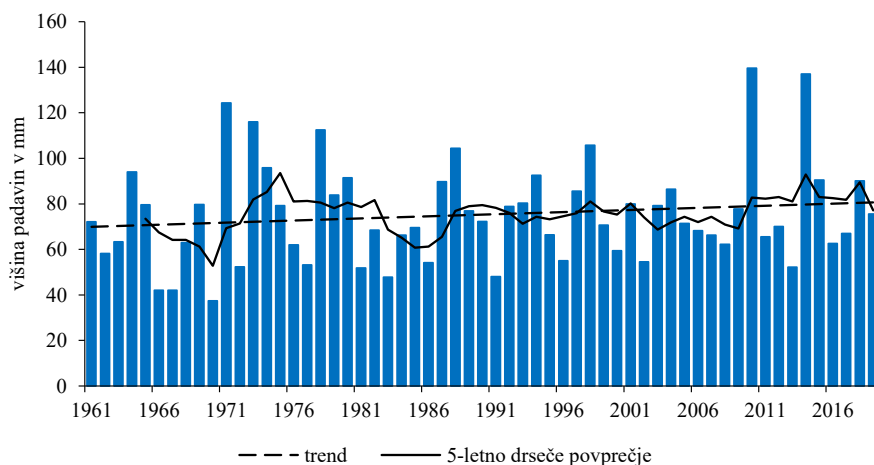
V Ljubljani je bila situacija v primerjavi s Sečo in Kredarico nekoliko drugačna, saj je bil za padavine nad 30 mm trend komaj zaznaven ($-0,05$ dni/10 let) in statistično neznačilen. Število dni z višino padavin nad 50 mm je v proučevanem obdobju rahlo naraščalo (+0,2 dni/10 let), na kar nakazuje podatek, da je bil od leta 1992 dalje vsako leto vsaj en dan, ko je padlo več kot 50 mm padavin.

Slika 12: Potek števila dni z višino padavin nad 30 in nad 50 mm v Ljubljani v obdobju 1961–2020.



Tako kot v Seči in na Kredarici so se absolutni letni padavinski maksimumi tudi v Ljubljani povečevali (+1,5 mm/10 let), trend je bil statistično neznačilen. Najvišje vrednosti so bile zabeležene v letih 2010 in 2014, pred tem pa v sedemdesetih letih prejšnjega stoletja (slika 13). Na drugi strani pa so bili trije najnižji letni padavinski maksimumi v drugi polovici šestdesetih let.

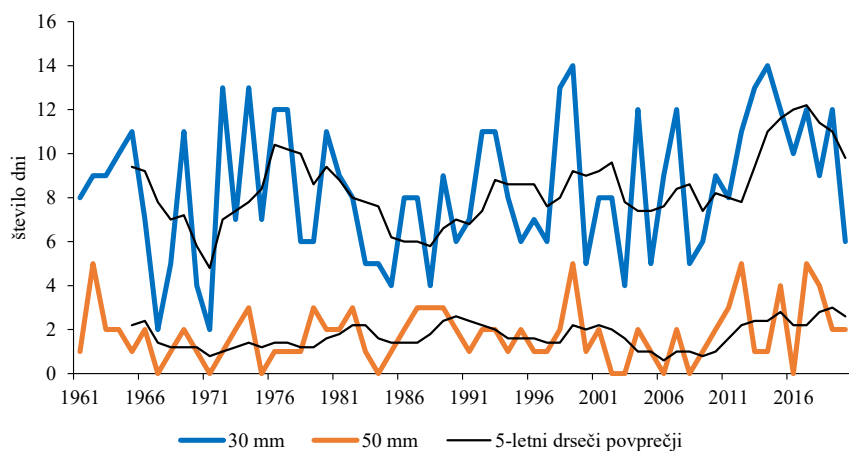
Slika 13: Absolutni letni padavinski maksimumi v Ljubljani v obdobju 1961–2020.



