

**RAZPRAVE****VREDNOTENJE USTREZNOSTI MREŽE VODOMERNIH  
POSTAJ NA POVRŠINSKIH VODOTOKIH V SLOVENIJI**

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

Telefon: 01 478 40 86

Faks: 01 478 40 52

UDK: 556.53:528:004(497.4)

COBISS: 1.01

IZVLEČEK

**Vrednotenje ustreznosti mreže vodomernih postaj na površinskih vodotokih v Sloveniji**

Vrednotenje obravnava dve različni metodologiji za ugotavljanje prostorske ustreznosti mreže vodomernih postaj na površinskih vodotokih s pomočjo geografskih informacijskih sistemov. Upoštevali smo dva glavna prostorska dejavnika, ki pomembno vplivata na merilno mrežo: površino hidrometričnega zaledja in dolžino vodotokov v njem. Podatkovne baze smo analizirali v programskem okolju MapInfo in Excel.

KLJUČNE BESEDE

geografski informacijski sistem, hidrogeografija, mrežna struktura, vrednotenje mreže, vodomerna postaja, Slovenija

ABSTRACT

**Evaluation of surface water gauging stations network suitability in Slovenia**

Evaluation compares two different methodologies of spatial suitability of the water gauging stations network on surface waters in Slovenia. We involved two main spatial factors that considerably influence the monitoring network: the area of hydrometric hinterland and the stream length in it. We used cabinet approach with help of databases that were processed with GIS analysis in MapInfo and Excel software.

KEYWORDS

geographical information system, hydrogeography, network structure, network evaluation, water gauging station, Slovenia

Uredništvo je prispevek prejelo 16. septembra 2002.

## 1 Uvod

Mreža površinskih vodomernih postaj v Sloveniji obsega 202 merilni mesti, kjer se meri enega ali več hidroloških parametrov: vodostaj, temperaturo in kalnost. Vseh vodomernih postaj ni v osnovni (stalni) merilni mreži Agencije Republike Slovenije za okolje (v nadaljevanju ARSO). Nekaj postaj je naročniških, nekateri podatki pa se pridobivajo iz hidroelektrarn. Tako pod okriljem ARSO na površinskih vodah v Sloveniji deluje 176 vodomernih postaj. Od začetka hidroloških meritev v Sloveniji leta 1850 je v različnih obdobjih delovalo prek 500 vodomernih postaj. Temeljni elementi mreže se bolj ali manj spreminjajo, ob vsaki spremembi pa mreža in njen del dobita drugačne lastnosti, kar daje mreži novo kakovost. Novo kakovost smo vrednotili z analizo v geografskem informacijskem sistemu, in sicer s pomočjo programov MapInfo in Excel. Raziskava se nanaša na stanje mreže državnega monitoringa 31. decembra 2002.

Poglaviti namen mreže vodomernih postaj je reprezentativno spremljanje trenutnega stanja voda, tako imenovani monitoring, ki upošteva nacionalne in mednarodne obveznosti. Zagotavljanje podatkov je pomembno za njihovo gospodarsko in operativno rabo, pri planiranju, oskrbi in upravljanju z vodami ter pri spremljanju ekstremnih hidroloških stanj. Podatki so pomembni za raziskovanje značilnosti vodotokov in njihovo ocenjevanje, tudi njihove kakovosti, pa tudi za ugotavljanja in nadzorovanje stanja vodnega okolja (Nixon 1996; Preston 1997; Uhan in Dobnikar Tehovnik 2002). Mreža merilnih mest za kakovost voda ni zajeta v tej analizi, saj lokaciji postaj za količino in kakovost v mreži državnega monitoringa nista usklajeni.

Moderna mreža vodomernih postaj mora biti zasnovana na temeljih ustrezne (enakomerne) prostorske razporeditve, tipizacije in konkretne lokacije postaj. Smernice Svetovne meteorološke organizacije (WMO) za hribovita območja zmernege pasu določajo najmanjšo površino hidrometričnega zaledja v osnovni mreži od 300 do 1000 km<sup>2</sup>. Zaradi izredne geografske in klimatske raznolikosti Slovenije pa lahko našo državo uvrstimo v razred z najmanjšo površino zaledja v osnovni mreži od 140 do 300 km<sup>2</sup> (WMO 1981).

Žal v literaturi in priporočilih WMO ne najdemo nobenih smernic glede drugih prostorskih parametrov, ki lahko vplivajo na kakovost mreže. V Sloveniji, kjer kraško površje obsega okrog dve petini površja, je namreč kazalec površine lahko večkrat neustrezen. Zato smo pri analizi upoštevali kazalec dolžine rečne mreže s pogojem, da naj bi bila v dobri merilni mreži izenačenost dolžin vodotokov, ki jih pokriva posamezna postaja, po postajah čimbolj enakomerna. Za analizo na podlagi »dolžine« smo pripravili svojo metodologijo, saj v literaturi in virih nismo zasledili smernic za analizo mrež vodomernih postaj na podlagi dolžine vodotokov. Za dolžino vodotokov in ne njihovo gostoto smo se odločili, ker je pri izračunu gostote rečne mreže že upoštevana površina.

Nove smernice *Water Framework Directive* (WFD) sicer postavljajo nove pogoje za ustreznost mreže z uvajanjem novega termina »vodno telo«, ki pomeni dele vodotoka oziroma porečja z enakimi oziroma podobnimi fizičnogeografskimi, biološkimi in kemijskimi lastnostmi vode, korita, biotopa, ekotopa ... (Horizontal Guidance ... 2002) Ker vodna telesa še niso določena, je zaenkrat primernejša analiza ustreznosti na temelju omenjenih kriterijev: površine in dolžine.

Namen analize dveh glavnih prostorskih kazalcev je tudi primerjava rezultatov med obema metodologijama.

## 2 Metodologija

### 2.1 Določitev hidrometričnega zaledja

Hidrometrično zaledje po definiciji (Frantar 2002b) pri najbolj gorvodno ležeči postaji na določenem vodotoku pomeni površino vsega vodozbirnega zaledja, pri ostalih postajah pa razliko med vodozbirnim zaledjem izbrane postaje ter vodozbirnimi zaledji vseh gorvodno ležečih postaj na istem

vodotoku ali njegovih pritokih (na primer: hidrometrično zaledje postaje Sava-Okroglo je razlika med vodozbirnim zaledjem postaje Sava-Okroglo ter vodozbirnimi zaledji postaj Sava-Radovljica, Lipnica-Ovsiše 1 in Tržiška Bistrica-Preska). V vsakem hidrometričnem zaledju merimo vse količine dotokov in odtoka. Celotno območje, ki ga pokriva mreža ARSO (brez ožjega dela zaledja Mure), je veliko 20.641 km<sup>2</sup>. Površina je kljub določenim nepokritim predelom države dokaj podobna površini Slovenije, saj je pri nas večina porečij povirnih, hkrati pa državna meja na zahodu in severu večinoma sovпада z razvodnicami porečij. Izpadejo pa površine zaledij mejnih rek ter nepokritih območij države Slovenije. Med nepokrita območja spadajo: Mura dolvodno od Petanjcev, območje severovzhodno od Ormoža z gravitacijo v reko Dravo in povirje hrvaške reke Mirne pri Buzetu. »Nepokrit« je tudi Kras, kjer pa ni površinskih vodotokov. Zaradi velikega pomena vodomerne postaje Borl na Dravi (avtomatska vodomerne postaja) za Slovenijo, je le-ta vključena v analizo gostote mreže pri obeh metodah, kljub dejstvu, da je pri normalnem hidrološkem stanju večina vode preusmerjena prek jezua Markovci mimo vodomerne postaje Borl.

