

SUŠA V MEDZRNSKIH VODONOSNIKIH V LETIH 2019 IN 2020

DROUGHT IN INTERGRANULAR AQUIFIERS IN 2019 AND 2020

Urška Pavlič

dr., Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija RS za okolje, Vojkova 1b, Ljubljana, urska.pavlic@gov.si

Povzetek

Spremljanje pojava suš podzemne vode na izbrani merilni mreži hidrološkega monitoringa podzemne vode je pokazalo, da se razširjenost izjemnih sušnih dogodkov podzemnih voda z leti povečuje. Gladina podzemne vode se je v vodonosnikih z medzrnsko poroznostjo v letih 2019 in 2020 najpogosteje spustila pod mejno raven izjemne suše v vodonosnikih Ljubljanske in Savinjske kotline. Leto 2020 je bilo sušnejše od leta pred njim. V primerjavi z dolgoletnim referenčnim obdobjem je to leto spadalo med pet najsušnejših let glede prostorske razširjenosti izjemnih sušnih dogodkov podzemne vode v Sloveniji – izjemni sušni dogodki so bili bolj razširjeni od leta 1981 naprej le v letih 2002, 2003, 2012 in 1989. Izjemne sušne dogodke podzemne vode smo v vodonosnikih Savinjske kotline leta 2019 spremljali predvsem v prvih dveh mesecih leta, v Ljubljanski kotlini pa med avgustom in oktobrom. Leta 2020 je za najsušnejše veljalo obdobje med majem in septembrom. Povod za razvoj hudih in izjemnih suš podzemne vode v letih 2019 in 2020 pripisujemo neenakomerni časovni in prostorski porazdelitvi napajanja vodonosnikov z infiltracijo padavin, kar je povzročilo daljša strnjena obdobja zniževanja količin podzemne vode.

Abstract

Groundwater level analysis at the selected monitoring locations of hydrological groundwater monitoring network has shown that the prevalence of extreme groundwater drought events has been increasing over the years. The groundwater levels in intergranular aquifers in Slovenia in 2019 and 2020 decreased below the extreme drought threshold limit most frequently in the Ljubljana and Savinja basin aquifers. 2020 was drier than the previous year, as 2020 was one of the 5th driest years in terms of the spatial distribution of extreme groundwater drought events in Slovenia – a higher prevalence of extreme drought events was recorded only in 2002, 2003, 2012 and 1989. Extreme groundwater drought devastated the Savinja Basin aquifers in the first two months of 2019, while in the Ljubljana basin aquifers, drought was monitored mostly between August and October. In 2020, the period between May and September was considered the driest with regard to groundwater quantity. The reason for the severe and extreme groundwater droughts in 2019 and 2020 was mainly the uneven temporal and spatial distribution of groundwater recharge resulting from the percolation of precipitation, which led to longer condensed periods of groundwater level decline.

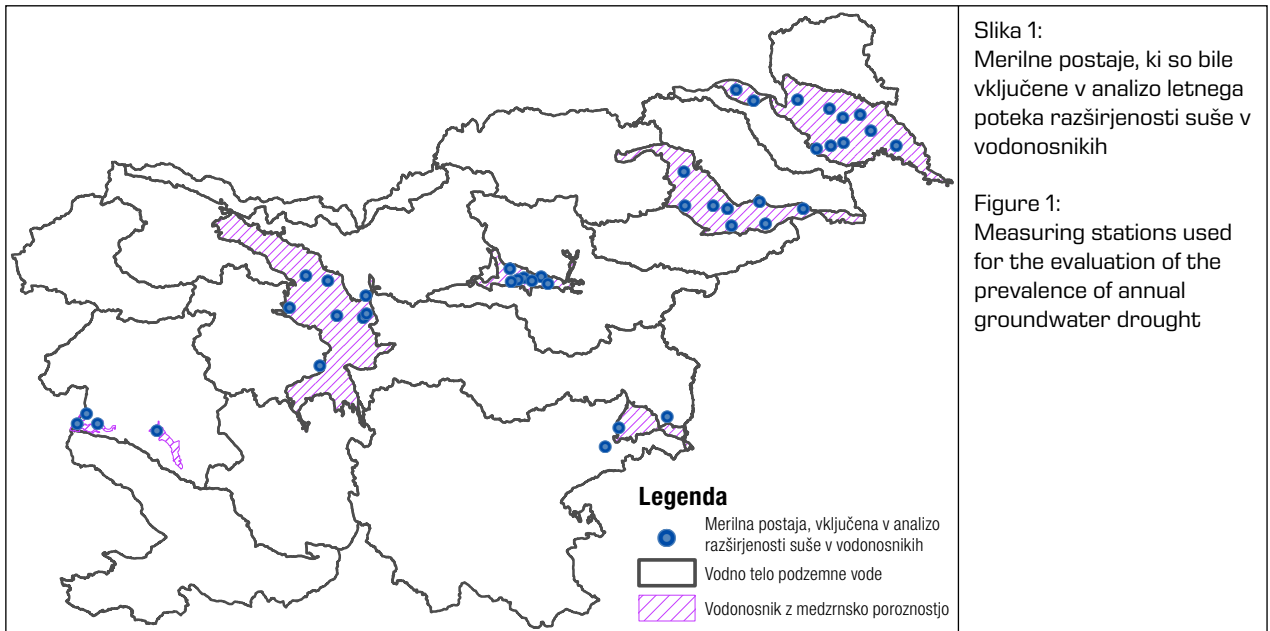
Uvod

V analizi podnebne spremenljivosti Slovenije je bilo ugotovljeno, da se bomo v prihodnje spoprijemali s pogostejšimi ekstremnimi dogodki – sušami in poplavami (Vertačnik in sod., 2018). Suše podzemnih voda v prihodnje lahko pomenijo grožnjo za zagotavljanje zadostne količine pitne vode, saj v Sloveniji kar 97 odstotkov pitne vode pridobimo iz podzemnih vodnih virov.

V prispevku smo ugotavljali razširjenost izjemne in hude suše v medzrnskih vodonosnikih v Sloveniji v dolgem časovnem obdobju ter podrobneje analizirali sušo podzemne vode v letih 2019 in 2020. Pri tem smo uporabili različne kazalnike, ki smo jih določili na podlagi dolgoletnih podatkov hidrološkega monitoringa podzemnih voda Agencije RS za okolje.

