

# HIDROLOŠKA SUŠA SLOVENSКИH VODOTOKOV V OBDOBJU 2000–2002

## Effects of Drought on Slovenian Rivers from 2000-2002

Mira Kobold\* UDK 556.167(497.4)"2000/2002"

### Povzetek Abstract

V letih od 2000 do 2002 smo imeli v Sloveniji hidrološko sušo, ki je definirana kot daljše obdobje pomanjkanja padavin in se odraža v majhnih pretokih rek in nizkih gladinah podzemnih vod. V letih 2000 in 2001 smo imeli sušo predvsem v poletnih mesecih juniju, juliju in avgustu, v preostalih mesecih pa pretoki niso bili ekstremno majhni. Leta 2002 so bili pretoki v mejah srednjih malih pretokov od začetka leta pa vse do meseca julija. Vzroke suše gre iskati v pomanjkanju padavin, saj je bila količina padavin v obdobju 2000–2002 pod povprečjem obdobja 1961–1990. Največ padavin, blizu dolgoletnemu povprečju, je padlo na zahodu države, v osrednji Sloveniji okrog 95 %, na vzhodu države pa le med 70 in 80 % povprečne letne količine padavin obdobja 1961–1990. Za zadnja leta so značilne tudi visoke temperature zraka v poletnih mesecih, do 2 °C nad dolgoletnim povprečjem. Meteorološke razmere so vplivale na zmanjševanje pretokov rek, ki so dosegli vrednosti 10- do 20-letne povratne dobe malih pretokov. Niso pa bile v teh letih izmerjene najmanjše vrednosti pretokov v obdobju izvajanja meritev. V obdobju zadnjih štiridesetih let je med najbolj suhimi leti še vedno leto 1993. Je pa suša v Sloveniji regionalnega značaja. Običajno najbolj prizadene severovzhodni del države, kjer je letna količina padavin najnižja in primanjkljaj padavin največji.

A drought was recorded from 2000-2002. It was associated with a period of lower precipitation and was reflected in low water flows and lower groundwater levels. The low water flows were recorded from June to August in 2000 and 2001. In 2002, the low water flows were recorded from the first half of the year up to July. The low water flows in 2000-2002 resulted from a precipitation deficit. Precipitation was below the average during the period 1961-1990. Most precipitation, which was near average amounts, was in western Slovenia. About 95% of the average precipitation fell in the middle of the country (Ljubljana) and between 70% and 80% of the average precipitation during the period 1961-1990 was in the northeastern part (Lendava). The mean air temperature in the last years was 2°C above the norms during the period 1961-1990. But from a hydrological point of view, these years were not extremely dry. The cyclical periods of low water flows were between 10 and 20 years, and the minimum low water flow was not recorded during the period 2000-2002. The year 1993 is still the driest year in the last forty years. But drought is a regional occurrence; in Slovenia, the northeastern part is usually the most affected because the amount of precipitation there is the lowest and the precipitation deficit is the largest.

## Uvod

Na površinskih in podzemnih vodah smo v letu 2002 že tretje leto zapored beležili hidrološko sušo, kar je edinstven pojav, odkar potekajo meritve (v splošnem od leta 1950 naprej). Za obdobje 2000–2002 je bila narejena podrobnejša hidrološka analiza površinskih voda. Analiziranih je bilo več parametrov: pretok vode, količina padavin, temperatura zraka.

Suša je normalna, ponavljajoča se značilnost klime. Pojav je regionalnega značaja. Do suše prihaja praktično v vseh klimatskih conah, njene značilnosti pa se razlikujejo od regije do regije. Izvor je v pomanjkanju padavin v daljšem časovnem obdobju, običajno eno sezono, lahko pa tudi več. Primanjkljaj padavin vodi v pomanjkanje vode za rastlinstvo, oskrbo in določene dejavnosti v okolju. Povezana je tudi s časom nastopa (npr. v glavni letni sezoni, ko gre za primanjkljaj padavin glede na rastno stanje pridelka) ter številom padavinskih dogodkov in njihovo intenziteto. Z njo so povezani tudi drugi klimatski dejavniki, kot so visoka temperatura zraka, močan veter in nizka relativna vlaga.

\* mag., Ministrstvo za okolje, prostor in energijo, Agencija RS za okolje, Vojkova 1 b, Ljubljana, mira.kobold@gov.si

Na sušo ne moremo gledati samo kot na fizikalni pojav ali naravni dogodek. Njen vpliv na družbo se odraža v medse-

bojnem odnosu med sušo kot naravnim dogodkom (manj padavin od pričakovanih, kar izvira iz naravne klimatske variabilnosti) in zahtevami ljudi po oskrbi z vodo. Nedavne suše tako v razvitih državah kot v državah v razvoju ter ekonomski in okoljski vplivi in osebne stiske ljudi poudarjajo ranljivost vseh družb pred tem naravnim pojavom.

## Znanstveni vidiki suše

S stališča znanstvenih disciplin (NDMC, 2002) govorimo o meteorološki, kmetijski in hidrološki suši (slika 1). Za meteorološko sušo je značilen primanjkljaj padavin. Gre za močnejše odstopanje padavin od dolgoletnega povprečja, povezano z nadpovprečno visokimi temperaturami zraka, vetrom in nizko relativno vlago. Vse to ima za posledico večje izhlapevanje, manjšo infiltracijo, odtok in napajanje vodonosnikov. Kmetijska suša je kombinacija meteorološke in hidrološke suše, posledica pa je manjši pridelek in s tem donos. Hidrološka suša je povezana z vodnimi viri in zalogami vode v tleh. Z izrazom hidrološka suša zaznamujemo dolgotrajen proces obdobjnega pomanjkanja padavin (vključno s snegom) za napajanje površinskih in podzemnih voda. Odraža se v manjših pretokih rek in dotokih v akumulacije in jezera ter v nižjih gladinah podzemnih vod. Hidrološka suša ne nastopa skupaj z

meteorološko in kmetijsko sušo, ampak za njima zaostaja. Potrebna je več časa, da se primanjkljaj padavin pokaže v komponentah hidrološkega sistema (pretok vode, vlaga v tleh, gladina podzemne vode).

Ko se začne suša, je kmetijstvo prvo, ki je prizadeto zaradi pomanjkanja vode v tleh, saj to pomeni pomanjkanje vode za rastline. Če se pomanjkanje padavin nadaljuje, so prizadeti še drugi viri (površinski vodotoki, jezera, gladina podzemnih vod). Pomanjkanje vode vpliva tudi na druga področja, zlasti na oskrbo z vodo. Ko ljudje občutijo pomanjkanje vode kot dobrine, govorimo o ekonomskih, socialnih in okoljskih vplivih. Socialno-ekonomski vpliv se pokaže takrat, ko je potreba po ekonomskih dobrinah zaradi posledic meteorološke, kmetijske in hidrološke suše večja od oskrbe s temi dobrinami.

