

# KOLIČINSKO STANJE PODZEMNIH VODA V LETU 2017

## QUANTITATIVE STATUS OF GROUNDWATER IN 2017

**Urška Pavlič**

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

### Povzetek

Ob primerjavi povprečnih letnih količin podzemne vode z dolgoletnim povprečjem količinsko stanje podzemnih voda v letu 2017 ni bilo nič posebnega. Podrobnejši vpogled v nihanje gladin in pretokov voda pa razkrije znatno lokalno odstopanje vodnih količin od značilnih mesečnih in sezonskih vrednosti. V poletnem času smo bili predvsem ponekod v vodonosnikih vzhodne polovice države priča izjemno nizkim vodnim količinam. Količinsko osiromašeni so bili predvsem podzemni vodni viri v prodno peščenih vodonosnikih Krške in Brežiške kotline ter v kraških prispevnih zaledjih izvirov Krke in Radeščice na Dolenjskem krasu. Izrazito neugodne pogoje napajanja z infiltracijo padavin v vodonosnikih Krškega in dela Brežiškega polja je v poletnem času omilil, ponekod pa celo odpravil, umetno spremenjen režim nihanja podzemne vode, povzročen z zaježitvijo Save pri Brežicah.

### Abstract

A comparison of the average annual groundwater quantity against the long-term average shows that the groundwater quantity status in 2017 was not out of the ordinary. However, a more detailed insight into the fluctuation in water levels and discharges reveals substantial local deviations in water quantity from the typical monthly and seasonal values. During the summer, extremely low water quantities were recorded at aquifers in certain parts of eastern Slovenia. Groundwater resources in gravel and sand aquifers in the Krško and Brežice basin, and in Karst river basins supplying the sources of the rivers Krka and Radeščica at Dolenjski Karst, had especially low water quantities. Extremely unfavourable conditions for recharging the aquifers in the Krško basin and part of the Brežice basin with the infiltration of precipitation were alleviated, and in some areas eliminated, by the artificially changed regime of groundwater level fluctuation resulting from the damming of the river Sava at Brežice.

## Uvod

Pri vse večji klimatski spremenljivosti z večjo pogostostjo ekstremnih vremenskih dogodkov (Vertačnik in Bertalančič, 2017; IPCC, 2014) predstavlja analiza letnih povprečij hidroloških podatkov preveč poenostavljen vpogled v količinsko stanje podzemne vode, kar se je izkazalo tudi v letu 2017. V splošnem je bilo za leto 2017 značilno sušno poletje, ki se je izravnilo z vodnato jesenjo, kar se je najbolj izrazilo v vodonosnikih na jugovzhodu države.

Pri celostni obravnavi količin podzemne vode moramo poleg analize napajanja vodonosnikov z infiltracijo padavin upoštevati tudi poroznost, prepustnost, prostorsko razširjenost in globino vodonosnikov, pa tudi umetne posege, ki vplivajo na obnavljanje podzemne vode, kot so različne vrste in intenzitete rabe vode ter posegi v vodotoke, ki so v hidravlični povezavi s podzemno vodo. Analiza količin podzemnih voda v letu 2017 temelji na podatkih o višini gladine podzemne vode in pretokih vodotokov na izvirnih območjih z dolgoletnimi nizi meritev, s katerimi razpolaga Agencija RS za okolje.

## Uporabljene metode

Pri interpretaciji malih količin podzemnih voda v letu 2017 je bil uporabljen indeks, ki ga za namen te analize poimenujem standardiziran vodni indeks (v nadaljevanju: SVI). Indeks je bil razvit za analizo nizkih gladin podzemnih voda (Bloomfield in Merchant, 2013), ker pa izračun temelji na neparametričnih statističnih analizah, sem ga uporabila tudi pri interpretaciji nizkih pretokov izbranih kraških vodnih virov.

SVI predstavlja neparametrično različico standardiziranega padavinskega indeksa (SPI), ki je izračunan za časovno spremenljivko višine gladine podzemne vode oziroma vrednosti pretokov izvirov in izbranih vodotokov na mesečni ravni (Bloomfield in Merchant, 2013). Analiza upošteva sezonsko spremenljivost nihanja hidroloških parametrov, tako da se izračuna ločeno za posamezen mesec dolgoletnega obdobja meritev. Dobljene vrednosti indeksa se standardizirajo, pri čemer vrednosti indeksa 0 predstavljajo povprečno stanje, negativne vrednosti podpovprečno, pozitivne vrednosti pa nadpovprečno vodno stanje posameznega meseca. Na podlagi velikosti negativne vrednosti lahko sklepamo na pojav suše

oziroma izjemno nizkih vodnih razmer v vodonosniku. Mejne vrednosti za opredelitev vodnih količin, nižjih od običajnih, so opredeljene skladno z mejnimi vrednostmi SPI, pri čemer razrede poimenujem:

- $0 < SVI < -1$             podpovprečne vodne razmere
- $-1 > SVI > -1,5$         nizke vodne razmere
- $-1,5 > SVI > -2$         zelo nizke vodne razmere
- $SVI < -2$                 izjemno nizke vodne razmere

SVI je bil pri analizi za leto 2017 izračunan za merilna mesta državne hidrološke mreže Agencije RS za okolje, ki:

- imajo dolg niz meritev (25 let ali več),
- v dolgoletnem obdobju meritev niso presušila oziroma je bil odstotek presušitev zanemarljiv,
- se ne nahajajo na območju mokrišč in/ali barja,
- niso pod umetnim vplivom zajezitve Save pri Mavčičah.