Kazalniki suše podzemne vode

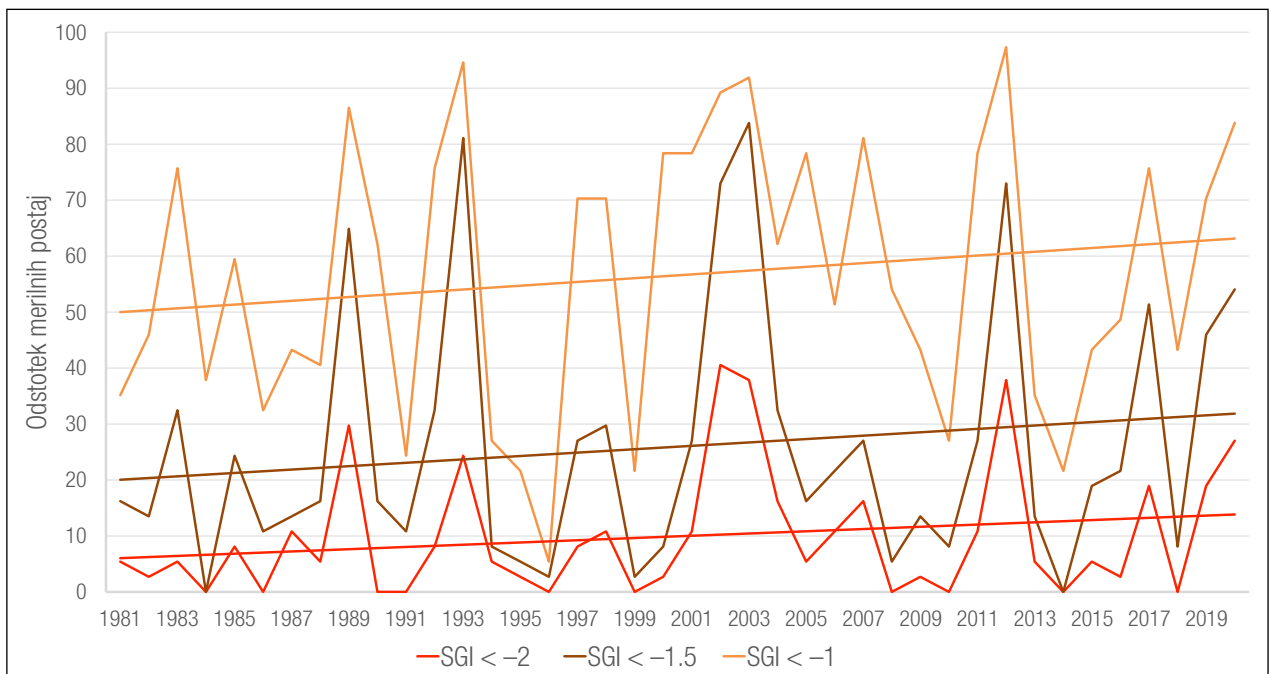
Sušo v vodonosnikih smo na dnevni ravni določili s primerjavo aktualnih povprečnih dnevni gladin podzemne vode z vrednostjo praga, ki smo ga določili iz podatkov povprečnih dnevni gladin podzemne vode različnih trajanj večletnega preteklega referenčnega obdobja (Tallaksen in Van Lanen, 2004). Ocenjevali smo tako sezonsko kot tudi absolutno sušo. Kazalnike suše smo opredelili s 75., 90. in 95. percentilom povprečnih dnevni gladin podzemne vode 30-letnega niza meritev med letoma 1981 in 2010. Za oceno sezonskega odstopanja od običajnih vodnih razmer smo aktualne gladine podzemne vode primerjali s podatki gladin dolgoletnega referenčnega obdobja, izračunanimi za posamezen dan v letu in zglajenimi s sedemdnevni drsečim povprečjem, za oceno absolutne suše v vodonosnikih pa s podatki, izračunanimi iz celotnega dolgoletnega niza