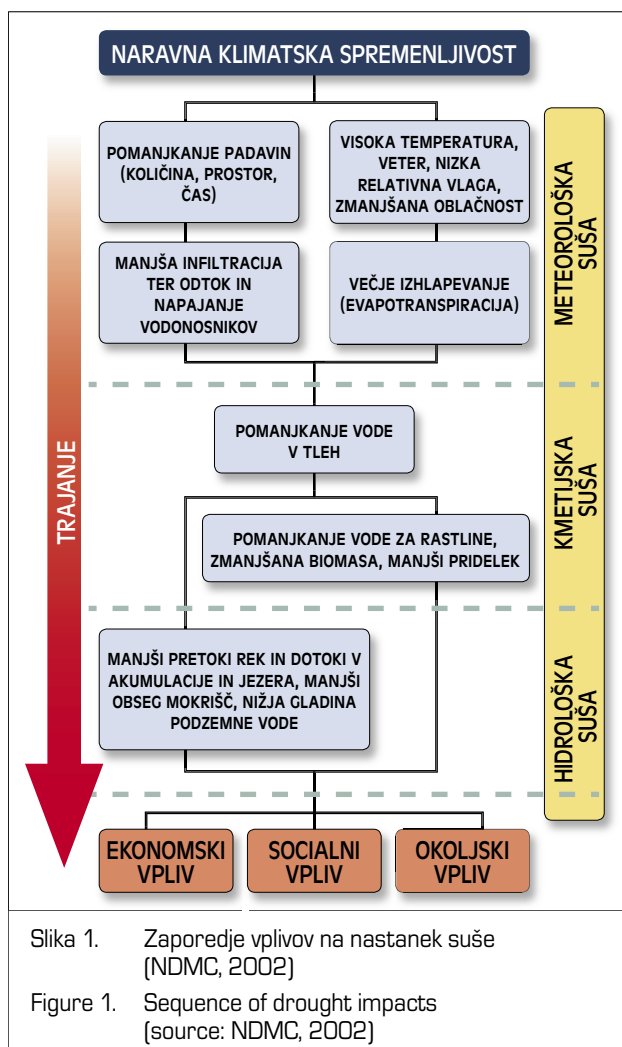
Ko se pojavijo padavine in so odpravljeni meteorološki pogoji suše, se vodne zaloge obnovijo. Najprej se obnovijo zaloge vode v tleh, sledijo vodotoki, akumulacije in jezera, nazadnje pa se obnovijo zaloge podzemnih vod. Obnovev podzemnih vod je lahko dolgotrajen proces, odvisen od trajanja in količine padavin. Tudi vplivi suše v kmetijstvu se hitro zmanjšajo, predvsem zaradi vode v tleh, čeprav se povzročene škode ne da odpraviti.

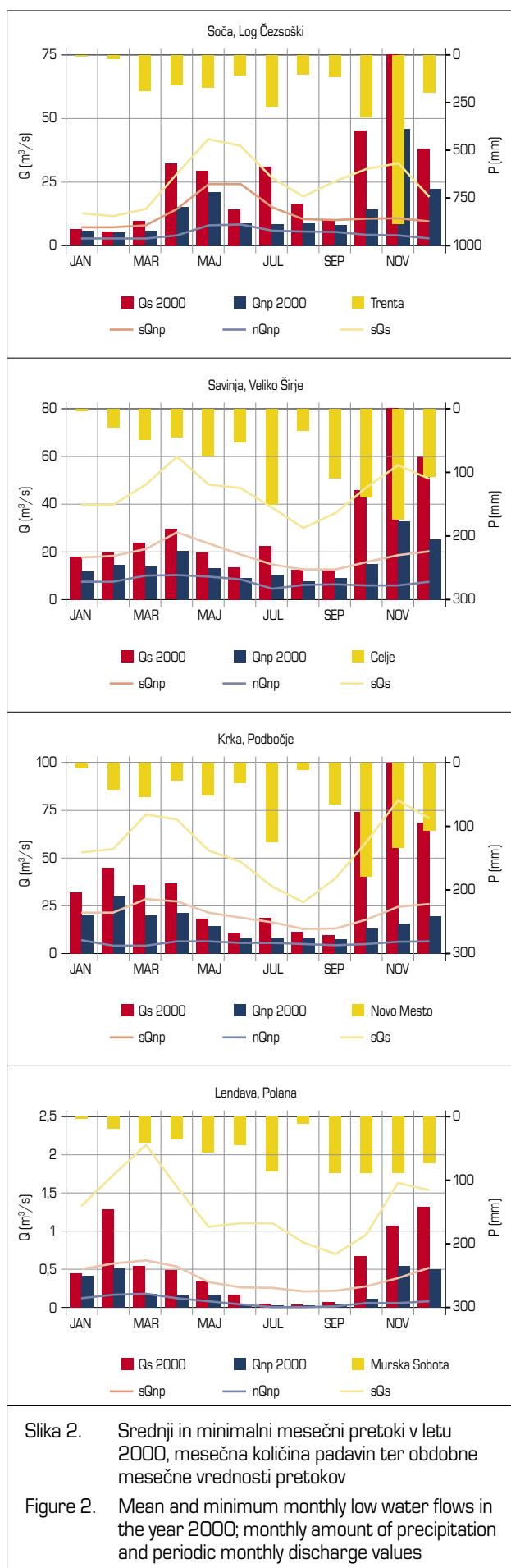
V hidrologiji sta izraza suša in mali pretoki tesno povezana, nista pa enakovredna (Dakova, 1997). Mali pretoki lahko nastopijo v različnih obdobjih leta in trajajo različno dolgo. Suša pa je bolj splošen izraz, ker ima različne pojavne oblike. Povezana je z vodnimi viri in zalogami vode in v tem smislu predstavlja značilnost daljšega obdobja (lahko tudi več let).

## Nizkovodne razmere v letu 2000

Padavinski primanjkljaj v začetku leta 2000 je povzročil, da so bili pretoki rek že od začetka leta pod srednjimi obdobjnimi vrednostmi, v mejah srednjih malih in najmanjših pretokov. Neugodna padavinska situacija, ki se je nadaljevala v poletnih mesecih, je vplivala na nadaljnje upadanje pretokov vse do septembra. Nizkovodne razmere z mesečnimi vrednostmi pretokov za štiri vodomerne postaje so grafično prikazane na sliki 2. Prikazani so srednji mesečni pretoki (Qs) in najmanjši mesečni pretoki (Qnp). Za primerjavo so podane obdobjne mesečne vrednosti (najmanjši mali mesečni pretoki /nQnp/, srednji mali mesečni pretoki /sQnp/ in srednji mesečni pretoki /sQs/) ter mesečne količine padavin z ene padavinske postaje na obravnavanih povodjih.

Zaradi izostanka padavin že od zimskih mesecev je v letu 2000 postopno prihajalo do vse večjega zmanjševanja vodnih zalog in že junija smo beležili nizkovodno stanje, ki je značilno za hidrološko suhe mesece, kot sta avgust in september. Razen Mure in Drave, ki sta najbolj vodnati v poletnih mesecih in imata takrat srednje pretoke, smo





Slika 2. Srednji in minimalni mesečni pretoki v letu 2000, mesečna količina padavin ter obdodne mesečne vrednosti pretokov

Figure 2. Mean and minimum monthly low water flows in the year 2000; monthly amount of precipitation and periodic monthly discharge values

na ostalih vodotokih po vsej državi beležili podpovprečno vodnatost z malimi pretoki. Pretoki opazovanih rek, razen omenjenih Mure in Drave, so se v drugi polovici junija približali in ponekod padli pod obdobjno povprečno nizkovodno stanje za junij. Predvsem pretoki večine rek v osrednji, severni in vzhodni Sloveniji so bili junija v mejah najmanjših junijskih obdobjnih vrednosti. Povratne dobe malih pretokov na omenjenih območjih so bile dve- do petletne.

Padavine med 24. junijem in 2. julijem 2000 so delno izboljšale hidrološke razmere, predvsem na notranjsko-kraškem območju ter na alpskih in predalpskih območjih. Na izboljšanje hidroloških razmer so vplivale tudi padavine v drugi polovici julija, ki pa so bile prostorsko neenakomerno porazdeljene, kar je vplivalo na stanje rek po državi. Pretoki rek predvsem v južni in vzhodni Sloveniji so se julija približali najmanjšim julijskim obdobjnim vrednostim. Avgusta je bila hidrološka situacija podobna junijski in ni ekstremno odstopala glede na obdobjne avgustovske male pretoke. Pretoki na opazovanih vodotokih so bili nekoliko večji od najmanjših obdobjnih vrednosti za avgust. Na Primorskem so reke Dragonja, Drnica in Pivka kot skoraj vsako leto presušile. Povratne dobe malih pretokov so bile v večini primerov dve- do petletne, v severovzhodnem delu Slovenije pa so imeli pretoki desetletno povratno dobo. Glede na pogostost suš v zadnjih desetih letih to ni tako redek pojav.

