

UDK/UDC: 551.577.38(497.4)

Prejeto/Received: 21.01.2024

Izvirni znanstveni članek – *Original scientific paper*

Sprejeto/Accepted: 18.03.2024

DOI: [10.15292/acta.hydro.2023.08](https://doi.org/10.15292/acta.hydro.2023.08)

Objavljeno na spletu/Published online: 11.04.2024

ANALIZA PRESUŠITVE REK V SLOVENIJI ANALYSIS OF RIVER DRYING IN SLOVENIA

Jan Cvelfer Domadenik¹, Mojca Šraj¹, Mira Kobold^{1,2}

¹ Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Univerza v Ljubljani, Jamova 2, Ljubljana, Slovenija

² Agencija Republike Slovenije za okolje, Vojkova cesta 1b, Ljubljana, Slovenija

Izvleček

Presihajoči vodotoki so v določenih obdobjih leta brez vode, kar velja zlasti za kraške ponikalnice. Do presušitev pa prihaja tudi v sušnih obdobjih kot posledica primanjkljaja padavin v daljšem časovnem obdobju. V prispevku smo na podlagi podatkov državnega hidrološkega monitoringa Agencije Republike Slovenije za okolje analizirali presušitve rek v Sloveniji. Z analizo obdobjnih statistik najmanjših malih pretokov (nQnp) smo izluščili 18 vodomernih postaj, na katerih so struge vodotokov v obdobju meritev presušile. Za te postaje smo v nadaljevanju analizirali nize srednjih dnevni pretokov in identificirali suhe dneve, v katerih je bil pretok enak nič. Število suhih dni in število zaporednih suhih dni smo analizirali po mesecih in letih ter določili najdaljša sušna obdobja. Rezultate smo prikazali grafično. Na večini obravnavanih vodomernih postaj je število suhih dni največje v letih največjih hidroloških suš, tj. v letih 2003, 2012 in 1993. Na nekaterih vodotokih so presušitve stalen pojav, ki se zgodi skoraj vsako leto, na drugih so se presušitve zgodile le v letih z najhujšo sušo. Izjema so kraške reke, ki poniknejo in so iz tega razloga del leta suhe. Redno presušita reki Pivka in Branica. Zelo pogosto presušijo vodotoki v Pomurju ter Velunja, Kožbanjšček in Dragonja. Rezultati analize so pokazali, da so v zadnjih dveh desetletjih presušitve pogostejše. Najbolj sušni mesec je avgust, sledita mu julij in september.

Ključne besede: hidrološka suša, najmanjši mali pretok, vodomerna postaja, število suhih dni, število zaporednih suhih dni.

Abstract

Intermittent watercourses lack water during some periods of the year, which especially applies to karst sinking streams. Droughts also occur in dry periods with no rainfall over a longer period of time. The drying up of Slovenian rivers was analysed using the data from the state hydrological monitoring of the Slovenian Environment Agency. By analysing the periodic statistics of minimum low discharges (nQnp), 18 gauging stations were extracted where the watercourses dried up during the measurement period. For these stations, sets of mean daily discharges were analysed, and dry days where the flow was equal to zero were listed. The number of dry days and the number of consecutive dry days were analysed by month and year, and the longest dry periods were determined. The results are presented graphically. At most of the gauging stations considered,

¹ Stik / Correspondence: mira.kobold@gov.si

© Cvelfer Domadenik J. et al.; Vsebina tega članka se sme uporabljati v skladu s pogoji [licence Creative Commons Priznanje avtorstva – Nekomercialno – Deljenje pod enakimi pogoji 4.0.](#)

© Cvelfer Domadenik J. et al.; This is an open-access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution – NonCommercial – ShareAlike 4.0 Licence.](#)

the number of dry days was the highest in the years characterized by extreme hydrological droughts, namely 2003, 2012, and 1993. In some watercourses, drying up is a constant phenomenon that occurs almost every year, while others only dry up in years characterized by extreme droughts. Exceptions to this are the karst rivers, which sink and are therefore dry for part of the year. The Pivka and Branica Rivers regularly dry up. Watercourses in Pomurje and Velunja, Kožbanjšček, and Dragonja also dry up very often. Analysis results demonstrated that river drying has become more frequent in the past two decades. The driest month is August, followed by July and September.

Keywords: hydrological drought, minimum low discharge, water gauging station, number of dry days, number of consecutive dry days.

1. Uvod

Pretoki rek se s časom neprestano spreminjajo in so odraz podnebne dogajanja, spremembe v pretokih in pretočnih režimih v daljših časovnih obdobjih pa odraz podnebne spremenljivosti (Kobold et al., 2012). Podnebje se spreminja in vse večji delež padavin pade ob intenzivnih padavinah. Vse pogosteje občutimo na eni strani sušo in pomanjkanje vode, na drugi pa se soočamo s poplavami. V zadnjih desetletjih se vse komponente globalnega vodnega kroga zaradi podnebnih sprememb spreminjajo (IPCC, 2022). Naraščanje globalne temperature povzroča povečano izhlapevanje in spreminja vzorce padavin, kar vpliva na zmanjševanje srednjih dnevni pretokov rek. Na vodni režim vpliva tudi človek s svojimi posegi v naravno okolje in rabo vode.

Hidrološko stanje voda v Sloveniji je v največji meri posledica vremenskega dogajanja (Kobold in Ulaga, 2010; Kobold, 2015). Pretoki rek so v glavnem odvisni od razporeditve in količine padavin, temperature zraka in trajanja snežne odeje. Ko pride do pomanjkanja padavin, daljše nizko vodno stanje povečuje tveganje za sušo (Tallaksen in Van Lanen, 2004). Podatki in analize kažejo, da se pogostost suš v Sloveniji povečuje (Cunja et al., 2019; Sušnik et al., 2013; Kobold, 2004; Kobold, 2023). Zadnja izjemna suša, ki je Evropo in tudi Slovenijo prizadela leta 2022, je bila posledica velikega primanjkljaja padavin in dolgotrajnih vročinskih valov. Vodostaji in pretoki rek so se znižali skoraj po vsej Evropi. Tudi največje evropske reke (Donava, Ren, Loara, Pad) so dosegle izjemno nizke vodostaje (Toreti et al., 2022).

Presihajoči vodotoki so v določenih obdobjih leta brez vode. Pojavi presušitve (čas, pogostost in

trajanje) so močno odvisni od podnebnih sprememb in antropogenih vplivov, zato presihajoči vodotoki sodijo med najpogostejše in hidrološko najbolj dinamične sladkovodne ekosisteme (Bonacci et al., 2019). Presušitev vodotokov nastopi, ko običajno pričakovane padavine ne padejo v predvidenem obdobju. Zaradi pomanjkanja padavin pride do izgube vlage v tleh, zmanjšanja površinskega odtoka in napajanja podtalnice, kar vpliva na rečne ekosisteme in zmanjšanje vodnih habitatov (Boulton, 2003; Lake, 2003; Magalhaes et al., 2007). Tudi človek s svojim poseganjem v vodni režim bistveno prispeva k slabšanju hidrološkega stanja, kar se odraža zlasti pri poplavah in sušah (Smith in Ward, 1998).

Reke lahko presušijo tudi v padavinsko povsem običajnih letih. Primer stalnega ponikanja so kraške reke, ki tečejo po prepustnih kraških tleh. Podzemeljsko odtekanje vode je ena izmed glavnih značilnosti kraškega površja. Na stiku s krasom poniknejo tudi površinski vodotoki z nekraškega obrobja. Preko prepustnih kanalov ponikalnice vstopajo v podzemni kraški svet (Kogovšek, 2012; Bonacci et al., 2019). Ponikanje vode je odvisno od padavinskih in hidroloških razmer. V deževnem obdobju je ponikanje hitrejše (Kogovšek, 2012).

Podnebne spremembe vplivajo na padavinski in pretočni režim v Sloveniji (Bertalanich et al., 2018). Povečuje se količina padavin v jeseni in manjša v ostalih letnih časih. Spreminjata se višina in trajanje snežne odeje. Povečuje se povprečna temperatura zraka, kar vpliva na izhlapevanje. Vse te spremembe se odražajo na hidrološkem stanju voda in pretočnih režimih (Bertalanich et al., 2018).

Glavni cilj raziskave je bil ugotoviti, kateri vodotoki v Sloveniji presušijo, in izdelati prostorsko in

časovno analizo presušitve rek na osnovi podatkov delujočih vodomernih postaj državnega hidrološkega monitoringa. Želeli smo tudi ugotoviti, kako podnebne spremembe, ki smo jim priča, vplivajo na presušitve rek v Sloveniji.