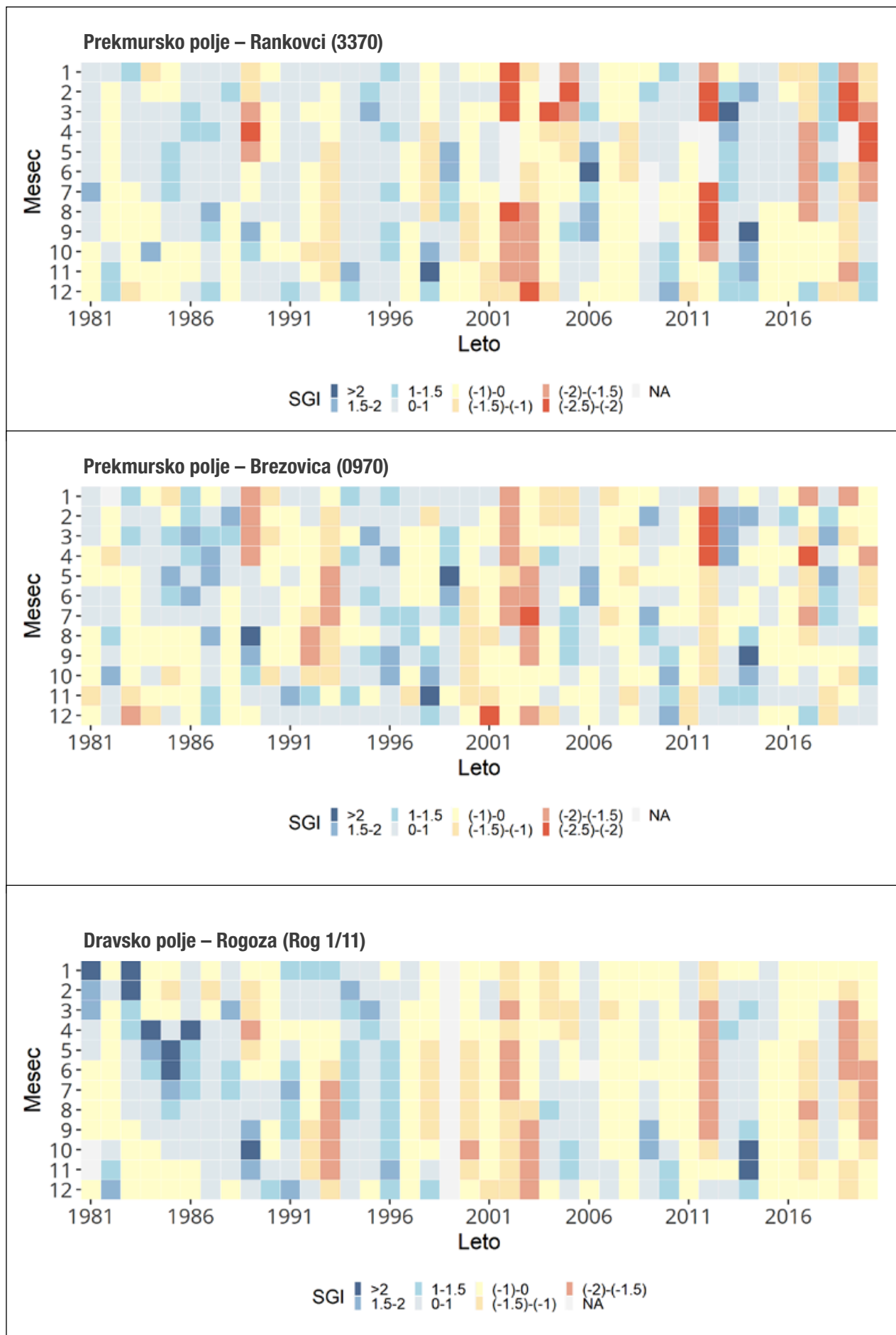


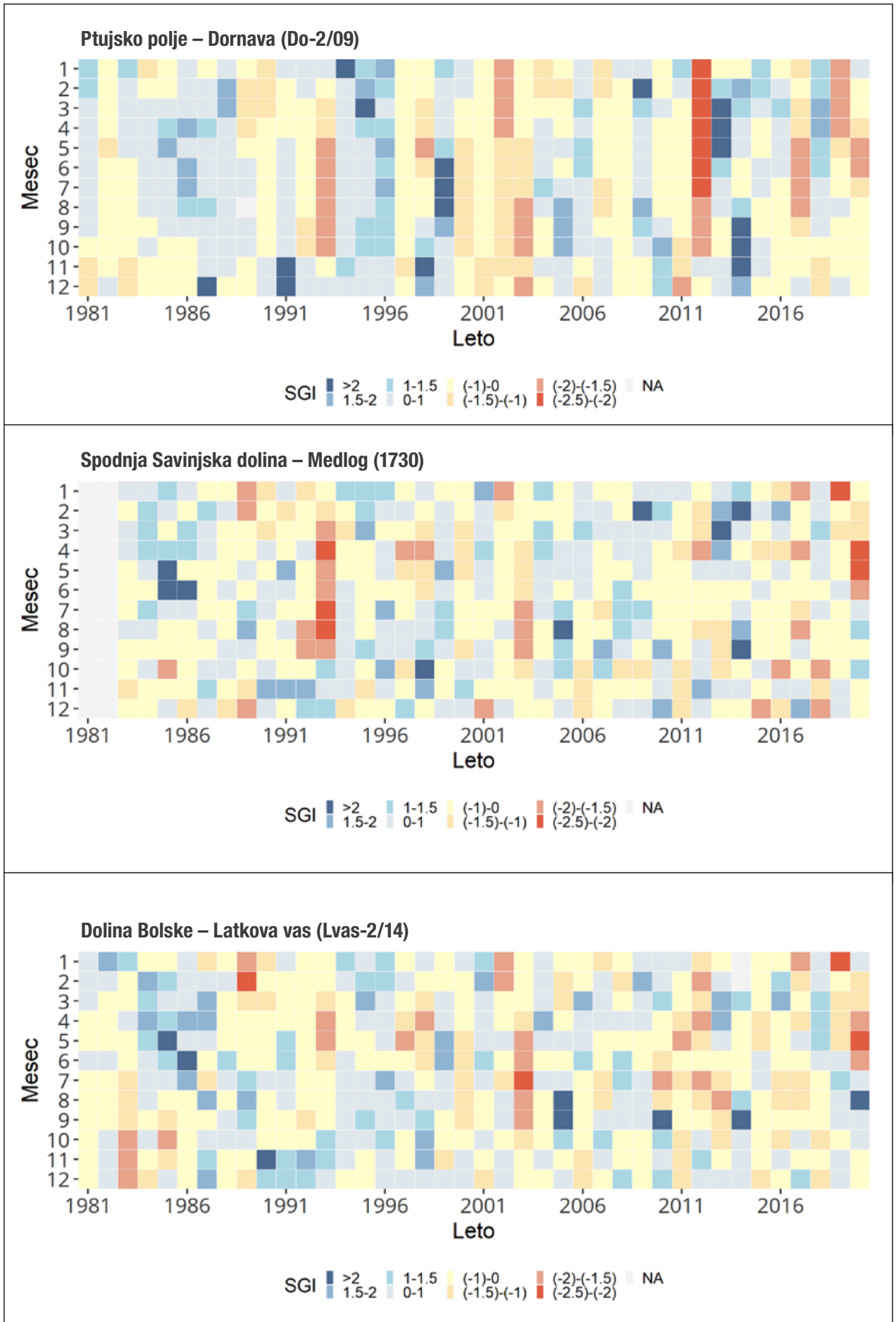
dnevni opazovanj gladin podzemne vode preteklega dolgoletnega obdobja meritev.