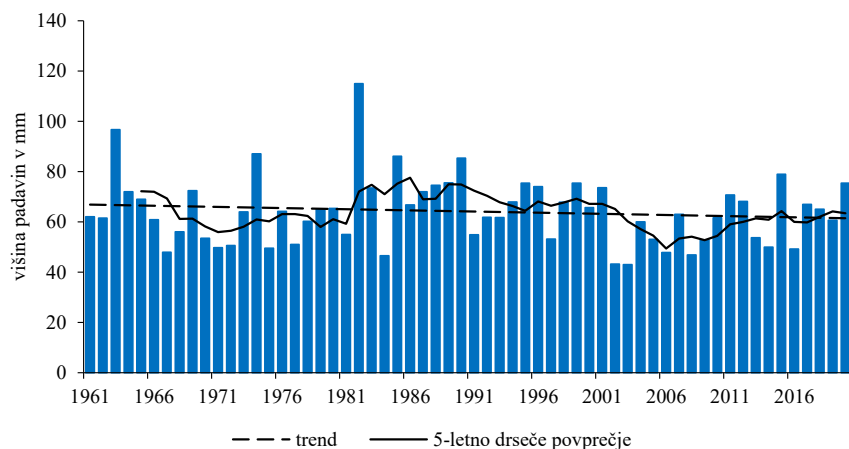
Črnomelj

V Črnomlju (slika 14) je opaziti precejšnje razlike v pojavljanju intenzivnih padavin, saj je predvsem krivulja za padavine nad 30 mm precej variabilna, kar kaže na velika nihanja med posameznimi leti. Trenda za oba padavinska pragova sta rahlo pozitivna (+0,4 dni/10 let za 30 mm oziroma +0,1 dni/10 let za 50 mm), za padavine nad 50 mm je trend statistično značilen s stopnjo značilnosti 0,1. Obdobje zadnjih desetih let je bilo z vidika števila dni z intenzivnimi padavinami nadpovprečno, kar je lepo razvidno iz poteka krivulje za 5-letna drseča povprečja.

Slika 14: Potek števila dni z višino padavin nad 30 in nad 50 mm v Črnomlju v obdobju 1961–2020.



Slika 15: Absolutni letni padavinski maksimumi v Črnomlju v obdobju 1961–2020.

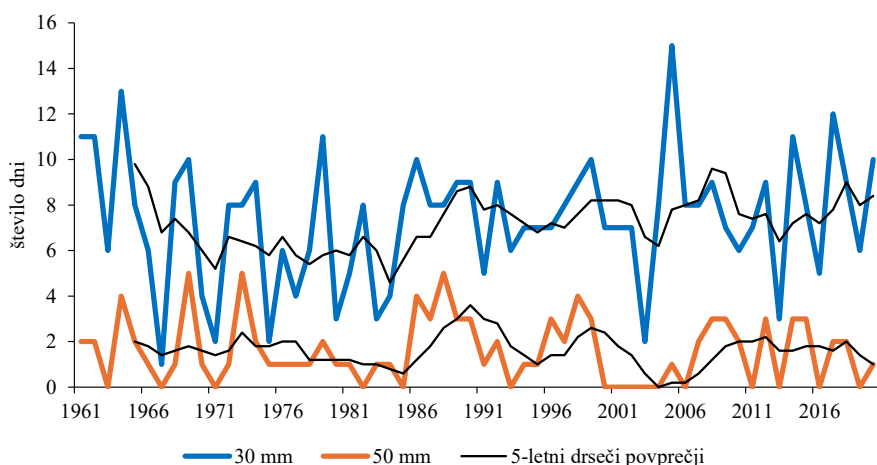


Slika 15 razkriva, da je bil v obdobju 1961–2020 trend absolutnih letnih padavinskih maksimumov negativen ($-0,9$ mm/10 let) in statistično neznačilen. To potrjujejo tudi drseča povprečja z najnižjimi vrednostmi med letoma 2000 in 2010, medtem ko so se izrazitejši absolutni letni padavinski maksimumi pojavljali v standardnem klimatološkem obdobju 1961–1990.

Celje

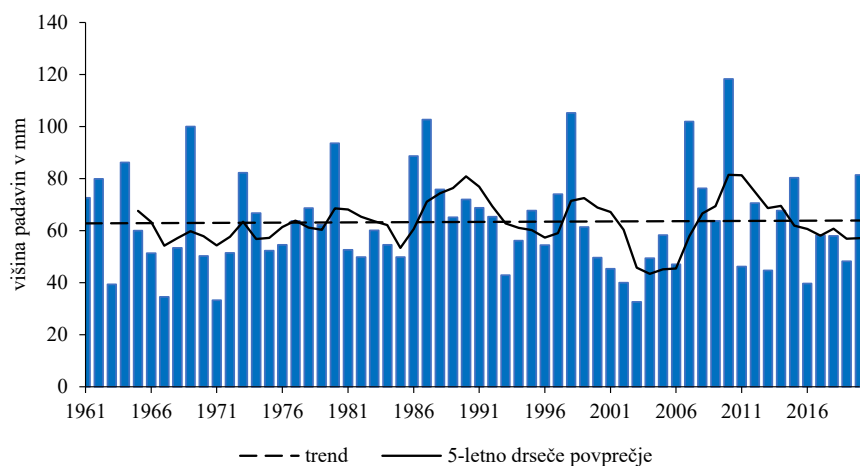
V Celju (slika 16) obe 5-letni drseči povprečji kažeta na zmanjševanje števila dni z intenzivnimi padavinami do sredine osemdesetih let 20. stoletja. Trend za dnevne padavine nad 30 mm se je nato obrnil navzgor, medtem ko je število dni z višino padavin nad 50 mm do konca obdobja precej nihalo. Trenda za dnevne padavine nad 30 in nad 50 mm sta bila v celotnem proučevanem obdobju majhna oziroma komaj zaznavna ($+0,2$ dni/10 let za 30 mm ter $-0,06$ dni/10 let za 50 mm) ter statistično neznačilna.