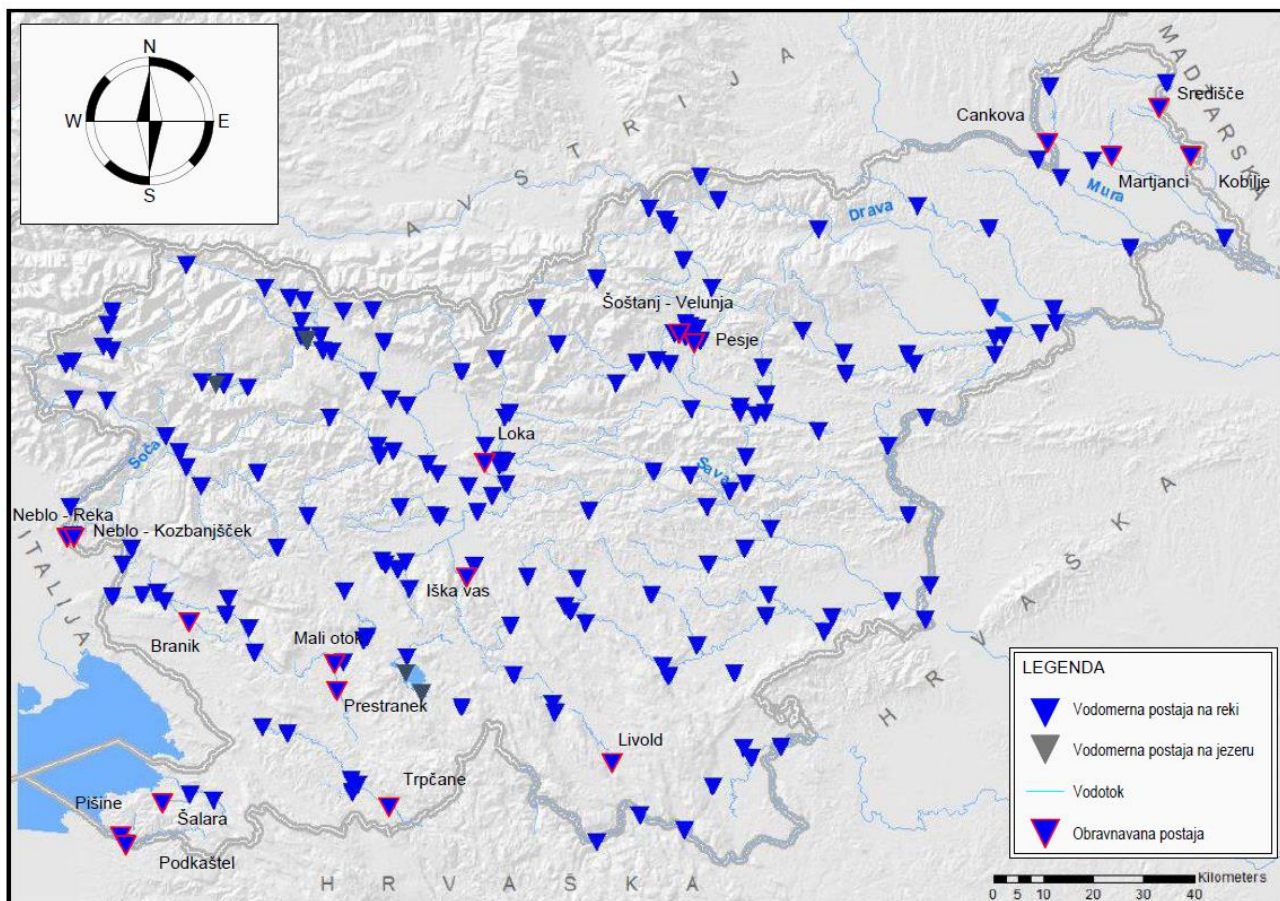
2. Podatki in metode

2.1 Podatki

V analizi smo obravnavali vse aktivne vodomerne postaje državnega hidrološkega monitoringa (slika 1). Pri pregledu podatkov obdobjnih statistik pretokov (ARSO, 2021) je imelo 18 vodomernih postaj najmanjši srednji dnevni pretok (nQnp) enak nič, kar pomeni, da je na teh postajah prišlo do presušitve struge vodotoka (preglednica 1). Za te vodomerne postaje smo izvedli nadaljnje analize

srednjih dnevni pretokov. Med njimi so štiri vodomerne postaje na vodotokih na porečju Mure, sedem na porečju Save, od teh tri na porečju Ljubljaničice, dve na porečju Savinje, ena na porečju Kamniške Bistrice in ena na porečju Kolpe, tri na porečju Soče z Vipavo ter štiri na porečju Obale (slika 1). V porečjih Drave in Krke med aktivnimi vodomernimi postajami ni prišlo do presušitve struge.

Obdobje razpoložljivih podatkov o pretokih je na obravnavanih vodomernih postaj različno, od 12 let na Rinži do 65 let na Velunji (preglednica 1). Na šestih vodomernih postajah so nizi podatkov prekinjeni, najdaljša prekinitvev (20 let) je na Rinži v Livoldu.



Slika 1: Vodomerne postaje hidrološkega monitoringa ARSO z označenimi obravnavanimi vodomernimi postajami (Cvelfer Domadenik, 2023).

Figure 1: ARSO gauging stations with considered gauging stations marked (Cvelfer Domadenik, 2023).

Preglednica 1: Obravnavane vodomerne postaje.

Table 1: Gauging stations considered in the analysis.

Šifra/ Code	Vodomerne postaja/ Gauging station	Vodotok/ River	Površina zaledja/Area [km ²]	Obdobje pretokov/ Data period	Št. let/ No. of years
1100	Cankova	Kučnica	31,98	1981–2001, 2005, 2007–2020	36
1300	Martjanci	Martjanski potok	28,25	1985–2020	36
1310	Kobilje	Kobiljski potok	48,64	1980–2020	41
1335	Središče	Ivanjševski potok	8,37	1985–2020	36
4575	Loka	Pšata	np	1997–2020	24
4960	Livold	Rinža	np	1989–1993, 2014–2020	12
5425	Iška vas	Iška	69,69	2001–2020	20
5800	Prestranek	Pivka	np	1958–2020	63
5840	Mali Otok	Nanoščica	50,75	1989–2020	32
6385	Pesje	Lepena	20,57	1986–1996, 2000–2020	32
6420	Šoštanj	Velunja	31,75	1956–2020	65
8640	Branik	Branica	68,1	1989–1998, 2005–2008, 2010–2020	25
8680	Neblo	Reka	29,94	1982–2020	39
8700	Neblo	Kožbanjšček	15,01	1987–1994, 1998–2020	31
9015	Trpčane	Reka	28,83	2000–2020	21
9275	Šalara	Badaševica	21,3	1994–2020	27
9280	Pišine	Drnica	29,78	1994–2020	27
9300	Podkaštel	Dragonja	93,16	1979–1996, 1998–2020	41

np – ARSO s podatkom o površini zaledja ne razpolaga

2.2 Metode

Iz podatkov mesečnih statistik (ARSO, 2021) smo najprej ugotovili, katere vodomerne postaje so v obdobju meritev imele najmanjši srednji dnevni pretok (nQnp) enak nič in v katerih mesecih. Tako smo dobili prostorski pregled presušitve rek v Sloveniji (slika 1). Za te postaje smo v nadaljevanju analizirali nize srednjih dnevnih pretokov. Iz podatkovnega arhiva površinskih voda ARSO (ARSO, 2022) smo s poizvedovanjem izpisali dneve, v katerih je bil srednji dnevni pretok enak nič, kar pomeni suho stanje vodotoka. Istočasno smo šteli tudi zaporedne dneve brez pretoka in izvedli analizo po letih in mesecih. Določili smo tudi najdaljša sušna obdobja.

Rezultate števila suhih dni in števila zaporednih suhih dni smo razvrstili po letih in mesecih ter jih grafično prikazali. Sledila je še analiza trendov.