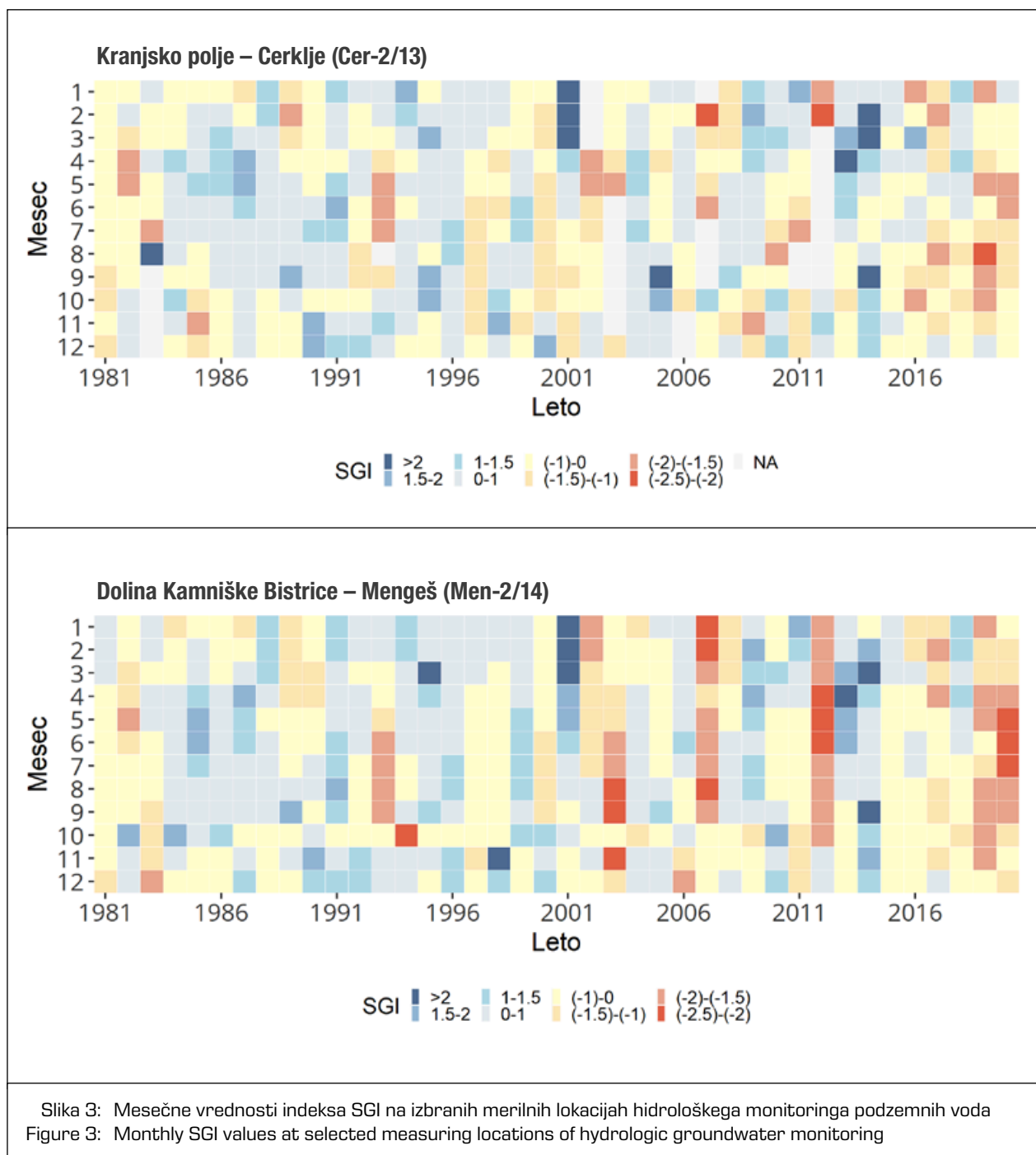
Na mesečni ravni smo pojav in intenzivnost suše ocenjevali s standardiziranim indeksom gladine podzemne vode (v nadaljevanju SGI), izračunanem po analogiji standardiziranega padavinskega indeksa (v nadaljevanju SPI) (McKee in sod., 1993; Edwards in McKee, 1997). Jakost suše smo določili po analogiji poimenovanja meteorološke suše z indeksom SPI, pri čemer je vrednostim $SGI \leq -2$ pripisana izjemno nizka gladina podzemne vode oziroma izjemna suša, vrednostim $SGI < -1,5$ zelo nizka gladina podzemne vode ali huda

suša, SGI med $-1,0$ in $> -1,5$ pa nizka gladina podzemne vode ali zmerna suša. S podrobnejšo analizo indeksa SGI na izbranih merilnih postajah smo z letnim deležem merilnih postaj z vrednostjo, nižjo od vrednosti praga SGI , za sušo opredelili kazalnik prostorske razširjenosti suše v medzrnskih vodonosnikih v dolgotrajnem obdobju meritev. Izbor merilnih lokacij je temeljil na zadostni dolžini niza meritev gladin podzemne vode, na enakomerni prostorski porazdelitvi merilnih mest v medzrnskih vodonosnikih ter na meritvah v delih vodonosnikov, kjer ni pričakovanega umetnega vpliva na dinamiko nihanja količinskega stanja podzemne vode (slika 1).









Prostorska razširjenost suše v medzrnskih vodonosnikih v zadnjih 40 letih

Analiza indeksov SGI na izbrani merilni mreži 37 merilnih postaj na območju medzrnskih vodonosnikov po Sloveniji (slika 1) je pokazala, da se delež merilnih postaj z ugotovljenimi sušnimi dogodki v Sloveniji z leti zvišuje (slika 2). Zvišuje se tako delež merilnih postaj z ugotovljeno vrednostjo SGI, nižjo od -1 , $-1,5$, kot tudi z vrednostjo SGI, nižjo od -2 . Rezultati analize kažejo, da so bile izjemne suše z vrednostjo indeksa SGI, nižjo od

-2 , na največ merilnih postaj izmerjene v letih 2002, 2003, 2012, 1989 in 2020. Huda suša podzemne vode z vrednostjo indeksa SGI, nižjo od $-1,5$, je bila na več kot eni polovici izbranih merilnih mest ugotovljena za leta 2003, 1993, 2002, 2012, 1989 in 2020, zmerna suša podzemne vode z vrednostjo indeksa, nižjo od -1 , pa je bila na večini izbranih merilnih postaj ugotovljena kar v 24 od skupno 40 letih dolgoletnega analiziranega obdobja.

Leto 2020 glede na razširjenost izjemne suše v medzrnskih vodonosnikih tako lahko uvrstimo na 5. mesto, glede na razširjenost hude suše v teh vodonosnikih pa na 6. mesto v dolgoletnem 40-letnem obdobju

meritev od leta 1981. Leto 2019 se je glede na prostorsko razširjenost pojava indeksa SGI z vrednostjo, nižjo od -2 in $-1,5$ uvrstilo na 8. mesto, glede na prostorsko razširjenost pojava indeksa SGI z vrednostjo, nižjo od -1 , pa na 15. mesto.

Časovni potek indeksa SGI na izbranih merilnih postajah kaže, da smo v letih 2019 in 2020 v nekaterih medzrnskih vodonosnikih po Sloveniji večji del leta spremljali nižje gladine podzemne vode od primerljivih sezonskih vrednosti referenčnega obdobja meritev (slika 3).

Napajanje vodonosnikov z infiltracijo padavin

Napajanje vodonosnikov z infiltracijo padavin je bilo leta 2019 na državni ravni približno za desetino višje od povprečja obdobja 1981–2010 (Cegnar, 2020). Časovna razporeditev padavin v tem letu ni bila enakomerna, kar je vodilo v razvoj suše v različnih elementih vodnega kroga, tudi podzemnih voda. Najmanj padavin je padlo pozimi in poleti. Pozimi 2018/2019 je bilo napajanje vodonosnikov s prenicanjem padavin veliko nižje, kot je značilno za ta letni čas v vzhodni polovici države, kjer ponekod ni padla niti ena polovica običajnih količin padavin. Del padavin se je v višjih legah zadrževal v obliki snega. Spomladi se je stanje nekoliko izboljšalo, predvsem na območju kraških vodonosnikov jugovzhoda in medzrnskih vodonosnikov severovzhoda države je bilo obnavljanje podzemne vode nadpovprečno, sledilo pa je s padavinami osiromašeno poletje, ki je v tem letnem času najbolj prizadelo vodonosnike zahodnega dela države. Jeseni so razen Dolenjske in severovzhoda države ponovno sledile ugodnejše razmere za napajanje vodonosnikov z infiltracijo padavin.