Slika 16: Potek števila dni z višino padavin nad 30 in nad 50 mm v Celju v obdobju 1961–2020.



Trend absolutnih letnih padavinskih maksimumov (slika 17) je skozi obdobje 1961–2020 komaj zaznavno naraščal ($+0,2$ mm/10 let), bil pa je statistično neznačilen. Obdobja manj intenzivnih padavinskih maksimumov so se pojavljala v začetku proučevanega obdobja in na začetku 21. stoletja. Na drugi strani je bil najvišji maksimum, podobno kot v Ljubljani, zabeležen leta 2010 ob takratnih jesenskih poplavah v septembru.

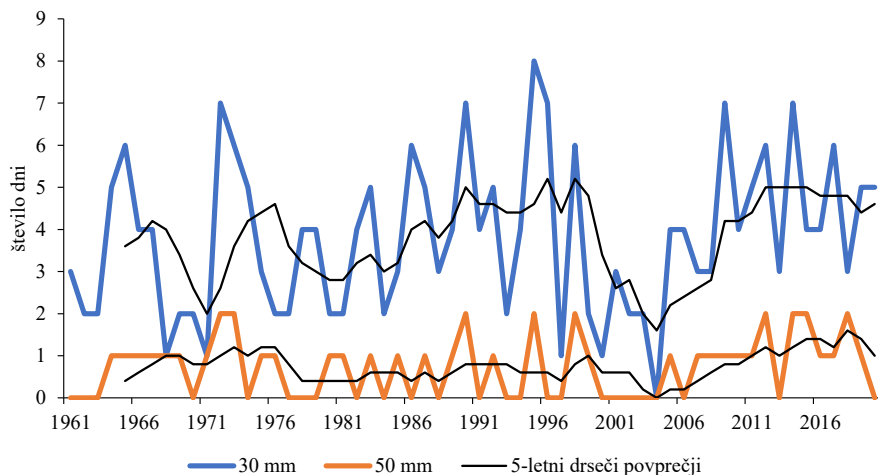
Slika 17: Absolutni letni padavinski maksimumi v Celju v obdobju 1961–2020.



Murska Sobota

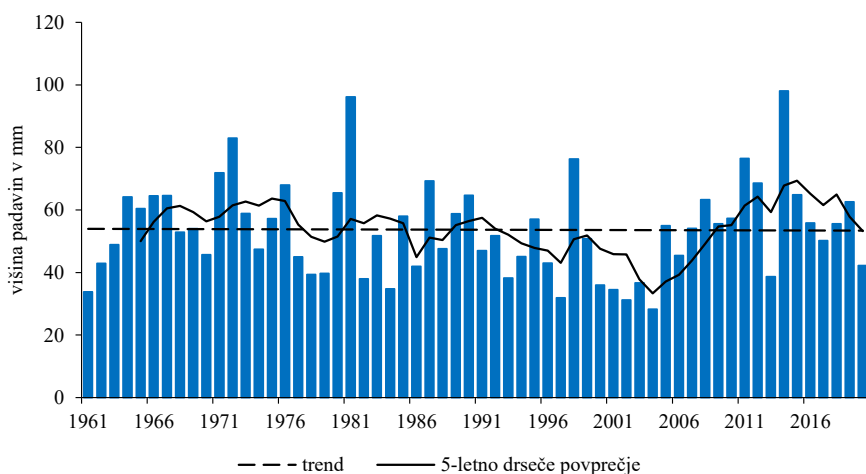
Proti vzhodu Slovenije se, skladno z zmanjševanjem višine padavin, zmanjšuje tudi število dni z intenzivnimi padavinami, kar nakazuje tudi slika 18. Opazimo lahko, da so dnevi z višino padavin nad 50 mm redki. Temu pritruje podatek, da v proučevanem obdobju v posameznem letu nikoli nista bila več kot dva taka dneva. Za oba izbrana padavinska parametra sta trenda rahlo pozitivna (+0,2 dneva na desetletje za 30 mm oziroma +0,06 dneva za 50 mm) in statistično neznačilna.