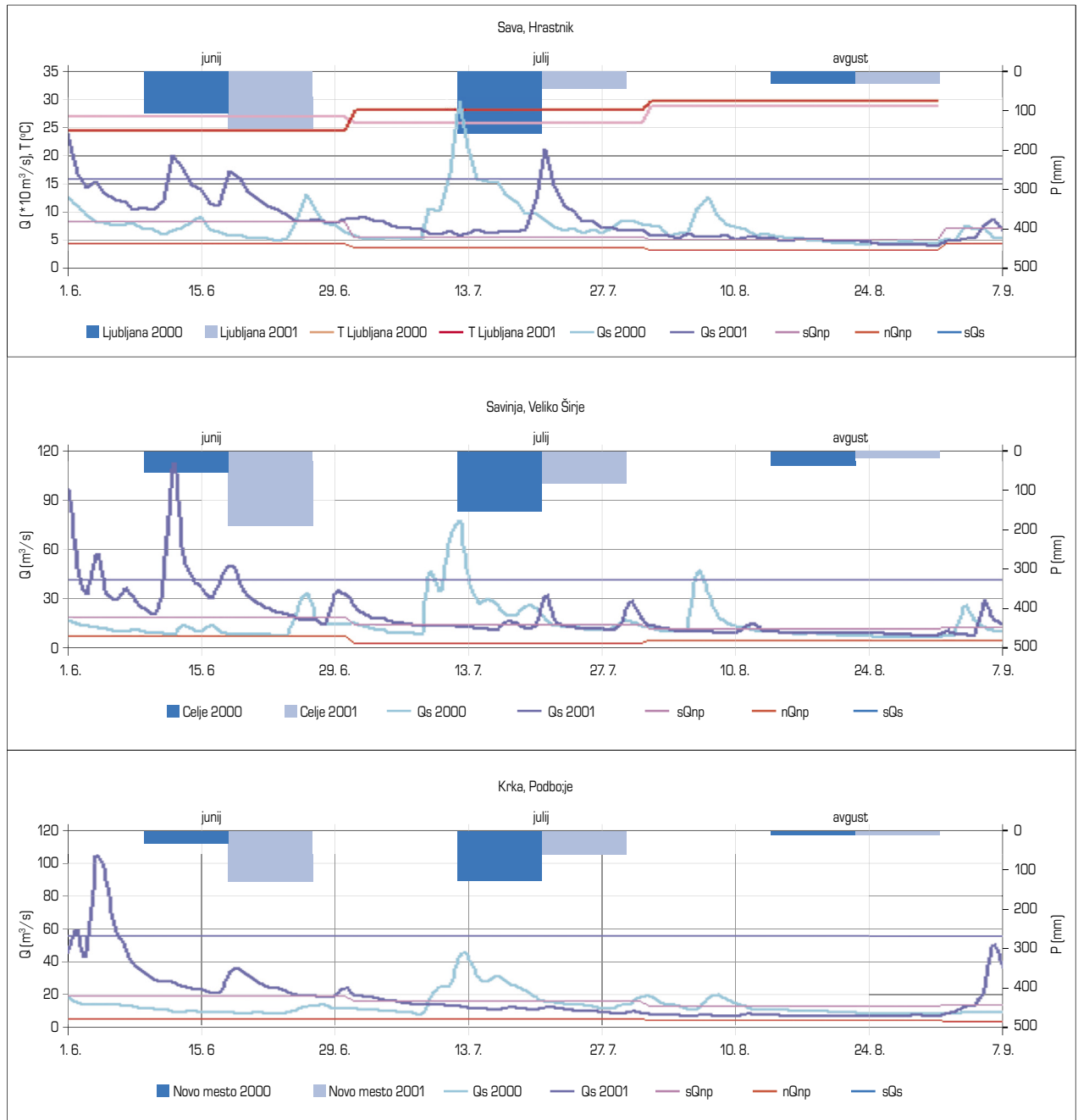
## Nizkovodne razmere v letu 2001

V letu 2001 se je nizkovodno stanje začelo julija in se nadaljevalo avgusta. Porazdelitev padavin v poletnih mesecih juniju, juliju in avgustu se je razlikovala od porazdelitve padavin v letu 2000. Podrobnejše nizkovodne razmere za obdobje od junija do avgusta za tri izbrane vodomerne postaje so prikazane na sliki 3. Prikazan je potek srednjih dnevni pretokov za leti 2000 in 2001 ter obdobjne vrednosti pretokov (srednji obdobjni pretoki /sGs/, srednji mali mesečni pretoki /sGnp/ in najmanjši mali mesečni pretoki /nGnp/). Na obravnavanih povodjih so prikazane tudi mesečne količine padavin z ene padavinske postaje. Razen v Posočju je količina padavin julija in avgusta 2001 dosegla le od 30 do 50 % padavin dolgoletnega povprečja obdobja 1961 – 1990 za ta dva meseca. K nizkovodnemu stanju so prispevale tudi precej visoke temperature zraka. Povprečna najvišja dnevna temperatura zraka v juliju in avgustu 2001 je bila višja od povprečne najvišje dnevne temperature zraka v juliju in avgustu 2000. V obeh letih pa so bile temperature nad povprečjem primerjalnega obdobja 1961 – 1990. Povprečne najvišje dnevne temperature zraka za Ljubljano za mesece junij, julij in avgust so podane pri prikazu hidroloških razmer Save v Hrastniku (slika 3). Kljub dolgotrajnemu neprekinjenemu obdobju z malimi pretoki pa niso bili doseženi najmanjši pretoki, zabeleženi v obdobju opazovanj.

Junija 2001 je padlo precej več padavin kot junija 2000. V Ljubljani je padlo junija 2001 147 mm padavin, kar je blizu dolgoletnega povprečja, junija 2000 pa le 103 mm. Prehodi vremenskih front so bili dokaj enakomerno porazdeljeni prek meseca. Zaradi tega so bili pretoki večine rek junija v mejah srednjih obdobjih pretokov. Šele proti koncu meseca, ko se je ustalilo lepo vreme, so se pretoki rek ponekod približali srednjim malim obdobjim pretokom za mesec junij.

Julija 2001 je padlo precej manj padavin kot julija 2000 (v Ljubljani je padlo julija 2001 48 mm, julija 2000 pa 158

mm padavin). Padavine so bile prostorsko neenakomerno porazdeljene. Razen v zgornjem Posočju je bila julijska višina padavin močno pod dolgoletnim povprečjem, julijska temperatura zraka pa nad dolgoletnim povprečjem. Povprečna dnevna temperatura zraka v juliju je v Ljubljani znašala 21,9 °C in je bila za 2 °C nad povprečjem primerjalnega obdobja. Prvi pojavi nizkovodnih razmer segajo v drugo polovico julija, ko so bili pretoki v mejah srednjih malih obdobjih pretokov za mesec julij. Izjemi sta bili le Mura in Drava, ki imata snežni režim in sta najbolj vodnati v poletnih mesecih, ter Soča v zgornjem toku. Vodnatost rek se je zaradi pogostih neviht v juliju prostorsko in



Slika 3. Srednji dnevni pretoki na izbranih vodomernih postajah za obdobje od junija do avgusta 2000 in 2001, obdobjne mesečne vrednosti pretokov, mesečna količina padavin in mesečno povprečje najvišjih dnevni temperatur zraka