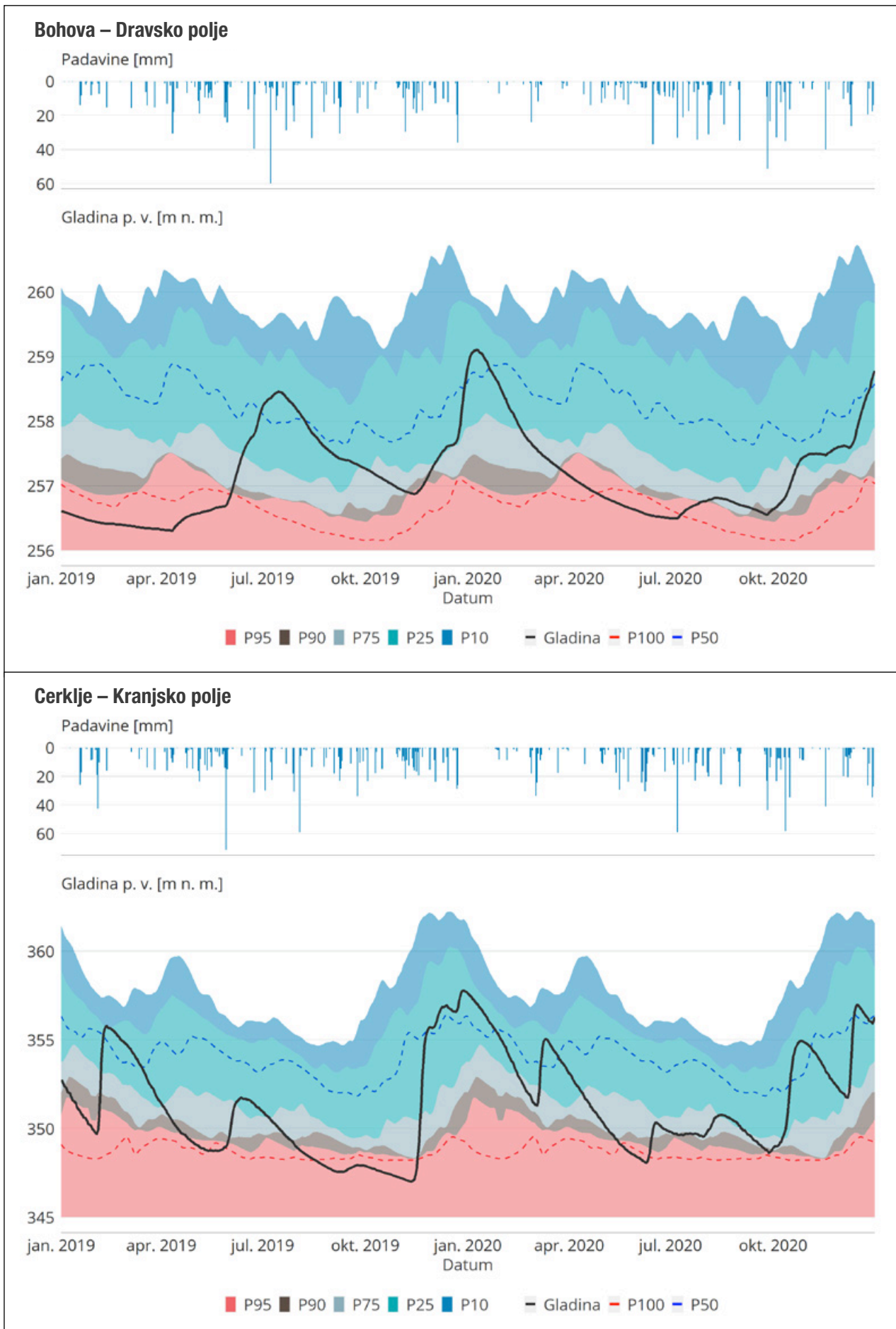
Leta 2020 je na ravni države padla povprečna količina padavin obdobja 1981–2010 (Cegnar, 2021). Večji del vzhoda države je bil sicer manj namočen kot običajno, vendar odkloni od povprečja niso bili veliki. Veliko manj padavin, kot je značilno, je padlo v prvi polovici leta. Največji primanjkljaji so bili za zimo 2019/2020 značilni za območja kraških vodonosnikov Dolenjske in Notranjske ter povirja Krke, severozahodnega dela medzrnskih vodonosnikov Ljubljanske kotline in na območju Vipavske in Soške doline. Spomladi so najmanjše količine napajanja z infiltracijo padavin prejeli kraški vodonosniki Goteniške gore, medzrnski vodonosniki Savinjske, Dravske in Murske kotline ter kraški vodonosniki na območju Krke in njenih levih pritokov. Poleti in jeseni so na večini ozemlja Slovenije padavine presegle dolgoletno povprečje. Izjema so bili poleti deli vodonosnikov na Dolenjskem, jeseni pa na Gorenjskem, kjer je padlo nekoliko manj padavin, kot je značilno za to obdobje.