Slika 18: Potek števila dni z višino padavin nad 30 in nad 50 mm v Murski Soboti v obdobju 1961–2020.



Slika 19 kaže na komaj zaznaven, statistično neznačilen, negativen trend absolutnih letnih padavinskih maksimumov ($-0,1$ mm/10 let), čeprav so med leti velika nihanja. Lahko razločimo tri obdobja nekoliko višjih maksimumov, ki so bila do sredine sedemdesetih let prejšnjega stoletja, manj izrazito obdobje v drugi polovici osemdesetih let ter najizrazitejše od leta 2005 naprej. Izrazitejše obdobje nižjih maksimumov lahko razberemo v začetku 21. stoletja.

Slika 19: Absolutni letni padavinski maksimumi v Murski Soboti v obdobju 1961–2020.



3.6 Sezonski razpored absolutnih letnih padavinskih maksimumov

Preglednica 2: Sezonski razpored absolutnih letnih padavinskih maksimumov (v mm) po posameznih reprezentativnih postajah.

Leto	Seča	Kredarica	Ljubljana	Črnomelj	Celje	Murska Sobota
1961	55,4 (pl)	115,3 (j)	72,1 (j)	62 (j)	72,6 (j)	33,8 (j)
1962	48,7 (j)	74,5 (pl)	58,2 (j)	61,5 (z)	79,9 (pl)	42,9 (pl)
1963	77,7 (pl)	110,4 (pl)	63,3 (pl)	96,7 (j)	39,4 (pl)	48,9 (j)
1964	98,8 (j)	100,9 (j)	94 (j)	72 (j)	86,2 (j)	64,2 (j)
1965	60,6 (z)	84,8 (j)	79,6 (j)	69 (pl)	60 (pl)	60,4 (pl)
1966	65,8 (pl)	67,8 (z)	42 (pl)	60,9 (pl)	51,3 (pl)	64,5 (pl)
1967	52,3 (j)	72,7 (j)	42 (pm)	47,9 (pl)	34,5 (pm)	64,6 (pm)

Leto	Seča	Kredarica	Ljubljana	Črnomelj	Celje	Murska Sobota
1968	42,6 (pm)	70,3 (pl)	63 (z)	56,1 (z)	53,4 (z)	52,9 (pl)
1969	68,2 (j)	182,8 (pl)	79,7 (pm)	72,4 (pm)	100 (pm)	54 (pm)
1970	66 (pl)	100,6 (pl)	37,4 (pm)	53,5 (pl)	50,3 (pl)	45,7 (j)
1971	48 (j)	69,5 (j)	124,3 (pl)	49,7 (j)	33,3 (pl)	71,9 (pl)
1972	48 (z)	77,1 (j)	52,3 (pm)	50,6 (j)	51,5 (j)	83 (pl)
1973	58 (pl)	117,9 (j)	116 (j)	64 (j)	82,2 (j)	58,9 (j)
1974	65,2 (j)	96 (pl)	95,8 (j)	87,1 (j)	66,7 (pl)	47,4 (j)
1975	86,8 (z)	88,6 (pm)	79,2 (pm)	49,5 (j)	52,3 (pl)	57,2 (pl)
1976	69,8 (j)	48,4 (pl)	62 (j)	64,2 (j)	54,5 (pl)	68 (pm)
1977	68 (pl)	51,8 (pl)	53,2 (pl)	51 (j)	63,7 (pl)	45 (j)
1978	63,5 (j)	111,2 (pm)	112,4 (j)	60,2 (pl)	68,7 (j)	39,4 (pl)
1979	56,4 (pl)	116,4 (j)	83,9 (j)	64,9 (j)	62,3 (j)	39,7 (pl)
1980	66,4 (j)	134,9 (j)	91,4 (j)	65,3 (pl)	93,6 (j)	65,5 (j)
1981	72,6 (j)	60,5 (pl)	51,8 (j)	55 (pl)	52,6 (pl)	96,2 (pl)
1982	97,8 (pl)	116,4 (pl)	68,5 (pl)	115 (pl)	49,8 (pl)	38 (pl)
1983	72,3 (j)	128,4 (j)	47,8 (j)	73,5 (pl)	60,1 (j)	51,8 (j)
1984	62 (j)	107,1 (pm)	66,3 (pl)	46,5 (pl)	54,6 (pl)	34,8 (j)
1985	35,5 (j)	61,3 (pl)	69,6 (pl)	86,1 (pl)	49,8 (pl)	58 (pm)
1986	54,3 (j)	172,5 (pl)	54,2 (j)	66,7 (j)	88,7 (j)	42 (pm)
1987	44,1 (j)	156 (j)	89,7 (j)	72 (j)	102,7 (pl)	69,3 (pl)
1988	92 (j)	125,6 (pl)	104,4 (pl)	74,5 (j)	75,8 (j)	47,6 (j)
1989	75,5 (pl)	93,2 (pl)	76,9 (pl)	75,5 (pl)	65,1 (pl)	58,8 (pl)
1990	77,1 (pl)	103 (j)	72,2 (pl)	85,4 (j)	72 (j)	64,7 (pl)
1991	68 (j)	100,6 (j)	48 (j)	54,9 (j)	68,8 (j)	47 (pl)
1992	53,8 (pl)	123,2 (j)	78,8 (j)	61,8 (j)	65,3 (j)	51,8 (j)
1993	59 (j)	100 (j)	80,3 (j)	61,7 (j)	42,9 (j)	38,2 (j)
1994	50,4 (pm)	69,7 (j)	92,5 (j)	67,9 (pl)	56,2 (pl)	45,1 (j)
1995	57,3 (pl)	90,9 (j)	66,4 (z)	75,4 (z)	67,7 (j)	57,1 (pl)
1996	103 (j)	79,9 (pl)	55 (pm)	74 (pl)	54,4 (pl)	43 (pl)
1997	53,5 (j)	102,4 (j)	85,6 (j)	53,2 (j)	74 (j)	31,9 (pl)
1998	47,5 (j)	120,2 (j)	105,7 (j)	67,8 (j)	105,2 (j)	76,3 (j)
1999	48,5 (j)	154,6 (j)	70,6 (z)	75,4 (z)	61,4 (z)	50,8 (pm)
2000	74 (j)	97,7 (j)	59,4 (pl)	65,7 (j)	49,6 (j)	36 (j)

