

# PRELOMNA SUŠA PODZEMNIH VODA LETA 2002

## The Turning Point in the Low Level of Groundwater in 2002

Zlatko Mikulič\*, Mišo Andjelov\*\*, Vlado Savič\*\*\* UDK 556.167(497.4) "2002"

Povzetek Abstract

Hidrološka suša podzemnih voda je leta 2002 zajela predvsem aluvialne vodonosnike severovzhodne Slovenije. Tam je trajala celo leto, bila je izjemno huda in glede na značilnosti je bila prelomna. Vodne gladine so bile najnižje od leta 1952, vodne zaloge pa so se zmanjšale do ravni statičnih zalog. Suša je bila prelomna predvsem zato, ker se vodne zaloge v celem letu niso obnovile na normalno raven. S tem se je v severovzhodni Sloveniji začel proces rudarjenja podzemnih voda, ki dolgoročno lahko povzroči hude motnje v oskrbi z vodo cele regije. Režim podzemnih voda je zelo kompleksen proces, odvisen od več naravnih in umetnih dejavnikov. Vsaka sprememba v naravnem krogotoku se poudarjeno odraža na zalogah podzemne vode. Zato je možno, da je nenavadno zaporedje hudih suš v severovzhodni Sloveniji od leta 2002 naprej prvi znanilec podnebnih sprememb. Tudi huda zimska suša, posebnost nizkovodnega stanja leta 2002, je bila posledica podnebne motnje v jesenskih mesecih pred tem pojavom.

The low level of groundwater in 2002 mostly affected the alluvial aquifers in northeastern Slovenia. Drought in that region had been extremely severe and it had lasted the entire year, becoming a turning point in the management of groundwater in Slovenia. Groundwater levels dropped to the lowest point since 1952. The drought was a turning point primarily because groundwater reserves did not recover to normal within the year. This led to the introduction of digging for groundwater in northeastern Slovenia which, in the long term, could cause severe disruptions to the water supply in the entire region. Groundwater management is a complex process, dependent both on natural and man-made influences. Any disruption to the hydrological cycle results in a pronounced change to groundwater reserves. It is possible that the unusual series of droughts in the three years since 2000 are the first precursors of climatic changes in Slovenia. Even the severe winter drought at the beginning of 2002 was the result of climate disturbances in the autumn months preceding it.

## Uvod

Suše so v zadnjih letih pogoste. V javnosti so najbolj odmevne kmetijske suše. Čeprav je suša normalna, ponašajoča se značilnost podnebja, pri njenem obravnavanju sociološki in politični vidiki najpogosteje prevladajo nad naravnimi in fizikalnimi. V Prekmurju je rastlinam v poletnih mesecih že v normalnem letu na razpolago premalo vlage v tleh. Kljub temu tam gojijo kmetijske kulture, ki so po porabi vode zahtevne. Le nekaj deset kilometrov stran, na Madžarskem, v podobnih podnebnih razmerah polja siste-

matično namakajo. V senci medijsko in politično favoriziranih kmetijskih suš ostajajo hidrološke suše podzemnih voda v aluvialnih vodonosnikih neopažene. Kljub temu da gre pri podzemnih vodah na ravninskih predelih severovzhodne Slovenije za pojave, ki lahko dolgoročno resno ogrozijo organizirano oskrbo z vodo celih regij, nanje še ni pravega odziva. Zaenkrat se suše odražajo kot presihanje plitvih kopanih kmečkih vodnjakov, medtem ko pri globljih črpalnih vodnjakih vodarn sesalni koši črpalk še ne ostajajo na suhem. Pa vendar se je na prehodu iz leta 2001 v 2002 začel proces, ki bo usodno zaznamoval severovzhodno Slovenijo, če nanj ne bo ustreznega odziva. Prav med zimsko sušo so se gladine podzemnih voda tam prvič znižale pod absolutne minimume primerjalnega obdobja druge polovice dvajsetega stoletja. Ker se gladine do konca leta niso zvišale do normalnih, temveč so celo leto ostale nizke, se je začel nevaren proces rudarjenja podzemnih voda. Poleg opisa sušnih razmer leta 2002 je glavni namen tega članka opozoriti na posledice rudarjenja vodnih zalog.

\* mag., Ministrstvo za okolje, prostor in energijo, Agencija RS za okolje, Vojkova 1 b, Ljubljana, zlatko.mikulic@rzs-hm.si

\*\* dr., Ministrstvo za okolje, prostor in energijo, Agencija RS za okolje, Vojkova 1 b, Ljubljana, miso.andjelov@rzs-hm.si

\*\*\* Ministrstvo za okolje, prostor in energijo, Agencija RS za okolje, Vojkova 1 b, Ljubljana, vlado.savic@gov.si

	jan.	febr.	mar.	apr.	maj	jun.	jul.	avg.	sept.	okt.	nov.	dec.
Apaško polje	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Prekmursko polje	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Mursko polje	■	■	■	■	■	■	■		■	■	■	■
Vrbanski plato	■											
Dravsko polje	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Ptujsko polje	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Kranjsko polje												
Sorško polje												
Dolina Kamniške Bistrice	■											
Ljubljansko polje												
Krško polje	■		■									
Brežiško polje												
Čateško polje												
Šentjernejsko polje												
Območje Krakova												
Dolina Bolske	■											
Spodnja Savinjska dolina												
Dolina Hudinje												
Vipavsko Soška dolina		■	■	■								

Preglednica 1. Aluvialni vodonosniki, ki jih je leta 2002 zajela suša.  
Table 1. Alluvial aquifers affected by drought in 2002.

Predstavljene ugotovitve slonijo na podatkih državne hidrološke službe, ki že več kot pol stoletja sistematično opravlja meritve in obdeluje podatke o režimu podzemnih voda aluvialnih vodonosnikov. Dolgoletni nizi podatkov omogočajo statistično določitev normalnih razmer in oceno sprememb oziroma odstopanj od normalnih vrednosti.