## 2.2 Izbor reprezentativnih vodomernih postaj

Za osnovne statistične izračune (povprečna velikost hidrometričnega zaledja, dolžina vodotokov ...) smo določili število vodomernih postaj, ki so reprezentativne za merilno mrežo, saj je neustrezno računati osnovne statistike tako za 176 (število vodomernih postaj ARSO) kot za 149 (število hidrometričnih zaledij) postaj v mreži. Od skupno 176 postaj smo izločili 2 na morju, 2 na jezerih, 3 na izvirih, 2 na Muri ter 6 tako imenovanih vzporednih postaj: Bistrica-Muta, Mlinščica kanal-Domžale, Soča-Kršovec, Idrija kanal-Podroteja, Vipava-Miren. Kljub nedoločenim razvodnicam pa smo upoštevali naslednje postaje: vse na Ljubljani, Rinža-Livold in Ribnica-Prigorica. Število reprezentativnih postaj mreže površinskih vodotokov je tako 161.

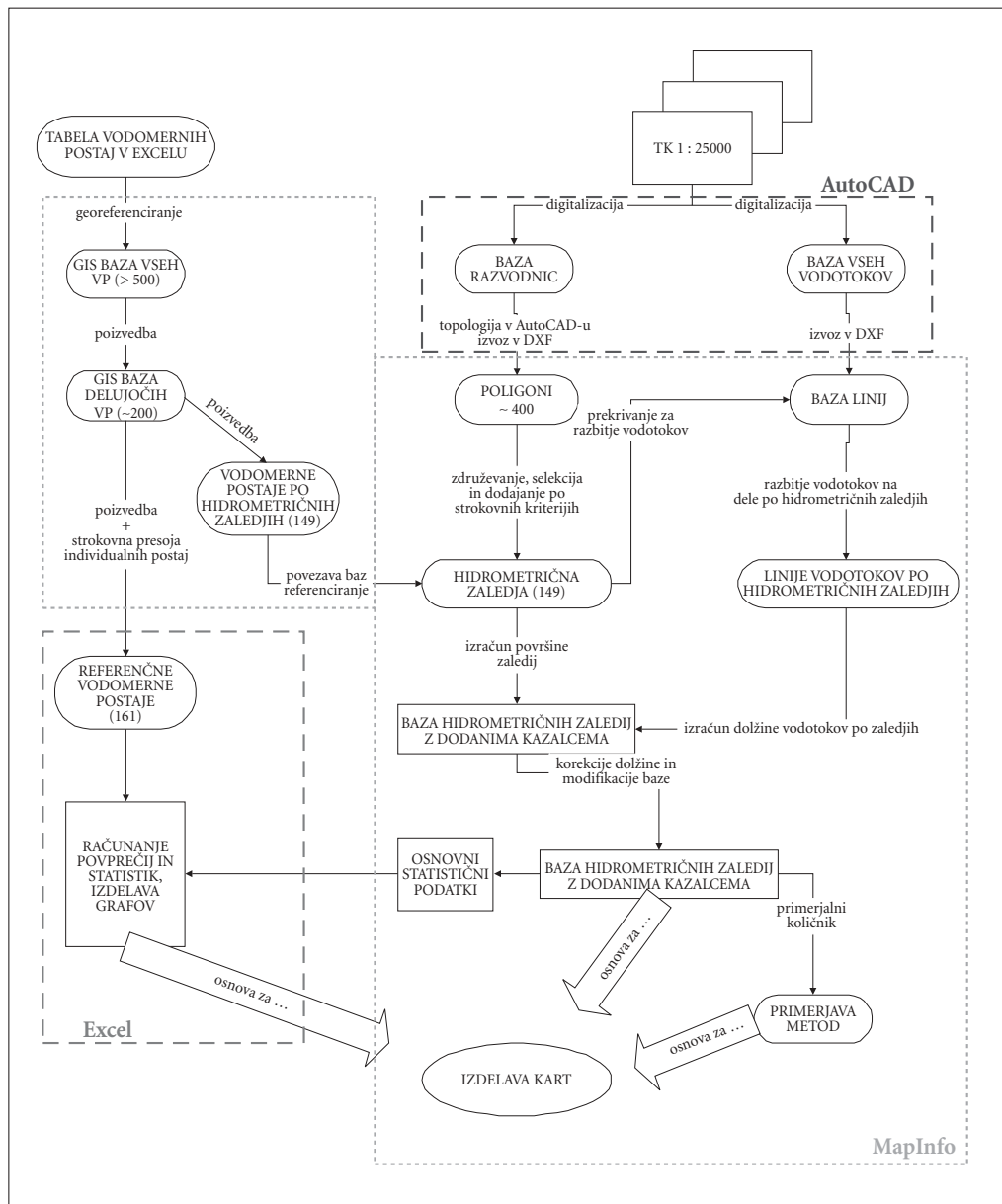
Pri statističnih analizah smo upoštevali vseh 161 reprezentativnih postaj. Postaje na kraški Ljubljani smo razvrstili po razredih glede na aritmetično povprečje parametra na celotnem zaledju. Postaji Rinža-Livold in Ribnica-Prigorica smo uvrstili v razred, ki zajema vrednosti pod slovenskim povprečjem (100,0 do 139,9 km<sup>2</sup> površine oziroma 125,0 do 174,9 km dolžine), hidrometrični zaledji postaj Kolpa-Radenci in Krka-Gorenja Gomila, kamor spadata omenjeni postaji Rinža-Livold in Ribnica-Prigorica, pa smo uvrstili v najvišji razred; v ta najvišji, najbolj neustreznih razred spadata tudi, če odštejemo zaledji postaj na Rinži in Ribnici.

## 2.3 Geografski informacijski sistem in baze podatkov

Naše delo temelji na geografski analizi merilne mreže z geografskim informacijskim sistemom. Vse prostorske in statistične informacije, pridobljene pri analizi, smo obdelali s programom MapInfo 5.0 na osnovi georeferenciranih baz v Gauss-Krügerjevem sistemu.

Baze, ki smo jih uporabili za analizo in sintezo, so:

- vodomerne postaje (Iz katastra vseh vodomernih postaj na površinskih vodotokih (Kataster ... 2002) smo izbrali 161 reprezentativnih vodomernih postaj, katerih zaledje pomeni samostojno vodno telo s svojimi hidrološkimi značilnostmi),
- hidrometrična zaledja (Razvodnicam, digitaliziranim s slojev izohips in vodotokov temeljne topografske karte v merilu 1:25.000 (Baza razvodnic ... 2002), smo dodali razvodnice za posamezne vodomerne postaje in dobili razvodnice delov zaledij vodomernih postaj. V programu AutoCAD smo linije razvodnic preoblikovali v poligone delov zaledij. Dobili smo okrog 400 poligonov, ki smo jih obdelali v programu MapInfo: najprej smo odstranili poligone, ki ne spadajo v nobeno zaledje delujočih vodomernih postaj, ostale poligone pa smo nato na temelju poznavanja njihovih hidroloških značilnosti združili (kombinirali) v 149 hidrometričnih zaledij, ki smo jih analizirali v geografskem informacijskem sistemu.),



Slika 1: Metodologija/postopek vrednotenja dveh analiz ter uporaba GIS aplikacij in baz.