Leto	Seča	Kredarica	Ljubljana	Črnomelj	Celje	Murska Sobota
2001	63,2 (z)	84,6 (j)	79,9 (pm)	73,6 (j)	45,4 (j)	34,5 (j)
2002	53,7 (j)	159,4 (j)	54,5 (pl)	43,2 (j)	40 (pl)	31,2 (pl)
2003	50,4 (j)	62,4 (j)	79,2 (j)	43 (z)	32,6 (z)	36,7 (pl)
2004	63 (j)	86 (j)	86,4 (j)	60 (j)	49,4 (j)	28,3 (pm)
2005	38,5 (j)	66,8 (j)	71,4 (j)	53,1 (j)	58,3 (j)	55 (pl)
2006	82,5 (pl)	108,4 (j)	68,2 (j)	47,8 (pm)	47,1 (pl)	45,4 (pl)
2007	60,5 (j)	192,2 (j)	66,2 (j)	63 (pl)	101,9 (j)	54,1 (j)
2008	66 (pl)	106,2 (j)	62,2 (pl)	46,9 (pl)	76,3 (pl)	63,3 (pl)
2009	87 (pl)	154,4 (j)	77,7 (pm)	52,8 (j)	63,7 (pm)	55,6 (pl)
2010	123 (pl)	139,2 (pl)	139,6 (j)	61,6 (j)	118,3 (j)	57,3 (pl)
2011	55 (j)	81 (pl)	65,5 (pl)	70,7 (pl)	46,2 (j)	76,5 (pl)
2012	53 (j)	121,6 (j)	70,1 (j)	68,1 (j)	70,6 (j)	68,6 (j)
2013	80,4 (j)	99,4 (j)	52,2 (j)	53,7 (j)	44,7 (j)	38,7 (j)
2014	91,7 (pl)	74,9 (j)	137 (j)	50 (j)	67,7 (j)	98,1 (j)
2015	46 (j)	123,8 (j)	90,4 (pl)	78,9 (pl)	80,3 (pl)	64,9 (pm)
2016	80,3 (j)	97,7 (j)	62,6 (pl)	49,2 (pl)	39,7 (pl)	55,8 (pl)
2017	76,1 (z)	121,3 (z)	67 (z)	67 (j)	58,2 (z)	50,2 (pl)
2018	62,8 (pl)	75,5 (j)	90,1 (pl)	65 (z)	58 (pm)	55,6 (pl)
2019	67,7 (j)	88,8 (j)	75,6 (pm)	60,6 (pl)	48,2 (pl)	62,6 (pl)
2020	80,5 (pl)	101,7 (pl)	61 (j)	75,4 (j)	81,4 (pl)	42,2 (j)

