

**METODE****PRETOČNI REŽIMI V SLOVENIJI MED LETOMA 1971 IN 2000**

AVTOR

**Peter Frantar**

Naziv: univerzitetni diplomirani geograf

Naslov: Agencija Republike Slovenije za okolje, Vojkova cesta 1b, SI – 1000 Ljubljana, Slovenija

E-pošta: peter.frantar@gov.si

AVTOR

**Mauro Hrvatin**

Naziv: univerzitetni diplomirani geograf in sociolog, sodelavec v humanistiki

Naslov: Geografski inštitut Antona Melika ZRC SAZU, Gosposka ulica 13, SI – 1000 Ljubljana, Slovenija

E-pošta: mauro@zrc-sazu.si

UDK: 556.535(497.4)

COBISS: 1.01

## IZVLEČEK

**Pretočni režimi v Sloveniji med letoma 1971 in 2000**

V razpravi so statistično obdelani mesečni pretočni količniki 43 vodomernih postaj na 35 slovenskih rekah. Količniki so bili izračunani na temelju podatkov o povprečnih mesečnih pretokih v obdobju med letoma 1971 in 2000. S statističnim razvrščanjem v skupine je bilo določenih pet tipov pretočnih režimov. Primerjava dobljenih rezultatov z ugotovitvami podobne študije za obdobje med letoma 1961 in 1990 potrjuje močan vpliv podnebnih sprememb v zadnjem desetletju 20. stoletja. S t-testom so bila pri večini rek ugotovljena statistično pomembna odstopanja desetletnih povprečnih mesečnih pretočnih količnikov.

## KLJUČNE BESEDE

hidrogeografija, pretočni režim, razvrščanje v skupine, podnebne spremembe, Slovenija

## ABSTRACT

**Discharge regimes in Slovenia from 1971 to 2000**

This paper provides a statistical analysis of monthly discharge coefficients at 43 water gauging stations on 35 Slovenian rivers. The coefficients were calculated based on data for the average monthly discharge over the years from 1971 to 2000. Using cluster analysis, five types of discharge regimes were identified. A comparison of the results obtained for this period with the findings of similar studies for the period 1961–1990 confirms the powerful impact of climate changes in the last decade of the 20<sup>th</sup> century. By means of a t-test we found statistically significant differences in the ten-year averages for monthly discharge coefficients.

## KEY WORDS

hydrogeography, discharge regime, cluster analysis, climatic changes, Slovenia

Uredništvo je prispevek prejelo 24. oktobra 2005.

## 1 Uvod

Izraz pretočni režim označuje povprečno kolebanje vodnega pretoka reke čez leto. Pogosto se uporablja tudi termin rečni režim, vendar je ta izraz manj primeren, ker je vsebinsko širši ter obsega tudi kolebanje drugih lastnosti rečne vode, na primer vodostaja ali temperature.

Dejavniki, ki oblikujejo pretočni režim, so številni in raznovrstni, med pomembnejše pa spadajo podnebje, relief, kamninska podlaga, prst, rastlinstvo in človek. Pri nas je najpomembnejši dejavnik podnebje, saj so pretočni režimi odvisni predvsem od letne razporeditve padavin in temperatur ter od trajanja snežne odeje.

Prvo razvrstitev rečnih režimov na območju Slovenije oziroma tedanje Jugoslavije je opravil Ilešič (1948), kot vzor in izhodišče pa mu je bila členitev rečnih režimov francoskega hidrogeografa Pardéja (1933). Naslednja členitev, ki je zajela večino najpomembnejših slovenskih rek, je bila kot zemljevid objavljena šele ob 40. obletnici delovanja Hidrometeorološkega zavoda Slovenije (Stele 1987). Med obema publikacijama, ki obravnavata rečne režime na ozemlju celotne Slovenije, je bilo objavljenih nekaj regionalnih razprav za posamezna porečja: na primer za porečje Krke (Rus Goljevšček 1962), Soče (Radinja 1978) in Kolpe (Plut 1987).

Zanimanje za problematiko pretočnih režimov se je pri nas močno povečalo ob koncu 20. stoletja. K temu je prav gotovo pripomogla velika količina kakovostnih podatkov ter možnost njihove računalniške obdelave s pomočjo statističnih programskih paketov. Novi členitvi pretočnih režimov slovenskih vodotokov sta predstavila Hrvatin (1998) in Kolbezen (1998). Prispevek, ki je pomemben predvsem z metodološkega vidika, je objavil tudi Gams (1998). Več prispevkov je napisal nekoliko kasneje še Frantar, in sicer o pretočnih režimih reke Save (2003), vodotokov v Triglavskem narodnem parku (skupaj z Uhanom 2003), v Šaleški in Zgornjesavinjski dolini (2004) ter na primeru posameznih slovenskih rek (2005).

Najnovejši prispevki obravnavajo predvsem hitre in velike razlike med nekdanjimi in sedanjimi pretočnimi režimi slovenskih rek. Te razlike so domnevno posledica sodobnih podnebnih sprememb, ki s svojimi učinki postajajo vse bolj očitne tudi na področju vodovja.

## 2 Metodologija

Multivariatna analiza je področje statistike, pri katerem obravnavamo več spremenljivk hkrati. Pod njen okvir spadajo razvrščanje v skupine ter regresijska, factorska in diskriminantna analiza. V našem primeru smo za členitev pretočnih režimov uporabili že preverjeno statistično razvrščanje v skupine, ki vključuje naslednje korake (Ferligoj 1989):

- izbiro objektov,
- določitev množice spremenljivk,
- računanje podobnosti med objekti,
- uporabo ustrezne metode razvrščanja v skupine in
- oceno dobljene rešitve.

Pri izbiri objektov smo se omejili na 43 vodomernih postaj, ki so postavljene na 35 slovenskih rekah in so kolikor je le mogoče enakomerno razporejene po celotni državi. Vse upoštevane vodomerne postaje imajo sklenjen niz podatkov o srednjih mesečnih pretokih v obdobju med letoma 1971 in 2000. Niz je bistveno okrnjen le pri Dravi, za katero manjkajo pretočni podatki med letoma 1978 in 1990. Upoštevane podatke so zbrali in nam jih posredovali na Sektorju za hidrologijo pri Agenciji Republike Slovenije za okolje.

Množica spremenljivk je obsegala mesečne pretočne količnike, ki smo jih izračunali iz razmerja med povprečnimi mesečnimi pretoki in povprečnimi letnimi pretoki. Običajen postopek pri tem koraku je tudi standardizacija podatkov, vendar v našem primeru ni bila potrebna, ker so bile vse upoštevane spremenljivke istovrstne.