- površinski vodotoki (Uporabili smo vodotoke, digitalizirane s sloja vodotokov temeljne topografske karte v merilu 1 : 25.000 (Baza razvodnic ... 2002). Upoštevali smo vse vodotoke, tudi občasne, ki so na karti označeni s prekinjenimi črtami),
- pomožne baze (Pomožne baze smo uporabili zlasti pri določanju hidrometričnih zaledij (Vzpostavitev eurowaterneta ... 2001).

### 3 Rezultati posameznih metod in primerjava

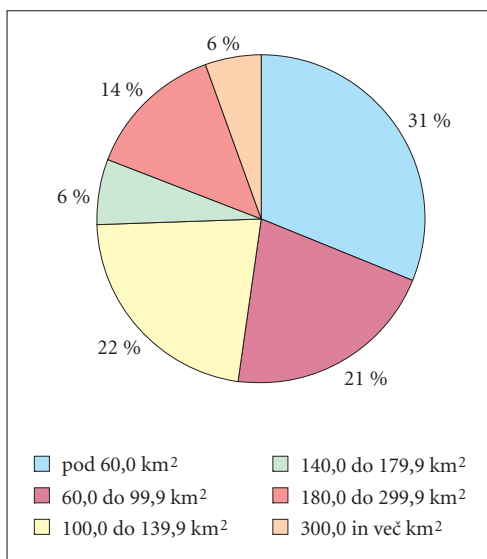
#### 3.1 Površina

Postopek izračunavanja površine za posamezno hidrogeografsko zaledje je bil izveden s pomočjo modula v programu MapInfo – Area (obj, »sq km«). Podatek o površini zaledja je bil vnešen v podatkovno bazo hidrometričnih zaledij v formatu »Decimal 6,1«, in sicer z natančnostjo  $\pm 0,05 \text{ km}^2$ . Natančnost pomeni napako  $\pm 2\%$  pri najmanjšem zaledju, kar je glede na napake, ki lahko nastanejo pri digitalizaciji, zanemarljivo. Izdelana je bila slika z razredi glede na standarde WMO (WMO 1981).

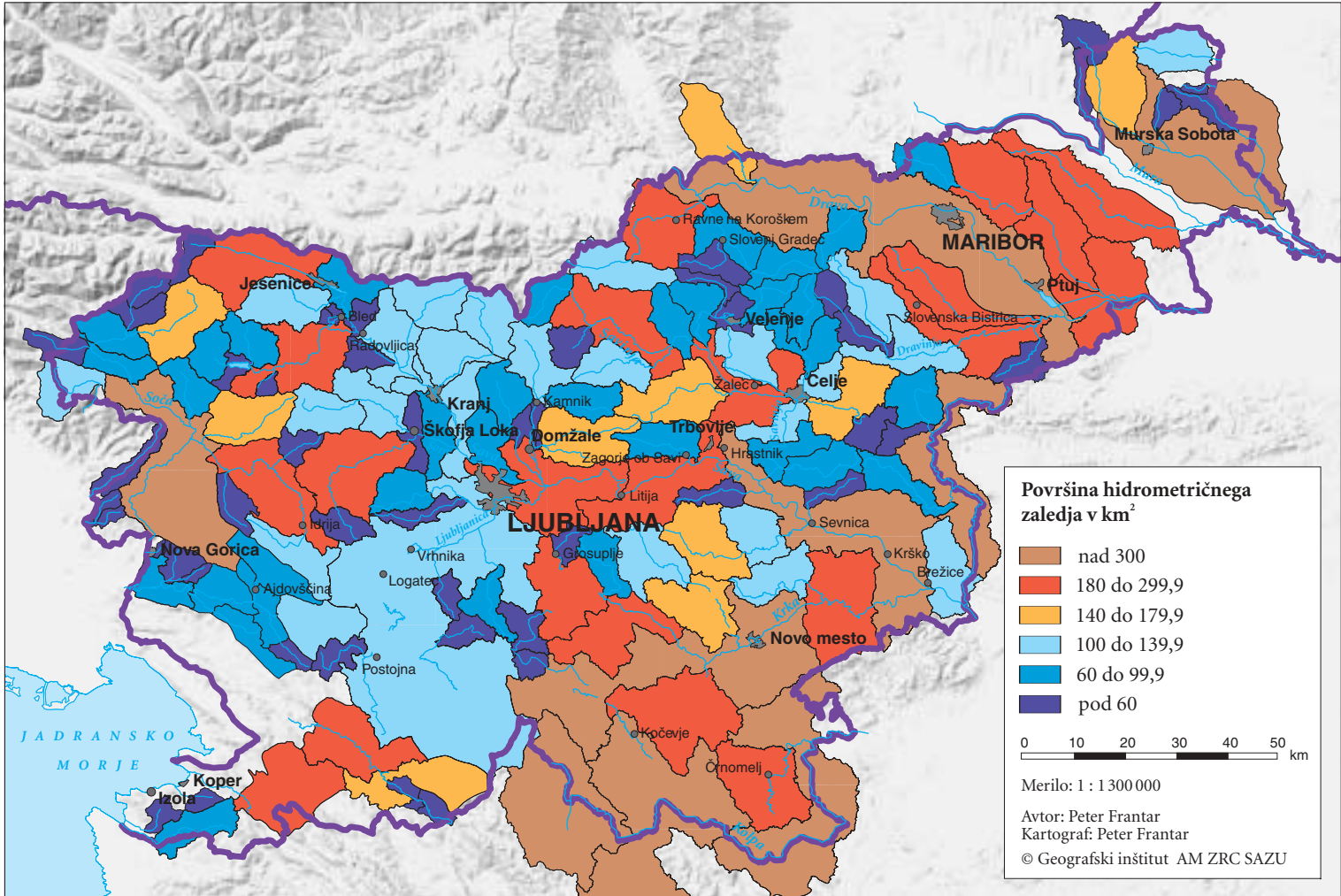
Opozoriti je treba na problem določanja porečja na vodotokih s kraškim zaledjem. Ljubljana ima gorvodno od vodomerne postaje Moste izredno veliko hidrometrično zaledje,  $1449 \text{ km}^2$ , saj večina, kar 10 izmed »gorvodnih« postaj (razen postaj na Gradaščici, Šujci, Borovniščici, Cerknjiščici in Nanoščici) zaradi kraških bifurkacij nima določljivega zaledja. Za postaje v porečju kraške Ljubljane je velikost zaledja zato določena s povprečno velikostjo, količnikom površine hidrometričnega zaledja postaje Moste in števila postaj (10) v njem. Tako smo prišli do »povprečnega« hidrometričnega zaledja vseh postaj na »kraški Ljubljani«, ki je  $132 \text{ km}^2$ .