V analizo in izračun SVI je bilo vključenih skupno 17 merilnih mest na površinskih vodah in 37 merilnih mest na podzemnih vodah (slika 2). Regionalna razpršenost izbranih hidroloških merilnih mest je znatna, cilj izbora merilnih mest je bil čim bolj pokriti izdatnejše vodne vire kraških in medzrnskih vodonosnikov po Sloveniji. Pri opredelitvi količinskega stanja podzemne vode so v analizah uporabljene percentilne vrednosti gladin in pretokov vode, ki prestavlja odstotek časa, ko je v obravnavanem obdobju meritev določena vrednost spremenljivke presežena.

## Vplivni dejavniki količinskega stanja podzemne vode v letu 2017

Analiza podatkov meritev podzemnih voda v letu 2017 je pokazala, da je bilo stanje podzemnih voda v tem letu predvsem posledica podnebnih razmer z določenim časovnim zaostankom, ponekod pa tudi umetno povzročeni sprememb na režim nihanja podzemne vode.

Napajanje vodonosnikov je bilo v letu 2017 na zahodu države nekoliko večje, na vzhodu pa nekoliko manjše od dolgoletnega povprečja. Negativno odstopanje na precejšnjem delu vzhodnega dela države ni bilo večje od 10 % dolgoletnih povprečnih padavin. Večja spremenljivost padavin je bila v tem letu značilna za mesečno in sezonsko raven, kar je imelo za posledico veliko spremenljivost količinskih pojavov tudi v preostalih elementih vodnega kroga.

Pomemben element polnjenja vodnih rezervoarjev spomladi in zgodaj poleti je debelina snežne odeje v visokogorju. V zimi 2016/17 je bila snežna odeja debelejša od dolgoletnega povprečja le v prvi tretjini decembra 2016, nato pa je bila vse do aprila opazno pod dolgoletnim povprečjem (Cegnar, 2017). Primanjkljaj padavin se je na vzhodu države ohranjal tudi v

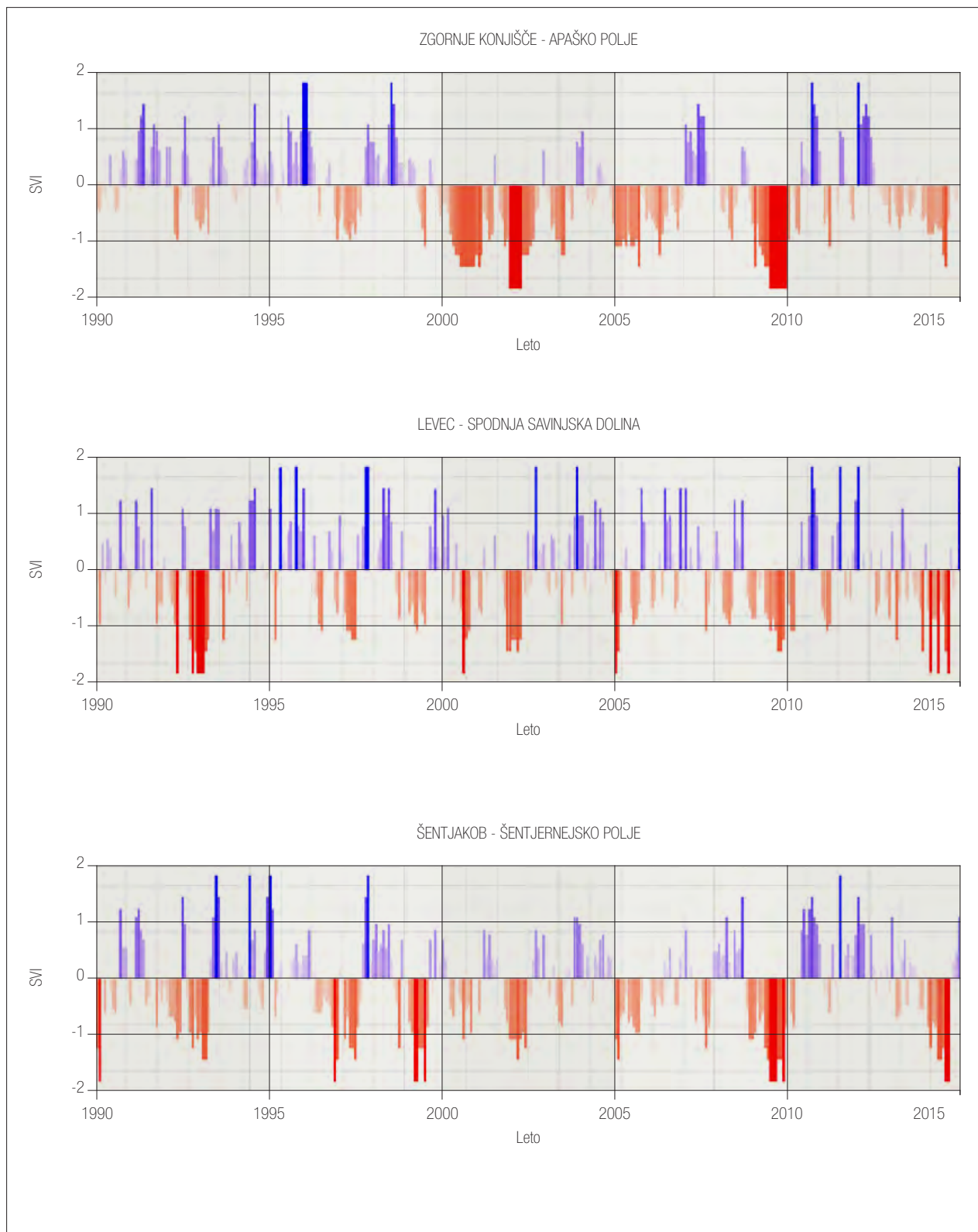
pomladnih mesecih, ko na nekaterih območjih ni padla niti polovica običajnih količin. Podobno kot spomladi je bil največji primanjkljaj padavin značilen tudi za poletje 2017, prizadel je predvsem južno in precejšnji del osrednje ter vzhodne Slovenije. Najbolj sušno izpostavljen del Slovenije se je namočil šele v jesenskem obdobju, ko je presežek v Beli krajini, jugovzhodnih Dinaridih in v večjem delu Panonske regije presegal 60 % običajnih jesenskih padavin.