Podobnost med objekti smo računali na temelju razdalje *Manhattan*, pri kateri se seštevajo absolutne razlike v vrednostih vseh spremenljivk. Razdalja *Manhattan* je sorodna pogosteje uporabljeni evklidski razdalji, pri kateri se razlike med spremenljivkami pred seštevanjem še kvadrirajo.

Pri razvrščanju v skupine so na razpolago različne metode združevanja: hierarhične, nehierarhične, geometrijske in druge. Odločili smo se za izbor med hierarhičnimi metodami, ker od uporabnikov ne zahtevajo, da vnaprej opredelijo število skupin iskane razvrstitve, hkrati pa je rezultat postopnega združevanja možno zelo nazorno grafično predstaviti z drevesom združevanja (Ferligoj 1989).

Najpogostejše metode hierarhičnega združevanja v skupine so minimalna, maksimalna, McQuittyjeva, povprečna, Gowerjeva in Wardova metoda (Ferligoj 1989). V našem primeru smo najboljši rezultat dosegli ob uporabi Wardove metode, ki se med naštetimi metodami največkrat najbolje obnese in je zato najpogosteje uporabljena. Pri tej metodi se najprej izračuna povprečje za vsako spremenljivko v okviru vsakega objekta ali skupine. Nato se za vsak objekt ali skupino izračuna kvadrirana evklidska razdalja do skupinske sredine. Razdalje se pri vseh objektih in skupinah seštevajo. Ob vsakem koraku se združita objekta ali skupini z najmanjšim porastom celokupnih vsot kvadriranih medobjektnih ali medskupinskih razdalj (Ward 1963). Na splošno velja Wardova metoda za zelo učinkovito, med slabostmi pa ji največkrat očitajo oblikovanje številčno razmeroma majhnih skupin.

Potek postopnega združevanja objektov v skupine grafično ponazarja drevo združevanja ali dendrogram. Višina točke, ki jo imenujemo raven združevanja, je sorazmerna meri različnosti med skupinama (Ferligoj 1989).

Stopnjo povezanosti med pretočnimi podatki različnih časovnih obdobij smo ugotavljali s Pearsonovim koeficientom korelacije. Po posameznih vodomernih postajah smo najprej primerjali dvajsetletni obdobji 1961–1980 in 1981–2000, nato pa še desetletna obdobja 1971–1980 in 1981–1990, 1971–1980 in 1991–2000 ter 1981–1990 in 1991–2000. Na koncu smo s t-testom ugotavljali, katera obdobja so glede na pretočne razmere medsebojno sorodna in katera se statistično pomembno razlikujejo.

### 3 Rezultati

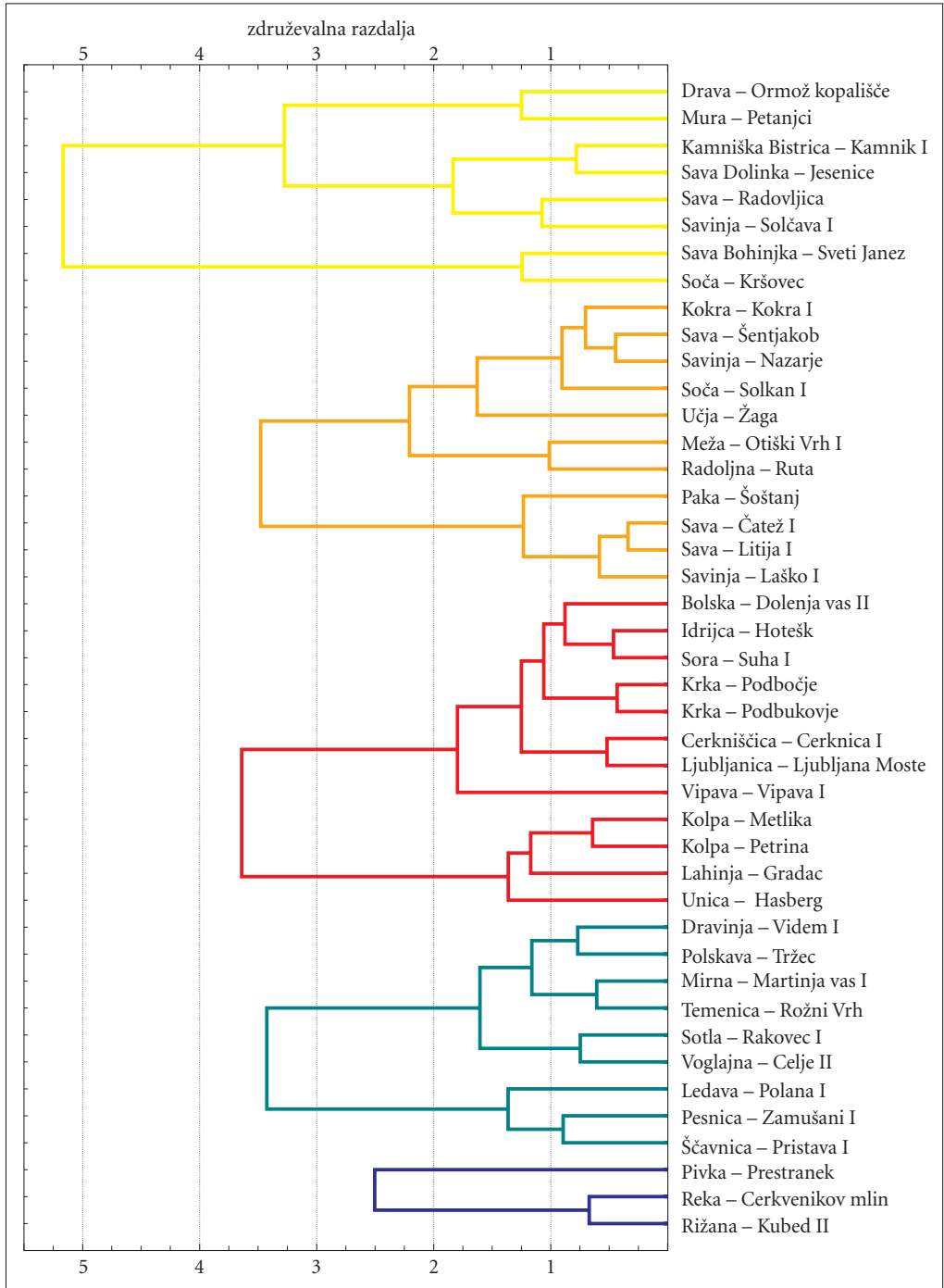
Na temelju hierarhičnega razvrščanja v skupine po Wardovi metodi in ob upoštevanju razdalj *Manhattan* smo v Sloveniji ugotovili pet tipov pretočnih režimov. Poimenovali smo jih glede na pokrajinsko enoto, za katero so značilni, ter glede na vodni vir, s katerim se reke napajajo.