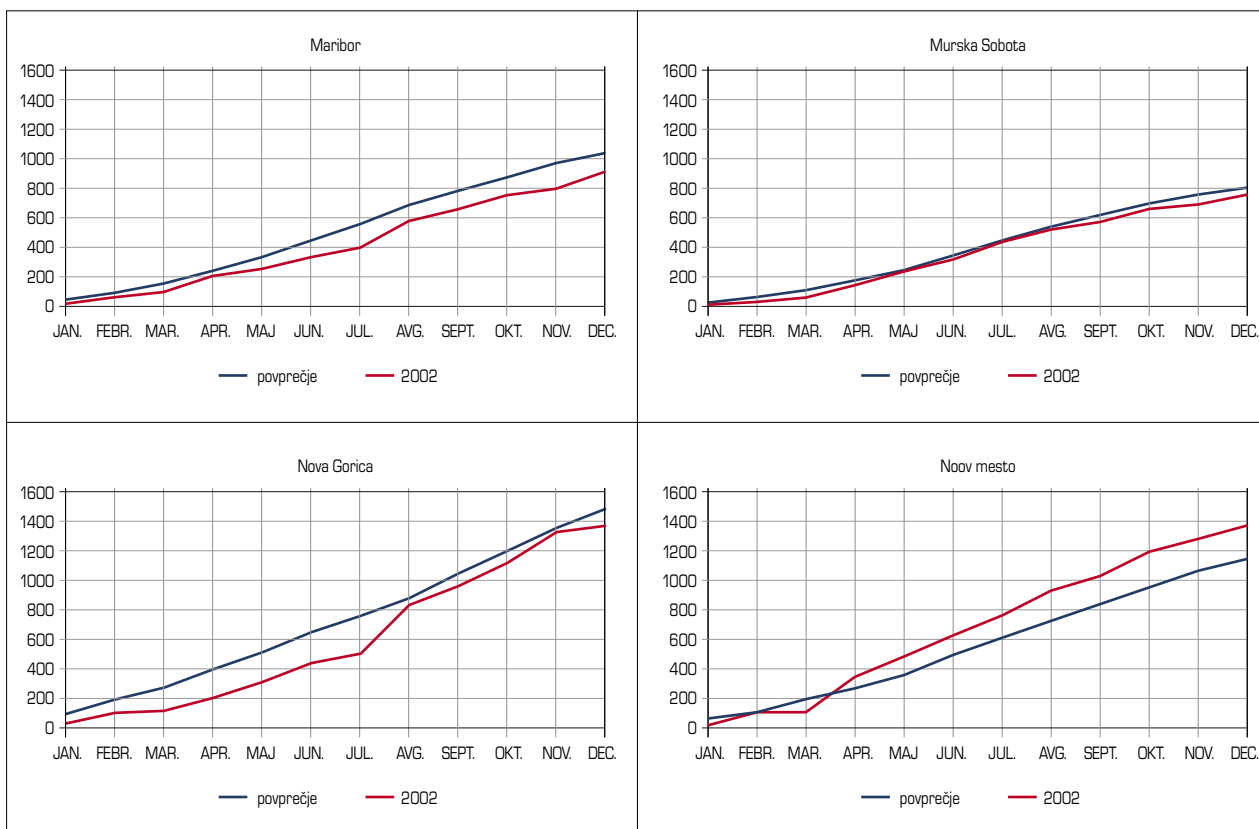
V preglednici 1 sta podani časovna in prostorska razširjenost suše leta 2002. To je posplošeni pregled, saj smo za prizadete označili le vodonosnike z nizkovodnimi stanji v pretežnem delu vodonosnika. Torej, med letom je suša občasno zajela tudi manjša območja, ki niso prikazana v preglednici. Na sliki 1 so prikazane kumulativne padavine leta 2002 na območju vodonosnikov. Izbrane so štiri postaje, ki v grobem ponazarjajo podnebno raznolikost aluvialnih vodonosnikov po državi. Kumulativne padavine obravnavanega leta so primerjane z dolgoletnim povprečjem kumulativnih padavin. Slika 2 prikazuje podobno primerjavo, in sicer primerjavo kumulativnih efektivnih padavin za isti nabor postaj. Karta na sliki 1 prikazuje oceno povprečnega vodnega stanja leta 2002 na osnovi primerjave srednjih letnih gladin z značilnimi gladinami dolgoletnega primerjalnega obdobja pred letom 2000. Slika 4 ponazarja stanje vodnih zalog med največjo prostorsko razprostranjenostjo suše v severovzhodni Sloveniji junija 2002. Na sliki 5 so prikazani mesečni modi gladin leta 2002 za štiri postaje iz različnih koncev Slovenije v primerjavi z značilnimi gladinami, prikazanimi s percentili. Slika 6 je podoben prikaz za dve postaji v aluvi-

alnih vodonosnikih severovzhodne Slovenije za obdobje 2000–2002.

## Elementi bilance in rударjenje podzemnih voda

Kot del naravnega hidrološkega kroga so podzemne vode v naših aluvialnih vodonosnikih v normalnih razmerah obnovljivi vir. Pri normalnem režimu se primanjkljaji in viški podzemne vode bolj ali manj izravnavajo med sezonami znotraj enega hidrološkega leta.

Režim podzemnih voda je odvisen od dinamičnega ravnovesja med dotoki in odtoki iz vodonosnikov. Ko prevladujejo dotoki se gladine oziroma zaloge podzemnih voda zvišujejo, ko prevladujejo odtoki in izgube, pa znižujejo. Na strani dotokov so glavni elementi bilance pronicanje padavin na poljih, infiltracija iz površinskih vodotokov na odsekih, kjer so ti dovodniki, in dotoki iz hribovitih zaledij na obrobjih ravnin. Pri odtokih oziroma izgubah so prevladujoči elementi evapotranspiracija, dreniranje podzemne vode v površinske vodotoke na odsekih, kjer so ti odvodniki, ter umetni odvzemi vode. V naših podnebnih razmerah dosejajo izgube padavin zaradi evapotranspiracije pri ravninskih aluvialnih vodonosnikih od dobre polovice do štiri petine celotne količine. Tako je le manjši del padavin na razpolago za površinski odtok in bogatenje zalog podzemnih voda. Vodne bilance nekaterih aluvialnih vodo-



Slika 1. Kumulativne padavine (mm) leta 2002 (rdeča črta) v primerjavi s povprečnimi kumulativnimi efektivnimi padavinami primerjalnega večletnega niza (modra črta).