Pomembno je na količinsko stanje podzemne vode v vodonosniku Krškega polja v letu 2017 vplivala zajezitev Save pri Brežicah oziroma polnjenje akumulacijskega bazena gorvodno od jezua. Hidroelektrarna Brežice je začela uradno poskusno obratovati 25. septembra 2017. Akumulacijski bazen pred zajezitvijo Save v Brežicah je skupne prostornine 20 milijonov m<sup>3</sup> oziroma 317 ha površine, kar je tretja največja stalna vodna površina v Sloveniji brez upoštevanja morja. Zaradi medsebojnega vpliva površinskih in podzemnih voda ima ta umetna vodna površina velik vpliv na režim nihanja podzemne vode predvsem v Krškem in delu Brežiškega polja, kar se je deloma pokazalo tudi na količinskem stanju podzemne vode v letu 2017.

## Potek nizkih količin podzemnih voda v letu 2017

V letu 2017 povprečne letne količine podzemne vode niso bistveno odstopale od dolgoletnega povprečja razen zahodnega dela Dravskega in Ljubljanskega polja z nekoliko ugodnejšimi vodnimi količinami od povprečnih ter posamezni deli vodonosnikov ob Muri in Dravi, vodonosnik Čateškega polja, pretežni del doline Kamniške Bistrice in Kranjskega polja ter vodonosnik Vipavske doline, kjer so bile povprečne letne gladine nekoliko nižje od dolgoletnega povprečja (Pavlič, 2017). Podrobnejši časovni vpogled v nihanje količin podzemnih voda pa razkrije izrazitejšo dinamiko količinskih razmer podzemne vode tega leta.

**V prvem trimesečju** so bile količine podzemnih voda v večini vodonosnikov nižje od značilnih za to obdobje. K temu je pripomogla mala količina padavin, ki razen skrajnega jugozahoda države ni preseгла 70 % običajnih količin. Zelo nizke gladine podzemne vode so prevladoval v prodno peščenih vodonosnikih Čateškega polja, Vipavske doline in v pretežnih delih Ljubljanske kotline. Vrednost indeksa SVI se je na velikem številu merilnih mest v medzrnskih vodonosnikih spustila pod mejnih  $-1,5$  zelo nizkih vodnih razmer. Ugotovljena je bila v vodonosnikih Vipavske in Soške doline, v dolini Kamniške Bistrice, na Brežiškem polju, v dolini Bolske in v spodnji Savinjski dolini ter na Prekmurskem polju. Vrednost SVI se je januarja znižala celo pod mejo izjemno nizkih vodnih količin vrednost  $-2$  v Vipavskem Križu (Vipavska dolina), v Podgorju (dolina Kamniške Bistrice) in v Levcu (spodnja Savinjska dolina). Razmere za napajanje vodonosnikov z infiltracijo padavin