Opomba: (pm) – pomlad, (pl) – poletje, (j) – jesen, (z) – zima

Sezonski razpored absolutnih letnih padavinskih maksimumov je pokazal, da se je v Seči v proučevanem obdobju absolutni letni padavinski maksimum največkrat pojavljal v jesenskih mesecih (34-krat), devetnajstkrat je bil zabeležen v poletnih mesecih, petkrat med decembrom in januarjem in dvakrat spomladi. Na Kredarici je bil maksimum v skoraj tretjini primerov zabeležen jeseni, sledili so poletje (18-krat), pomlad (3-krat) in zima, ko je bil letni padavinski maksimum zabeležen le dvakrat. V Ljubljani se je absolutni letni padavinski maksimum nekoliko pogosteje pojavljal v spomladanskih mesecih, še vedno pa je bilo maksimumov največ v mesecih med septembrom in novembrom (30-krat). Tudi v Črnomlju se je v enaintridesetih od šestdesetih primerov zgodilo, da je bil absolutni letni padavinski maksimum dosežen jeseni, enaindvajsetkrat se je to zgodilo v poletnem času, šestkrat pozimi in le dvakrat spomladi. V Celju so se absolutni letni padavinski maksimumi petindvajsetkrat pojavili poleti, v še dveh primerih več jeseni, po štirikrat pa spomladi in pozimi, medtem ko so se v Murski Soboti maksimumi

najpogostejše pojavljali v poletnih mesecih, kar se ujema z zmerno celinskim padavinskim režimom, ki ga ima severovzhodna Slovenija, s primarnim viškom padavin poleti. Tako je bil absolutni letni padavinski maksimum devetindvajsetkrat zabeležen poleti, dvaindvajsetkrat jeseni, devetkrat spomladi, nikoli pa se to ni zgodilo pozimi.

4 SKLEP

V prispevku smo najprej analizirali prostorsko sliko intenzivnih padavin za vse tri izbrane padavinske pragove in ugotovili, da se intenzivne padavine v Sloveniji najpogostejše prostorsko razporejajo tako kot povprečna letna višina padavin, z viškom vzdolž alpsko-dinarske pregrade in zmanjševanjem v smeri jugozahoda in severovzhoda. Na državni ravni se je v obdobju 1961–2020 število dni z višino padavin nad 30 in 50 mm povečevalo, medtem ko se je število dni z višino padavin nad 70 mm zmanjševalo. Pri tem smo za število dni z višino padavin nad 30 mm zaznali, da se je pozitiven trend pretežno pojavljal v vzhodni polovici države, medtem ko je v zahodni polovici prevladoval negativen trend. Za preostala pragova so bili trendi neenotno razpršeni po celotni državi, kar kaže na večjo krajevno in variabilnost pojavljanja teh ekstremnih dogodkov med posameznimi leti.

Analiza trendov intenzivnih padavin na reprezentativnih postajah, ki predstavljajo podnebne in padavinske razmere na posameznih območjih, je pokazala, da se v Seči, na Kredarici in v Ljubljani (zmerno sredozemski padavinski režim) absolutni letni padavinski maksimumi najpogostejše pojavljajo v jesenskih mesecih, v Črnomlju in Celju (prehodno območje) je bilo število poletnih absolutnih letnih padavinskih maksimumov že skoraj enako jesenskim, v Murski Soboti (zmerno celinski padavinski režim) pa jih je preseglo. Ugotovimo lahko, da se sezonski razpored absolutnih letnih padavinskih maksimumov ujema z obema padavinskima režimoma v Sloveniji. Razlike med zahodno in vzhodno polovico Slovenije so se pokazale tudi pri trendih absolutnih letnih padavinskih maksimumov. Ti so naraščali v Seči, na Kredarici in v Ljubljani, komaj zaznavno v Celju, medtem ko so v Črnomlju in Murski Soboti blago upadali. Pojavljanje in naraščanje absolutnih letnih padavinskih maksimumov na območjih zmerno sredozemskega padavinskega režima z viškom v jesenskih mesecih gre pripisati kombinaciji vse toplejšega morja, ki zraku zagotavlja več vodne pare, in vse toplejšega podnebja, saj je toplejši zrak sposoben sprejeti več vodne pare. Tako so ob povečani frontalni dejavnosti izpolnjeni pogoji za vse intenzivnejše padavinske procese. V krajih z zmerno celinskim padavinskim režimom se maksimumi pojavljajo v poletnem času ob prevladujočih konvektivnih padavinah, in sicer predvsem v obliki ploh in neviht.