Figure 1. Cumulative precipitation (mm) in 2002 (red line), and cumulative precipitation over a period of several years (blue line).

nosnikov kažejo, da podzemne vode doseže komaj ena desetina vseh padavin, padlih na območju vodonosnika in neposrednega prispevnega zaledja. Zato so podzemne vode zelo občutljive za spremembe v vodnem krogotoku.

Motnje, ki se kažejo v večjem odstopanju katerega od elementov bilance, se poudarjeno odražajo v zalozah podzemnih voda. Na primer desetodstotno povečanje evapotranspiracije lahko pomeni petdesetodstotno zmanjšanje bogatenja podzemnih voda. Zalozge podzemne vode so zato dober opozorilni znak motenj v naravnem krogotoku vode.

V normalnih razmerah, ko so podzemne vode obnovljive, rabimo za naše potrebe dinamične zalozge. To je tisti variabilni del skupnih zalozg v vodonosniku, ki se spreminja v času. Ko posežemo v statične zalozge, to je v volumen vode, ki je stalno v vodonosniku, govorimo o rudarjenju podzemnih voda. Bistveno pri rudarjenju podzemnih voda je, da se zalozge ne obnavljajo. Torej, gre pri tem za proces, ki je podoben izkoriščanju naravne surovine, kot na primer pri izkopu premoga ali črpanju nafte. Kazalec zalozg vode v vodonosniku je vodna gladina. Ko se gladine znižajo pod absolutni minimum dolgoletnega opazovalnega obdobja in se bodisi stalno znižujejo bodisi varirajo pod to ravnijo, je vsako črpanje iz vodonosnika rudarjenje podzemnih voda.

Vzrokov tako velikega zmanjšanja vodnih zalozg, da prihaja do rudarjenja podzemnih voda, je lahko več. Pri

tem gre lahko za en prevladujoči vzrok ali za kombinacijo več vzrokov. Med možnimi vzroki so prva podnebna odstopanja, ki se kažejo kot izpad padavin ali povišane temperature zraka, ki vodijo v povečevanje izgub z evapotranspiracijo. Vzroki so lahko hidrološki, npr. sprememba rečnega režima in s tem povezana višina vode v strugi ali poglobljanje rečnega korita, ki prav tako vpliva na gladino vode v reki. Med umetnimi vzroki so lahko čezmerno črpanje vode, melioracije oziroma izsuševanje tal, sprememba kmetijske rabe tal, gradnja velikih umetnih kanalov, gradnja pregrad, regulacije rek itn.

## Splošno o suši pri podzemnih vodah

Hidrološka suša podzemnih voda ima nekatere značilnosti, po katerih se razlikuje od drugih oblik suše. Proces izmenjave vode v vodonosnikih so počasnejši od procesov v drugih delih krogotoka vode, kar praviloma povzroča časovni zamik za ostalimi pojavi suše. Suša podzemnih voda je skupni rezultat pomanjkanja padavin, tj. meteorološke suše, pomanjkanja vlage v tleh, ki povzroča kmetijsko sušo, in pa nizkih gladin vodotokov, kar se odraža kot hidrološka suša površinskih voda. Suša pri podzemnih vodah se običajno pojavi zadnja in se zadnja tudi konča. Po daljši meteorološki suši padavine najprej nadomestijo vlago v tleh in napolnijo rečne struge in šele čez nekaj časa

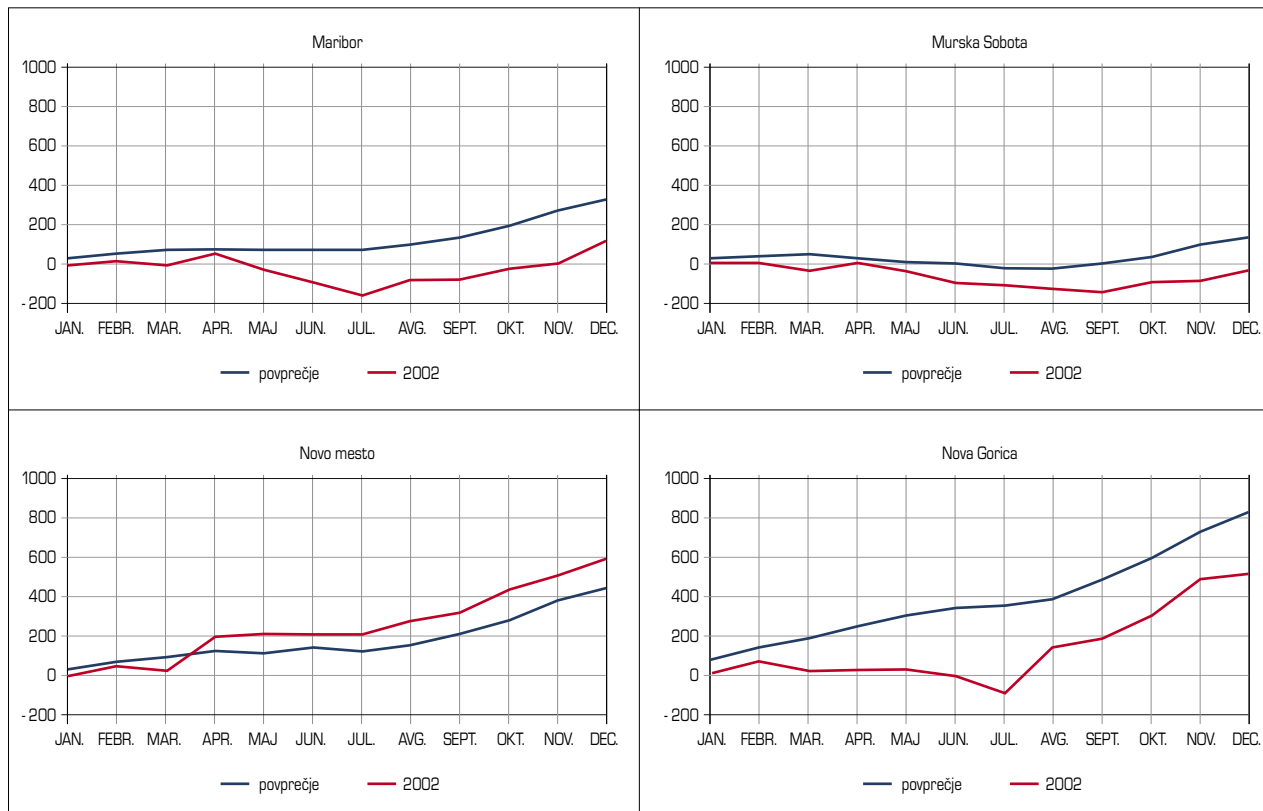
poniknejo do podzemnih voda. Takrat, ko padavine niso zadosti obilne, se pogosto zgodi, da prekinajo ali končajo kmetijsko in hidrološko sušo površinskih voda, medtem ko se lahko nizko stanje podzemnih voda nadaljuje. Ker so podzemne vode na koncu verige, se zaloge vode obnovijo šele, ko so obnovljene v drugih delih krogotoka. Pogosti so primeri, ko sta kmetijska in hidrološka suša končani, pri podzemnih vodah pa traja še nekaj mesecev pozneje.