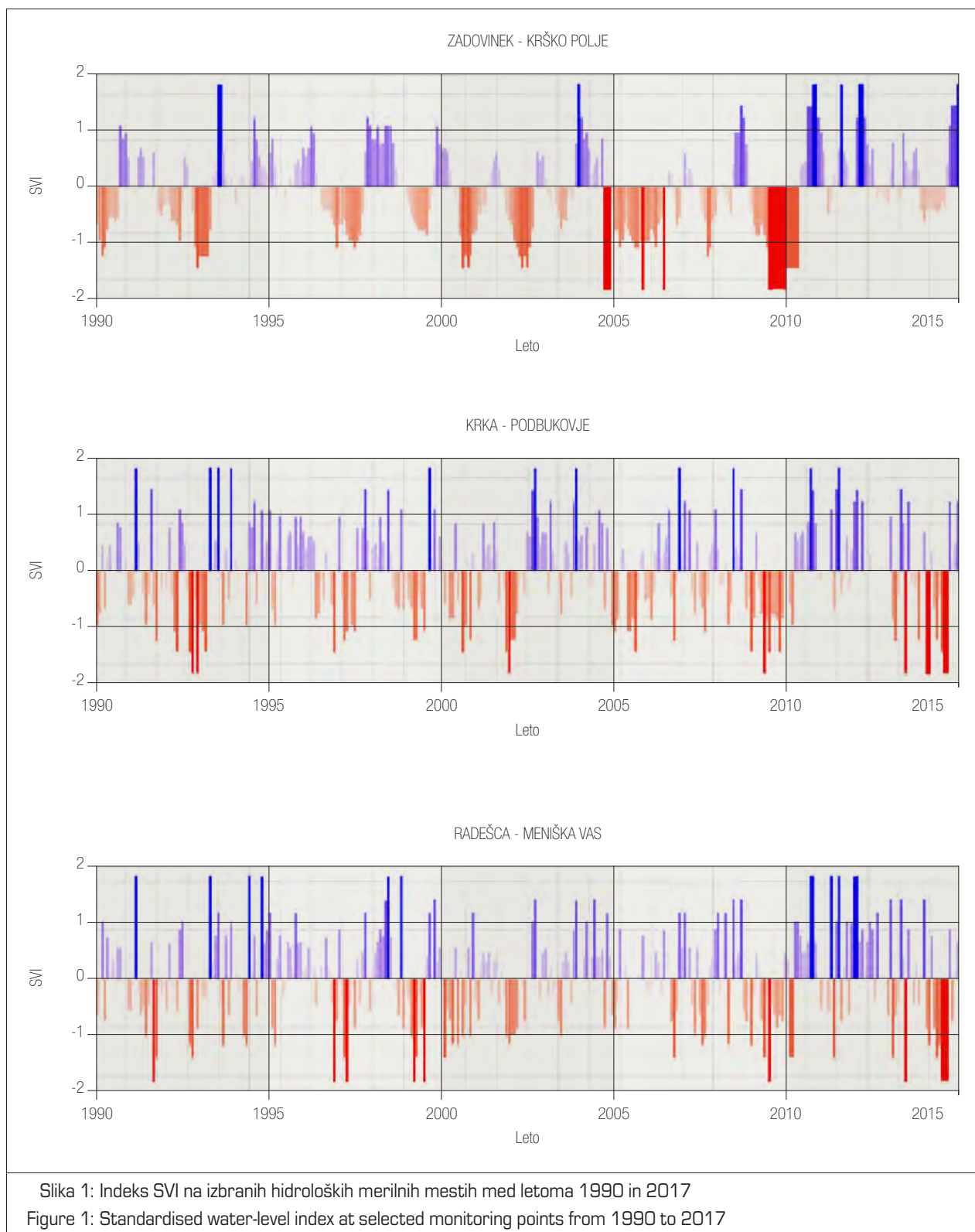


so bile februarja ugodnejše, zato so se marsikje po državi vodonosniki znatno obnovili. Sledil je suh marec, ki ga je ponekod omililo taljenje snega v visokogorju.

Izviri alpskega krasa so bili v prvi četrtini leta podpovprečno vodnati, kar je značilno za ta letni čas. Podpovprečno vodnati so bili večji del tega obdobja tudi kraški vodni viri nizkega dinarskega krasa, na Krasu in visokem dinarskem krasu pa se je količina podzemne vode gibala

v območju povprečnih oziroma nadpovprečnih vrednosti. Vrednost indeksa SVI se je januarja v prispevnem vodonosnem zaledju kraške Ljubljani (izvir Bistre) spustila do velikostnega razreda zelo nizkih vodnih razmer; v kraških prispevnih zaledjih Bohinjske Bistrice, Krke in Prečne pa do izjemno nizkih vodnih razmer.