3. Rezultati in razprava

3.1 Rezultati po porečjih

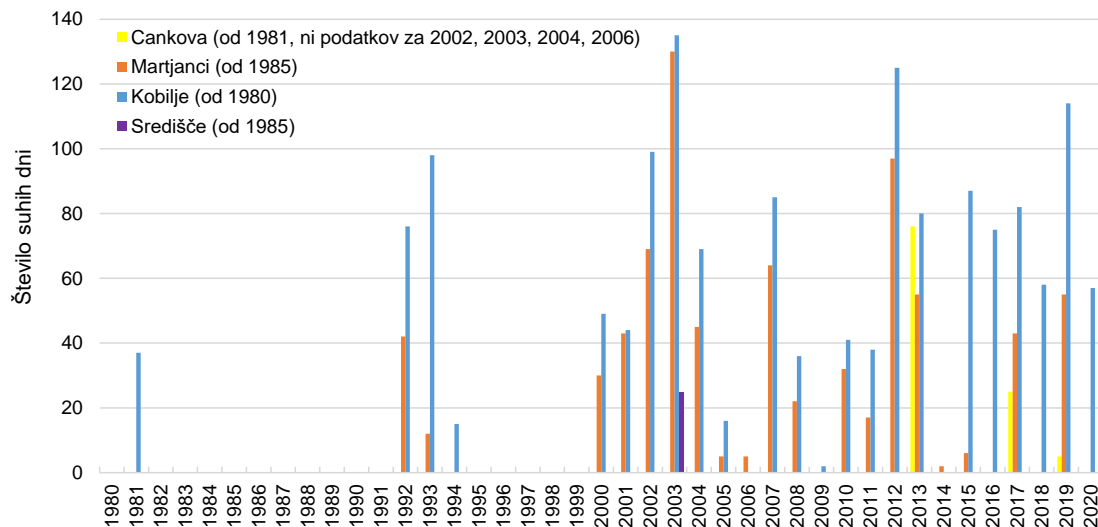
3.1.1 Porečje Mure

V porečju Mure so presušili Kučnica, Martjanski, Kobiljski in Ivanjševski potok. Največjo prispevno površino, 48,64 km², ima vodomerna postaja Kobilje na Kobiljskem potoku, najmanjšo, 8,37 km², pa vodomerna postaja Središče na Ivanjševskem potoku (preglednica 1). Martjanski in Kobiljski potok sta od začetka 21. stoletja skoraj vsako leto presušila, medtem ko je Kučnica v 36 letih presušila le v letih 2013, 2017 in 2019 (slika 2), pri čemer ni podatkov za leta 2002, 2003, 2004 in 2006. Ivanjševski potok je bil suh le v sušnem letu 2003. Z izjemo Kučnice, ki za leto 2003 nima podatkov, so imeli obravnavani vodotoki največje število suhih dni leta 2003, in sicer Kobiljski potok 135, Martjanski potok 130 in Ivanjševski potok 25 suhih dni. Kobiljski in Martjanski potok sta bila leta 2003 več kot tretjino leta suha. Pred letom 2000 so se presušitve redko dogajale, le v letih 1992 in 1993,

ko je bila najintenzivnejša suša na severu države (Kobold, 2023).

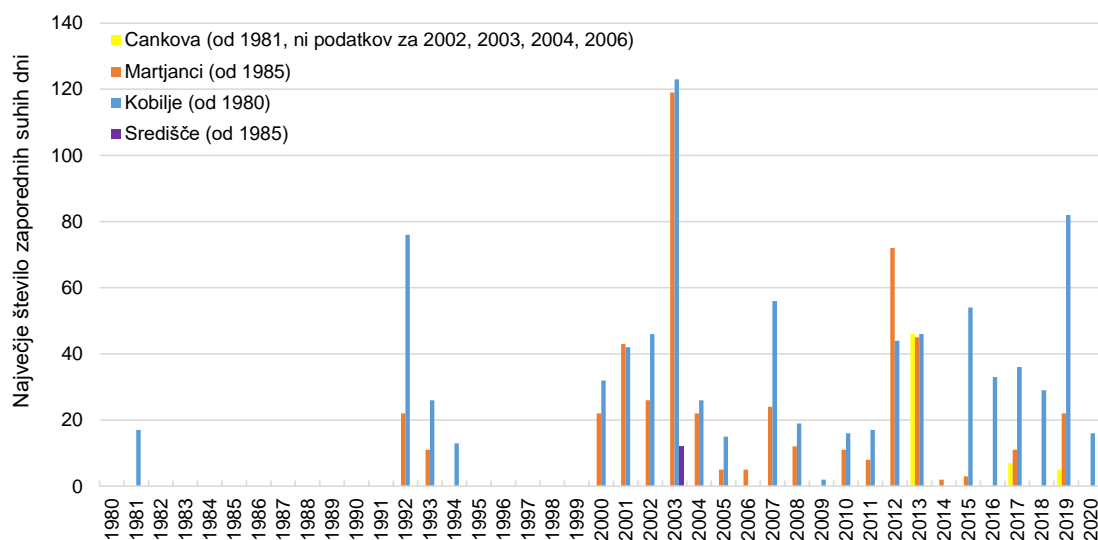
Tudi število zaporednih suhih dni je bilo po postajah veliko, največ leta 2003 (slika 3). Kobiljski potok je bil suh nepretrgoma 123 dni, Martjanski potok pa 119 dni. Suhi dnevi se večinoma zgodijo v poletnih in jesenskih mesecih (slika 4). Največ suhih dni je bilo za postaje porečja Mure zabeleženih avgusta, ko je bil delež suhih dni v obdobju meritev na

vodomerni postaji Cankova 47 %, na postaji Martjanci 34 %, na postaji Kobilje 29 % in postaji Središče kar 88 % (slika 4). Sledita julij in september z okrog 20 % suhih dni. Nekaj suhih dni je lahko tudi junija in oktobra. Vodomerne postaje Cankova, Martjanci in Kobilje imajo podobno razporeditev števila suhih dni po mesecih (slika 4).



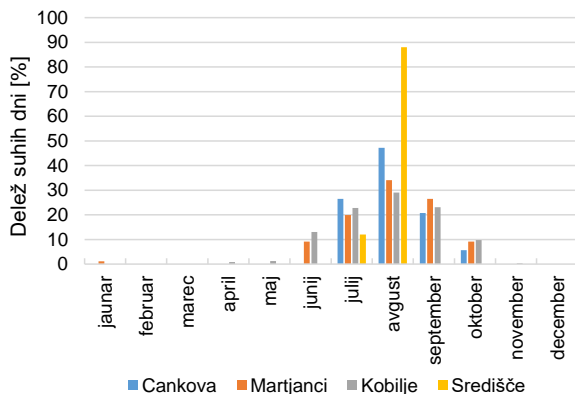
Slika 2: Število suhih dni po letih na Kučnici (Cankova), Martjanskem potoku (Martjanci), Kobiljskem potoku (Kobilje) in Ivanjševskem potoku (Središče).

Figure 2: Number of dry days by year on the Kučnica (Cankova), Martjanski Potok (Martjanci), Kobiljski Potok (Kobilje), and Ivanjševski Potok (Središče).



Slika 3: Največje število zaporednih suhih dni po letih na Kučnici (Cankova), Martjanskem potoku (Martjanci), Kobiljskem potoku (Kobilje) in Ivanjševskem potoku (Središče).

Figure 3: The largest number of consecutive dry days by year on the Kučnica (Cankova), Martjanski Potok (Martjanci), Kobiljski Potok (Kobilje), and Ivanjševski Potok (Središče).



Slika 4: Delež suhih dni po mesecih za vodomerne postaje Cankova, Martjanci, Kobilje in Središče.

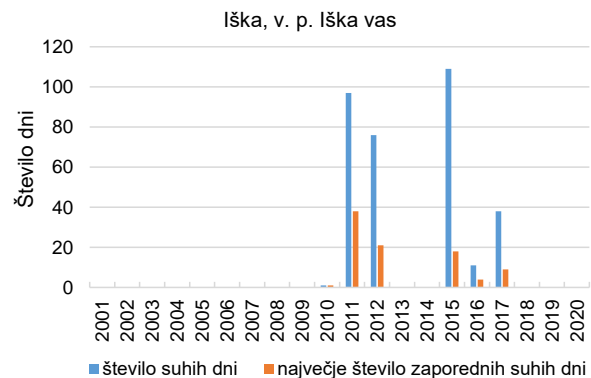
Figure 4: Proportion of dry days by month for gauging the stations Cankova, Martjanci, Kobilje, and Središče.

3.1.2 Porečje Save

V porečju Save je bila presušitev zabeležena na Pšati, Rinži, Iški, Pivki, Nanoščici, Lepeni in Velunji. Na vodomerni postaji Loka je Pšata v obdobju meritev presušila le v sušnem letu 2003 za 9 dni, en dan julija in trikrat po nekaj zaporednih dni avgusta. Postaja Mali Otok na Nanoščici je presušila le julija 2012 za 2 dni, zato nadaljnjih analiz za ti dve vodomerni postaji nismo izvajali.

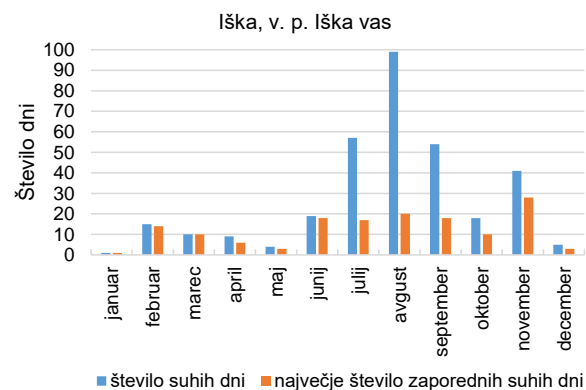
Rinža je kraška reka, ki ponikne. Za vodomerno postajo Livold je niz podatkov o pretokih kratek in nepopoln. Iz zabeleženega 12-letnega niza podatkov 1989–1993 in 2014–2020 je razvidno, da so se presušitve zgodile v letih 1991 s 25 in 1992 z 48 suhimi dnevi v poletnih in jesenskih mesecih.