Pri določanju razvodnic ostalih delujočih vodomernih postaj smo nekaj postaj izpustili ali združili v isto hidrometrično zaledje, kot je omenjeno v delu članka o določanju reprezentativnih vodomernih postaj. Po tem izračunu je povprečna velikost hidrometričnega zaledja v Sloveniji  $128 \text{ km}^2$ . Osnova »povzetka« površine pa je priporočilo WMO za minimalni del porečja, ki naj bi bil od  $140$  do  $300 \text{ km}^2$ , na podlagi tega kriterija, pa so vodomerne postaje tudi razdeljene v razrede (slika 3).

Povprečna velikost zaledja v Sloveniji pa lahko pokvari »realno« sliko razporeditve postaj v prostoru, saj pri geografskih analizah prostora ne gre samo za statistiko. Prostorska razporejenost merilne mreže namreč ni enakomerna, ker tudi gostota mreže vodotokov ni enakomerna. Rezultati kažejo, da ima skoraj  $75\%$  vseh postaj zaledje manjše od  $140 \text{ km}^2$ , izmed njih pa kar tretjina manjše od  $50 \text{ km}^2$ . Veliko »majhnih« hidrometričnih zaledij (kar dve tretjini jih je manjših od povprečja za Slovenijo) pa kaže na to, da so preostala zaledja očitno zelo velika! Izredno velika, nad  $300 \text{ km}^2$ , so hidrometrična zaledja postaj Drava-Borl, Ledava-Čentiba, Sava-Čatež, Sava-Litija ( $298 \text{ km}^2$ ), Sotla-Rakovec, Soča-Solkan in Krka-Gorenja Gomila ter zaledja vseh vodomernih postaj na Kolpi (Metlika, Radenci in Petrina).



Slika 2: Deleži razredov velikosti hidrometričnih zaledij vodomernih postaj v  $\text{km}^2$ .



◀ Slika 3: Površina hidrometričnih zaledij.

Preglednica 1: Vodomerne postaje z hidrometričnim zaledjem večjim od 300 km<sup>2</sup>.

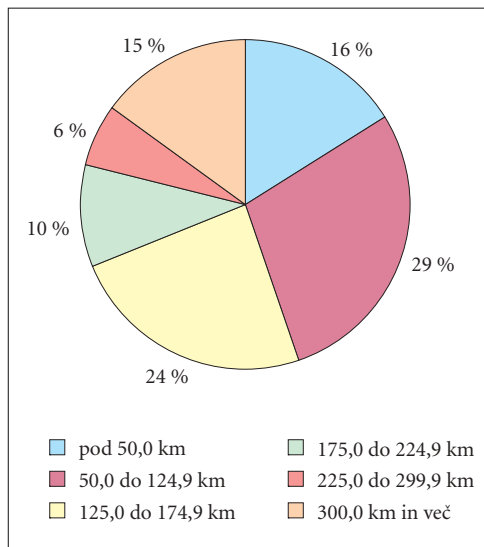
vodomerna postaja	vodotok	zaledje v km <sup>2</sup>
Borl	Drava	pod 1000 (do A meje)
Gorenja gomila	Krka	711
Radenci 2	Kolpa	698
Metlika	Kolpa	650
Čentiba	Ledava	567
Čatež 1	Sava	567
Solkan 1	Soča	484
Petrina	Kolpa	467
Rakovec 1	Sotla	333
Litija 1	Sava	298

### 3.2 Dolžina

Dolžina vodotokov, ki pripada enemu hidrometričnemu zaledju oziroma eni reprezentativni vodomerni postaji, je bila izračunana s pomočjo prekritja dveh podatkovnih baz (slojev): hidrometričnih zaledij in površinskih vodotokov. Najprej smo v MapInfu izvedli postopek cepitve *split*, ki ciljni objekt razbije glede na drug objekt. Vodotoke (linije) smo razbili glede na rezmejitve po hidrometričnih zaledjih. Program je razbil samo tiste linije, ki so bile v dveh poligonih hidrometričnih zaledij. S tem smo dobili novo bazo razbitih linij vodotokov. Na primer Sava med Kranjem in Zelenci se je razdelila na več »delov« Save po hidrometričnih poligonih. Potem je bila izvedena polnitev baze hidrometričnih zaledij z vsoto vseh dolžin vodotokov, ki so v določenem hidrometričnem zaledju. Vsako hidrometrično zaledje (reprezentativna vodomerna postaja) je po zaključku tega postopka dobilo podatek o skupni dolžini vodotokov v njem. Dolžina vodotokov pomeni dolžino vseh linij, tako stalnih kot tudi nestalnih vodotokov. Izvesti je bilo treba samo še dodatne korekcije dolžin vodotokov: v hidrometričnih zaledjih vodomernih postaj Bistrica-Muta, Ledava-Nuskova, Kolpa-Radenci in Kolpa-Petrina je bila dobljena na poseben način, ker so hidrometrična zaledja imenovanih postaj »preveč« zunaj območja podigitaliziranih vodotokov iz »Baze vodotokov ARSO«. Izračunana je bila dolžina »obstoječih« vodotokov v zaledju ter izvedena korekcija s pomočjo površine. Za privzeto lahko povzamemo, da je v vsem zaledju gostota približno enaka. Tako dobljeno dolžino vodotokov pomnožimo s koeficientom površine vsega hidrometričnega zaledja in površine območja, kjer so vodotoki izmerjeni. Zaradi napake, ki bi lahko nastala, je pri interpretaciji teh hidrometričnih zaledij treba biti previden.

Preglednica 2: Dolžine vodotokov hidrometričnih zaledij, kjer baza vodotokov ni popolna.

vodomerna postaja	površina v km <sup>2</sup>	površina digitaliziranega območja v km <sup>2</sup>	koeficient površine	dolžina vodotokov v km	korigirana dolžina v km
Bistrica Muta	146,5	119,2	1,23	162,7	200
Ledava Nuskova	56,6	31,6	1,79	35,6	64
Kolpa Radenci	698,3	536,1	1,30	318,3	415
Kolpa Petrina	467,4	252,4	1,85	292	541



Slika 4: Deleži razredov dolžine vodotokov po posamezni vodomerni postaji v km v % (Baza hidrometričnih zaledij in Baza vodotokov ARSO).

Izračun povprečja je bil narejen na osnovi količnika dolžine vseh vodotokov v hidrometričnih zaledjih (27.955 km) in števila reprezentativnih postaj (161). Dolžina vseh vodotokov v Sloveniji je 28.087 km, kar da srednjo gostoto rečne mreže 1,39 km/km<sup>2</sup> (za primerjavo navajamo podatek iz publikacije Vodne bilance Slovenije (Kolbezen 1998), ki je 1,33 km/km<sup>2</sup>).