V Sloveniji ločimo naslednje pretočne režime:

- alpski snežno-dežni režim,
- alpski dežno-snežni režim,
- dinarski dežno-snežni režim,
- panonski dežno-snežni režim in
- sredozemski dežni režim.

Tipi pretočnih režimov so v nadaljevanju predstavljeni s krajšim opisom ter z grafom značilne vodomerne postaje. Opisi posameznih tipov vključujejo seznam pripadajočih rek, navedbo pokrajinske enote, kjer se pojavljajo, ter seznam pretočnih viškov in nizkov s pripadajočimi mesečnimi pretočnimi količinami. Na grafih so s stolpci prikazane vrednosti povprečnih mesečnih pretokov za obdobje 1971–2000, s črtami pa so prikazani povprečni mesečni pretoki desetletnih obdobij 1971–1980, 1981–1990 in 1991–2000.

V skupino rek z **alpskim snežno-dežnim režimom** so se uvrstile Drava, Kamniška Bistrica, Mura, Sava Bohinjka, Sava Dolinka, Sava pri Radovljici, Savinja pri Solčavi ter Soča pri Kršovcu. Režim se pojavlja pri rekah, katerih porečja segajo v visokogorje in je zaradi tega pri njih posebej izrazit vpliv večmesečnega snežnega zadržka. Skupina vključuje reke z dokaj raznovrstnimi režimi, zato je med vsemi najbolj heterogena. Glavni pretočni višek nastopi maja ali celo junija, ko se vrednosti mesečnih pretočnih količin gibljejo od 1,43 na Savinji pri Solčavi do 2,16 na Savi Bohinjki. Drugotni višek nastopi oktobra ali novembra z mesečnimi pretočnimi količinami med 1,16 na Dravi in 1,60 na Savinji



Slika 1: Drevo združevanja rek glede na pretočni režim.

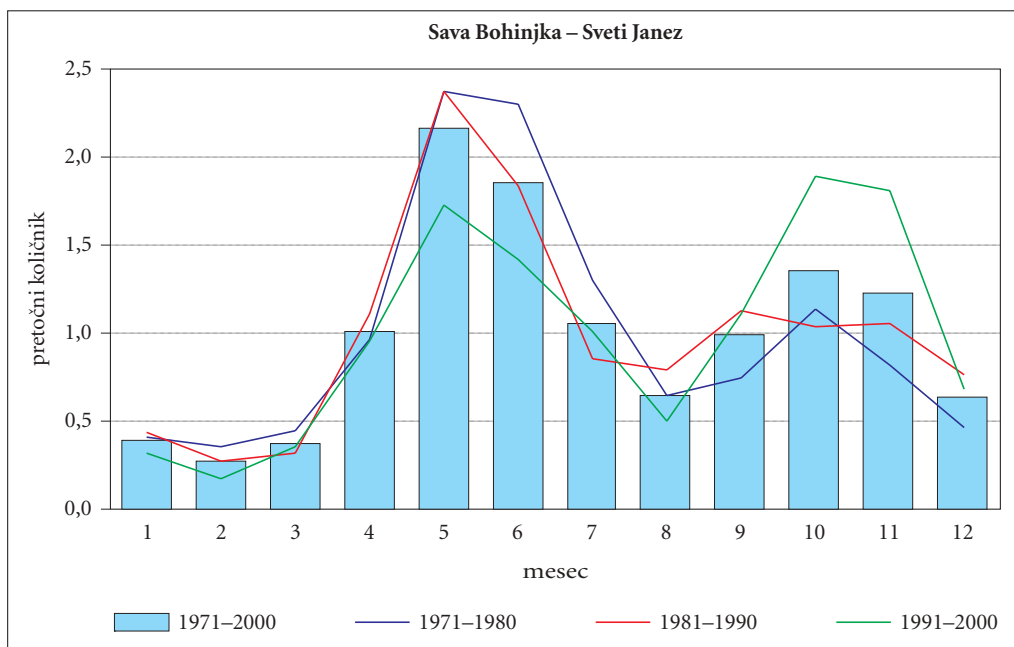
pri Solčavi. Najmanj vode je februarja, ko se mesečni pretočni količniki spustijo na vrednosti od 0,27 na Savi Bohinjki do 0,63 na Kamniški Bistrici. Ob drugotnem nižku avgusta ali septembra mesečni pretočni količniki kolebajo od 0,63 na Soči pri Kršovcu do 0,88 na Savi Dolinki. Nadpovprečna količina vode je običajno med aprilom in julijem ter oktobra in novembra, podpovprečna pa avgusta in septembra ter od decembra do marca.

Od opisanih razmer nekoliko odstopata režima Mure in Savinje pri Solčavi. Režim Mure je še vedno enostaven, z enim samim izrazitim viškom maja in enim izrazitim nižkom januarja. Res pa je, da se v zadnjih desetletjih vse bolj krepijo jesenske vode, ki so pri sosednji in sorodni Dravi že ustvarile drugotni jesenski višek.