Na Iški v Iški vasi, kjer so podatki na voljo od leta 2001, je bil prvi dan brez pretoka vode septembra 2010, ko se je med septembrskimi poplavam profila reke spremenil, prišlo je do zemeljskega udara in voda je med Iško vasjo in Strahomerjem izginila (Brenčič, 2011; Delo, 2010). V naslednjih letih je do presušitve Iške prišlo večkrat, v letih 2011, 2012, 2015, 2016 in 2017 (slika 5). Do presušitev Iške je v obdobju razpoložljivih podatkov prišlo v vseh mesecih, najpogosteje poleti in jeseni (slika 6).



Slika 5: Število suhih dni in največje število zaporednih suhih dni po letih na vodomerni postaji Iška vas na Iški.

Figure 5: Number of dry days and maximum number of consecutive dry days by year at the gauging station Iška Vas on the Iška.

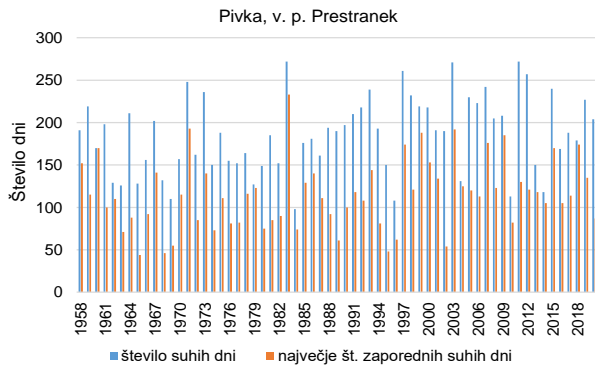


Slika 6: Skupno število suhih dni in največje število zaporednih suhih dni v obdobju 2001–2020 po mesecih na vodomerni postaji Iška vas na Iški.

Figure 6: Total number of dry days and maximum number of consecutive dry days by month in the period 2001–2020 at the gauging station Iška Vas on the Iška.

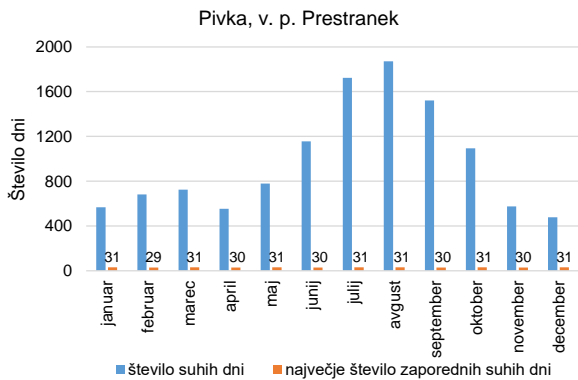
Reka Pivka je kraška reka ponikalnica. Vsako leto je struga vodotoka del leta suha (slika 7), v povprečju kar polovico leta. Največ suhih dni, 272, je bilo v obdobju meritev 1958–2020 zabeleženih v letih 1983 in 2011. Leta 1983 je bila Pivka neprekinjeno suha 233 dni. Najmanj suhih dni, 98, je bilo leta 1984.

Pivka presuši v vseh mesecih leta, so pa najbolj sušni meseci avgust (1871), julij (1723) in september (1521 suhih dni v obdobju meritev) (slika 8). Avgust je v povprečju suh 30 dni na mesec. Največ dni s pretokom ima december, v katerem je bilo v povprečju 8 suhih dni na mesec.



Slika 7: Število suhih dni in največje število zaporednih suhih dni po letih na vodomerni postaji Prestranek na Pivki.

Figure 7: Number of dry days and maximum number of consecutive dry days by year at the gauging station Prestranek on the Pivka.

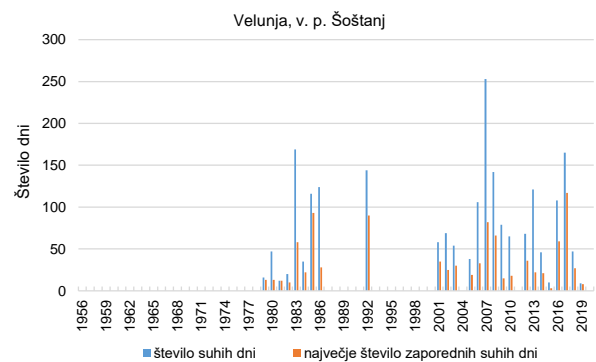


Slika 8: Skupno število suhih dni in največje število zaporednih suhih dni po mesecih v obdobju 1958–2020 na vodomerni postaji Prestranek na Pivki.

Figure 8: Total number of dry days and maximum number of consecutive dry days by month in the period 1958–2020 at the gauging station Prestranek on the Pivka.

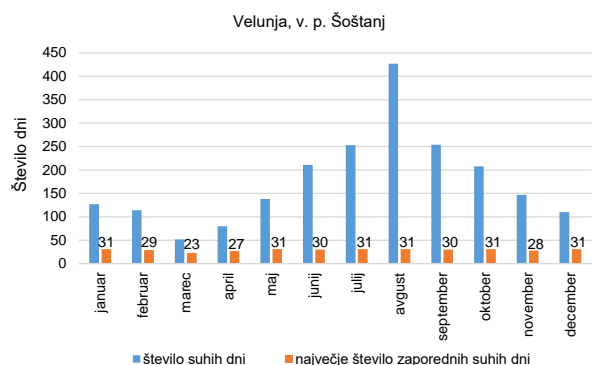
Lepena in Velunja sta pritoka Pake pri Šoštanju. Lepena teče preko Velenjskega jezera v reko Pako. Na vodomerni postaji Pesje pred iztokom v Pako je Lepena presušila le v letih 2001, ko je bilo 18 suhih dni (3 dnevi februarja in 15 septembra), in 2018, ko

je bilo julija 6 suhih dni. Velunja teče v Družmirsko jezero ter se iz jezera steka v Pako. Presušitve Velunje na vodomerni postaji Šoštanj, ki ima neprekinjen niz podatkov od leta 1956, so se začele leta 1979 (slika 9), kar je povezano tudi z nastankom umetnega Družmirskega jezera (Šterbenk et al., 2004). Največ suhih dni (253) je bilo leta 2007, najdaljše neprekinjeno sušno obdobje pa leta 2017, ki je trajalo 117 dni. Analiza po mesecih pokaže, da so se presušitve zgodile v vseh mesecih leta (slika 10). Najdaljše mesečne presušitve so večinoma trajale po cel mesec.



Slika 9: Število suhih dni in največje število zaporednih suhih dni po letih na vodomerni postaji Šoštanj na Velunji.

Figure 9: Number of dry days and the maximum number of consecutive dry days by year at gauging station Šoštanj on Velunja.



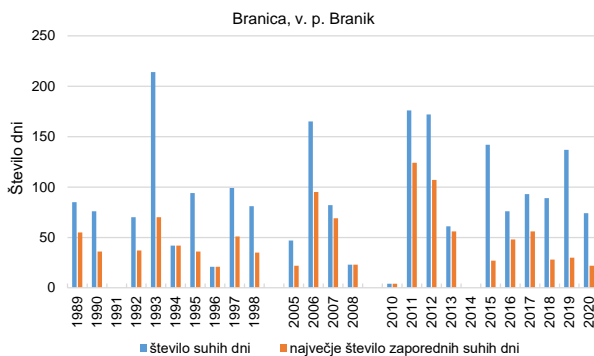
Slika 10: Skupno število suhih dni in največje število zaporednih suhih dni po mesecih v obdobju 1956–2020 na vodomerni postaji Šoštanj na Velunji.

Figure 10: Total number of dry days and maximum number of consecutive dry days by month in the period 1956–2020 at the gauging station Šoštanj on the Velunja.

3.1.3 Porečje Soče z Vipavo

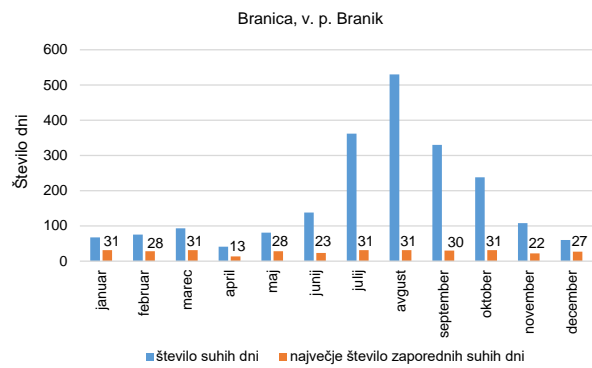
V porečju reke Vipave presuši Branica, v porečju Soče v Goriških Brdih pa vodotoka Reka in Kožbanjšček, ki je pritok Reke.