Razširjenost izjemne in hude suše v medzrnskih vodonosnikih v letih 2019 in 2020

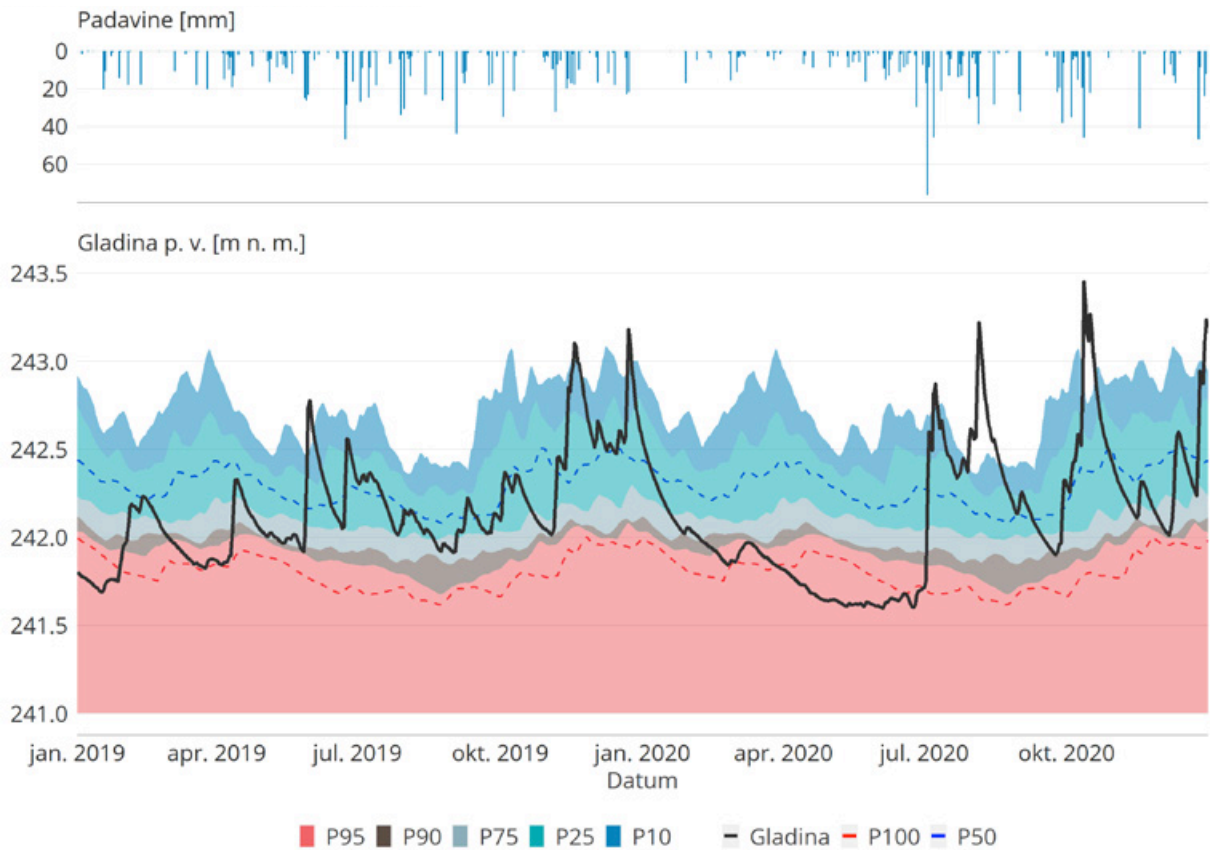
Povprečne letne gladine podzemne vode so bile tako leta 2019 kot tudi leta 2020 nižje od dolgoletnih vrednosti referenčnega obdobja v medzrnskih vodonosnikih Sorškega polja, prodnega zasipa Kamniške Bistrice ter v delih vodonosnikov Dravskega, Apaškega in Prekmurskega polja (Pavlič, 2019; Pavlič, 2020). Leta 2019 je z nizkimi gladinami izstopalo tudi območje vodonosnikov Kranjskega in Apaškega polja, leta 2020 pa še deli vodonosnikov spodnje Savinjske doline in Čateškega polja. Na letni ravni zelo nizkih gladin podzemne vode ni bilo, te so se izrazile v podrobnejši časovni ločljivosti.

Časovno pojavnost sušnih dogodkov v medzrnskih vodonosnikih v obravnavanem dvoletnem obdobju ni sovpadala. Razlog pripisujemo spremenljivim podnebnim značilnostim glede na prostorsko umeščenost vodonosnika, različnim dimenzijam in fizikalnim značilnostim vodonosnika ter tudi vrsti prevladujočega vira napajanja posameznega vodonosnika.

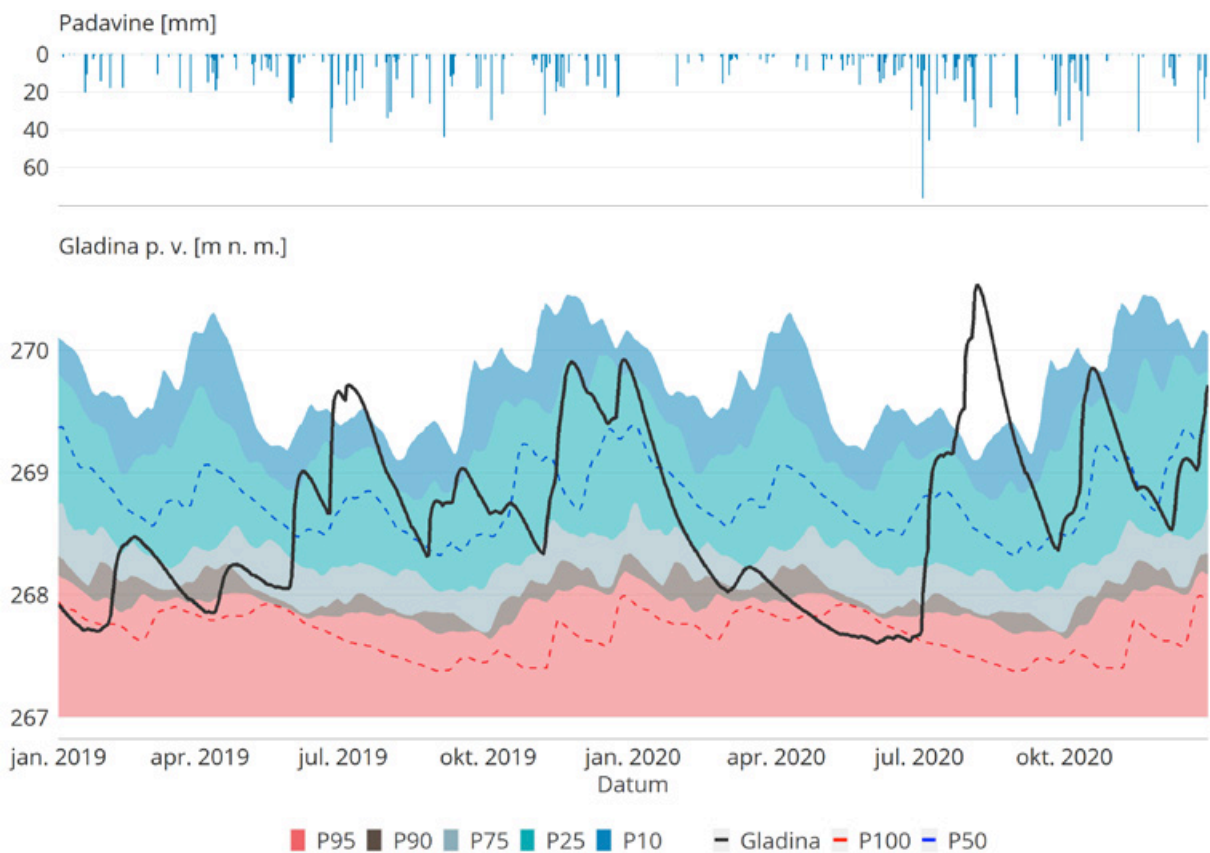
V prvih dveh mesecih leta 2019 smo izjemno sušo v vodonosnikih, ko so se povprečne mesečne gladine podzemne vode znižale pod mejno vrednost 95. percentila dolgoletnega referenčnega obdobja, ugotavljali na večini merilnih postaj vodonosnika spodnje Savinjske doline, januarja pa tudi v vodonosniku doline Bolske. V tem času smo hudo sušo s povprečnimi mesečnimi gladinami podzemne vode, nižjimi od 90. percentila vrednosti dolgoletnega referenčnega obdobja, spremljali v vodonosniku Ptujkega polja. Marca in aprila izjemne suše v medzrnskih vodonosnikih ni bilo, huda suša je marca pustošila v vodonosniku Ptujkega polja, aprila pa v vodonosniku Sorškega in delu Dravskega polja. Maja so povprečne mesečne gladine podzemne vode presegle prag izjemne suše v vodonosniku Sorškega polja in severnega dela vodonosnika Dravskega polja. Sledila sta dva meseca z obnavljanjem podzemne vode, k čemur je prispevalo obilno napajanje s prenicanjem padavin maja in julija. Junija so tako imeli hudo sušo le še v severnem delu Dravskega polja, julija pa na območju Vipavske doline. Ponovno so se razmere poslabšale avgusta, septembra in oktobra, ko smo v osrednjem delu države v vodonosniku Kranjskega in Sorškega polja, avgusta in septembra pa tudi doline Kamniške Bistrice spremljali izjemno sušo v vodonosnikih. Izrazito nizke gladine podzemne vode smo avgusta spremljali tudi v vodonosniku Vipavske doline, septembra in oktobra pa v delih Apaškega in Prekmurskega polja. Zadnja dva meseca smo spremljali ugodnejše vodne razmere, novembra smo zaradi počasnejšega poteka obnavljanja podzemne vode z infiltracijo padavin hudo sušo še naprej spremljali na območju vodonosnikov Sorškega polja in doline Kamniške Bistrice, decembra pa v medzrnskih vodonosnikih po državi suše nismo več ugotavljali.