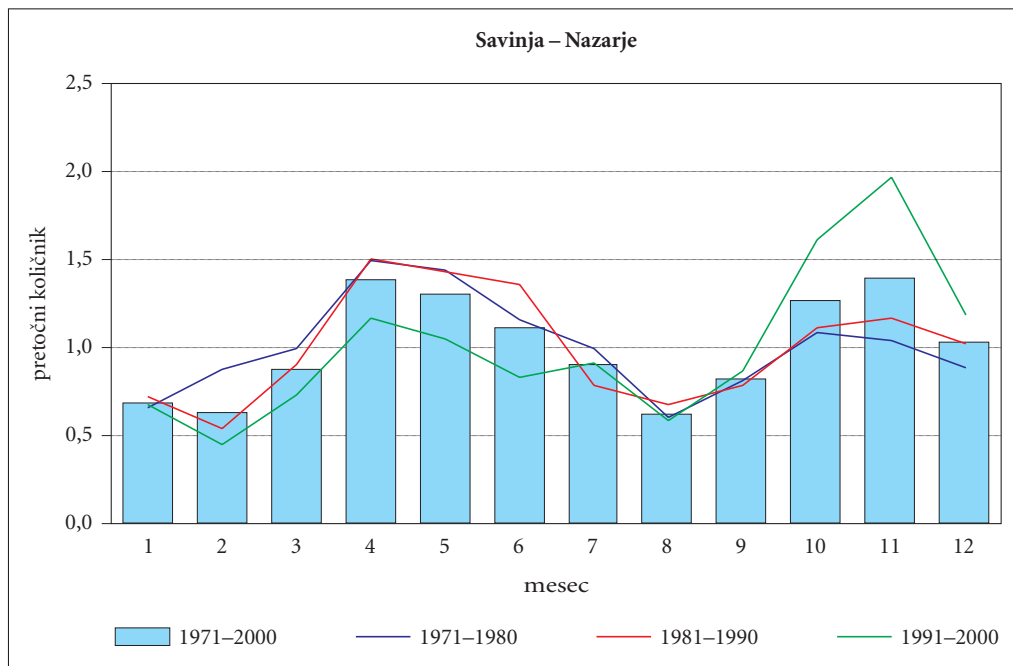
Nenavaden je tudi režim Savinje pri Solčavi, pri kateri jesenski višek nekoliko presega spomladanskega. Razlog je v pičlih zimskih padavinah, zaradi katerih je vpliv snežnega zadržka skromen. V zadnjem desetletju se je sušnost med decembrom in februarjem še stopnjevala, medtem ko so se oktobrske in novembrske pretežno dežne padavine še okrepile.

V skupino rek z **alpskim dežno-snežnim režimom** so se uvrstile Kokra, Meža, Paka, Radoljna, Sava pri Šentjakobu, Litiji in Čatežu, Savinja pri Nazarjah in Laškem, Soča pri Solkanu ter Učja. Režim je značilen predvsem za reke iz alpskega hribovja, čeprav nekatere reke segajo vsaj deloma tudi še v visokogorje.

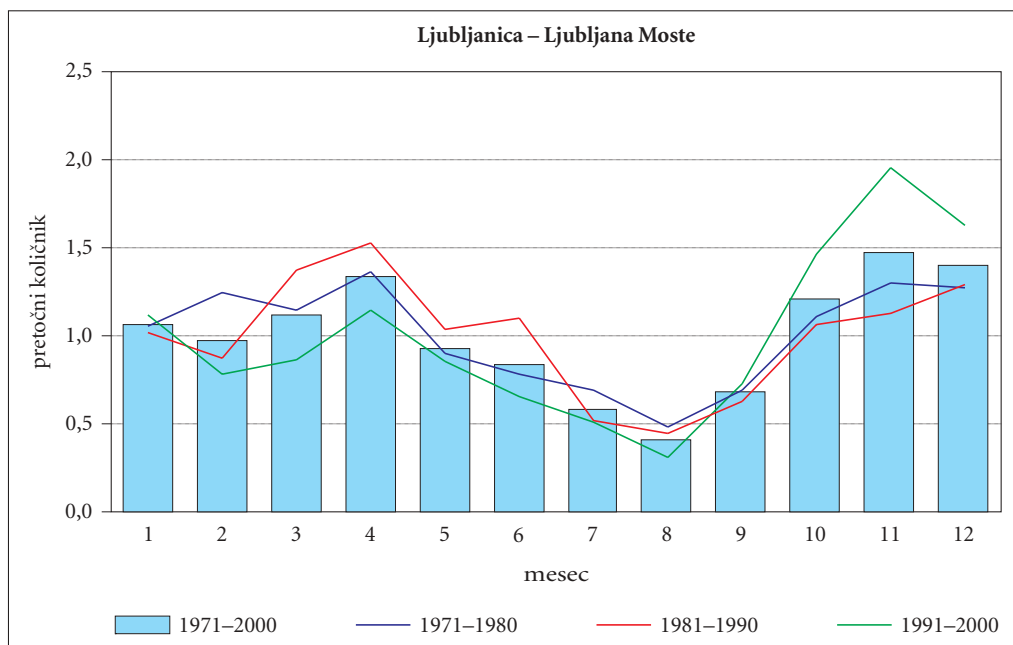
Spomladanski in jesenski višek sta dokaj izenačena, zato imajo reke Meža, Radoljna in Učja glavni višek aprila in drugotnega novembra, vse ostale pa ravno obratno. Vrednosti mesečnih pretočnih količnikov se ob glavnem višku gibljejo od 1,24 na Radoljni do 1,53 na Učji, ob drugotnem višku pa od 1,19 na Radoljni do 1,40 na Učji. Tudi oba nižka, zimski in poletni, sta močno izenačena. Ob glavnem nižku se mesečni pretočni količniki spustijo na vrednosti od 0,51 na Učji do 0,73 na Meži, ob drugotnem nižku pa kolebajo med 0,58 na Učji in 0,87 na Savi pri Čatežu. Nadpovprečna količina vode je običajno od aprila do junija ter od oktobra do decembra, podpovprečna pa od januarja do marca ter od julija do septembra.



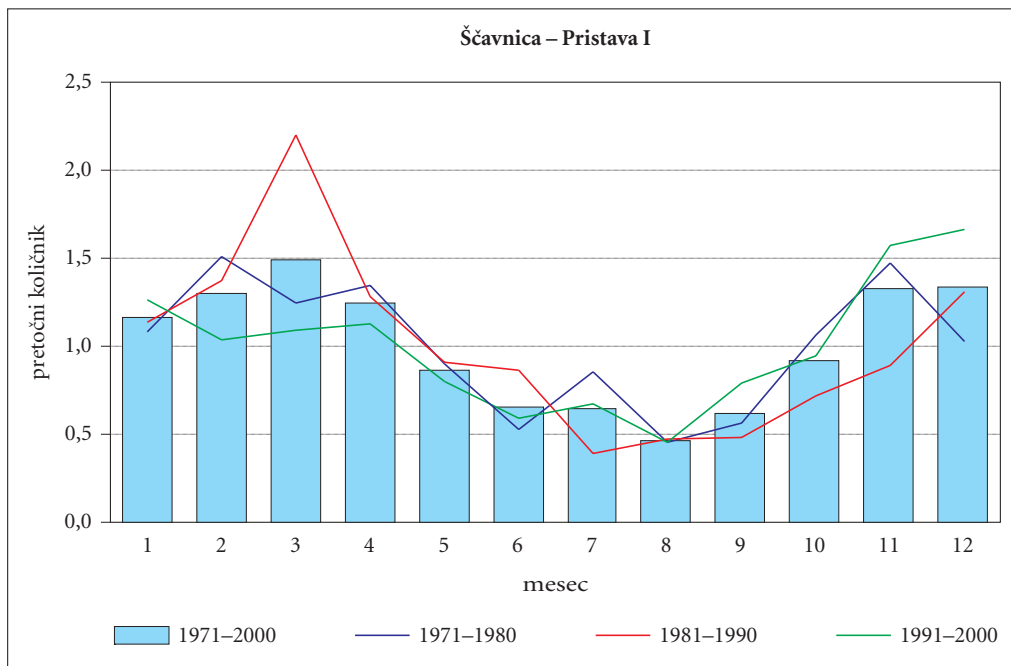
Slika 2: Povprečni mesečni pretočni količniki Save Bohinjke na vodomerni postaji Sveti Janez v štirih obdobjih.