Za Branico je značilno, da presuši skoraj vsako leto. V obdobju delovanja vodomerne postaje Branik (1989–1998 in 2005–2020) Branica ni presušila le v letih 1991 in 2014 (slika 11). Največ suhih dni, 214, je bilo leta 1993. V povprečju je bila Branica v obdobju meritev 23 % časa suha. Sušna obdobja so bila daljša v sušnih letih. Branica je presušila v vseh mesecih leta. Največ suhih dni je bilo avgusta, kar 530 (slika 12). To število predstavlja 25 % vseh suhih dni, zabeleženih na vodomerni postaji. Sledita julij s 362 dnevi (17 %) in september s 330 suhimi dnevi (15,5 %). Najmanj suhih dni je bilo aprila. Največje število zaporednih suhih dni po mesecih kaže, da je bila Branica suha tudi po cele mesece. V 25-letnem obdobju meritev je bila Branica avgusta devetkrat popolnoma brez vode.



Slika 11: Število suhih dni in največje število zaporednih suhih dni po letih na vodomerni postaji Branik na Branici.

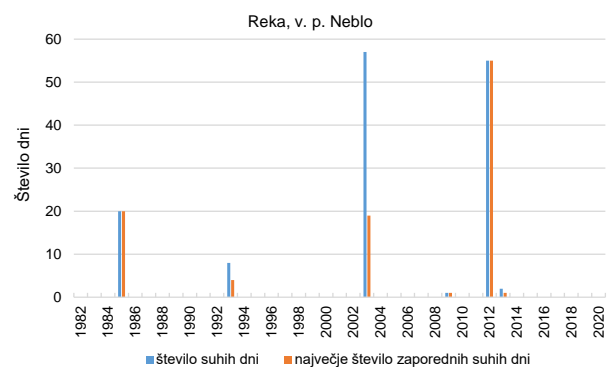
Figure 11: Number of dry days and the maximum number of consecutive dry days by year at the gauging station Branik on the Branica.



Slika 12: Skupno število suhih dni in največje število zaporednih suhih dni po mesecih v obdobjih 1989–1998 in 2005–2020 na vodomerni postaji Branik na Branici.

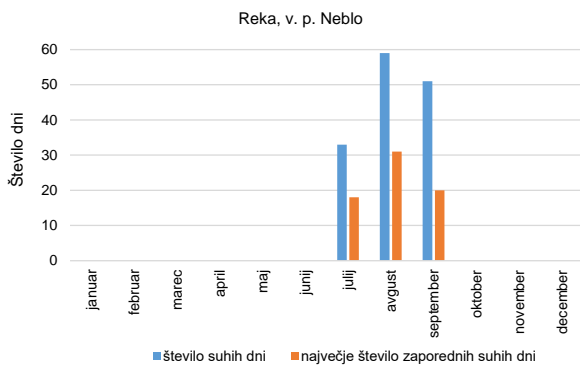
Figure 12: Total number of dry days and maximum number of consecutive dry days by month in the periods 1989–1998 and 2005–2020 at the gauging station Branik on the Branica.

Reka na vodomerni postaji Neblo je v obdobju 1982–2020 presušila šestkrat (slika 13). Največ dni brez pretoka je bilo v sušnem letu 2003 (57 dni), le nekaj manj suhih dni je bilo leta 2012 (55 dni). Do presušitve je prišlo še v letih 1985, 1993, 2009 in 2013. Do presušitev je prihajalo julija, avgusta in septembra (slika 14). Največ suhih dni je bilo avgusta, skupno 59 v obdobju meritev. Najdaljše sušno obdobje je bilo leta 2012, ko je bila struga vodotoka brez vode 55 zaporednih dni, od 19. julija do 11. septembra.



Slika 13: Število suhih dni in največje število zaporednih suhih dni po letih na vodomerni postaji Neblo na Reki.

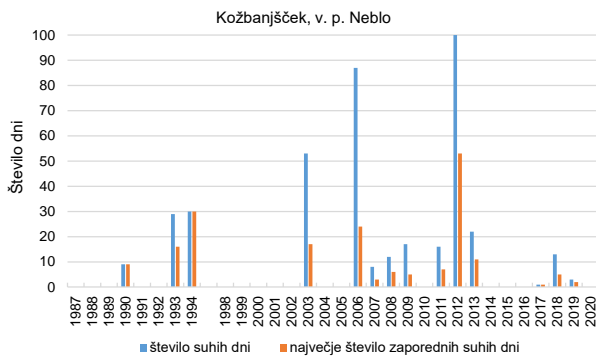
Figure 13: Number of dry days and the maximum number of consecutive dry days by year at the gauging station Neblo on the Reka.



Slika 14: Skupno število suhih in največje število zaporednih suhih dni po mesecih v obdobju 1982–2020 na vodomerni postaji Neblo na Reki.

Figure 14: Total number of dry days and number of consecutive dry days by month in the period 1982–2020 at the gauging station Neblo on the Reka.

Kožbanjšček, ki je pritok Reke, je presušil večkrat kot Reka v Neblu (slika 15). Največje število dni brez vode je bilo leta 2012, ko je struga ostala suha 100 dni. V tem letu je bilo na vodomerni postaji zabeleženo najdaljše sušno obdobje 46 dni, ki je trajalo od 29. julija do 12. septembra. Veliko suhih dni je bilo tudi v letih 2003 (53) in 2006 (87).

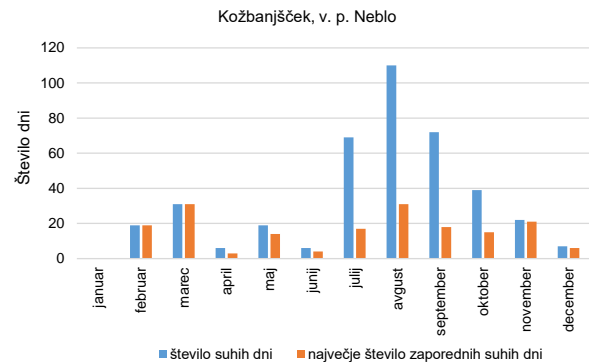


Slika 15: Število suhih dni in največje število zaporednih suhih dni po letih na vodomerni postaji Neblo na Kožbanjščku.

Figure 15: Number of dry days and the maximum number of consecutive dry days by year at the gauging station Neblo on the Kožbanjšček.

Presušitev Kožbanjščka se je zgodila v vseh mesecih razen januarja (slika 16). Največje skupno število suhih dni je bilo avgusta (110 dni), kar predstavlja 27,5 % vseh suhih dni na obravnavani

postaji. Avgusta 2012 je bila struga cel mesec brez vode. Po številu suhih dni sledita september (72) in julij (69 dni). Junij, ki je pri drugih vodotokih običajno tudi sušen mesec, je imel malo suhih dni.



Slika 16: Skupno število suhih in največje število zaporednih suhih dni po mesecih v obdobjih 1987–1994 in 1998–2020 na vodomerni postaji Neblo na Kožbanjščku.

Figure 16: Total number of dry days and number of consecutive dry days by month in the periods 1987–1994 and 1998–2020 at the gauging station Neblo on the Kožbanjšček.

3.1.4 Porečje Obale

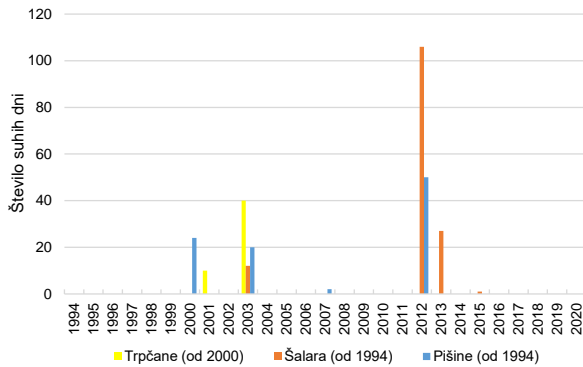
V porečju Obale so presušile Reka, Badaševica, Drnica in Dragonja. Največjo prispevno površino 93,16 km² ima Dragonja na vodomerni postaji v Podkaštelu.

Reka na vodomerni postaje Trpčane je bila suha le v sušnih letih 2001 in 2003 (slika 17). Leta 2001 je bila suha 10 dni, leta 2003 pa je bila neprekinjeno suha 40 dni, od 2. avgusta do 10. septembra (sliki 18 in 19).