Za primerjavo s Slovenijo lahko omenimo podobno raziskavo o trendih ekstremnih dnevnih količin padavin v Črni gori (Burić in sod., 2015). Tako kot v Sloveniji se je tudi v Črni gori v obdobju 1951–2010 letna količina padavin zniževala, najizraziteje v jugozahodnem, sredozemskem delu države, medtem ko se je intenzivnost števila dni z dnevno višino padavin nad 20 mm povečevala v severovzhodnem, celinskem delu države, zmanjševala pa se je v jugozahodnem delu države. Prostorska slika je

podobna kot v Sloveniji, saj se je število dni z višino padavin nad 30 mm tudi pri nas pretežno povečevalo v vzhodni polovici države, ki ima bolj celinsko podnebje.

Po izvedeni raziskavi lahko ugotovimo, da je v preteklih šestdesetih letih prišlo do precejšnjih sprememb v trendih intenzivnih padavin v Sloveniji. Ob tem je treba povedati, da je bilo le malo trendov statistično značilnih, kar opozarja na manjšo zanesljivost nekaterih ugotovitev. Tudi nekateri ugotovljeni trendi intenzivnih padavin na posameznih reprezentativnih postajah so bili izjemno majhni, zato zaključki niso v celoti zanesljivi. Za analize trendov se poleg linearne regresijske analize, ki sem se je poslužil sam, uporablja tudi Mann-Kendallov test (MK-test), ki velja za najpogosteje uporabljen neparametrični test za odkrivanje značilnih trendov v časovni vrsti podatkov. Uporablja se ob neodvisnih, ne nujno normalno porazdeljenih podatkih, tudi trend pa ni nujno linearen (Poglič, 2018). Tako bi lahko pri interpretaciji trendov ta metoda ponudila določene razlike v primerjavi z linearno regresijsko analizo. Kljub temu pridobljeni rezultati predstavljajo pomemben prispevek k razumevanju podnebnih sprememb v Sloveniji. S segrevanjem podnebja gre v prihodnje pričakovati vse intenzivnejše padavinske dogodke, saj je zaradi vse toplejšega podnebja zrak sposoben sprejeti več vodne pare, kar privede do večje razpoložljive energije za intenzivnejše padavinske procese.

Zahvala

Zahvaljujem se dr. Darku Ogrinu za pomoč in nasvete pri izvedbi raziskave in pripravi članka.

Literatura in viri

- Aloysius, N., Dommo, A., Hunt, S., Lupo, A., 2024. Spatial and temporal analysis and trends of extreme precipitation over the Mississippi River Basin, USA during 1988–2017. *Journal of Hydrology*, 56, str. 1–24. DOI: 10.1016/j.ejrh.2024.101954.
- An, W., Gan, Z., Hou, J., Hou, X., Tang, C., Zhang, S., 2023. Temporal and spatial evolutionary trends of regional extreme precipitation under different emission scenarios: Case study of the Jialing River Basin, China. *Journal of Hydrology*, 617, str. 1–16. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2023.129156.
- ARSO [Agencija Republike Slovenije za okolje], 2024. Arhiv opazovani in merjeni meteorološki podatki po Sloveniji. URL: <http://meteo.arso.gov.si/met/sl/archive/> (citirano 17. 10. 2024).
- Blatnik, T. J., 2018. Spreminjanje padavinskega režima v Sloveniji med obdobjema 1961–1990 in 1991–2016. Magistrsko delo. Ljubljana: Filozofska fakulteta Univerze v Ljubljani, Oddelek za geografijo. URL: <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?lang=slv&id=117828> (citirano 4. 12. 2024).
- Burgess, C., P., Mandal, A., Stephenson, T., Taylor, M., A., 2015. Frequency analysis, infilling and trends for extreme precipitation for Jamaica (1895–2100). *Journal of Hydrology*, 3, str. 424–443. DOI: 10.1016/j.ejrh.2014.10.004.