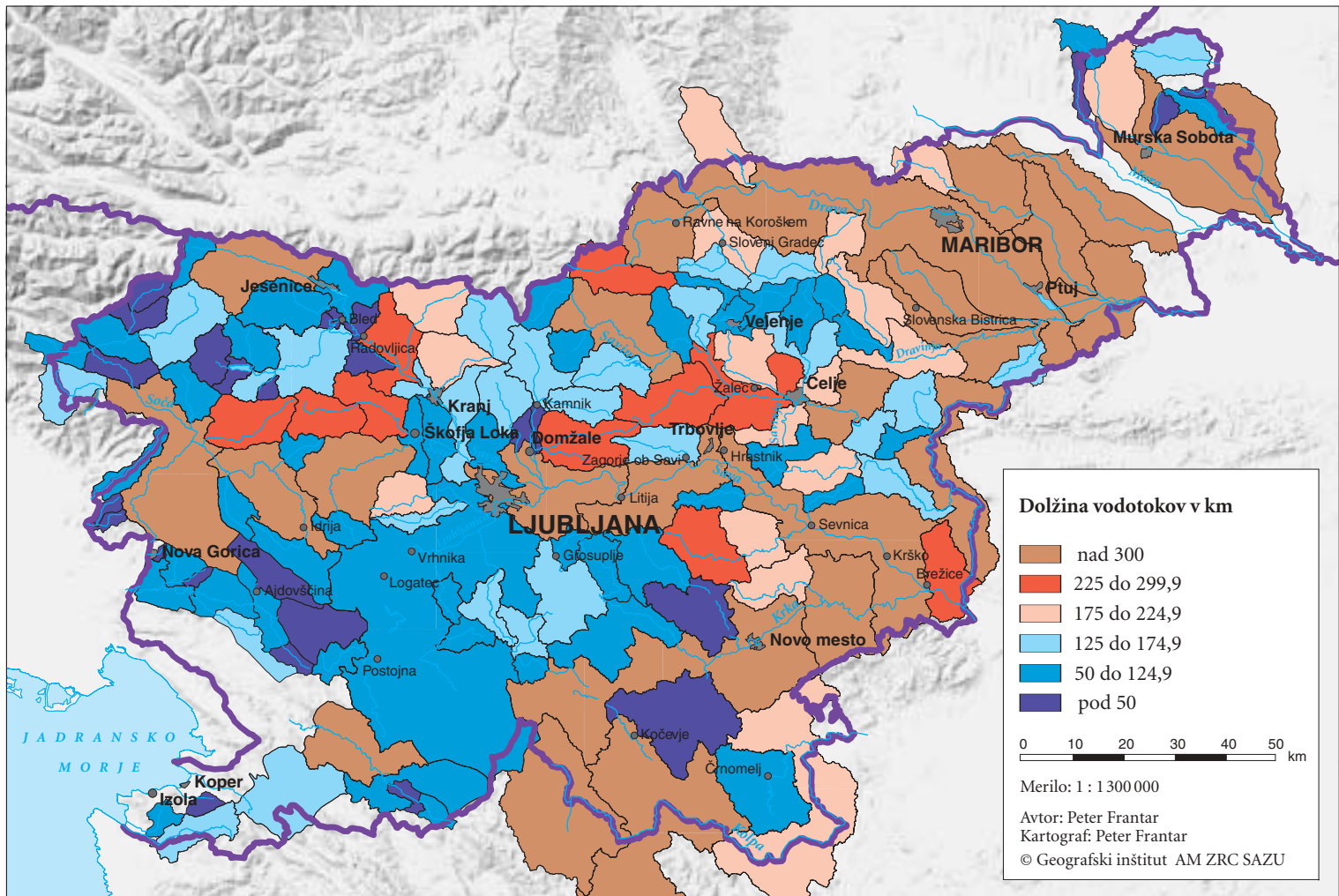
Povprečna dolžina vseh vodotokov v enem hidrometričnem zaledju je tako 174 km. Povprečna dolžina stalnih vodotokov (izračunanih 12.787 km po bazi ARSO) pa je 79 km na referenčno vodomerno postajo. Ker nismo imeli na razpolago drugih smernic, smo povprečno dolžino vodotokov v vodomernih postaji v Sloveniji izbrali za oporno oziroma referenčno točko pri nadaljnji kategorizaciji

Preglednica 3: Vodomerne postaje z dolžino vodotokov nad 300 km.

vodomerna postaja	vodotok	dolžina v km	vodomerna postaja	vodotok	dolžina v km
Ormož kopaljšče	Drava	317	Solkan 1	Soča	406
Tržec	Polskava	327	Hotešk	Idrijca	414
Jesenice	Sava dolinka	328	Radenci 2	Kolpa	415
Gorenja gomila	Krka	330	Hrastnik	Sava	499
Cerkvenikov mlin	Notranjska reka	363	Pristava 1	Ščavnica	532
Nazarje	Savinja	364	Rakovec 1	Sotla	536
Celje 2	Savinja	364	Petrina	Kolpa	541
Gočova	Pesnica	373	Zminec	Poljanska sora	546
Videm	Dravinja	391	Litija i	Sava	732
Zamušani 1	Pesnica	398	Čentiba	Ledava	741
Podbočje	Krka	398	Čatež 1	Sava	920
Otiški vrh 1	Meža	402	Borl	Drava	2179

Slika 5: Dolžina vodotokov po hidrometričnih zaledjih. ►





hidrometričnih zaledij v razrede. Iz grafa deležev vodomernih postaj po razredih dolžine vodotokov (slika 4) vidimo, da je slika podobna kot pri površini. 70 % vodomernih postaj ima manj kot 175 km vodotokov v svojem hidrometričnem zaledju, od teh pa jih je v najmanjšem razredu samo 16 %. Kot vidimo, je v primerjavi s površino (31 %) v majhnih zaledjih gosta rečna mreža in da povezava med površino in zaledjem obstaja, vendar se nam zaradi geografskih razlik ne zdi dovolj dobra. Tretjina vodomernih postaj zajema večjo dolžino vodotokov od slovenskega povprečja, od teh kar 15 % (24 vodomernih postaj) več kot 300 km! Vodomerne postaje na kraški Ljubljani so po analizi dolžine uvrščene v ustrežnejši razred kot pri analizi s pomočjo površine – povprečno odpade na vsako postajo na kraški Ljubljani 121,5 km vodotokov.

### 3.3 Sinteza in primerjava

Statistična primerjava obeh metod je pokazala, da obstaja korelacija med obema dejavnikoma. Korelacijski koeficient je 0,83, kar je »ustrezno« za statistične korelacije, po našem mnenju pa je »različno« uporaben v Sloveniji, kjer gre za velike fizičnogeografske razlike med posameznimi regijami. Pri primerjavi metod oziroma njihovih rezultatov ugotovljamo, kateri izmed omenjenih kriterijev je »strožji«. Gre za primerjavo dveh relativnih vrednosti, dveh odstopanj od slovenskega povprečja. Dobljeni koeficient smo poimenovali »primerjalni koeficient«  $kp$ . Če je odstopanje prvega dejavnika (površine) v hidrometričnem zaledju od slovenskega povprečja enako odstopanju drugega dejavnika (dolžine), potem velja, da sta oba kriterija popolnoma enakovredna ( $kp = 1$ ). Za enakovredno smo označili zaledja, kjer razlika med odstopanjema ni večja kot 20 %, to je:  $0,833 < kp < 1,2$ . Pri  $kp > 1,2$  pomeni, da je razlika med koeficienti v korist površine (površina v primeru analize pomeni slabšo oceno za zaledje v primerjavi z analizo po metodi dolžine rečne mreže v istem hidrometričnem zaledju). Obratno velja pri  $kp < 0,833$ , kjer pomeni, da v analizi slabšo oceno hidrometričnega zaledja da dolžina rečne mreže, površina pa oceno »izboljša«.