Badaševica na vodomerni postaji Šalara je presušila v štirih letih: 2003, 2012, 2013 in 2015 (slika 17). Najdaljše sušno obdobje je bilo leta 2012, ko je bila struga suha 106 dni, od 1. julija do 14. oktobra (slika 18). V skupnem seštevku sta bila najbolj suha meseca julij (58 dni) in avgust (41 dni). Sledijo september (32), oktober (14) in junij (1 dan) (slika 19).

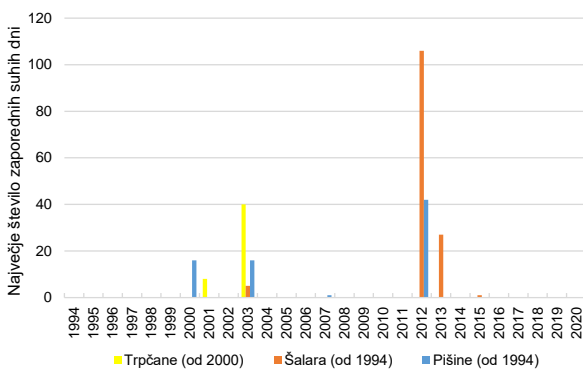
Drnica na vodomerni postaji Pišine je v obdobju meritev presušila v štirih letih: 2000, 2003, 2007 in 2012 (slika 17). Največ suhih dni je bilo leta 2012,

ko je potok ostal brez vode 50 dni, kar predstavlja polovico vseh suhih dni. Neprekinjeno suho obdobje je trajalo 42 dni, od 16. julija do 26. avgusta 2012 (slika 18). Do presušitev je prihajalo avgusta (60), julija (20) in septembra (16 dni) (slika 19).



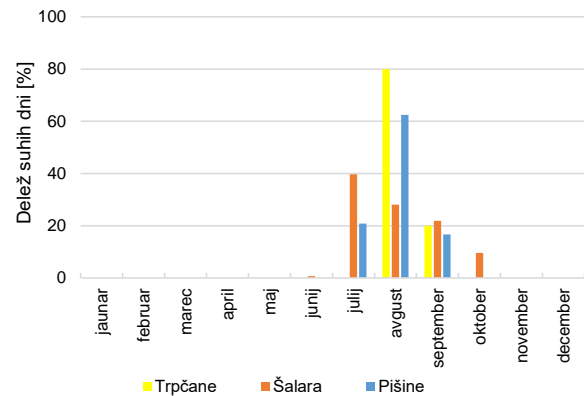
Slika 17: Število suhih dni po letih na Reki (Trpčane), Badaševici (Šalara) in Drnici (Pišine).

Figure 17: Number of dry days by year on the Reka (Trpčane), Badaševica (Šalara), and Drnica (Pišine).



Slika 18: Največje število zaporednih suhih dni po letih na Reki (Trpčane), Badaševici (Šalara) in Drnici (Pišine).

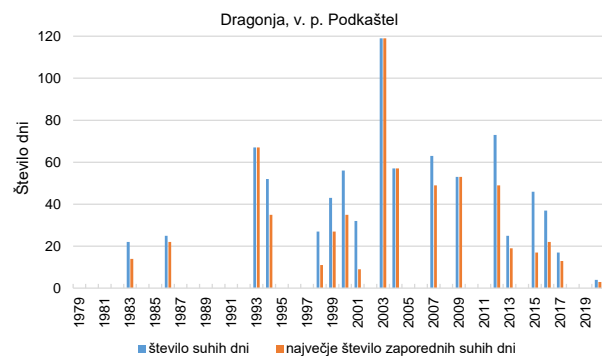
Figure 18: The largest number of consecutive dry days by year on the Reka (Trpčane), Badaševica (Šalara), and Drnica (Pišine).



Slika 19: Delež suhih dni po mesecih za vodomerne postaje Trpčane, Šalara in Pišine.

Figure 19: Proportion of dry days by month at the gauging stations Trpčane, Šalara, and Pišine.

Reka Dragonja je imela v obdobju meritev 1979–2020 na vodomerni postaji Podkaštel veliko število suhih dni (slika 20). Najdaljše sušno obdobje je bilo leta 2003, ki je trajalo 119 dni, od 6. julija do 2. novembra. Veliko suhih dni je bilo tudi v letih 1993 (67), 1994 (57), 2000 (56), 2004 (57), 2007 (63), 2009 (53) in 2012 (73).

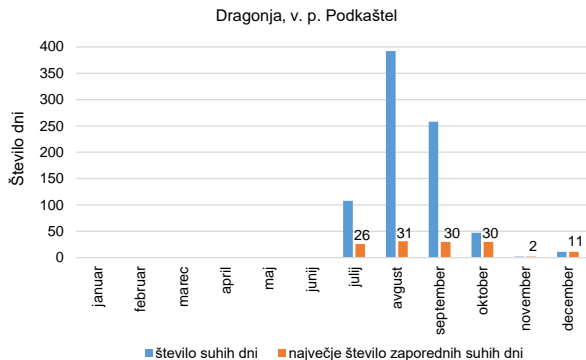


Slika 20: Število suhih dni in največje število zaporednih suhih dni po letih na vodomerni postaji Podkaštel na Dragonji.

Figure 20: Number of dry days and the maximum number of consecutive dry days by year at the gauging station Podkaštel on the Dragonja.

Največkrat je Dragonja presušila avgusta. V tem mesecu je struga v obdobju meritev ostala suha 392 dni (slika 21), kar predstavlja skoraj polovico vseh suhih dni. Avgusta 1993, 2003 in 2007 je bila reka v celoti suha. Veliko suhih dni je bilo tudi septembra, 258 dni, kar predstavlja 31,5 % vseh

suhih dni. Avgusta in septembra so bila dolga sušna obdobja. Za nekaj dni je bila Dragonja suha tudi novembra 2003 in decembra 1994.



Slika 21: Skupno število suhih dni in največje število zaporednih suhih dni po mesecih v obdobju 1979–2020 na vodomerni postaji Podkaštel na Dragonji.

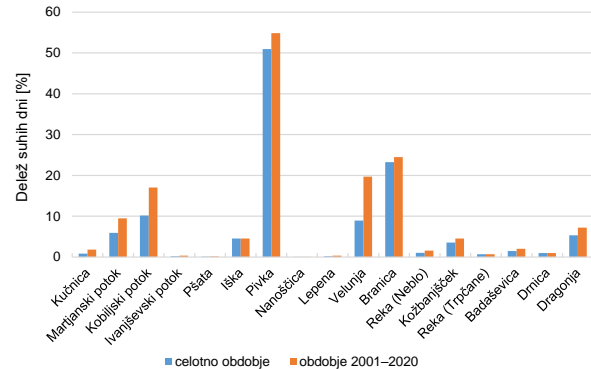
Figure 21: Total number of dry days and number of consecutive dry days by month in the period 1979–2020 at the gauging station Podkaštel on the Dragonja.

3.2 Analiza trendov

Za podrobnejšo analizo smo izračunali delež suhih dni na obravnavanih vodotokih v celotnem obdobju meritev in v zadnjih dvajsetih letih (slika 22). Iz analize smo izpustili Rinžo, ki ima le 12-letni niz podatkov.

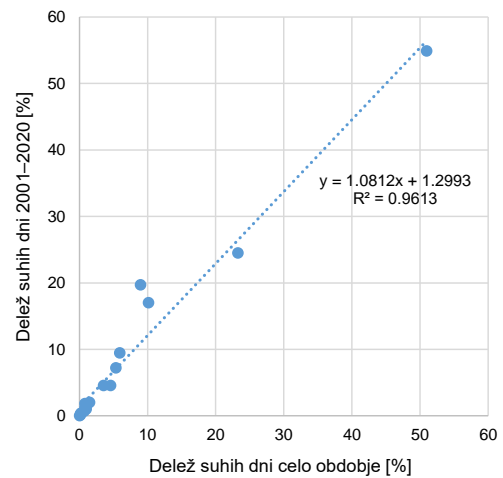
Največji delež suhih dni ima izmed preostalih 17 vodomernih postaj Pivka. V obdobju meritev 1958–2020 je ta delež znašal 51 %, ki se je v obdobju 2001–2020 povečal na 55 %. Struga Branice je bila v obdobju meritev 1989–2020 suha 23 % časa, v obdobju 2001–2020 pa 24 %. Ostale reke so imele v obdobju meritev delež suhih dni pod 10 %. Vsem obravnavanim vodotokom se je delež suhih dni v zadnjem 20-letnem obdobju povečal, najbolj na Velunji in Kobiljskem potoku (slika 22). Povečanje števila dni, ko vodotoki presušijo, pripisujemo vplivu podnebnih sprememb na nihanja pretokov slovenskih rek v zadnjih dvajsetih letih (Kostevc et al., 2022; Oblak et al., 2021). Primerjava obdobjev kaže na linearno korelacijo med deležem suhih dni v obdobju 2001–2020 in deležem suhih dni v celotnem obdobju (slika 23). Zmanjševanje malih in srednjih pretokov kraških izvirov v Sloveniji so v

svoji raziskavi pokazali tudi Jelen et al. (2020), ki so izpostavili potencialno ranljivost kraških izvirov zaradi podnebnih sprememb.