Razumevanje velike kompleksnosti vodne bilance je ključno za razumevanje mehanizma nastanka suš podzemnih voda. Nizko vodno stanje v podzemlju je lahko posledica pomanjkanja padavin na območju aluvialnega vodonosnika, lahko je posledica izpada padavin v povirju reke, ki bogati podzemne vode. Možno je tudi, da kljub normalni količini padavin voda zaradi velikega stresa rastlin ob visokih temperaturah zraka sploh ne utegne ponikniti v tla globlje od koreninske cone. Zaradi medsebojnega prepletanja več dejavnikov se nizka vodna stanja v posameznem vodonosniku pojavljajo časovno in prostorsko različno. Včasih se najprej pojavijo na obrobju vodonosnika, včasih ob reki, včasih pa skoraj hkrati zajamejo ves vodonosnik. Možni so tudi nenavadni primeri, ko je v vodonosniku huda suša, vendar je v coni ob reki vodno stanje normalno, ker je višina vode v strugi ugodna zaradi taljenja snega v povirju.

Nizko vodno stanje je pogoj za nastanek suše, ni pa nujno, da vsako nizko vodno stanje tudi pomeni sušo.

Poleg samega fizikalnega pojava so pomembne tudi posledice za uporabnike. Zato večina definicij suše izhaja iz posledic, kar vodi v ohlapno pojmovanje, ki ga je težko kvantitativno ovrednotiti. Vladna agencija, ki je zadolžena za spremljanje režima podzemnih voda v ZDA (USGS) posreduje javnosti naslednjo definicijo: »Suša je stanje zadosti velikega pomanjkanja mokrote, ki ima posledice za rastlinstvo, živali in ljudi na precejšnjem območju«. To je predvsem sociološko pojmovanje, saj je strokovno vprašljivo, kaj pomeni tako ohlapno definirano »zadosti veliko pomanjkanje« in kaj je to »precejšnje območje«. S hidrogeološkega stališča je tak pristop nesprejemljiv, saj je lahko v vodonosniku zgodovinsko najnižja gladina vode, vendar jo prebivalci ne čutijo kot pomanjkanje. Sesalni koši sodobnih črpališč so potopljeni globoko v črpalnih vrtinah, zato ni motenj v preskrbi z vodo. Če bi se isti prebivalci oskrbovali iz plitvo kopanih vodnjakov, bi prišlo na tem območju do naravne katastrofe, ker bi bili vsi vodnjaki suhi.

V državni hidrološki službi spremljamo režim podzemnih voda s kvantitativnimi meritvami gladin v aluvialnih vodonosnikih. Sušo tako lahko ovrednotimo na podlagi primerjave gladin z značilnimi vodnimi gladinami iz dolgotrajnih nizov podatkov. Pomembno je upoštevati časovni in prostorski vidik pojava, kar pomeni, da pojav traja zadosti dolgo in da je zajel večje območje. Predvsem gre za opozorilo, da smo dosegli spodnjo mejo dinamičnih vodnih zalog in da obstaja nevarnost poseganja



Slika 2. Kumulativne učinkovite padavine (mm) leta 2002 (rdeča črta) v primerjavi s povprečnimi kumulativnimi učinkovitim padavinami primerjalnega večletnega niza (modra črta)

Figure 2. Cumulative effective precipitation (mm) in 2002 (red line), and cumulative effective precipitation over a period of several years (blue line).