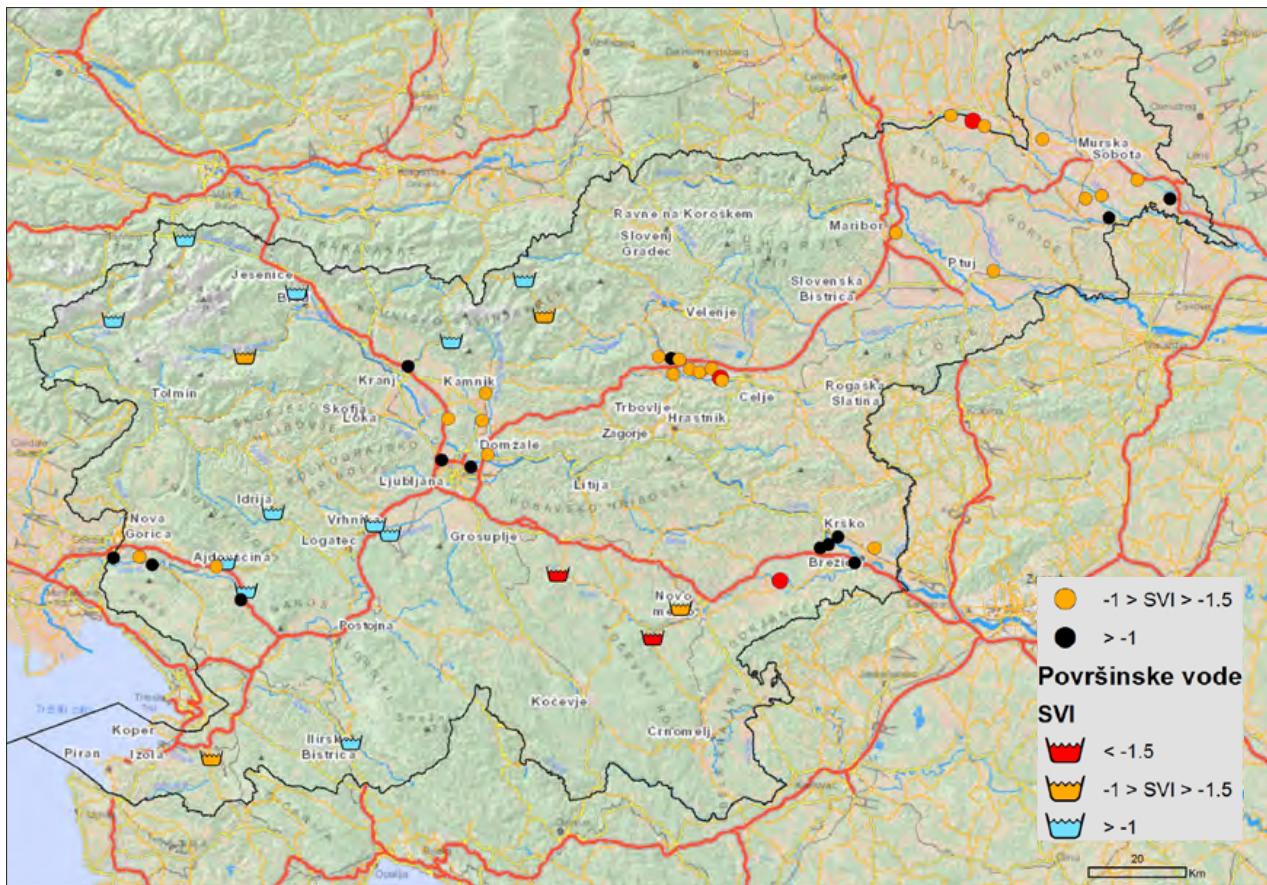
**Aprila in maja 2017** so se marsikje začeli kazati zametki zelo oziroma izjemno nizkih poletnih vodnih količin. Od



normalnih razmer so aprila najbolj odstopala območja Čateškega in Sorškega polja ter spodnje Savinjske in Vipavske doline, pa tudi deli vodonosnikov Dravskega in Kranjskega polja ter doline Kamniške Bistrice. Zelo nizke gladine podzemne vode so se na območju vodonosnikov Sorškega polja in dela Dravskega polja nadaljevale tudi v maj. Vrednost indeksa SVI je bila v vodonosnikih Vipavske doline, Ljubljanske kotline, spodnje Savinjske doline in v Brezovici na Prekmurskem polju

najmanjša aprila, ko so se na nekaterih merilnih mestih vrednosti SVI znižale pod  $-1,5$  (ponekod pa že drugič v tem letu pod  $-2$ ). Maja se je pod mejno vrednost izjemno nizkih vodnih količin znižala gladina podzemne vode na območju vodonosnika Apaškega polja v Črncih, pod mejno vrednost zelo nizkih vodnih količin pa tako aprila kot tudi maja podzemna voda v vodonosnikih Brežiškega in Šentjernejskega polja. Zelo nizke vodne količine smo maja spremljali tudi v kraškem porečju





Slika 2: Merilna mesta izračuna standardiziranega vodnega indeksa (barva ponazarja, na katerih merilnih mestih se je indeks v vsaj dveh mesecih med junijem in septembrom 2017 znižal pod mejno raven nizkih vodnih količin indeksa)

Figure 2: Monitoring points where standardised water-level index was calculated (the different colours denote which monitoring points showed a decrease in the index below the limit level of low index water quantities during at least two months from June to September 2017)