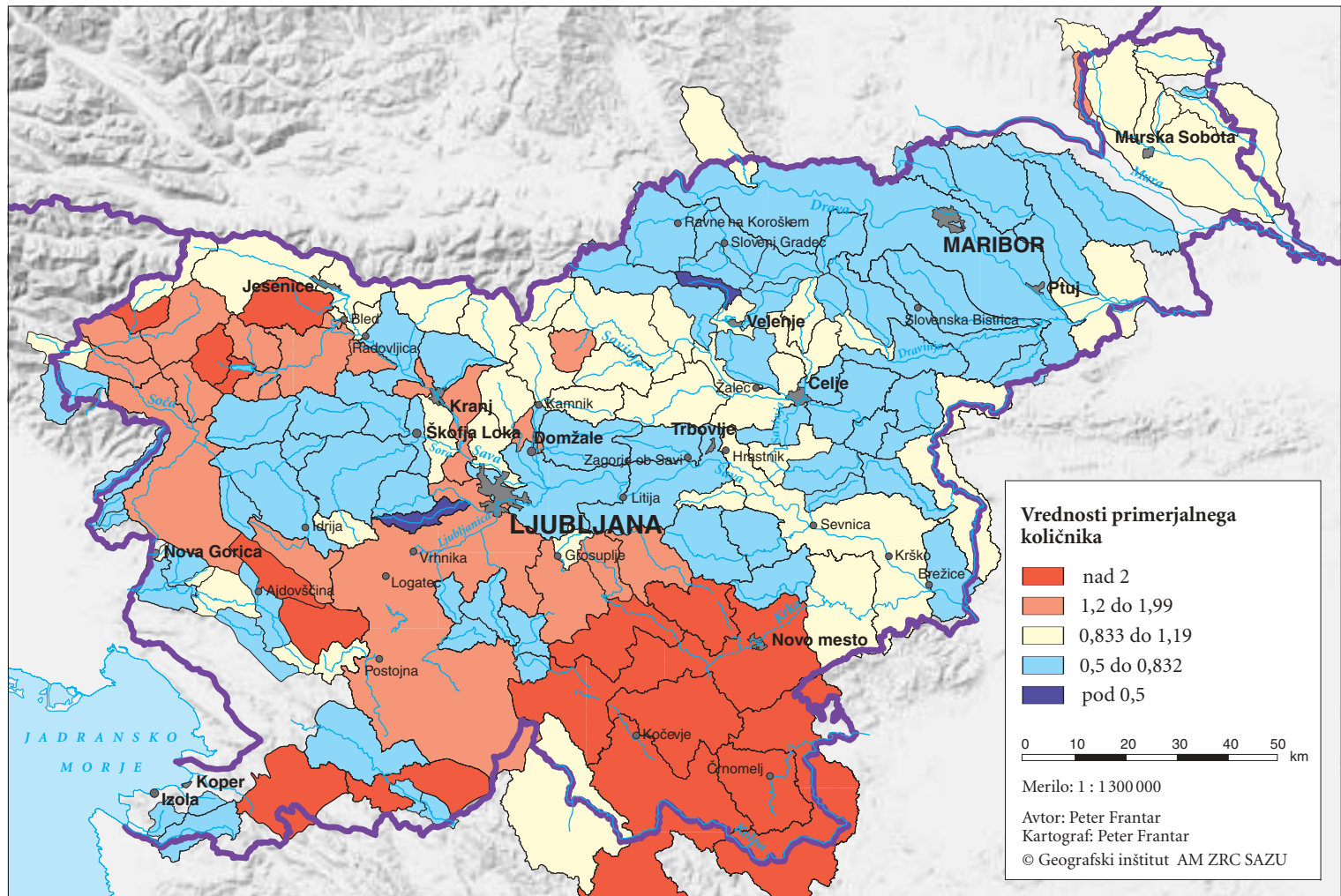
Primerjava je potekala po formuli  $kp = (\text{površina} : 128,2 \text{ km}^2) : (\text{dolžina vodotokov} : 173,6 \text{ km})$ . V formuli *površina* pomeni površino hidrometričnega zaledja, konstanta 128,2 km<sup>2</sup> je povprečna površina hidrometričnega zaledja v Sloveniji, *dolžina vodotokov* pomeni dolžino vodotokov v hidrometričnem zaledju, konstanta 173,6 km pa je povprečna dolžina vodotokov v hidrometričnem zaledju v Sloveniji.

Rezultati primerjave obeh metod so bili pričakovani in v kraškem svetu potrjujejo predvideno hipotezo (slika 6).

Primerjalni koeficient je **večji od 1,2**, kjer je **površina strožji kriterij ustreznosti**. V splošnem velja, da je analiza na podlagi površine hidrometričnega zaledja strožji kriterij v predelih, kjer prevladuje kras, kjer je površinski odtok manjši in večina vode hitro ponikne v podlago. Vse to je logično, saj na tem območju površinskih vodotokov ni veliko, oziroma jih je manj. Tako bi lahko rekli, da je glede na dolžino vodotokov mogoče marsikje mreža vodomernih postaj ustrežna. Območje obsega 7142 km<sup>2</sup> (35 % zajete površine) in zajema 4.443 km vodotokov (samo 16 % vodotokov). Pas, kjer je površina strožji kriterij, sega namreč od Julijskih Alp, prek Banjščic, Trnovskega gozda, Hrušice, Nanosa proti vzhodu in obsega praktično skoraj ves dinarsko-kraški del Slovenije z izjemami nekaterih dolin (Vipavska dolina, Notranjska Reka) ter zaledij, ki segajo v območje Rakitne in Blok. Izrazita razlika med obema metodama, ko je  $kp > 2$  (razlika med koeficienti je več kot 100 %), se pokaže v 15 hidrometričnih zaledjih: na območju Radovne, Bohinja, Koritnice ter povirij Hublja (najvišji  $kp = 43,6$ ), Vipave in Rižane ter v zaledju postaje Trnovo na Notranjski Reki. Območje pa obsega praktično skoraj celo jugovzhodno Slovenijo.

Primerjalni koeficient je **manjši od 0,833**, kjer je **dolžina strožji kriterij ustreznosti**. Območja, kjer je dolžina strožji kriterij, zajemajo predvsem predalpske predele Slovenije. Izrazit je pas od Idrijsko-Cer-

Slika 6: Primerjalni količnik po hidrometričnih zaledjih. ►



kljanskega hribovja, Polhograjskega hribovja, Jelovice, Dobrav do osrednjega dela Ljubljanske kotline ter dolinskega Posavskega hribovja. Sem spada še območje, ki obsega skoraj celotni severovzhodni del države, z izjemo Prekmurja, od Mežice do Ščavnice in Kozjanskega. Izrazito izstopanje faktorja dolžine kažeta le dve hidrometrični zaledji: Gradaščica (0,43) ter Velunja (0,49). Vsa ta hidrometrična zaledja obsegajo 7.892 km<sup>2</sup> (38 % površine) in 15.769 km vodotokov (kar 56 % vodotokov).