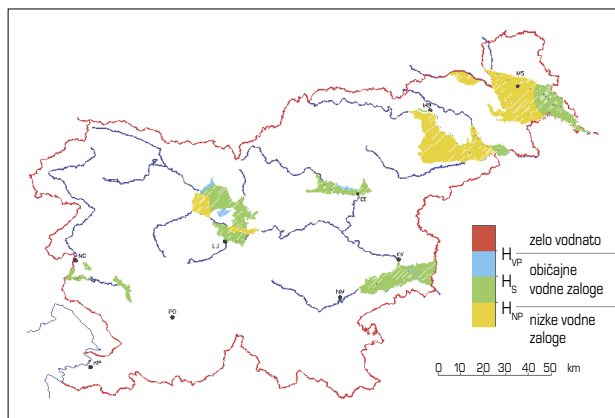
v statične zaloge. V slovenski hidrološki službi sušo opredelujemo na naslednji način (Mikulič et al, 2003): »Suša je stanje vodnih zalog podzemne vode pod nizkim letnim povprečjem ( $H_{np}$ ), ki traja vsaj en mesec in je zabeleženo vsaj v pretežnem delu enega vodonosnika ali v več vodonosnikih«. Nizko letno povprečje ( $H_{np}$ ) je aritmetična sredina vseh letnih minimumov za dolgoletno primerjalno obdobje. V novejšem času pri statističnih vrednotenjih postopoma opuščamo kazalce parametrske statistike in prehajamo na bolj ustrezne prikaze z modom in percentili. Temu ustrezno bo v prihodnosti prilagojena tudi naša definicija suše.

## Vzroki nizkovodnega stanja

Nizkovodno stanje in suša leta 2002 sta imela zametke v podnebnih razmerah in režimu podzemnih voda predhodnega leta. Leta 2001 je bil v poletnih mesecih velik primanjkljaj dežja, ker pa so bile tudi temperature zraka nadpovprečno visoke, je to povzročilo hidrološko sušo v vseh vodonosnikih severovzhodne in vzhodne Slovenije in v Vipavsko-Soški dolini. Edino vodonosniki osrednje Slovenije tedaj niso bili prizadeti zaradi bogatenja z vodo iz snežnice po spomladansko-poletnem taljenju debele snežne odeje v visokogorju. V septembru je obilno deževje obnovilo vodne zaloge v osrednjem in zahodnem delu države, medtem ko na vzhodu dežja ni bilo dovolj za izničenje primanjkljaja iz predhodnih mesecev. Po deževnem septembru je bil v treh zadnjih mesecih leta 2001 polovičen izpad padavin. Ta izpad je bil odločujoč za nadaljnji razvoj dogodkov, saj običajno prav obilne oktobrske in še posebej novembrske padavine izravnajo vodne zaloge na letni ravni. Zaradi suhe jeseni se je suša v severovzhodni Sloveniji neprekinjeno nadaljevala iz poletja, v preostalih vodonosnikih pa so se gladine vso jesen zniževale. V decembru leta 2001 se je v pretežnem delu vodonosnikov začela huda zimska suša. Za razliko od poletnih suš, ki so skoraj običajen pojav, so zimske suše redke. Zadnja večja suša pred to je bila pred trinajstimi leti v zimi 1988/1989 (Trišič et al, 1990).

Suša na začetku zime 2001/2002 je bila vzrok slabemu izhodiščnemu stanju vodnih zalog na začetku leta 2002. Izpad padavin (Cegnar, 2003), ki je sledil v prvih treh mesecih leta, je povzročil nadaljnje zniževanje vodnih gladin. Posebej hudo pomanjkanje je bilo januarja, ko je primanjkljaj ponekod znašal več kot tri četrtine običajne količine. Od primanjkljajev padavin v naslednjih mesecih sta bila pomembna majski in junijski, ki sta bila povezana z nadpovprečno visokimi temperaturami zraka in povečanimi izgubami vode z evapotranspiracijo.

Primanjkljaji iz začetnih mesecev niso bili nadomeščeni niti do konca leta, kot je razvidno iz grafov kumulativnih padavin (slika 1). Na celoletni ravni je bilo manj padavin od povprečja na območju vseh vodonosnikov razen na Dolenjskem. V Prekmurju je na celoletni ravni primanjkovalo tudi do četrtine običajne količine padavin. Od pozne pomladi do zgodnje jeseni je bila vodna bilanca na večini vodonosnikov



Slika 3. Srednje letne gladine podzemnih voda aluvialnih vodonosnikov leta 2002 ( $H_{np}$  = dolgoletno povprečje letnih minimumov,  $H_s$  = dolgoletno povprečje,  $H_{vp}$  = povprečje letnih maksimumov)

Figure 3. Annual mean groundwater levels of alluvial aquifers in 2002 ( $H_{np}$ =average of annual minimums,  $H_s$ = mean over a period of several years;  $H_{vp}$ =average of annual maximums).

negativna (slika 2), kar pomeni, da se je z evapotranspiracijo vrnilo v atmosfero več vode kot je padlo dežja. Izjema je bilo območje Dolenjske s pozitivno bilanco.

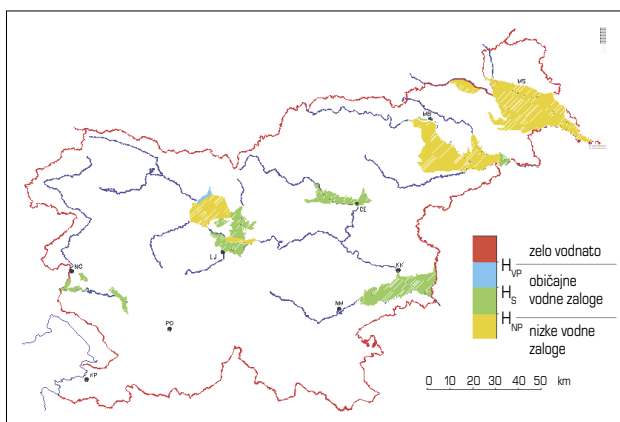
Torej, glavni vzroki nizkovodnih stanj in suše v aluvialnih vodonosnikih Slovenije leta 2002 so bili:

- primanjkljaj padavin na celoletni ravni in povišane temperature na letni ravni,
- še posebej velik primanjkljaj padavin v obdobju od oktobra 2001 do marca 2002 in
- nadpovprečno visoke temperature zraka v sezoni vegetacije in s tem povezane nadpovprečne izgube vode z evapotranspiracijo.