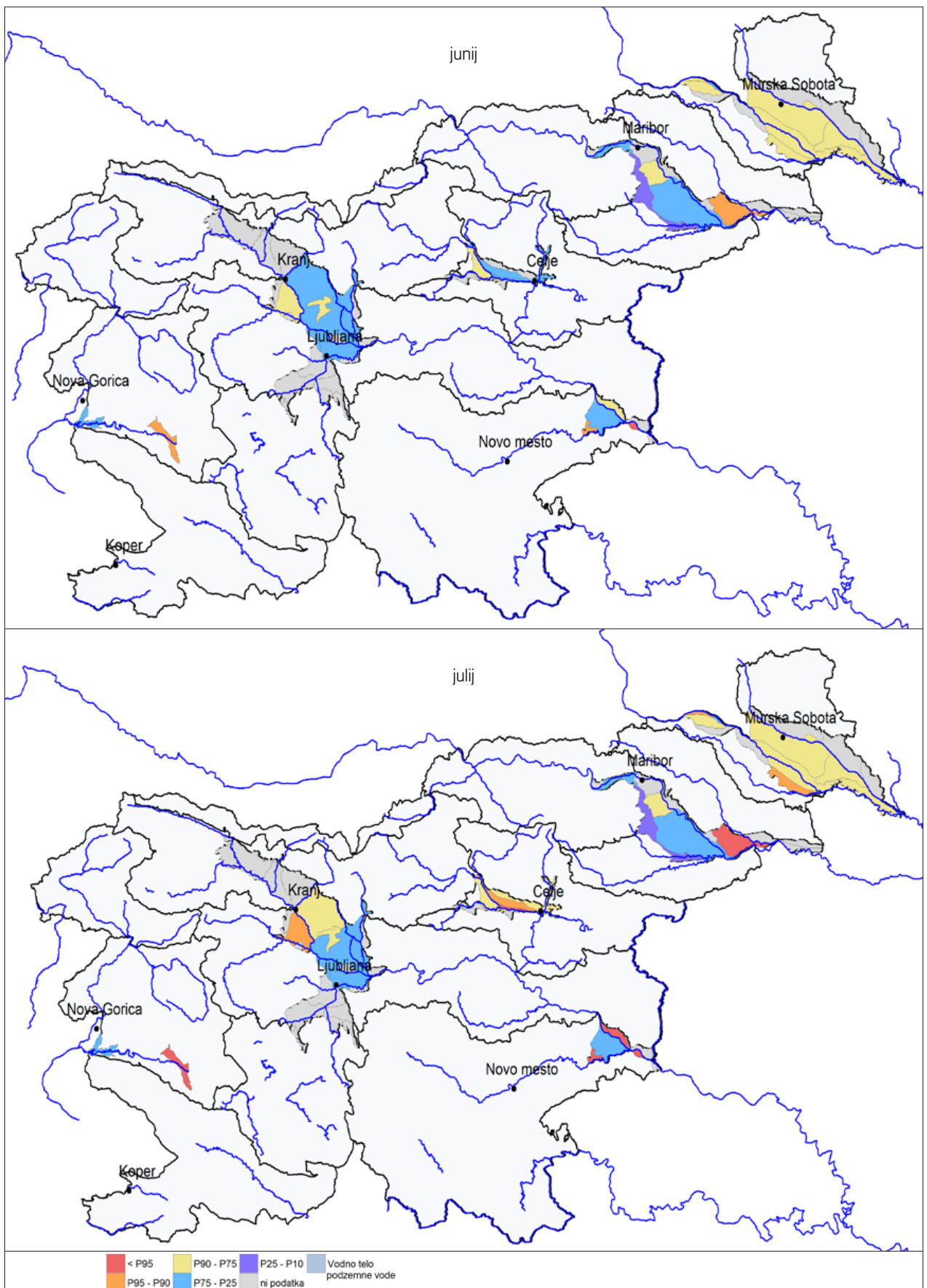
Bistrice v Bohinjski Bistrici, aprila pa v porečju Radešnice v Meniški vasi (slika 1).

Obdobje **med junijem in avgustom 2017** je bilo izjemno glede nizkih vodnih razmer predvsem na območju vodonosnikov jugovzhodne Slovenije, ki je v prvi polovici leta prejela najmanjše skupne količine napajanja v primerjavi s preostalimi deli države. V primerjavi z majem so se v tem obdobju vodne količine po državi še naprej zmanjševale, k čemur je poleg znatnega primanjkljaja padavin pripomogla tudi povečana stopnja evapotranspiracije.

Kljub izrazito neugodnim vremenskim razmeram na območju jugovzhodne Slovenije pa merjene gladine v vseh prodno peščenih vodonosnikih niso izražale teh razmer. Vodne gladine so bile izjemno nizke v omejenih manjših vodonosnikih Čateškega in Šentjernejskega ter deloma Brežiškega polja, ne pa tudi v vodonosnikih v vplivnem območju Save, na območju Krškega in delu Brežiškega polja. Razlog je v spremenjenem režimu toka podzemne vode, ki ga je povzročila zajezitev Save v Brežicah. Popolna zapolnitev akumulacijskega bazena pred zajezitvijo je bila izvedena sicer šele ob koncu septembra, postopni dvig gladine pa je potekal

že v mesecih pred tem. Spremenjen režim napajanja in praznjenja vodonosnikov Krškega in Brežiškega polja pričakujemo tudi v prihodnje, kar bo večinoma ugodno vplivalo na količinsko stanje podzemne vode, kot se je to že pokazalo v sušnem poletju 2017.