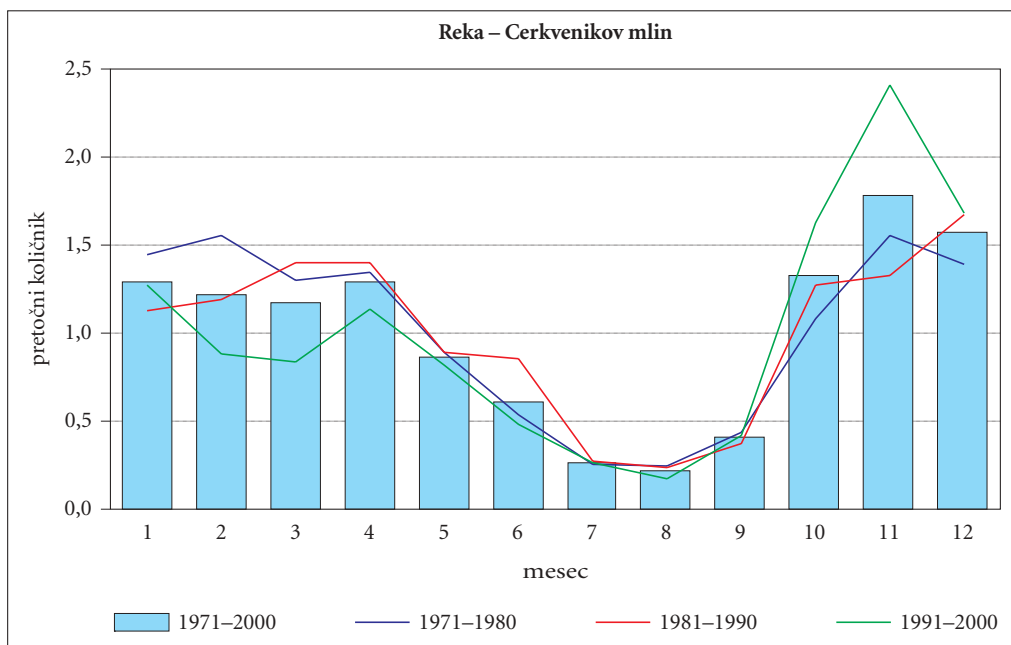
Slika 3: Povprečni mesečni pretočni količniki Savinje na vodomerni postaji Nazarje v štirih obdobjih.



Slika 4: Povprečni mesečni pretočni količniki Ljublanice na vodomerni postaji Ljubljana Moste v štirih obdobjih.



Slika 5: Povprečni mesečni pretočni količniki Ščavnice na vodomerni postaji Pristava I v štirih obdobjih.



Slika 6: Povprečni mesečni pretočni količniki Reke na vodomerni postaji Cerkvenikov mlin v štirih obdobjih.

V skupino rek z **dinarskim dežno-snežnim režimom** so se uvrstile Bolska, Cerkniščica, Idrijca, Kolpa, Krka, Lahinja, Ljubljanska, Sora, Unica ter Vipava. Režim je značilen za reke dinarskega sveta, ki so se jim pridružile še Bolska, Idrijca in Sora. Spomladanski in jesenski viški so pri tej skupini dokaj izenačeni, razlike med zimskimi in poletnimi nižki pa so zelo izrazite. Ob glavnem pretočnem višku se vrednosti mesečnih pretočnih količnikov gibljejo od 1,35 na Krki pri Podbočju do 1,58 na Kolpi pri Petrini, ob drugotnem višku pa od 1,23 na Bolski do 1,46 Kolpi pri Petrini. Najmanj vode je avgusta, ko se mesečni pretočni količniki spustijo na vrednosti od 0,32 na Unici do 0,54 na Bolski. Ob januar-skem ali februar-skem drugotnem nižku so pretoki blizu povprečja, zato se mesečni pretočni količniki gibljejo od 0,87 na Sori do 1,01 na Kolpi pri Metliki. Nadpovprečna količina vode je običajno med oktobrom in decembrom ter marca in aprila, podpovprečna med majem in septembrom. Januarja in februarja se pretoki močno približajo letnemu povprečju.

V skupino rek s **panonskim dežno-snežnim režimom** so se uvrstile Dravinja, Ledava, Mirna, Pesnica, Polskava, Sotla, Ščavnica, Temenica ter Voglajna. Režim je sicer značilen za reke po gričevjih in ravninah panonskega sveta, kljub temu pa vključuje tudi kraško Temenico in hribovsko Mirno. Očitno je celinsko podnebje v vzhodnem delu Slovenije pri pretočnem režimu pomembnejši dejavnik od kamninskih ali reliefnih značilnosti.

Zgodnjepomladanski in poznojesenski viški so močno izenačeni, glavni nižki se v vseh primerih pojavljajo poleti, drugotni nižki pa nastopijo pozimi in se nikjer ne spustijo bistveno pod povprečje. Ob glavnem pretočnem višku se vrednosti mesečnih pretočnih količnikov gibljejo od 1,27 na Dravinji do 1,49 na Ščavnici, ob drugotnem pa od 1,19 na Temenici do 1,38 na Pesnici. Najmanj vode je avgusta, ko se mesečni pretočni količniki spustijo na vrednosti od 0,44 na Sotli do 0,73 na Polskavi, ob drugotnem, neizrazitem nižku pa kolebajo od 0,94 na Voglajni do 1,16 na Ščavnici. Nadpovprečna količina vode je običajno med februarjem in aprilom ter med oktobrom in decembrom, podpovprečna pa med majem in septembrom. Januarski pretoki le malo odstopajo od letnega povprečja.