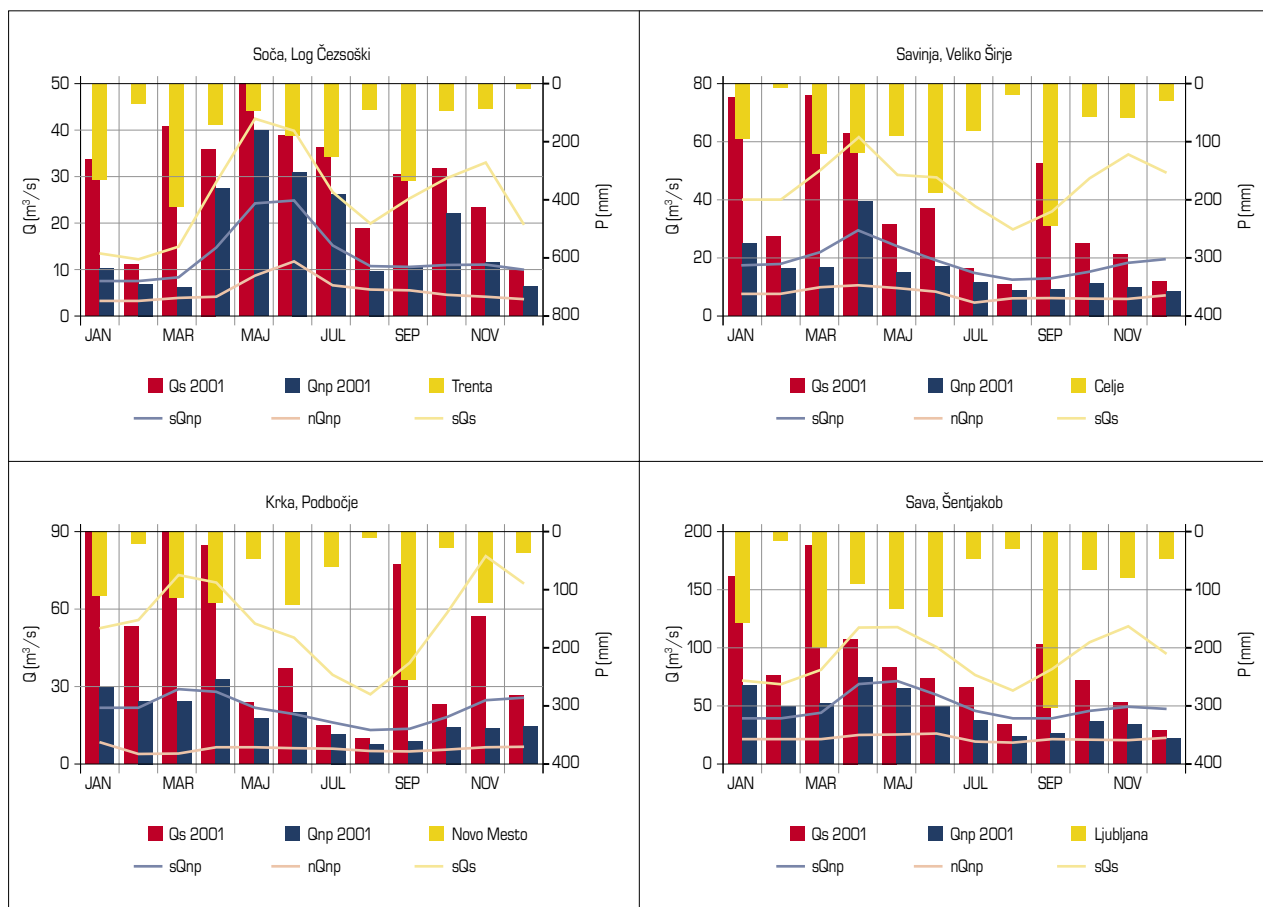
Figure 3. Mean daily discharges at some hydrological gauging stations from June to August 2000 and 2001, periodic monthly discharge values, monthly amount of precipitation and monthly mean daily maximum air temperature

časovno neenakomerno zmanjševala. Ob koncu julija pa so se vremenske razmere ustalile in takrat smo že beležili izrazito zmanjševanje pretokov. Relativno najmanjši pretoki so bili zabeleženi na manjših rekah v osrednji Sloveniji (Gradaščici, Ljubljani, Sori in Savinji v spodnjem toku), na Primorskem in v Prekmurju. Najmanjše zabeležene vrednosti pretokov glede na opazovalno obdobje v juliju niso bile dosežene. Vodnatost rek je bila podobna vodnatosti iz leta 2000 v istem času, na nekaterih rekah v osrednji in južni Sloveniji je bila celo nekoliko manjša. Večjo vodnatost kot v letu 2000 ob tem času smo beležili le na povirnih delih alpskih rek, predvsem na Soči. Pretoki na večini opazovanih rek v juliju niso presegli vrednosti dveletne povratne dobe malih pretokov, razen na Rižani, Gradaščici in Poljanski Sori, kjer so bili izmerjeni mali pretoki z dve- do petletno povratno dobo.

Nizkovodne razmere na večini slovenskih rek so se nadaljevale tudi v avgustu. Količina padavin je bila majhna in podobna količini padavin iz leta 2000 (v Ljubljani je padlo avgusta 2001 33 mm, avgusta 2000 pa 34 mm padavin) in precej pod dolgoletnim povprečjem. Pretoki rek so se vseskozi zmanjševali in padli pod srednje obdobjne male pretoke ter se proti koncu avgusta približali najmanjšim avgustovskim obdobjnim pretokom. Relativno najmanjši pretoki so bili zabeleženi na manjših rekah v osrednji in južni Sloveniji, na notranjskokraškem

območju, na Primorskem, na širšem območju Dravskega polja, v Slovenskih Goricah in v Prekmurju. Najmanjše zabeležene vrednosti pretokov v opazovalnem obdobju niso bile dosežene. Vodnatost rek je bila podobna vodnatosti v letu 2000 v istem obdobju, na nekaterih rekah v osrednji, južni in vzhodni Sloveniji je bila tudi nekoliko manjša. Na teh območjih so presahnile nekatere manjše reke in potoki. Večjo vodnatost kot leta 2000 ob tem času smo beležili le na povirnih delih alpskih rek (Soča). Pretoki na večini opazovanih rek so dosegli vrednosti dve- do petletne povratne dobe malih pretokov. Na Ljubljani, Savinji v spodnjem delu, Krki, Kolpi, Rižani in Gradaščici so bili izmerjeni mali pretoki s pet- do desetletno povratno dobo, na Dravinji, Pesnici in Kolpi v spodnjem delu pa mali pretoki z deset- in dvajsetletno povratno dobo.

Količina padavin v poletnih mesecih v letu 2001 je bila celo večja kot v letu 2000, medtem ko je bila porazdelitev padavin manj ugodna kot v letu 2000. Primanjkljaj padavin v juliju in avgustu je povzročil neprestano upadanje pretokov, ki je trajalo nepretrgoma skoraj dva meseca. Največ padavin v letu 2001 je padlo septembra, in sicer več kot dvakratna količina padavin, značilna za september primerjalnega obdobja 1961–1990. S tem je bila hidrološka suša začasno prekinjena, proti koncu leta pa so pretoki zopet padli pod srednje male obdobjne pretoke (slika 4).