Slika 22: Delež suhih dni na obravnavanih vodotokih v celotnem obdobju meritev in v zadnjih dvajsetih letih.

Figure 22: Proportion of dry days on the considered watercourses during the entire period of measurements and over the past twenty years.



Slika 23: Korelacija med deležem suhih dni v obdobju 2001–2020 in deležem suhih dni v celotnem obdobju za vodotoke na sliki 20.

Figure 23: Correlation between the proportion of dry days in the period 2001–2020 and the proportion of dry days in the whole period for watercourses in Figure 20.

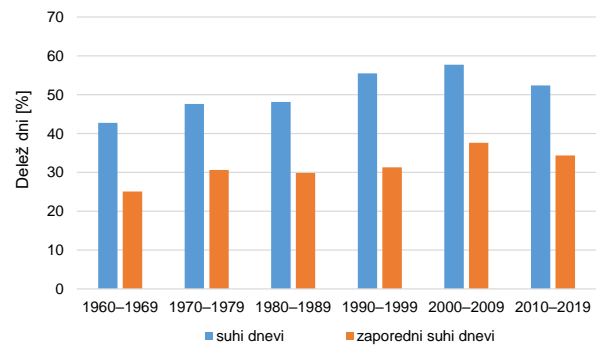
Za reko Pivko, ki ima najdaljši neprekinjen niz podatkov brez umetnega vpliva na hidrološki režim in presuši vsako leto, smo izračunali trend števila suhih dni in 10-letno drseče povprečje (slika 25). Linearni trend pokaže, da se število suhih dni

povečuje v povprečju za 0,7 dni na leto. Povečuje se tudi najdaljše neprekinjeno število suhih dni, v povprečju 0,5 dni na leto. 10-letno drseče povprečje pokaže, da je bil največji skok v povečanju števila suhih dni proti koncu 20. stoletja.

Primerjava števila suhih dni za Pivko po desetletjih kaže, da se je število suhih dni v zadnjih treh desetletjih močno povečalo v primerjavi s prvimi tremi, kar velja tudi za dolžino neprekinjenega sušnega obdobja (slika 24). Je pa bilo v zadnjem desetletju za 5 % manj suhih dni v primerjavi s predhodnim desetletjem.

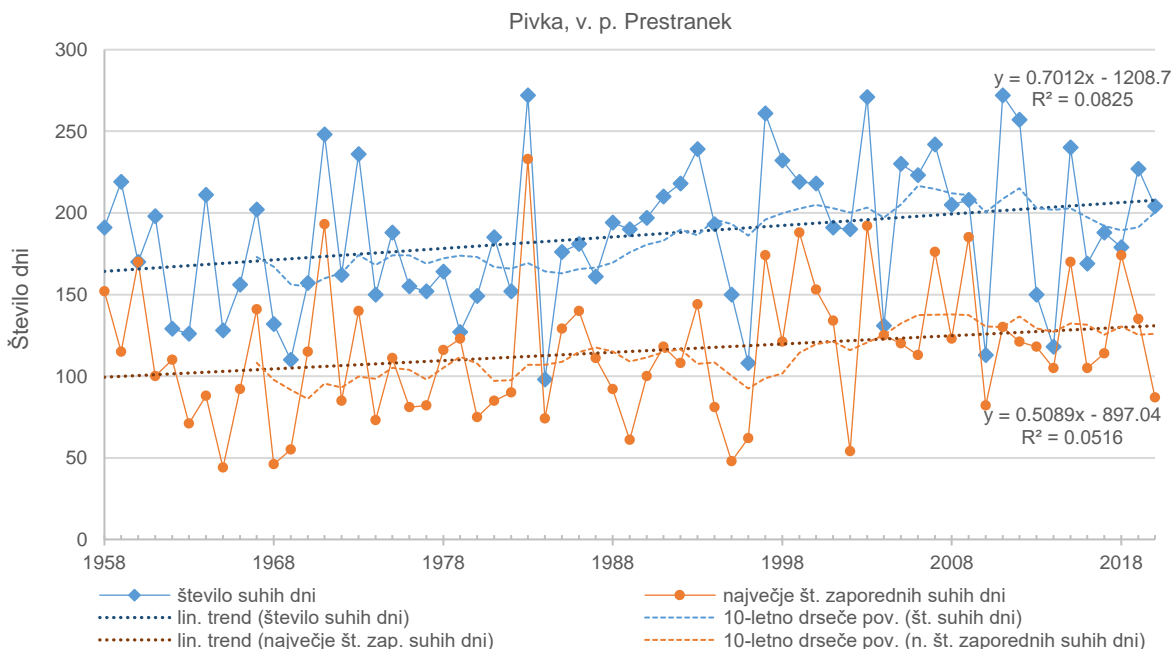
Analiza pojavnosti suhih obdobj po mesecih pokaže, da so reke največkrat presušile julija, avgusta in septembra, predvsem v sušnih letih. Na sliki 26 so za obravnavane vodotoke prikazani meseci, v katerih so ti v obdobju meritev presušili. Julija ni presušila le Reka (Trpčane), avgusta nista presušili Nanoščica in Lepena, septembra pa Ivanjševski potok, Pšata in Nanoščica. Od obravnavanih rek so v vseh mesecih presušile Iška, Pivka, Velunja in Branica. Kožbanjšček ni presušil

le januarja. Vodotoki v porečjih Mure in Obale imajo podoben vzorec presušitev. Najmanjkrat je presušila Nanoščica, in sicer le julija (slika 26).



Slika 24: Delež suhih dni in delež zaporednih suhih dni po desetletjih na vodomerni postaji Prestranek na Pivki.

Figure 24: Proportion of dry days and proportion of consecutive dry days by decades at the gauging station Prestranek on the Pivka.



Slika 25: Trend naraščanja števila suhih dni na vodomerni postaji Prestranek na Pivki.

Figure 25: Increasing trend of the number of dry days at the gauging station Prestranek on the Pivka.

Porečje	Vodotok	Vodomerna postaja	jan.	feb.	mar.	apr.	maj	jun.	jul.	avg.	sep.	okt.	nov.	dec.
Porečje Mure	Kučnica	Cankova												
	Martjanski potok	Martjanci												
	Kobiljski potok	Kobilje												
	Ivanjševski potok	Središče												
Porečje Save	Pšata	Loka												
	Rinža	Livold												
	Iška	Iška vas												
	Pivka	Prestranek												
	Nanoščica	Mali Otok												
	Lepena	Pesje												
	Velunja	Šoštanj												
Porečje Soče z Vipavo	Branica	Branik												
	Reka	Neblo												
	Kožbanjšček	Neblo												
Porečje Obale	Reka	Trpčane												
	Badaševica	Šalara												
	Drnica	Pišine												
	Dragonja	Podkaštel												

Slika 26: Meseci, v katerih so obravnavani vodotoki v obdobju meritev presušili (rumeni kvadrati).

Figure 26: Months in which the considered watercourses dried up during the measurement period (yellow squares).

4. Zaključki

Presušitve vodotokov v Sloveniji se pojavljajo na majhnih vodotokih, ki so po večini hudourniki, ali pa gre za ponikalnice, ki tečejo po kraških tleh in lahko presahnejo tudi v letih, ko pade običajna količina padavin. Za nekatere vodotoke so presušitve značilne in se redno pojavljajo, ne samo v obdobju hidroloških suš. Med te spadajo vodotoki v Pomurju (Martjanski in Kobiljski potok), Rinža, Pivka, Velunja, Branica, Kožbanjšček, Badaševica in Dragonja. Na drugih (Kučnica, Ivanjševski potok, Pšata, Nanoščica, Lepena, Reka (Neblo), Reka (Trpčane), Drnica) se presušitve pojavljajo ob pomanjkanju padavin, v obdobju hidroloških suš. Na vodotokih v porečjih Drave in Krke presušitev na vodomernih postajah državnega hidrološkega monitoringa ni bila zaznana.

Na Velunji je viden antropogeni vpliv na presušitve vodotoka, ki sovpadajo z nastankom umetnega Družmirskega jezera.