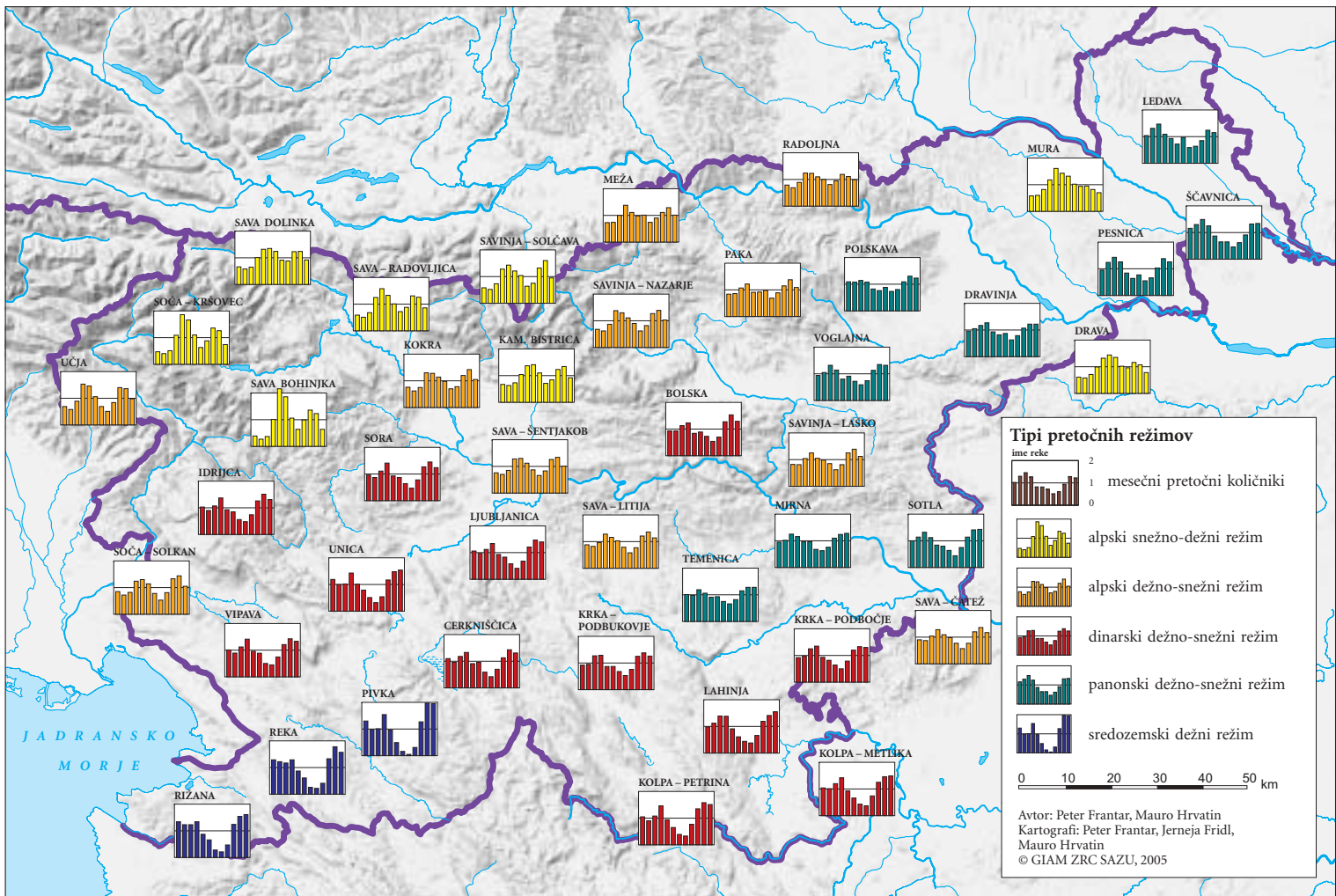
V skupino rek s **sredozemskim dežnim režimom** so se uvrstile Pivka, Reka in Rižana. Režim je značilen za jugozahodni, sredozemski svet Slovenije. Skupina rek s sredozemskim dežnim režimom je najmanjša in hkrati najbolj homogena. Glavni pretočni višek nastopi novembra ali decembra, ko se vrednosti mesečnih pretočnih količnikov gibljejo od 1,61 na Rižani do 1,97 na Pivki. Količina vode se v naslednjih mesecih bistveno ne zmanjša, zato je drugotni višek v aprilu samo nakazan. Najmanj vode je avgusta, ko se mesečni pretočni količniki spustijo na vrednosti od 0,05 na Pivki do 0,21 na Rižani. Nadpovprečna količina vode je običajno med oktobrom in aprilom, podpovprečna pa med majem in septembrom.

Primerjava pretočnih režimov med letoma 1971 in 2000 z režimi v preteklih obdobjih kaže številne razlike. Predvsem se je marsikje močno zmanjšal vpliv snega, kar se odraža v neizrazitem zimskem snežnem zadržku in v skromnem spomladanskem višku, ki je v veliki meri odvisen od taljenja snežne odeje. Dolinarjeva in Ovsenikova - Jegličeva (2000) ugotavljata, da se je v zadnjih dveh desetletjih 20. stoletja močno skrajšalo trajanje snežne odeje na visokih dinarskih planotah ter v alpskih hribovskih in kotlinah. Na Trnovskem gozdu in Snežniku se je na primer snežna doba skrajšala za več kot 30 dni. Trajanje snežne odeje se ni bistveno spremenilo le na najvišjih gorskih območjih Slovenije, zato ostaja sneg najpomembnejši dejavnik pretočnega režima le na peščici rečnih odsekov ob vznožju alpskega visokogorja. Celo Mura in Drava, ki so ju vsi dosedANJI raziskovalci prištevali med reke z enostavnim, snežnim režimom, sta se pri novi klasifikaciji uvrstili med reke z mešanim, snežno-dežnim režimom.

Globalno naraščanje temperatur zraka (Ogrin 2004) pospešuje predvsem poletno izhlapevanje vode, zaradi katerega vseskozi narašča delež rek, ki imajo sredi poletja glavni pretočni nižek. Porast temperatur nedvomno spada med najpomembnejše dejavnike hitrega upadanja povprečnih letnih pretokov slovenskih rek. Bat in Uhan (2004) sta opravila analizo pretokov naših najpomembnejših rek na nekaterih najbolj zanesljivih vodomernih postajah. Ugotovila sta, da se je črta linearnega trenda med letoma 1961

*Slika 7: Tipi pretočnih režimov v Sloveniji med letoma 1971 in 2000.*





in 1998 spustila od vrednosti skoraj  $600 \text{ m}^3/\text{s}$  na vsega  $470 \text{ m}^3/\text{s}$ . Izredno zaskrbljujoč podatek, ki pa doslej ni sprožil nikakršnega vznemirjenja!