## Opis nizkovodnega stanja

Prostorske prikaze vodnega stanja za posamezni mesec se zaradi pomanjkanja statistično izračunanih vrednosti praviloma izdeluje na podlagi podatkov kontrolnih meritev gladin podzemne vode za 53 postaj, ki se jih potem primerja z letnimi značilnimi gladinami ( $H_{vp}$ ,  $H_s$  in  $H_{np}$ ). Pri nizkih vodnih stanjih, kjer kontrolne meritve ne odstopajo veliko od povprečij, je natančnost kartografskih prikazov zadovoljivo velika. Karta za celo leto 2002 je bila izdelana na podlagi statističnih vrednosti gladin za isti nabor postaj.

Suša v severovzhodni Sloveniji je bila tako huda in tako dolgotrajna, da so bile celo srednje letne gladine podzemne vode v vodonosnikih na tem območju v razponu nizkih vodnih stanj dolgoletnega primerjalnega obdobja (slika 3). V preostalih vodonosnikih so bila letna povprečja znotraj razpona običajnih letnih nihanj, vendar povečini pod srednjim gladinam dolgoletnega primerjalnega obdobja. To tudi kaže na neugodne razmere nihanja vodnih zalog znotraj leta.



Slika 4. Stanje vodnih zalog v aluvialnih vodonosnikih v juniju 2002, ko je bila suša v severovzhodni Sloveniji najbolj razširjena

Figure 4. Groundwater reserves in June 2002 at the time of the greatest drought effects. Note the yellow areas in the northeastern part of the country.

Za štiri izbrane postaje (slika 5), ki ponazarjajo prostorsko raznolikost režima po državi, so predstavljeni statistično ovrednoteni podatki. Prikazani so mesečni modi gladin v primerjavi z mesečnimi značilnimi gladinami, prikazanimi kot percentili. V severovzhodni Sloveniji so bile gladine večji del leta pod absolutnimi minimumi dolgoletnega primerjalnega obdobja. Proti koncu leta so se gladine nekoliko zvišale, vendar le na raven nizkih gladin. To pomeni, da

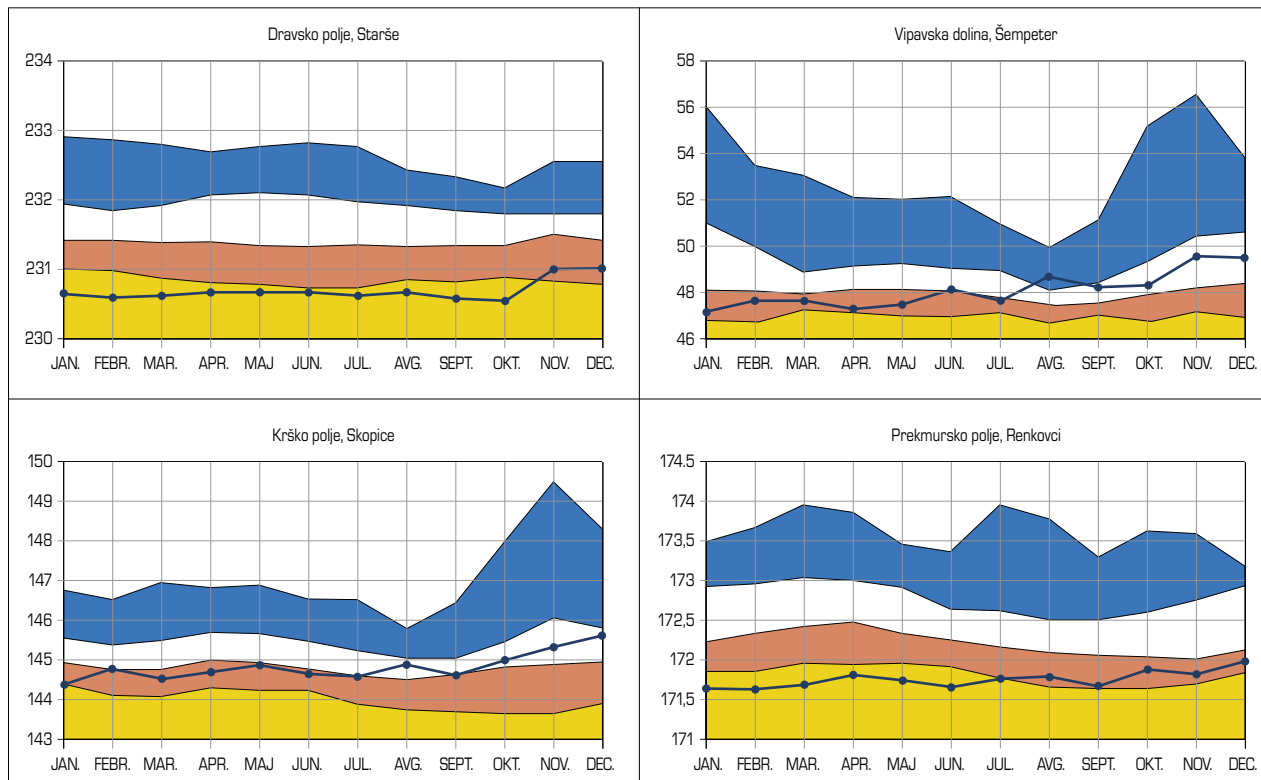
se v celem letu zaloge podzemne vode niso obnovile do normale. Drugod so bile razmere nekoliko boljše, saj so se po suši vodne zaloge na koncu leta obnovile do normalnih.

## Časovni potek in prostorska razširjenost suše

Suša leta 2002 ni zajela vseh vodonosnikov v istem času in z enako intenziteto. V nekaterih vodonosnikih se je nadaljevala iz prejšnjega leta in se je potem različno razvijala.