Primerjalni koeficient je **med 0,833 in 1,2 pri enakovrednosti kriterijev ustreznosti**. Kot že omenjeno, sta metodi v hidrometričnih zaledjih v tem »rangu« enakovredni. To velja za vsega skupaj 44 reprezentativnih vodomernih postaj, kar pomeni 27 % vseh. Obe metodi v teh hidrometričnih zaledjih dajeta podobno oceno mreže, kar poenostavljeno pomeni, da sta v teh zaledjih dolžina in površina v lineranem sorazmerju glede na povprečne vrednosti. Območja tega razreda obsegajo hidrometrična zaledja v spodnjem toku reke Save, Krke, Sotle in Kolpe, hidrometrična zaledja, ki segajo v Kamniško-Savinjske Alpe in Karavanke, ter večino Prekmurja in Goričkega, zajemajo pa 27 % površine in 27 % vodotokov zajetih v analizi.

Že sam pogled na sliko 6 in statistiko pokaže, da je med vsemi vodomernimi postajami 68 takih, kjer je dolžina vodotokov strožji kriterij določanja ustreznosti mreže vodomernih postaj, kot pa površina. Izmed njih sta samo dve, kjer je razlika med koeficientoma več kot 100 % »v korist« dolžine. Med ostalimi reprezentativnimi vodomernimi postajami v 47 primerih kriterij površine »preseže« dolžino, izmed njih pa kar 15 takih, kjer je razlika med koeficientoma za več kot 100 % večja »v korist« površine.

Splošni pregled posameznih kriterijev oziroma kart (sliki 3 in 5) sicer pokaže, da se sliki, razdeljeni po izbranih kategorijah, dokaj dobro ujemata. Večje razlike so glede na odstopanje posameznega kazalca od povprečja, kar pa z omenjenih dveh slik ni razvidno. Menimo, da se je primerjava pokazala za bolj objektivno, saj s pomočjo »presoje« dveh posameznih slik teh razlik ne bi ugotovili.

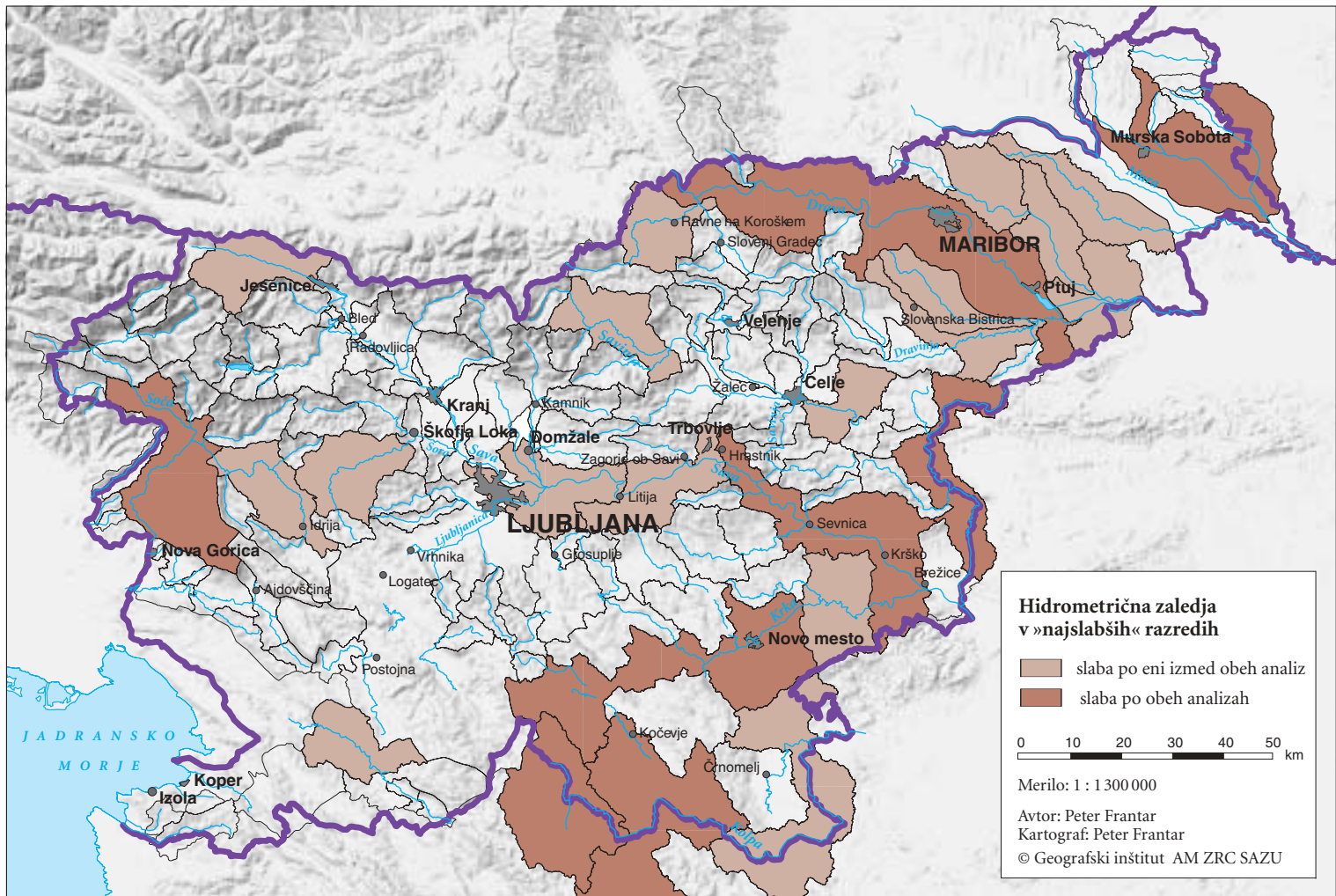
## 4 Sklep

Po rezultatih analiz smo ugotovili, katera hidrometrična zaledja najbolj izstopajo v negativnem smislu (preveliko območje oziroma prevelika dolžina vodotokov).

Za enakomernejšo razporeditev merilnih mest v mreži (slik 7) bi bilo po obeh metodah treba dodatno namestiti vodomerne postaje v devet hidrometričnih zaledi, to so: Sava-Litija (298 km<sup>2</sup>), Sava-Čatež, Ledava-Čentiba in Krka-Gorenja Gomila, v zgornjem delu porečja Kolpe, zaledju Sotla-Rakovec, Drava-Borl in Soča-Solkan. Območje teh hidrometričnih zaledij zajema skoraj 4900 km<sup>2</sup> (24 % površine vseh hidrometričnih zaledij, zajetih v analizi). To so hidrometrična zaledja, ki imajo »preveliko območje« merjenja oziroma preredko merilno mrežo po obeh metodah vrednotenja in so uvrščena v najvišji razred po metodi površine. Izjema je vodomerna postaja Kolpa-Metlika, katere hidrometrično zaledje je veliko 650 km<sup>2</sup>, dolžina vodotokov pa je pod »kritično« mejo 300 km, in sicer 195 km. Druga hidrološka zaledja so uvrščena v kategorijo »preveliko« na podlagi rezultatov po analizi dolžine. Sem spada 15 zaledij vodomernih postaj, ki zajemajo skoraj 4200 km<sup>2</sup> (20 % površine vseh hidrometričnih zaledij, zajetih v analizi), to so: Sava Dolinka-Jesenice, Sava-Hrastnik, Poljanska Sora-Zminec, Savinja-Nazarje in Celje, Krka-Podbočje, Drava-Ormož kopaljšče, Meža-Otiški Vrh, Dravinja-Videm, Pesnica-Gočova in Zamušani, Ščavnica-Pristava, Polskava-Tržec, Idričja-Hotešk in Notranjska Reka-Cerkvenikov Mlin. Skupaj vsa »kritična« zaledja zajemajo kar 44 % analizirane površine, 9.077 km<sup>2</sup>!