Zaradi zmanjšane vloge zimskega snežnega zadržka in povečane vloge poletnega izhlapevanja se razlike med posameznimi pretočnimi režimi postopoma zmanjšujejo. Pretočna kolebanja slovenskih rek so si vse bolj podobna. Posledica tega je tudi manjše število tipov pretočnih režimov pri najnovejši členitvi. Spremembe med obdobjema 1961–1990 in 1971–2000 so povzete v preglednici 1.

*Preglednica 1: Primerjava tipov pretočnih režimov v obdobjih 1961–1990 in 1971–2000.*

pretočni režimi 1961–1990	pretočni režimi 1971–2000
alpski snežni režim	alpski snežno-dežni režim
alpski visokogorski snežno-dežni režim	
alpski sredogorski snežno-dežni režim	alpski dežno-snežni režim
alpski dežno-snežni režim	
dinarsko-alpski dežno-snežni režim	dinarski dežno-snežni režim
dinarski dežno-snežni režim	
panonski dežno-snežni režim	panonski dežno-snežni režim
sredozemski dežni režim	sredozemski dežni režim

Ker se podatki o povprečnih mesečnih pretokih v različnih časovnih obdobjih precej spreminjajo, smo se odločili preveriti stopnjo njihove medsebojne povezanosti s Pearsonovim koeficientom korelacije. Po posameznih vodomernih postajah smo najprej primerjali dvajsetletni obdobji 1961–1980 in 1981–2000 ter kar nekoliko presenetljivo ugotovili, da odstopanja niso prav v nobenem primeru tako velika, da bi bila pri stopnji zaupanja 99 % statistično pomembna.

Za tem smo, spet po posameznih vodomernih postajah, medsebojno primerjali podatke o povprečnih mesečnih pretokih po desetletnih obdobjih 1971–1980 in 1981–1990, 1971–1980 in 1991–2000 ter 1981–1990 in 1991–2000. Ob tovrstnem primerjanju je t-test pokazal statistično pomembne razlike pri domala vseh vodotokih z izjemo Kolpe, Mure, Pivke, Reke in Rižane.

Primerjanje pretočnih podatkov iz različnih časovnih obdobji je pokazalo, kako pomembno je upoštevanje daljših, večdesetletnih obdobji pri določanju pretočnih režimov. Pretoki, pa čeprav povprečni, so v krajših časovnih obdobjih preveč spremenljivi in zato neprimerni za tovrstne analize.

## 4 Sklep

Prispevek predstavlja členitev pretočnih režimov v Sloveniji v obdobju med letoma 1971 in 2000. Členitev je bila opravljena na temelju mesečnih pretočnih količnikov, ki so bili izračunani iz povprečnih mesečnih pretokov 43 vodomernih postaj na 35 slovenskih rekah. Rezultat statističnega razvrščanja v skupine z Wardovo hierarhično metodo in na temelju razdalj Manhattan je pet tipov pretočnih režimov: sredozemski dežni, panonski dežno-snežni, dinarski dežno-snežni, alpski dežno-snežni in alpski snežno-dežni režim.

Primerjava pretočnih režimov med letoma 1961 in 1990 ter 1971 in 2000 je pokazala, da se vplivi podnebnih sprememb vse bolj izrazito kažejo tudi pri vodovju. Posebej izstopajo naslednje podnebne razlike:

- višje povprečne temperature (izdatnejše izhlapevanje),
- spremenljiva količina padavin ter
- krajše trajanje snežne odeje v sredogorju in v nižinah (skromnejši snežni zadržek).

Razlike med posameznimi pretočnimi režimi so manj izrazite kot v preteklosti, zato je tudi število tipov pretočnih režimov manjše.

*Preglednica 2: Pearsonovi koeficienti korelacije povprečnih mesečnih pretokov v različnih časovnih obdobjih in vrednosti t-testov. Senčena polja z vrednostmi t-testov, ki ne dosega 3,17, kažejo na statistično pomembna odstopanja.*

reka	vodomerna postaja	1961–1980–1981–2000	t-test	1971–1980–1981–1990	t-test	1971–1980–1991–2000	t-test	1981–1990–1991–2000	t-test
Mura	Petanjci	0,943	8,956	0,941	8,789	0,855	5,215	0,912	7,024
Ščavnica	Pristava I	0,872	5,639	0,607	2,413	0,709	3,182	0,493	1,793
Ledava	Polana I	0,807	4,327	0,123	0,392	0,349	1,180	0,383	1,311
Meža	Otiški Vrh I	0,803	4,265	0,824	4,607	0,340	1,144	0,350	1,182
Dravinja	Videm I	0,796	4,152	0,378	1,291	0,636	2,607	0,184	0,591
Polskava	Tržec	0,808	4,330	0,307	1,021	0,755	3,643	0,105	0,334
Pesnica	Zamušani I	0,797	4,169	0,387	1,327	0,490	1,776	0,432	1,517
Sava Dolinka	Jesenice	0,868	5,515	0,907	6,830	0,324	1,082	0,435	1,526
Sava Bohinjka	Sveti Janez	0,943	8,943	0,924	7,665	0,676	2,900	0,749	3,573
Sava	Radovljica	0,876	5,730	0,887	6,073	0,458	1,631	0,626	2,541
Sava	Šentjakob	0,828	4,672	0,841	4,907	0,345	1,164	0,593	2,326
Sava	Litija I	0,872	5,622	0,875	5,708	0,526	1,957	0,594	2,332
Sava	Čatež I	0,869	5,557	0,802	4,245	0,637	2,615	0,502	1,834
Kokra	Kokra I	0,854	5,186	0,778	3,911	0,339	1,140	0,669	2,843
Sora	Suha I	0,838	4,851	0,805	4,298	0,550	2,084	0,682	2,951
Kamniška Bistrica	Kamnik I	0,866	5,474	0,865	5,458	0,554	2,107	0,739	3,470
Mirna	Martinja vas I	0,855	5,210	0,518	1,917	0,793	4,118	0,224	0,727
Sotla	Rakovec I	0,801	4,228	0,338	1,135	0,789	4,063	0,305	1,014
Kolpa	Petrina	0,920	7,399	0,884	5,972	0,879	5,827	0,809	4,352
Kolpa	Metlika	0,909	6,876	0,820	4,527	0,867	5,493	0,724	3,319
Lahinja	Gradac	0,906	6,764	0,734	3,422	0,798	4,194	0,610	2,431
Ljubljana	Ljubljana Moste	0,890	6,159	0,816	4,471	0,774	3,870	0,600	2,374
Cerkniščica	Cerknica I	0,881	5,884	0,650	2,705	0,853	5,166	0,483	1,744
Pivka	Prestranek	0,918	7,341	0,867	5,499	0,788	4,044	0,723	3,312
Unica	Hasberg	0,914	7,110	0,864	5,432	0,771	3,832	0,692	3,031
Savinja	Solčava I	0,764	3,742	0,847	5,037	0,418	1,453	0,628	2,555
Savinja	Nazarje	0,806	4,308	0,875	5,706	0,397	1,367	0,548	2,073
Savinja	Laško I	0,772	3,840	0,688	2,996	0,510	1,873	0,424	1,479
Paka	Šoštanj	0,784	3,989	0,489	1,771	0,580	2,253	0,343	1,155
Bolska	Dolenja vas II	0,713	3,216	0,617	2,481	0,579	2,244	0,417	1,452
Krka	Podbukovje	0,833	4,762	0,561	2,140	0,801	4,237	0,415	1,444
Krka	Podbočje	0,859	5,308	0,581	2,255	0,795	4,150	0,440	1,551
Temenica	Rožni Vrh	0,755	3,646	0,195	0,627	0,880	5,853	0,280	0,923
Soča	Kršovec	0,919	7,391	0,919	7,370	0,573	2,210	0,689	3,009
Soča	Solkan I	0,834	4,784	0,789	4,063	0,334	1,121	0,663	2,802
Učja	Žaga	0,861	5,353	0,867	5,508	0,386	1,322	0,539	2,021
Idrijca	Hotešk	0,811	4,384	0,807	4,317	0,598	2,357	0,695	3,055
Vipava	Vipava I	0,848	5,058	0,864	5,435	0,748	3,565	0,656	2,747
Reka	Cerkvenikov mlin	0,905	6,727	0,906	6,761	0,784	3,994	0,774	3,862
Rižana	Kubed II	0,840	4,900	0,855	5,212	0,810	4,362	0,774	3,871