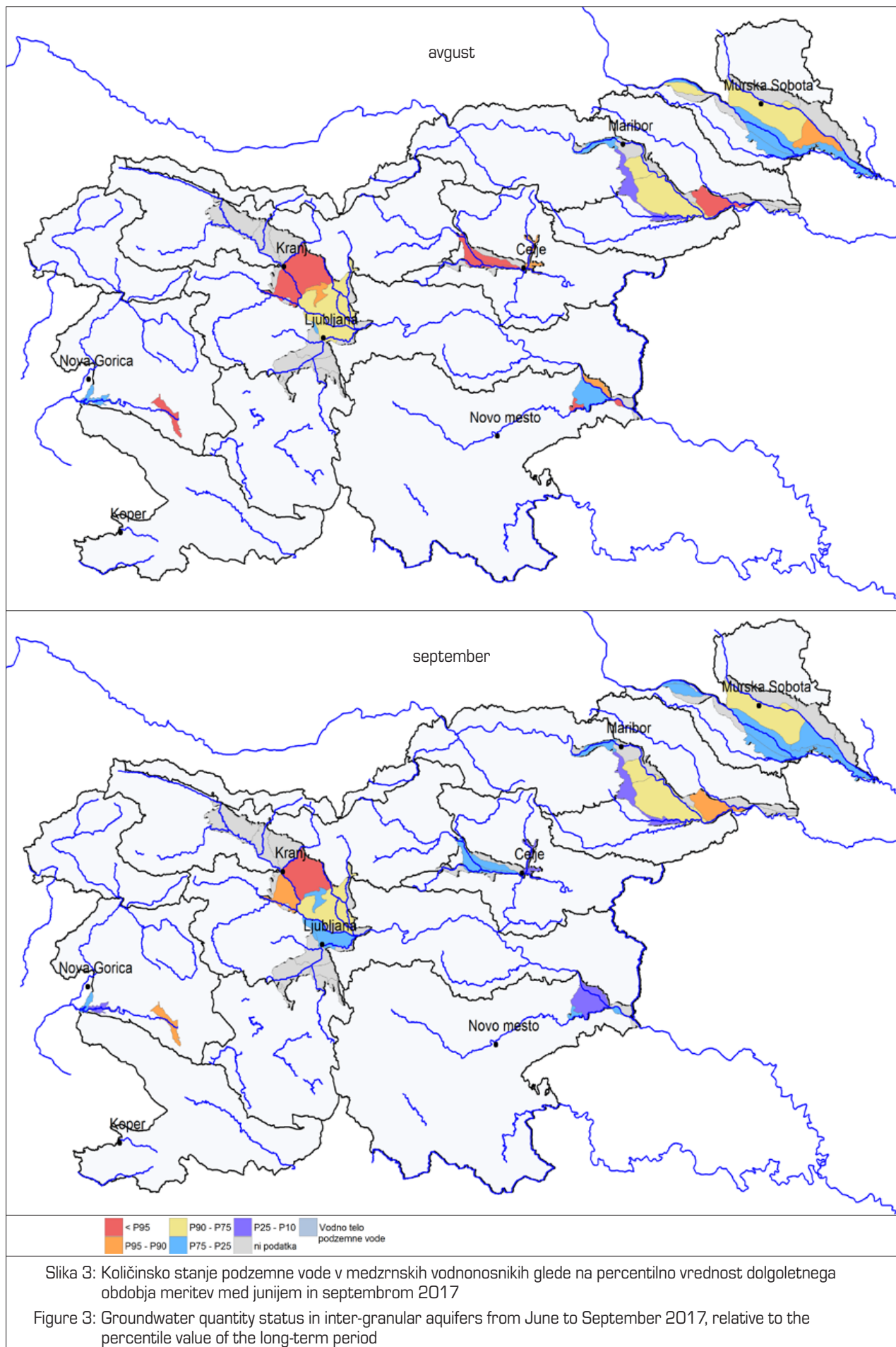
Med junijem in avgustom 2017 so povprečne mesečne gladine podzemne vode v medzrnskih vodonosnikih znatno odstopale od normalnih vodnih količin (slika 3). Junija so bile vodne gladine, nižje od 95. percentila dolgoletnega obdobja meritev, zabeležene le izjemoma in sicer v vodonosniku Čateškega polja, v katerem je podzemna voda odvisna predvsem od nihanja gladine Save. Nizke vodne količine v območju gladin med 90. in 95. percentilom dolgoletnih meritev so bile zabeležene tudi v vodonosnikih Vipavske doline, na jugozahodnem delu Krškega polja in v osrednjem delu Ptujkega polja, sicer pa je v tem mesecu še prevladovalo običajno vodno stanje. Julija so se razmere zaostrovala na vseh količinsko prizadetih območjih iz meseca junija, pa tudi v delu Brežiškega polja in na južnem delu vodonosnika spodnje Savinjske doline. Višek osiromašenja s količinami podzemnih voda je bil v letu 2017 dosežen avgusta (slika 3). Tedaj so se povprečne mesečne gladine podzemne vode spustile pod mejni 95. percentil dolgoletnega obdobja meritev



Slika 3: Količinsko stanje podzemne vode v medzrnskih vodnosnikih glede na percentilno vrednost dolgoletnega obdobja meritev med junijem in septembrom 2017

Figure 3: Groundwater quantity status in inter-granular aquifers from June to September 2017, relative to the percentile value of the long-term period





na območju vodonosnikov Vipavske doline, Kranjskega, Sorškega ter Čateškega polja, doline Bolske in spodnje Savinjske doline ter delu Krškega in Ptujkega polja. Gladine, nižje od 90. percentila dolgoletnih meritev, smo v tem mesecu beležili tudi v vodonosnikih Vodiškega in Brežiškega polja, doline Hudinje in Voglajne in v delu Prekmurskega polja.