Hidrološka suša v Sloveniji je v zadnjih desetletjih pogost pojav, ki pa se običajno ne zgodi hkrati na vseh območjih države (Kobold, 2023; Cunja et al., 2020; Zalokar et al., 2021). Podnebne spremembe, ki smo jim priča od osemdesetih let prejšnjega stoletja, ko se je vpliv segrevanja začel dvigovati nad naravno podnebno spremenljivost (Cegnar, 2010; Dolinar in Vertačnik, 2010; IPCC, 2007), so

povzročile, da se število presušitev vodotokov povečuje, kar potrjujejo rezultati izvedene analize. Po letu 1980 se vse pogosteje pojavlja število dni s suhimi strugami. Rezultati kažejo, da se v 21. stoletju število suh dni na vodomernih postajah povečuje. Pivka, ki presuši vsako leto, kaže naraščajoč trend števila dni, ko vodotok presuši.

Največ suh dni je bilo v letih 2003, 2012 in 1993, ki veljajo za leta z največjo hidrološko sušo v Sloveniji (Kobold, 2023; Cunja et al., 2019). Najbolj suh mesec je avgust, ki mu sledita julij in september. Tudi junija in oktobra so presušitve dokaj pogoste, v ostalih mesecih pa je suh dni manj. Glede na scenarije podnebnih sprememb, ki kažejo na nadaljnji porast temperature zraka, in pričakovana daljša in izrazitejša obdobja poletne vročine in suše (Bertalančič et al., 2018), bo trend presušitev rek pričakovano naraščal, presušili pa bodo lahko tudi vodotoki, kjer do zdaj presušitve niso bile zabeležene.

Viri

ARSO (2021). Mesečne statistike. Ljubljana. http://www.arso.gov.si/vode/podatki/arhiv/hidroloski_arhiv.html (Pridobljeno 10. 5. 2021.)

ARSO (2022). Arhiv hidroloških podatkov. Ljubljana. https://vode.arso.gov.si/hidarhiv/pov_arhiv_tab.php (Pridobljeno 16. 2. 2022.)

- Bertalanič, R., Dolinar, M., Draksler, A., Honzak, L., Kobold, M., Kozjek, K., Lokošek, N., Medved, A., Vertačnik, G., Vlahović, Ž, Žust, A. (2018). Ocena podnebnih sprememb v Sloveniji do konca 21. stoletja. Sintezno poročilo - prvi del. Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje, Ljubljana.
- Bonacci, O., Terzić, J., Roje-Bonacci, T., Frangen, T. (2019). An Intermittent Karst River: The Case of the Čikola River (Dinaric Karst, Croatia). *Water* **11**(11), 2415. <https://doi.org/10.3390/w11112415>.
- Boulton, A. J. (2003). Parallels and contrasts in the effects of drought on stream macroinvertebrate assemblages. *Freshwater Biology* **48**, 1173–1185.
- Brenčič, M. (2011). Zakaj je izginila reka Iška? https://www.obcina-ig.si/wp-content/uploads/stab-civilne-zascite/Zakaj_je_izginila_reka_Iska.pdf (Pridobljeno 17. 1. 2023.)
- Cegnar, T. (2010). Podnebne spremembe in potreba po prilagajanju nanje. V: Cegnar, T. (ur.), *Okolje se spreminja: podnebna spremenljivost Slovenije in njen vpliv na vodno okolje*. Agencija Republike Slovenije za okolje, Ljubljana, 3–14.
- Cunja, J., Kobold, M., Šraj, M. (2019). Časovna in prostorska analiza največjih hidroloških suš v Sloveniji. *Ujma* **33**, 95–103.
- Cunja, J., Kobold, M., Šraj, M. (2020). Analysis of runoff deficit using the threshold method for the case of three gauging stations in Slovenia. *Acta hydrotechnica* **33**(59), 113–127. <https://doi.org/10.15292/acta.hydro.2020.08>.
- Cvelfer Domadenik, J. (2023). Analiza presušitve rek v Sloveniji. Univerza v Ljubljani, FGG.
- Delo (2010). Trije kilometri Iške popolnoma presahnili. <https://old.delo.si/novice/slovenija/trije-kilometri-iske-popolnoma-presahnili.html> (Pridobljeno dne 10. 1. 2022.)
- Dolinar, M., Vertačnik, G. (2010). Spremenljivost temperaturnih in padavinskih razmer v Sloveniji. V: Cegnar, T. (ur.), *Okolje se spreminja: podnebna spremenljivost Slovenije in njen vpliv na vodno okolje*. Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje, Ljubljana, 37–40.
- IPCC (2007). Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Chapter 1. Cambridge University Press, Cambridge.
- IPCC (2022). Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Chapter 4. Cambridge University Press, Cambridge.
- Jelen, M., Mikoš, M., Bezak, N. (2020). Karst springs in Slovenia: Trend analysis. *Acta Hydrotechnica*, **33**, 1–12. <https://doi.org/10.15292/acta.hydro.2020.01>.
- Kobold, M. (2004). Hidrološka suša slovenskih vodotokov v obdobju 2000–2002. *Ujma* **17-18**, 102–111.
- Kobold, M. (2015). Hidrološko stanje voda kot posledica vremenskega dogajanja. *Vetrnica: glasilo Slovenskega meteorološkega društva* **8**, 4–7.
- Kobold, M. (2023). Primerjava hidrološke suše površinskih voda leta 2022 s sušnimi leti 1993, 2003 in 2012. *Ujma* **37**, 98–107.
- Kobold, M., Ulaga, F. (2010). Hidrološko stanje voda in podnebna spremenljivost. V: Cegnar, T. (ur.), *Okolje se spreminja: podnebna spremenljivost Slovenije in njen vpliv na vodno okolje*. Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje, Ljubljana, 43–56.
- Kobold, M., Dolinar, M., Frantar, P. (2012). Spremembe vodnega režima zaradi podnebnih sprememb in drugih antropogenih vplivov. Zbornik I. kongresa o vodah Slovenije 2012, Ljubljana, 12–17.
- Kogovšek, J. (2012). Kras in voda. Zbornik I. kongresa o vodah Slovenije 2012, Ljubljana, 91–101.
- Kostevc, L., Kobold, M., Šraj, M. (2022). Analysis of seasonal and spatial variability of river flow characteristics in Slovenia. *Acta Hydrotechnica*, **35**, 57–74. <https://doi.org/10.15292/acta.hydro.2022.05>.
- Lake, P. S. (2003). Ecological effects of perturbation by drought in flowing waters. *Freshwater Biology* **48**, 1161–1172. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2427.2003.01086.x>.
- Magalhaes, M. F., Beja, P., Schlosser, I. J., Collares-Pereira, M. J. (2007). Effects of multi-year droughts on fish assemblages of seasonally drying Mediterranean streams. *Freshwater Biology* **52**, 1494–1510. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2007.01781.x>.
- Oblak, J., Kobold, M., Šraj, M. (2021). The influence of climate change on discharge fluctuations in Slovenian rivers. *Acta geographica Slovenica* **61-2**, 155–169. <https://doi.org/10.3986/AGS.9942>.
- Smith, K. and Ward, R. (1998). Floods. Physical Processes and Human Impacts. John Wiley & Sons, England.
- Sušnik, A., Gregorič, G., Uhan, J., Kobold, M., Andjelov, M., Petan, S., Pavlič, U., Valher, A. (2013). Spremenljivost suš v slovenskem prostoru in analiza suše

2013. Zbornik referatov, 24. Mišičev vodarski dan, Maribor, 102–109.

Šterbenk, E., Ževart, M., Ramšak, R. (2004). Jezera: o katerih bomo še slišali. *Geografski obzornik*, **51-1**, 4–11. <https://www.dlib.si/details/URN:NBN:SI:DOC-JX96WXMA> (Pridobljeno, 12. 1. 2023).

Tallaksen, M. in Van Lanen, A. (2004). Hydrological Drought: Processes and Estimation Methods for Streamflow and Groundwater. *Developments in Water Science* **48**. Elsevier, Amsterdam. Chapter 1, 3–17.

Toreti, A., Bavera, D., Acosta Navarro, J., Cammalleri, C., de Jager, A., Di Ciollo, C., Hrast Essenfelder, A., Maetens, W., Magni, D., Masante, D., Mazzeschi, M., Niemeyer, S., Spinoni, J. (2022). Drought in Europe August 2022. Publications Office of the European Union, Luxembourg.

https://edo.jrc.ec.europa.eu/documents/news/GDO-EDODroughtNews202208_Europe.pdf (Pridobljeno 10. 10. 2022).

Zalokar, L., Kobold, M., Šraj, M. (2021). Investigation of Spatial and Temporal Variability of Hydrological Drought in Slovenia Using the Standardised Streamflow Index (SSI). *Water (Switzerland)*, **13**, 3197. <https://doi.org/10.3390/w13223197>.