Primerjava povprečnih mesečnih pretokov med dvajsetletnima obdobjema 1961–1980 in 1981–2000 s t-testom je pokazala, da pri stopnji zaupanja 99 % med obdobjema ni statistično pomembnih razlik. Istovrstna primerjava desetletnih obdobj 1971–1980, 1981–1990 in 1991–2000 pa je pokazala statistično pomembne razlike pri domala vseh vodotokih z izjemo Kolpe, Mure, Pivke, Reke in Rižane.

## 5 Viri in literatura

- Bat, M., Uhan, J., 2004: Vode. Narava Slovenije. Ljubljana.
- Dolinar, M., Ovsenik - Jeglič, T., 2000: Snow cover duration variability in Slovenia. Poster at 26<sup>th</sup> International Conference on Alpine Meteorology. Innsbruck.
- Ferligoj, A., 1989: Razvrščanje v skupine. Metodološki zvezki 4. Ljubljana.
- Frantar, P., 2003: Pretočni režimi na reki Savi in njihove spremembe med obdobjem 1961–1990 in 1991–2000. 14. Mišičev vodarski dan. Maribor.
- Frantar, P., Uhan, J., 2003: Trendi pretokov voda v Triglavskem narodnem parku. Triglavski narodni park? Ljubljana.
- Frantar, P., 2004: Hidrogeografija Šaleške in Zgornjesavinjske doline. Elaborat, Agencija Republike Slovenije za okolje. Ljubljana.
- Frantar, P., 2005: Pretočni režimi slovenskih rek in njihova spremenljivost. Ujma 19. Ljubljana.
- Gams, I., 1998: Razlika med mesečnimi koeficienti padavin in odtoka kot metoda členitve rečnih režimov v Sloveniji. Geografski vestnik. Ljubljana.
- Hrvatin, M., 1998: Pretočni režimi v Sloveniji. Geografski zbornik 38. Ljubljana.
- Ilešič, S., 1948: Rečni režimi v Jugoslaviji. Geografski vestnik 19 (1947). Ljubljana.
- Kolbezen, M., 1998: Rečni režimi. Površinski vodotoki in vodna bilanca Slovenije. Ljubljana.
- Ogrin, D., 2004: Vreme in podnebje. Narava Slovenije. Ljubljana.
- Pardé, M., 1933: Fleuves et rivieres. Paris.
- Plut, D., 1987: Nekateri poteze odtočnih rečnih režimov v zgornjem Pokolpju. Zbornik 12. kongresa geografa Jugoslavije. Novi Sad.
- Radinja, D., 1978: Rečni režimi v Zgornjem in Srednjem Posočju. Zgornje Posočje, zbornik 10. zborovanja slovenskih geografov. Ljubljana.
- Rus Goljevšček, B., 1962: Vodni režim Krke. Dolenjska zemlja in ljudje. Novo mesto.
- Stele, A., 1987: Rečni režimi v Sloveniji (zemljevid). Hidrometeorološki zavod SR Slovenije, publikacija ob 40-letnici zavoda. Ljubljana.
- Ward, J. H., 1963: Hierarchical grouping to optimize an objective function. Journal of the American Statistical Association 58. New York.

## 6 Summary: Discharge regimes in Slovenia from 1971 to 2000

(translated by Jean McCollister)

This article presents a classification of discharge regimes in Slovenia from 1971 to 2000. It was made based on monthly discharge coefficients calculated from average monthly discharges from 43 water gauging stations on 35 Slovenian rivers. Using cluster analysis based on Ward's hierarchical method and Manhattan distances, five types of discharge regimes were identified: Mediterranean rain regime, Pannonian rain-snow regime, Dinaric rain-snow regime, Alpine rain-snow regime, and Alpine snow-rain regime. A comparison of discharge regimes between 1961 and 1990 with those between 1971 and 2000 showed that the impact of climate changes is increasingly being reflected in water bodies as well. The following climate differences stand out in particular:

- higher average temperatures (causing greater evaporation)
- variable amounts of precipitation, and
- shorter duration of the snow cover at mid-level mountain elevations and in lowlands (less retention of snow).

The differences among the individual discharge regimes are less pronounced now than in the past, hence the number of types of discharge regimes is smaller.

A comparison of the average monthly discharges over a twenty-year period from 1961–1980 and from 1981–2000 showed by means of a t-test that there were no statistically significant differences between the periods, with a 99% degree of confidence. However, the same type of comparison of ten-year periods, from 1971–1980, 1981–1990 and 1991–2000, showed statistically significant differences among practically all the rivers, with the exceptions of the Kolpa, Mura, Pivka, Reka and Rižana.