Indeks SVI se je med julijem in avgustom znižal pod mejno raven izjemno nizkih vodnih količin v Šentjernej-skem polju, v osrednjem delu Brežiškega polja v Bukošku pa je julija izkazoval zelo nizke količine podzemne vode. Bližje vplivnemu območju reke Save na Brežiškem polju v spodnjem Starem Gradu ter v celotnem vodonosniku Krškega polja od junija do avgusta nismo spremljali izrazitejšega odstopanja od normalnih vodnih razmer. Drugačno stanje indeksa SVI so od gladin podzemne vode v vplivnem območju zajezitve Save v Brežicah kazali površinski vodni viri, kjer smo v izvornem območju Radeščice v celotnem tromesečju, v izvornem območju Krke pa med julijem in avgustom spremljali izjemno nizke vodne razmere (slika 1). Izjemno nizke vodne razmere smo junija beležili v Črncih na Apaškem polju, julija v kraškem prispevnem zaledju izvira Bistrice v Bohinjski Bistrici, avgusta pa v Vipavskem Križu v Vipavski dolini in v Levcu v spodnji Savinjski dolini. Vrednost indeksa SVI je julija znižala pod mejo zelo nizkih vodnih razmer v osrednjem območju vodonosnika spodnje Savinjske doline in na širšem območju Apaškega polja.

Obdobje zelo nizkih vodnih razmer se je v letu 2017 končalo septembra z obilnimi padavinami, v tem času pa se je zaključevalo tudi obdobje intenzivne evapotranspiracije. Padavin je bilo največ prav na sušno najbolj prizadetem jugovzhodu države. Najprej so se obnovili manjši vodonosniki z malo globino do podzemne vode, z nekoliko daljšim časovnim zaostankom pa tudi globlji prodno peščeni vodonosniki. Povprečne mesečne gladine so se tako povsod razen v vodonosniku Kranjskega polja dvignile nad kritično mejo 95. percentila

dolgoletnega niza meritev, ponekod pa so že dosegale nadpovprečno visoko vodno stanje (slika 3).

Sledilo je obdobje ugodnejšega količinskega stanja podzemnih voda. Polnjenje vodonosnikov je potekalo različno hitro, višek pa je bil dosežen decembra, ko je smo le še v osrednjem delu Dravskega polja spremljali podpovprečne gladine podzemne vode. Decembra je indeks SVI marsikje po državi presegel vrednost 1,5.

## Sklepne misli

Povprečno stanje količin podzemne vode v letu 2017 ni bistveno odstopalo od dolgoletnega povprečja, odklon od običajnih vrednosti se je pokazal šele na sezonski in mesečni ravni. Najbolj so primanjkljaj podzemne vode utrpeli na jugovzhodu države v poletnih mesecih, kjer je bilo v prvih dveh tretjinah leta napajanje vodonosnikov z infiltracijo padavin najbolj osiromašeno. Kljub izrazito neugodnim klimatskim razmeram pa je k izboljšanju količinskega stanja v prodno peščenih vodonosnikih Krškega polja in dela Brežiškega polja prav v poletnem obdobju pripomogel umetni vpliv na režim nihanja podzemne vode, ki ga je povzročila zajezitev Save v Brežicah.

Zaradi različnih dejavnikov, ki vplivajo na dinamiko toka podzemne vode, je smiselno oceno količinskega stanja podzemne vode osnovati na neposrednih meritvah tega elementa vodnega kroga. Razporeditev opazovalnih lokacij mora biti prilagojena različnim režimom nihanja podzemne vode, opazovalne postaje pa morajo biti primerno opremljene in aktivirane. Za analizo nizkih voda je pomembno, da merilne postaje ne presušijo in imajo dolg niz meritev. Šele z optimalno hidrološko merilno mrežo lahko preučujemo značilnosti vodnih količin posameznega vodonosnika v določenem časovnem preseku, ki je lahko posledica tako naravnih kot tudi umetno povzročenih vplivov, čemur smo bili v letu 2017 priča predvsem na območju medzrnskih vodonosnikov Krško-Brežiške kotline.

## Viri in literatura

1. Agencija RS za okolje, Arhiv hidroloških podatkov Agencije RS za okolje.
2. Cegnar, T., 2017. Podnebne značilnosti leta 2017. V: Naše okolje; Mesečni bilten Agencije RS za okolje, december 2017, letnik XXIV, številka 12, Ljubljana, 36–57.
3. Pavlič, U., 2017. Podnebne značilnosti leta 2017. V: Naše okolje; Mesečni bilten Agencije RS za okolje, december 2017, letnik XXIV, številka 12, Ljubljana, 101–106.
4. Svečana otvoritev HE Brežice. [https://www.ibe.si/si/news/Strani/2017.10.03\\_Otvoritev\\_HE\\_Bre%C5%BEice.aspx](https://www.ibe.si/si/news/Strani/2017.10.03_Otvoritev_HE_Bre%C5%BEice.aspx) [3. 10. 2017].
5. IPCC, 2014. Climate Change 2014. Impacts, Adaptation and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C. B., V. R. Barros, D. J. Dokken, K. J. Mach, M. D. Mastrandrea, T. E. Bilir, M. Chatterjee, K. L. Ebi, Y. D. Estrada, R. C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A. N. Levy, S. MacCracken, P. R. Mastrandrea, and L. L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Združeno kraljestvo in New York, NY, ZDA, 1mbri.
6. Vertačnik, G., Bertalančič, R., 2017. Podnebna spremenljivost Slovenije v obdobju 1961–2011. 3. Značilnosti podnebja v Sloveniji. Ministrstvo za okolje in prostor; Agencija RS za okolje.