Slika 4. Srednji in minimalni mesečni pretoki v letu 2001, mesečna količina padavin ter obdobjne mesečne vrednosti pretokov  
Figure 4. Mean and minimum monthly low water flows in the year 2001, monthly amount of precipitation and periodic monthly discharge values

## Nizkovodne razmere v letu 2002

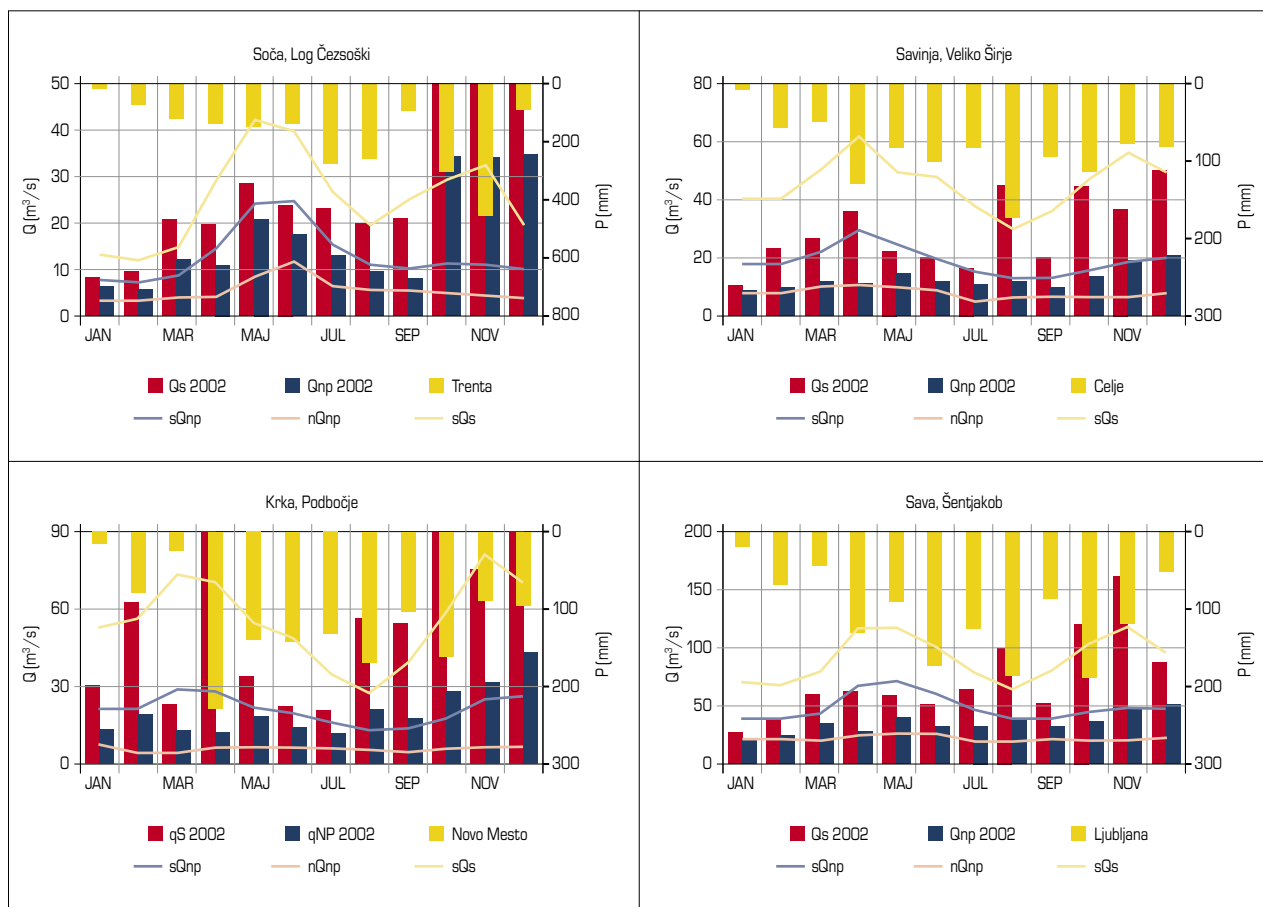
V letu 2002 so se nadaljevale nizkovodne razmere na slovenskih rekah iz decembra 2001 (slika 5). Primanjkljaj padavin je trajal že od začetka leta, zato so bili pretoki večinoma pod srednjimi obdobjnimi pretoki, v mejah srednjih malih pretokov. Največji primanjkljaj padavin je bil v prvih treh mesecih leta 2002. V januarju je znašal tudi do 90 % glede na povprečje obdobja 1961–1990 v pretežnem delu Slovenije. Večina pretokov je bila januarja nekoliko manjša od dolgoletnega primerjalnega obdobja. Najmanjši pretoki so bili zabeleženi v vzhodni Sloveniji (Ščavnica v Pristavi, Ledava v Polani), kjer so že skoraj dosegli najmanjše pretoke iz dolgoletnega primerjalnega obdobja. Februarske padavine so prehodno vplivale na povečanje vodnatosti rek po državi. Hidrološko sušno obdobje je trajalo do sredine aprila, ko so nekoliko obilnejše padavine vplivale na prehodno izboljšanje hidroloških razmer. Manj padavin od povprečja je padlo zopet maja in bile so zelo neenakomerno porazdeljene po državi. V poletnih mesecih juniju, juliju in avgustu je prevladoval nevihtni tip padavin, količina pa je bila v mejah dolgoletnega povprečja. Najmanj padavin je padlo v severovzhodnem delu Slovenije. Razen v južni Sloveniji, kjer je letna količina padavin preseгла dolgoletno

povprečje, je bila letna količina padavin po državi blizu dolgoletnemu povprečju obdobja 1961–1990. Pomanjkanje padavin se je najbolj odražalo v zmanjševanju zalog podzemnih vod.

Najmanjši pretoki so bili na večini vodomernih postaj zabeleženi v prvi polovici leta. Povečini so dosegli dve-do petletno povratno dobo. Po večmesečnem hidrološko sušnem obdobju, ko so bili pretoki v mejah srednjih malih pretokov, so avgusta preseglili vrednosti srednjih obdobjnih pretokov. V jesenskih mesecih se je končalo obdobje nizkovodnih razmer na površinskih vodotokih.