Že januarja so bile sušne razmere v vseh vodonosnikih severovzhodne Slovenije in so se tam nadaljevale vse do konca leta. Največja prostorska razširjenost suše na tem območju je bila julija (slika 4). Izjema v vsej severovzhodni Sloveniji je bil vodonosnik Vrbanškega platoja, kjer se podzemne vode napajajo v glavnem s pronicanjem iz reke Drave. Zaradi snežnega režima Drave, so se vodne zaloge spomladi izboljšale, v poletnih mesecih celo nad srednjo gladino. V preostalih vodonosnikih na tem območju so se zaloge občasno izboljševale le v ozkem obrečnem pasu ob Muri in v zadnjih dveh mesecih tudi v vzhodnem delu Prekmurja.

Januarja so bile sušne razmere izrazite tudi v vodonosnikih doline Bolske, Krškega polja, zahodnega dela Ljubljanskega polja in pretežnega dela doline Kamniške Bistrice, nakar se je v naslednjih mesecih vodno stanje na vseh teh območjih



Slika 5. Mesečni modi gladin podzemnih voda leta 2002 (modri krogi) v primerjavi z značilnimi gladinami, prikazanimi v percentilih, dolgoletnega primerjalnega obdobja (beli pas = normalne vodne gladine, modri pas = visoke vodne gladine, temno rumeni pas = nizke vodne gladine).

Figure 5. Monthly groundwater levels in 2002 (blue circles) compared to the levels over a period of several years (white zone=normal GW levels, blue zone=high GW levels, dark yellow zone=low GW levels).

izboljšalo, do poletja občasno celo nad raven srednjih zalog. V preostalih vodonosnikih so se sušne razmere občasno pojavljale na Mirensko-Vrtojbenskem polju in v južnem delu vodonosnika doline Kamniške Bistrice.

## Ocena suše

Suša leta 2002 je bila izjemen pojav zaradi nekaterih posebnosti. Po prostorski razširjenosti je imela višek v mesecu januarju, kar je zelo redek pojav. Zadnja zimska suša pred to je bila pred trinajstimi leti, medtem ko se poletne suše, čeprav včasih zelo kratkotrajne, pojavljajo skoraj vsako leto.

V severovzhodni Sloveniji je bila suša po nekaterih značilnostih prelomni dogodek. Tam so se gladine podzemne vode znižale pod absolutni minimum primerjalnega obdobja pred letom 2000. Zaloge se tudi do konca leta niso obnovile do normalnega stanja (slika 5), kar pomeni, da je tam vsako črpanje podzemne vode izkoriščanje neobnovljivih statičnih zalog.

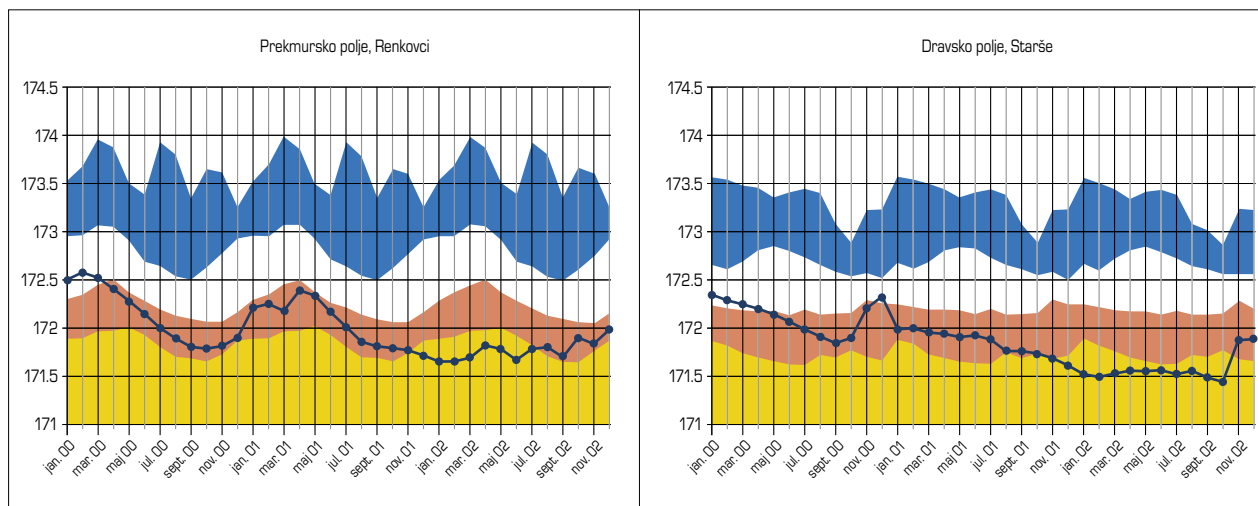
Suša podzemnih voda leta 2002 v severovzhodni Sloveniji je le zadnja v vrsti suš na tem območju, ki se vrstijo od leta 2000 naprej (Kobold et al, 2000; Kobold in Mikulič, 2001). Bila je tudi najbolj huda suša na tem območju v triletnem obdobju nenavadno nizkih gladin podzemne vode (slika 6). Če se bi tam tendenca zniževanja gladin od leta 2000 naprej nadaljevala tudi v prihodnosti, bi to pomenilo nevarnost za oskrbo z vodo. Zaloge so se namreč že zmanjšale na raven statičnih zalog. Za to regijo je v zadnjih letih značilen hudo nevaren proces motenega obnavljanja vodnih zalog. Leta 2002 podzemna voda ni bila več obnovljivi vir, kar je v normalnih razmerah osnovna značilnost režima podzemnih voda.

Za leto 2002 je bil značilen pojav regionalne suše v vsej severovzhodni Sloveniji. Čeprav v preostalih vodonosnikih po državi stanje vodnih zalog ni bilo kritično, so bile povsod značilne nizke vodne gladine na meji sušnih razmer. Obdobja stanja vodnih zalog nad srednjo letno ravniyo so bila zelo kratkotrajna in največkrat omejena na manjše dele vodonosnikov. Te razmere prevladujočih nizkih gladin na meji suše se kažejo v srednjih letnih gladinah, ki so bile z nekaj prostorsko omejenimi manjšimi izjemami povsod pod srednjo letno gladino dolgoletnega primerjalnega obdobja (slika 3).