- Burić, D., Luković, J., Bajat, B., Kilibarda, M., Živković, N., 2015. Recent trends in daily rainfall extremes over Montenegro (1951–2010). *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 15, 9, str. 20692077. DOI: 10.5194/nhess-15-2069-2015.
- Cegnar, T., 2003. Podnebne spremembe in padavinski režim. URL: <https://www.mvd20.com/LETO2003/R11.pdf> (citirano 17. 10. 2024).
- ESRI [Environmental Systems Research Institute], 2024. Topographic [basemap]. World topographic map.
- Fischer, E., M., Zeder, J., 2020. Observed extreme precipitation trends and scaling in Central Europe. *Weather and Climate Extremes*, 29, str. 1–12. DOI: 10.1016/j.wace.2020.100266.
- GURS [Geodetska uprava Republike Slovenije], 2024. Meja. Državna meja. URL: <https://ipi.eprstor.gov.si/jgp/data> (citirano 18. 10. 2024).
- Komac, B., Pavšek, M., Topole, M., 2020. Climate and weather of Slovenia. V: Perko, D. (ur.), Ciglič, R. (ur.), Zorn, M. (ur.). *The geography of Slovenia*. Cham: Springer, str. 71–89. DOI: 10.1007/978-3-030-14066-3_5.
- Ogrin, D., 2023. Odkloni temperature zraka in višine padavin v obdobju 1991–2020 od povprečja 1961–1990 po podnebnih tipih Slovenije. *Geografski obzornik*, 70, 3–4, str. 4–13.
- Poglič, N., 2018. Statistična analiza padavin. Diplomsko delo. Ljubljana: Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani. URL: <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?lang=slv&id=114771> (citirano 4. 12. 2024).
- Povratne dobe za ekstremne padavine po Gumbelovi metodi. ARSO. 2009. URL: https://meteo.arslo.gov.si/uploads/probase/www/climate/table/sl/by_variable/precip-return-periods_2008.pdf (citirano 17. 10. 2024).
- Vertačnik, G., Bertalanč, R., Draksler, A., Dolinar, M., Vlahović, Ž., Frantar, P., 2018. Podnebna spremenljivost Slovenije v obdobju 1961–2011. Ljubljana: Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje. URL: <https://meteo.arslo.gov.si/met/sl/climate/change/> (citirano 19. 10. 2024).

TRENDS OF INTENSE PRECIPITATION IN SLOVENIA IN THE PERIOD 1961–2020

Summary

In this paper, we first analyse the spatial pattern of intense precipitation for the three selected precipitation thresholds and find that intense precipitation in Slovenia is most often spatially distributed like the mean annual precipitation, with a peak along the Alpine-Dinaric divide and a decrease towards the south-west and north-east. At the national level, the number of days with precipitation above 30 and 50 mm

increased between 1961 and 2020, while the number of days with precipitation above 70 mm decreased. For the number of days with precipitation above 30 mm, a positive trend was observed mainly in the eastern half of the country, while a negative trend prevailed in the western half. For the remaining thresholds, the trends were unevenly distributed across the country, indicating a greater locality and variability in the occurrence of these extreme events between years.

An analysis of the trends in intense precipitation events at representative stations representing the climate and precipitation conditions in individual areas showed that in Seča, Kredarica and Ljubljana (temperate Mediterranean precipitation regime), absolute annual precipitation maxima occur most frequently in the autumn months, in Črnomelj and Celje (transition area), the number of summer absolute annual precipitation maxima was almost equal to the autumn maxima, while in Murska Sobota (moderate continental precipitation regime) it exceeded them. It can be concluded that the seasonal distribution of absolute annual precipitation maxima is consistent with both precipitation regimes in Slovenia. Differences between the western and eastern halves of Slovenia are also evident in the trends of absolute annual precipitation maxima. These were increasing in Seča, Kredarica and Ljubljana, but barely perceptible in Celje, while they were slightly decreasing in Črnomelj and Murska Sobota. The occurrence and increase in absolute annual precipitation maxima in areas of a moderate Mediterranean precipitation regime, peaking in the autumn months, is attributable to a combination of an increasingly warmer sea, which provides more water vapour to the air, and an increasingly warmer climate, as the warmer air is able to absorb more water vapour. Thus, with increased frontal activity, the conditions are in place for increasingly intense precipitation processes. In places with a temperate continental precipitation regime, the maxima occur in summer, when convective precipitation, mainly in the form of showers and thunderstorms, is prevalent.

The study shows that there have been significant changes in the trends of intense precipitation in Slovenia over the past sixty years. It should be noted that few of the trends were statistically significant, which points to the lower reliability of some of the findings. Also, some of the observed trends in intense precipitation at individual representative stations were extremely small, so we cannot draw fully reliable conclusions. For trend analyses, in addition to the linear regression analysis that I used, the Mann-Kendall test (MK-test) is also used, which is considered to be the most commonly used non-parametric test for detecting significant trends in a time series of data. It is used with independent, not necessarily normally distributed data, and the trend is not necessarily linear (Poglič, 2018). Thus, when interpreting trends, this method could offer some differences compared to linear regression analysis. Nevertheless, I believe that the results obtained represent an important contribution to the understanding of climate change in Slovenia. With the warming of the climate, more and more intense precipitation events are expected in the future, as a warmer climate enables the air to absorb more water vapour, making more energy available for more intense precipitation processes.