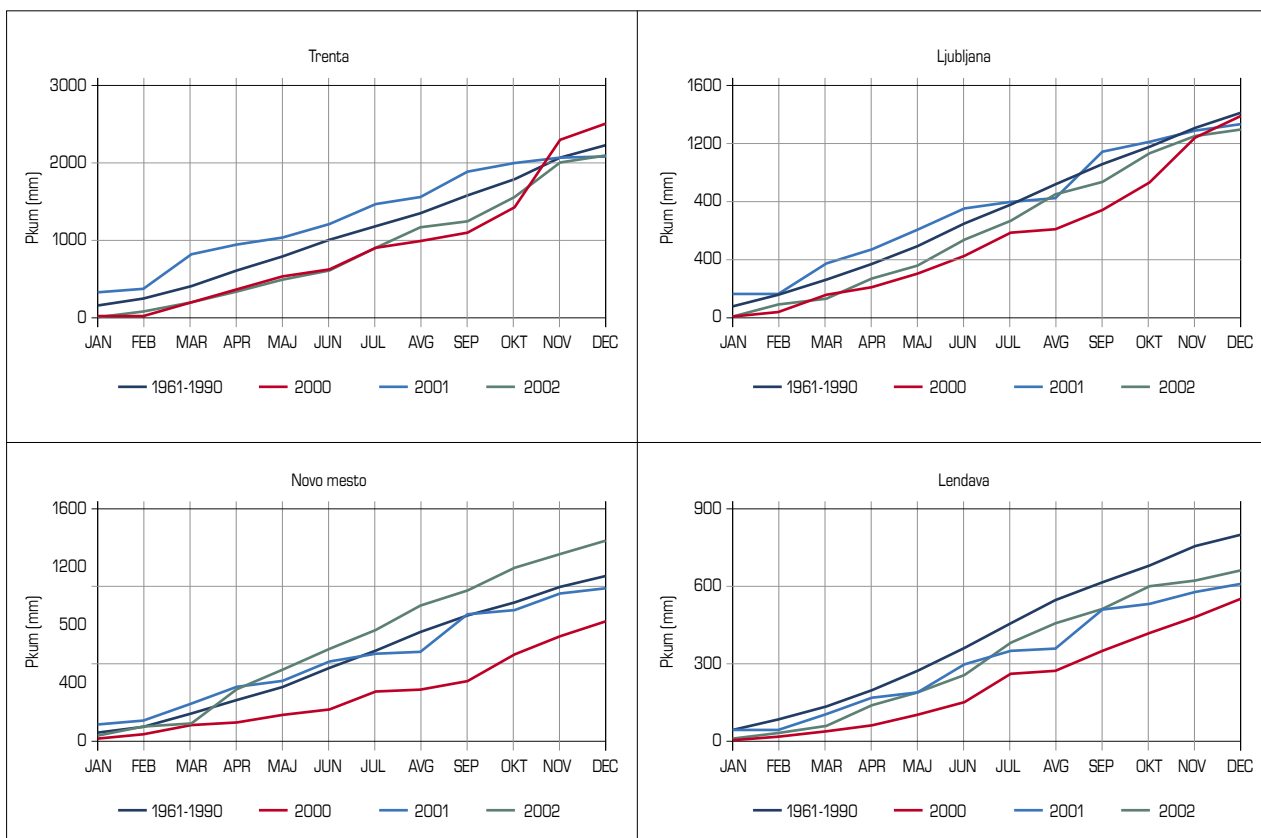
## Vzroki za nastanek suše

Kot je že bilo povedano, gre vzroke za nastanek suše v zadnjih letih iskati v primanjkljaju padavin in visokih temperaturah zraka. Primanjkljaj padavin smo beležili tretje leto zapored, vendar sta časovna in količinska porazdelitev padavin po državi zelo različni (slika 6). Povprečna letna količina padavin se giblje od 750 mm na severovzhodu države (Prekmurje) do 3300 mm na severozahodu v Julijskih Alpah. Največ padavin je v letih 2000–2002 padlo na zahodu države. Proti vzhodu države je količina padavin upadala. Najmanj padavin je bilo v Prekmurju, kjer je bil primanjkljaj tudi največji.

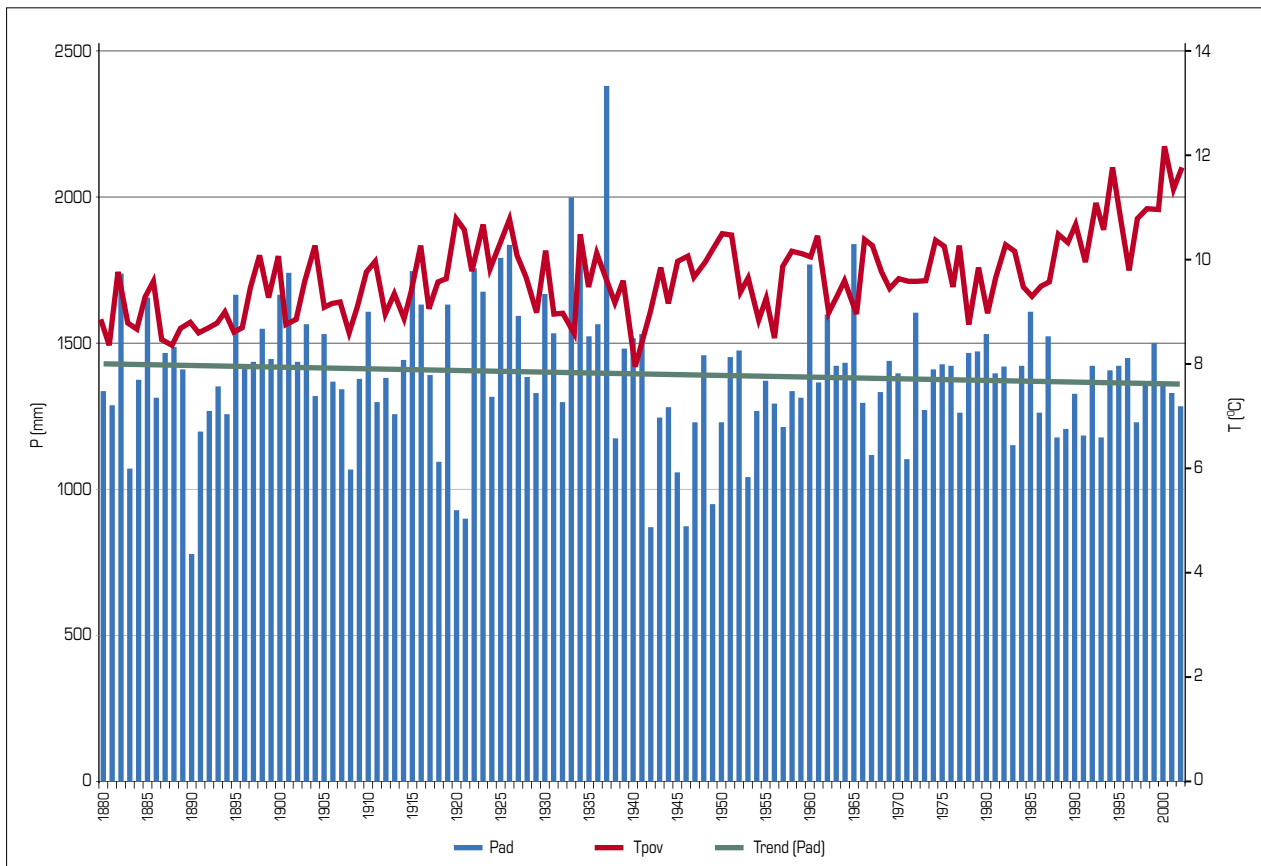


Slika 5. Srednji in minimalni mesečni pretoki v letu 2002, mesečna količina padavin ter obdobjne mesečne vrednosti pretokov  
Figure 5. Mean and minimum monthly low water flows in the year 2002, monthly amount of precipitation and periodic monthly discharge values





Slika 6. Skupna količina padavin  
Figure 6. Cumulative amount of precipitation



Slika 7. Letne količine padavin in povprečne letne temperature zraka v Ljubljani  
Figure 7. Annual amount of precipitation and mean annual air temperature in Ljubljana

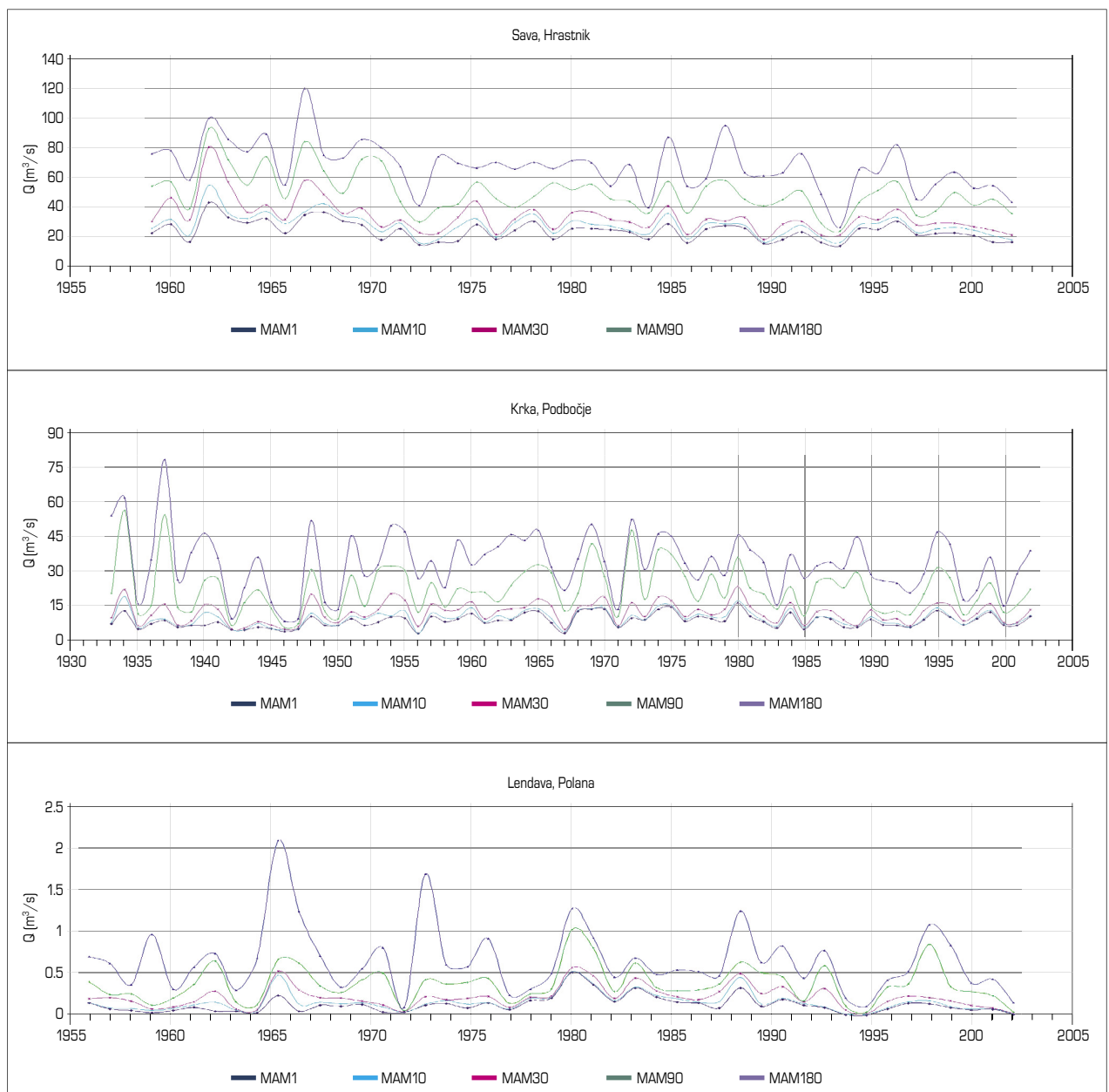
Na sliki 7 so grafično prikazani podatki o letni količini padavin in povprečni letni temperaturi zraka v Ljubljani za obdobje meritev od leta 1880 naprej. Iz diagrama je razvidno, da majhna količina padavin v zadnjih letih ni ekstremen pojav, čeprav napoveduje upadanje, je pa porast temperatur v zadnjih petnajstih letih znaten in v obdobju zadnjih treh let presega dolgoletno povprečje za okrog 2 °C.