Primerjava z letom 1993 (Kolbezen et al, 1994), ko je bila najhujša suša zadnjega desetletja dvajsetega stoletja, kaže nekaj posebnosti. Suša leta 1993 je zajela praktično vse aluvialne vodonosnike Slovenije, medtem ko je bila leta 2002 prizadeta predvsem severovzhodna Slovenija. V tej regiji so bile na območju vodonosnikov Prekmurja, Murskega polja in Apaškega polja dosežene bistveno nižje gladine podzemne vode leta 2002, medtem ko so bile leta 1993 gladine nižje na območjih Dravskega in Ptujkega polja. Glede preostalih vodonosnikov primerjava ne pokaže bistvenih razlik med obema letoma, čeprav so bile gladine na več območjih nekoliko nižje leta 1993, na manjšem delu pa leta 2002.

## Sklepne misli

Od leta 2000 naprej se v aluvialnih vodonosnikih Slovenije vsako leto vrstijo suše podzemnih voda. V severovzhodni Sloveniji traja suša praktično neprekinjeno od poletja 2000. Tam opažamo kvalitativno nov pojav večletnih suš brez sezonskih izravnjav vodnih zalog, kar je bilo do nedavna običajno v srednjeevropskih podnebnih razmerah.



Slika 6. Mesečni modi gladin podzemnih voda v letih 2000–2002 v severovzhodni Sloveniji (modri krogi) v primerjavi z značilnimi gladinami, prikazanimi v percentilih, dolgoletnega primerjalnega obdobja (beli pas = normalne vodne gladine, modri pas = visoke vodne gladine, temno rumeni pas = nizke vodne gladine, svetlo rumeni pas = območje statičnih zalog podzemne vode).

Figure 6. Monthly GW levels from 2000-2002 in northeastern Slovenia (blue circles) compared to the levels over a period of several years (white zone=normal GW levels, blue zone=high GW levels, dark yellow zone=low GW levels, light yellow zone=static GW reserves).

Nenavadno pogosto pojavljanje nizkovodnih stanj bi lahko bilo posledica podnebnih sprememb. Izjemno huda zimska suša v zimi 2001/2002 je prav gotovo posledica podnebne motnje v jeseni leta 2001. Tako hudi primanjkljaji padavin, kot so bili tisto jesen, so zelo nenormalen dogodek.

Ne gre zanemariti umetnih vplivov, ki jih je povzročil človek in se sedaj ob vsakem podnebnem odstopanju od normalnih razmer kažejo kot ekstremno nizke gladine podzemnih voda. Ravninski svet aluvialnih vodonosnikov so najbolj poseljena območja države, kjer so pritiski na okolje izjemno veliki. Na zaloge podzemnih voda vpliva vrsta dejavnosti od kmetijstva do energetske rabe vodotokov. Vendar so vodne zaloge le eden od elementov, ki ga je treba reševati celostno z uravnovešenim razvojem teh območij.

Znižanje gladin v severovzhodni Sloveniji pod najnižje zabeležene vrednosti od leta 1952 naprej pomeni, da so se tam zaloge podzemne vode zmanjšale pod raven dinamičnih zalog. Ker se vodne zaloge med letnimi sezonami ne obnavljajo več na normalno raven, vsako črpanje podzemne vode na tem območju pomeni poseganje v stalne neobnovljive zaloge vodonosnikov. To je rudarjenje voda.

V preteklosti je Slovenija veljala za državo, bogato z vodami. Občasne težave z vodnimi zalogami so bile posledica motenj v časovni razporeditvi padavin oziroma povečanih evapotranspiracij. Sedaj se motnje kažejo predvsem kot posledica prostorske razporeditve padavin, kjer je severovzhodni del države močno prizadet. Nujno je potrebna izdelava podrobne regionalne vodne bilance za to območje, ki bi bila osnova za načrtovanje sanacijskih ukrepov.

**Če se izdelavi in izvajanju načrta povečanja zalog podzemnih voda v severovzhodni Sloveniji ne bo takoj posvetilo vse potrebne pozornosti, utegne ob nadaljevanju sedanjih podnebnih razmer v nekaj letih v celi regiji priti do hudih motenj v oskrbi z vodo.**

## Viri in literatura

1. Arhiv Agencije Republike Slovenije za okolje. Ljubljana.
2. Arhiv Hidrometeorološkega zavoda Republike Slovenije. Ljubljana.
3. Cegnar, T., 2003. Klimatske značilnosti leta 2002. Mesečni bilten ARSO – Letnik IX, št.12, 24-30. Agencija za okolje Republike Slovenije, Ljubljana.
4. Kobold, M., Mikulič, Z., Sušnik M., Rogelj, J., 2000. Hidrološka suša v letu 2000. 11. Mišičev vodarski dan. Zbornik referatov, VGB Maribor, 1-9.
5. Kobold, M., Mikulič, Z., 2001. Hidrološka suša v letu 2001. 12. Mišičev vodarski dan. Zbornik referatov, VGB Maribor, 21-28.
6. Kolbezen, M., Lalič, B., Matajca, I., Mikulič, Z., Zupančič, B., 1994. Suša v letu 1993. Poročilo, MOP – Hidrometeorološki zavod Republike Slovenije, Ljubljana.
7. Mikulič, Z., Andjelov, M., Robič, M., Trišič, N., 2003. Nizka vodna stanja v aluvialnih vodonosnikih Slovenije. 14. Mišičev vodarski dan. Zbornik referatov, VGB Maribor, 92-98.
8. Trišič, N., Savič, V., Gajsar, P., Steklasa, F., 1990. Študija nizkega stanja podtalnice v Sloveniji v zimski suši leta 1988/89. Poročilo, Hidrometeorološki zavod Republike Slovenije, Ljubljana.