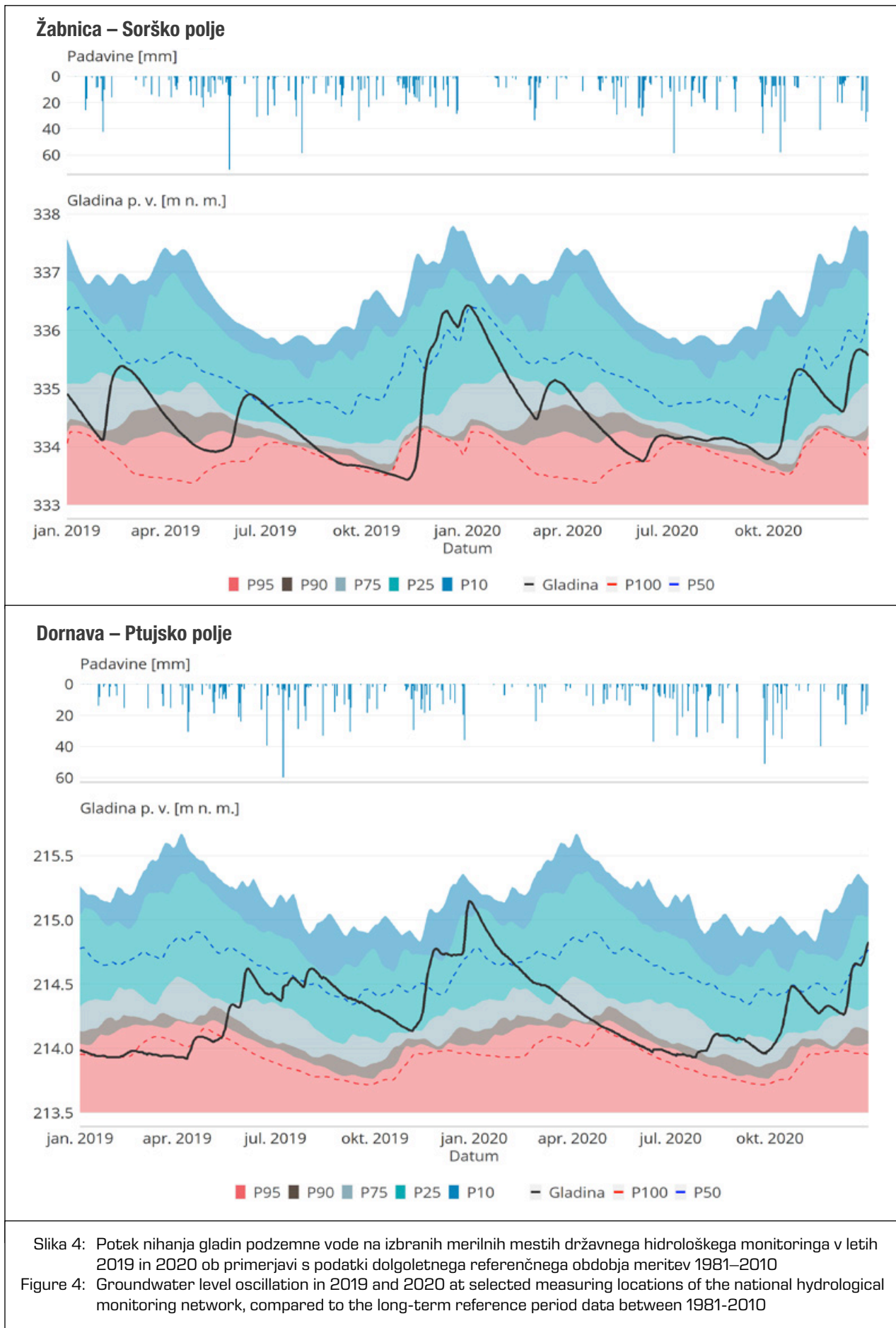


Levec – spodnja Savinjska dolina



Latkova vas – dolina Bolske





V prvih treh mesecih leta 2020 izjemne ali hude suše v medzrnskih vodonosnikih ni bilo. Aprila so se povprečne mesečne gladine podzemne vode spustile pod mejno raven hude suše v vodonosnikih na območju Vipavske doline, Savinjske kotline in dela Apaškega polja, ponekod v spodnji Savinjski dolini pa smo v tem času spremljali izjemno sušo v vodonosniku. Suša v vodonosnikih se je v nadaljevanju leta 2020 stopnjevala. Maja smo izjemno sušo spremljali v vodonosnikih Sorškega polja in doline Bolske, zelo nizke povprečne mesečne gladine podzemne vode pa so prevladovala v vodonosnikih Kranjskega polja, doline Kamniške Bistrice, Vodiškega polja, spodnje Savinjske doline in ponekod na območju Prekmurskega polja. Junija smo izjemno sušo spremljali tudi v vodonosniku doline Kamniške Bistrice in v delih spodnje Savinjske doline. Od julija do septembra smo izjemno nizke gladine podzemne vode še naprej spremljali na območju vodonosnikov Sorškega polja, avgusta tudi v Vipavski dolini, julija in septembra pa tudi v dolini Kamniške Bistrice. Julija in avgusta je izjemna suša prevladovala v delih vodonosnikov Dravskega in Prekmurskega polja, septembra pa tudi v vodonosnikih Vipavske doline in Kranjskega polja. V zadnji četrtini leta izjemne suše v medzrnskih vodonosnikih ni bilo več. Huda suša je do konca koledarskega leta vztrajala še v južnem in osrednjem delu Dravskega polja. Zaradi obilnih decembrskih padavin smo v tem mesecu v večini medzrnskih vodonosnikov razen Dravskega polja spremljali višje količinsko stanje podzemne vode kot v primerljivem dolgoletnem obdobju.