## Ovrednotenje nizkovodnih stanj v obdobju 2000–2002

Za ovrednotenje malih pretokov oziroma definicijo hidrološke suše vodotokov se uporabljajo različni pristopi, kot so krivulja trajanja pretokov, minimalni pretoki različnih trajanj in računanje deficita odtoka [Kobold, 1993]. Vse

te metode v glavnem temeljijo na analizah časovnih nizov podatkov dnevni vrednosti pretokov. Tradicionalno je spremljanje minimalnih letnih povprečnih pretokov različnih trajanj (1, 10, 30, 90, ... dni). Ta metoda je samo eno merilo suše, saj upošteva samo magnitudo. Metoda, ki hkrati označuje trajanje in primanjkljaj volumna, je metoda praga, ki definira sušo kot periodo, v kateri je pretok pod določeno vrednostjo – pragom. Metoda zagotavlja osnovo za ovrednotenje regionalnih suš in se lahko uporablja v analizah malih pretokov na osnovi podatkov dnevni vrednosti pretokov.

Analizo nizkovodnega stanja površinskih vod smo naredili na arhivskih podatkih mreže vodomernih postaj Agencije RS za okolje in preliminarnih podatkih iz avtomatskih merilnih postaj Agencije RS za okolje. Analizirali smo časovne nize podatkov dnevni vrednosti pretokov razpo-



Slika 8. Primer analize povprečnih letnih minimalnih pretokov različnih trajanj  
Figure 8. An analysis of the annual minimum discharges for different periods of time

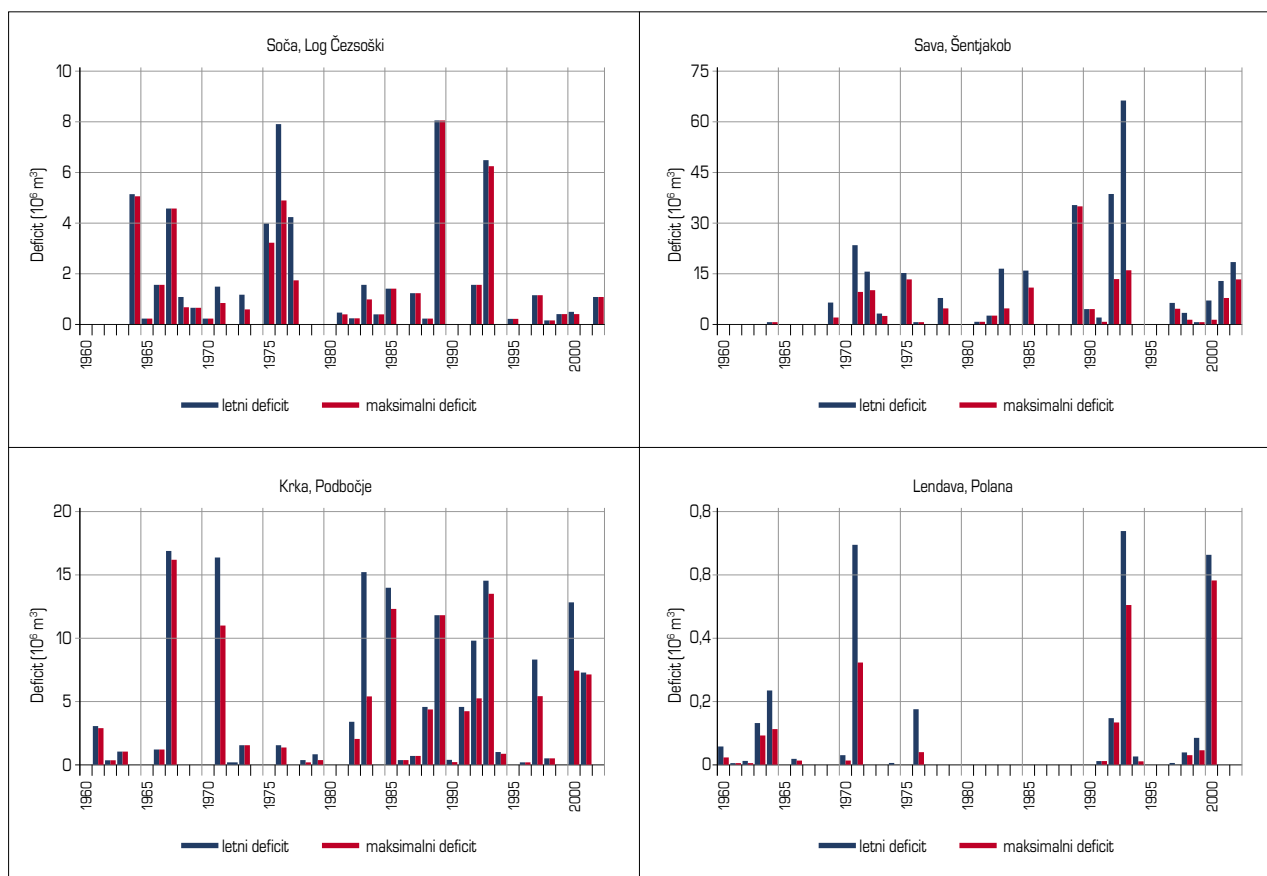


ložljivih obdobjih. Na sliki 8 je za tri vodomerne postaje prikazana analiza nizkovodnih stanj minimalnih letnih povprečnih pretokov (mean annual minimum – MAM) trajanj 1, 10, 30, 90 in 180 dni. Iz diagramov je lahko razbrati najbolj suha leta v analiziranem obdobju. To so leta, v katerih so vrednosti minimalnih pretokov različnih trajanj blizu vrednosti najmanjšega srednjega dnevnega pretoka. S slike 8 razberemo, da je bilo za vodomerno postajo v Šentjakobu v analiziranem obdobju najbolj suho leto 1993, sledita mu leti 1971 in 1983, za Krko v Podbočju pa leti 1971 in 1983 v obdobju po letu 1960. Po analizi podatkov mreže vodomernih postaj (Kolbezen in sod., 1994) je bilo za več kot polovico postaj po tej analizi najbolj suho leto 1993, zatem leto 1983 (dobra tretjina vodomernih postaj), na preostalih postajah pa leto 1971. Po dosednji obdelavi in analizi podatkov minimalnih letnih pretokov različnih trajanj, ki zajema podatke do vključno leta 2002, absolutni minimumi v letih 2000–2002 niso bili doseženi, leto 1993 pa je še vedno najbolj suho leto obdobja po letu 1960. Iz diagramov je razvidno upadanje minimalnih letnih pretokov daljših trajanj (nad 30 dni).

Pri drugem načinu vrednotenja nizkovodnih stanj smo računali primanjkljaj odtoka (največji primanjkljaj neprekinjenega trajanja in celoletni primanjkljaj). Za pretok praga smo vzeli 95-odstotni pretok (Q95) iz krivulje trajanja, ki se v hidrološki praksi običajno uporablja za pretok praga, izračunan iz obdobja 1960–1998. Primeri izračunanih

vrednosti so prikazani na sliki 9. Analiza primanjkljajev odtoka je dala, razen za zgornje Posočje, za leto 2001 v splošnem višje vrednosti primanjkljajev odtoka, kot so bile dosežene v letu 2000. Tudi maksimalni primanjkljaji odtoka neprekinjenega trajanja so presegli vrednosti iz leta 2000 (Kobold in Mikulič, 2001). To je posledica dolžine obdobja neprekinjenega trajanja malih pretokov, ki je bilo v letu 2001 daljše kot v letu 2000. Primanjkljaji odtoka v letu 2002 so ponekod, predvsem v osrednji Sloveniji, presegli primanjkljaje odtoka prejšnjih dveh let, kar je posledica nizkovodnega stanja v prvi polovici leta.

Analiza nazorno prikazuje leta z največjimi primanjkljaji, ki jih lahko imamo za hidrološko sušna leta. Tudi po tej analizi (Kolbezen in sod., 1994) je bilo leto 1993 izrazito suho, absolutni minimumi pa so bili zabeleženi skoraj na polovici vodomernih postaj. Primerjava zadnjih treh let z obdobjem od leta 1960 naprej kaže, da so se na območjih, kjer je bila hidrološka suša v obdobju 2000–2002 najhujša (Prekmurje in južna Slovenija), primanjkljaji približali največjim obdobjnim vrednostim. Analiza tudi kaže, da so za obdobje po letu 1970 značilni dokaj pogosti mali pretoki. Če je to posledica klimatskih sprememb in njihovih vplivov na okolje, bi bilo treba za oceno suš glede na okoljske spremembe nujno uporabiti fizikalno zasnovane modele (Gustard in sod., 1997). Ti omogočajo oceno vpliva klimatskih sprememb, rabe tal in odvzema podzemne vode na rečne pretoke.



Slika 9. Prikaz letnih primanjkljajev odtoka in maksimalnih primanjkljajev odtoka neprekinjenega trajanja za obdobje od leta 1960 naprej

Figure 9. Annual runoff deficit and maximal runoff deficit for a continuous duration in 1960

	Minimalni pretoki različnih trajanj					Primanjkljaj	
	MAM1	MAM10	MAM30	MAM90	MAM180	maks.	letni
Soča, Log Čezsoški	1989	1989	1989	1976	1993	1989	1989
Soča, Solkan	1985	1989	1989	1971	1993	1989	1989
Sora, Suha	1993	1993	1993	1993	1993	1993	1993
Ljubljana, Moste	1983	2001	1985	1985	1983	1985	1983
Sava, Šentjakob	1993	1971	1989	1993	1993	1989	1993
K. Bistrica, Kamnik	1993	1989	1989	1993	1993	1989	1993
Savinja, Nazarje	1992	1992	1989	1993	1993	1989	1993
Krka, Podbočje	1967	1967	1967	1971	1971	1967	1967
Ledava, Polana	1993	1993	1993	2000	1971	2000	1993

Preglednica 1. Najbolj suho leto glede na različne kriterije v obdobju od leta 1960 naprej

Table 1. The driest year in the period from 1960 according to different criteria

	Najbolj suho leto	Neprekinjeno obdobje opazovanj
Sora, Suha	1947	1945-2002
Kamniška Bistrica, Kamnik	1993	1946-2002
Ljubljana, Moste	1947	1946-2002
Savinja, Nazarje	1949	1926-2002
Savinja, Laško	1949	1946-2000
Krka, Podbočje	1946	1933-2002
Soča, Solkan	1947	1945-2002

Preglednica 2. Najbolj suho leto v obdobju opazovanj na posameznih vodomernih postajah

Table 2. The driest year at some hydrological gauging stations during the period of observation

V preglednici 1 so po opisanih kriterijih za vodomerne postaje, zajete v analizi, in z obdobjem meritev od leta 1960 naprej prikazana najbolj suha leta po letu 1960. V nobenem od teh let suša ni enakomerno zajela cele Slovenije. Po nekaterih kriterijih se tudi leti 2000 in 2001 regionalno uvrščata v sam vrh sušnih let. V Prekmurju se je leto 2000 zelo približalo letu 1993. Analiza razpoložljivih podatkov za celotna obdobja pa pokaže, da leto 1993 ni bilo najbolj suho leto v obdobju opazovanj, ampak so bila to leta v obdobju 1946-1949 (preglednica 2). Hidrološko sušna leta sovpadajo z leti z majhno količino padavin, kar je razvidno s slike 7.

## Sklepne misli

Glede na rezultate opravljenih analiz lahko leta 2000-2002 štejejo med sušna leta. Vendar suša v tem obdobju ni enakomerno zajela cele Slovenije in v obdobju izvajanja meritev ni bila ekstremen pojav. Tudi najmanjši pretoki v tem obdobju niso bili zabeleženi. Najbolj se je odražala v severovzhodni Sloveniji, kjer je bil primanjkljaj padavin največji. Analiza ni dokončna, saj za leti 2001 in 2002 izhaja iz preliminarnih podatkov mreže avtomatskih merilnih postaj. Obdelava in analiza podatkov celotne

mreže vodomernih postaj bo lahko dala regionalne značilnosti, saj je Slovenija tako pokrajinsko kot po hidroloških režimih zelo raznolika. Bolj kot na površinskih se je primanjkljaj vode odražal na podzemnih vodah, kjer so gladine zaradi primanjkljaja padavin, visokih temperatur zraka in velike evapotranspiracije dosegle najnižje gladine v obdobju opazovanj. Analiza podzemnih vod v članku ni zajeta, saj zadeva oceno stanj vodnih zalog v vodonosnikih in se obravnava ločeno.

## Viri in literatura

1. Arhiv Agencije Republike Slovenije za okolje.
2. Dakova, S., 1997. Drought in South-Eastern Europe. FRIEND, Third report: 1994-1997, Cemagref, Lyon, 163-166.
3. Gustard, A., Novicky, O., Demuth, S., Tallaksen, L., van Lanen, H., Clausen, B., Kasperek, L., Miklanek, P., Majercakova, O., Fendekova, M., Kupszyk, E., Radsuk, L. & Czamara, W., 1997. Low Flows and Droughts in Northern Europe. FRIEND, Third report: 1994-1997, Cemagref, Lyon, 132-148.
4. Kobold, M., 1993. Določanje minimalnih pretokov vodotokov v Sloveniji po metodologiji FRIEND. Magistrska naloga, FAGG, Hidrotehnična smer, Ljubljana.
5. Kobold, M., Mikulič, Z., 2001. Hidrološka suša v letu 2001. 11. 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. NDMC, 2002. What is Drought? Understanding and Defining Drought. National Drought Mitigation Center. Medmrežje: <http://www.drought.unl.edu/whatis/concept.htm> (2.10.2002).