Pojavnost nizkih gladin podzemne vode glede na značilno sezonsko nihanje vodnih gladin

V prvih treh mesecih leta 2019 je bilo količinsko stanje podzemne vode na večini merilnih postaj nižje od značilnih vrednosti za ta letni čas (slika 4). Vzrok je bil v večmesečnem zimskem primanjkljaju padavin in odlaganju snega v visokogorju. Sledilo je tromesečje med aprilom in junijem, ko so bile gladine ponekod bolj, drugod pa manj ugodne v primerjavi s istim obdobjem preteklega dolgoletnega povprečja meritev. Od julija do oktobra smo večinoma spremljali zniževanje gladin podzemne vode s prevladujočim negativnim odklonom od običajnih vrednosti gladin za ta letni čas. Razlog je bil predvsem v poletnem izpadu padavin in povečani rabi vode za rast rastlin. Zadnja

dva meseca leta 2019 sta bila glede količinskega stanja podzemnih voda ugodna, decembra smo zaradi obilnih jesenskih padavin na večini merilnih postaj po državi spremljali višje gladine podzemne vode, kot je značilno za ta mesec. Januar in februar 2020 sta bila s podzemno vodo bolj obogatena, kot je običajno, vendar so se gladine podzemne vode v tem času na večini merilnih postaj zniževale. Izjema so bili deli vodonosnika spodnje Savinjske doline, kjer smo že v začetku leta spremljali nizko količinsko stanje podzemne vode za to letno obdobje. Sledilo je daljše obdobje leta, ki je trajalo vse do septembra, ko so se gladine podzemne vode v večini medzrnskih vodonosnikov po državi zniževale, količinsko stanje podzemne vode je bilo nižje, kot je značilno za primerljive mesece dolgoletnega referenčnega obdobja med letoma 1981 in 2010, kar je bila posledica izpada padavin, ki je ponekod trajal več kot polovico leta. Podobno kot leto 2019 se je tudi leto 2020 končalo z ugodnejšim količinskim stanjem podzemne vode, saj smo tedaj v medzrnskih vodonosnikih po državi spremljali tedaj višje vodne gladine, kot je značilno za ta letni čas.

Sklepne misli

Suša podzemne vode v Sloveniji je vse bolj razširjen pojav (Pavlič, 2013; Pavlič, 2018, Cunja in sod., 2019), kar se kaže s postopnim zviševanjem deleža merilnih postaj, na katerih ugotavljamo sušo v vodonosnikih v dolgoletnem obdobju meritev. Leti 2019 in 2020 sicer nista spadala v vrh po pojavnosti in razširjenosti suše v vodonosnikih, sta pa pritrtili ugotovljenemu trendu zviševanja sušnih dogodkov v zadnjih desetletjih. Suša v vodonosnikih je v letih 2019 in 2020 najpogosteje in najbolj prizadela medzrnske vodonosnike Ljubljanske in Savinjske kotline. Vzrok za sušo podzemne vode v obravnavanih letih pripisujemo neenakomerni časovni in prostorski porazdelitvi padavin, ki predstavlja glavni vir obnavljanja podzemne vode v Sloveniji.

Podzemne vode zaradi boljše odpornosti na sušo z večjimi volumni uskladiščenja sicer zagotavljajo naravno rešitev za prilagoditev na podnebne spremembe, vendar bo v prihodnje zaradi varovanja in zagotavljanja kakovostne pitne vode, kot to med drugim določa tudi najvišji zakonodajni akt države, treba pripraviti državno strategijo upravljanja suše podzemnih voda. Podlaga za strategijo mora med drugim biti ustrezna evidenca vplivov preteklih suš podzemne vode po različnih sektorjih.

Viri in literatura

1. Agencija Republike Slovenije za okolje (ARSO), 2021. Zbirka hidroloških podatkov Agencije RS za okolje.
2. Cegnar, T., 2019. Podnebne značilnosti leta 2019. V: Naše okolje, Bilten Agencije RS za okolje, december 2019, št. 12, 40–64.
3. Cegnar, T., 2020. Podnebne značilnosti leta 2020. V: Naše okolje, Bilten Agencije RS za okolje, december 2020, št. 12, 40–67.
4. Cunja, J., Kobold, M., Šraj, M., 2019. Časovna in prostorska analiza največjih hidroloških suš v Sloveniji. *Ujma* 33, 95–102.
5. Edwards, D. C., McKee, T. B., 1997. Characteristics of 20th Century Drought in the United States at Multiple Time Scales. *Climatology Report Number 97–2*. Colorado State University, Fort Collins.
6. McKee, T. B., Doesken, N. J., Leist, J., 1993. The relationship of drought frequency and duration time scales, 8th Conference on Applied Climatology, 17–22 January 1993, Anaheim, California, 179–184.
7. Mikulič, Z., Andjelov, M., Savič, V., 2004. Prelomna suša podzemnih voda leta 2002. *Ujma* 17–18, 112–119.
8. Pavlič, U., 2020. Količine podzemne vode v letu 2020. V: Naše okolje, Bilten Agencije RS za okolje, december 2020, št. 12, 123–128.
9. Pavlič, U., 2013. Suša v vodonosnikih leta 2012. *Ujma* 27, 71–77.
10. Pavlič, U., 2018. Količinsko stanje podzemnih voda v letu 2017. *Ujma* 32, 44–51.
11. Pavlič, U., 2019. Količine podzemne vode v letu 2019. V: Naše okolje, Bilten Agencije RS za okolje, december 2019, št. 12, 109–114.
12. Tallaksen, M., Van Lanen, A., 2004. Hydrological Drought, Processes and Estimation Methods for Streamflow and Groundwater, *Developments in Water Science*, 139–177.
13. Vertačnik, G., Bertalančič, R., Draksler, A., Dolinar, M., Vlahovič, Ž., Frantar, P., 2018. Podnebna spremenljivost Slovenije v obdobju 1961–2011 (Povzetek). Agencija Republike Slovenije za okolje, Ljubljana: 23 p.