Pri sklepu ne smemo prezreti dejstev, ki niso bila upoštevana pri analizi, in sicer, da v mreži nismo upoštevali hidroelektrarn in naročniških postaj kot vodomernih postaj. Ob upoštevanju le-tega lahko povzamemo dodatne ugotovitve, ki pregled na mrežo osvetlijo še z druge, bolj praktične strani. Na

*Slika 7: Predlog »izboljšanih« hidrometričnih zaledij po obeh ali ena izmed uporabljenih metod. ►*



Dravi gorvodno od vodomerne postaje Borl je postavitve več vodomernih postaj problematična ravno zaradi hidroelektrarn. Enak problem je na reki Soči gorvodno od Solkana ter deloma na zaledju postaje Sava-Čatež, zato je gostitev mreže hidrološkega monitoringa v teh zaledjih težko, če ne celo neizvedljivo. Sodelovanje s hidroelektrarnami je zato nujno.

Kljub velikim hidrometričnim zaledjem vodomerne postaje na Kolpi je razporeditev na srednji Kolpi in na Sotli pogojno ustrezna, ker sta to mejni reki. Podatke z dodatnih postaj (kar pomeni gostejšo mrežo) na mejnih rekah je možno pridobiti z meddržavnim sodelovanjem sosednjih držav.

Dejstvo je, da idealne pokritosti ni možno doseči, stremeti pa je treba k čimbolj optimalni. Cilj je mreža, v kateri lahko s korelacijo in izračuni na osnovi obstoječe mreže z dovolj veliko verjetnostjo ocenimo pretok na nepokritih vodotokih in delih le-teh (WMO 1981), kar trenutno v Sloveniji JE mogoče. Nepokrita območja v državi so: Mura dolvodno od Petanjcev, območje severovzhodno od Ormoža z gravitacijo v reko Dravo, povirje hrvaške reke Mirne pri Buzetu ter Kras. Na vseh območjih je možno izvesti korelacijo; glede na nove smernice EU in WFD, pa bi bilo treba uvesti hidrološki monitoring na Muri dolvodno od Petanjcev.

Sklenemo lahko, da je mreža vodomernih postaj v Sloveniji po vrednotenju velikosti hidrometričnega zaledja in dolžine vodotokov, ki jih zajemajo vodomerne postaje, ter pokritosti površja države v veliki meri ustrezna. Za izboljšanje mreže državnega monitoringa pa bi bile potrebne v prvi vrsti »izboljšave« omenjenih hidrometričnih zaledij, najprej za postajami, ki jih zajemata obe metodi in jih ne opravičujejo drugi omejitveni dejavniki. Prioritetna zaledja so: Sava-Litija, Ledava-Čentiba in Krka-Gorenja Gomila. Ne smemo pa pozabiti na Muro dolvodno od Petanjcev, ki je metodi nista zajeli.

Mrežo hidroloških postaj smo analizirali samo na podlagi dveh glavnih kazalcev, smiselno pa bi bilo analizirati mrežo še z vidika variance/korelativnosti pretokov med posameznimi postajami, da bi zajeli še hidrološko komponento mreže.

## 5 Viri in literatura

Atlas Slovenije. Ljubljana, 1996.

Baza razvodnic vodomernih postaj. Agencija Republike Slovenije za okolje. Ljubljana, 2002.

Common Understanding Paper. Water Framework Directive. 2002.

Frantar, P. 2002a: Modernizacija mreže monitoringa voda v Sloveniji: Opredelitev namembnosti vodomernih postaj za površinske vode. Delovno gradivo, 20. 8. 2002. Ljubljana.

Frantar, P. 2002b: Analiza gostote mreže vodomernih postaj na površinskih vodah v Sloveniji. Zbornik 13, Mišičev vodarski dan 2002. Maribor.

Horizontal Guidance »Water Bodies« – Version 7.0. Delovno gradivo: 30. 9. 2002.

Kataster vodomernih postaj. Agencija Republike Slovenije za okolje. Ljubljana, 2002.

Kolbezen, M. 1998: Površinski vodotoki in vodna bilanca Slovenije. MOP – HMZ RS. Ljubljana.

Nixon, S. C. 1996: European Freshwater Monitoring Network Design. Medmrežje: reports.eea.eu.int/92-9167-023-5/en/ (8. 7. 2002).

Preston, S. D. 1997: Evaluation of the Stream-Gaging Network in Maryland, Delaware and Washington, D. C. Fact Sheet FS-97-126. Medmrežje: md.water.usgs.gov/publications/fs-97-126/ (5. 4. 2002).

Uhan, J., Dobnikar Tehovnik, M. 2002: Modernizacija mreže monitoringa voda v Sloveniji: Pregled in povzetek EU izhodišč z vidika ocenjevanja stanja površinskih in podzemnih voda. Delovno gradivo, 18. 7. 2002. Ljubljana.

Vzpostavitev eurowaterneta v Sloveniji, 1. faza. Elaborat, VGI d. o. o. Ljubljana, 2001.

Wahl, K. L., Thomas, O. T., Hirsch, R. M. 1995: U. S. Geological Survey Circular 1123. Medmrežje: water.usgs.gov/pubs/circ1123/ (10. 6. 2002).

Guide to Hydrological Practices: Volume 2, Chapter 3: Design of Networks. Fourth Edition, Secretariat of the World Meteorological Organisation. Geneva, 1981.

## 6 Summary: Evaluation of surface water gauging stations network suitability

(translated by the author)

Considering the outcomes of analyses we discovered conclusions which hydrometrical hinterlands are the most »negative« for the network (oversized and too long stream length).

To get more evenly distributed stations in the network, both methodologies give out the result to set additional water gauging stations in nine hydrometrical hinterlands: Sava-Litija (298 km<sup>2</sup>), Sava-Čatež, Ledava-Čentiba, Krka-Gorenja Gomila, upper watersheds of Kolpa river, Sotla-Rakovec, Drava-Borl and Soča-Solkan. This area covers almost 4,900 km<sup>2</sup> which is 24% of all area included in this analysis. These hydrometrical hinterlands with »oversized« measuring area and too sparse water gauging network are all classified into the highest area class. The only exception is water gauging station Kolpa-Metlika, which hinterland is 650 km<sup>2</sup> in size (over 300 km<sup>2</sup>) but the stream length is below the »critical« border of 300 km – 195 km<sup>2</sup>. The rest of group is placed into the »too big group« based on the results of the stream length analysis. This second group consists, besides Kolpa-Metlika, of 15 hinterlands with almost 4,200 km<sup>2</sup> (20% of area): Sava Dolinka-Jesenice, Sava-Hrastnik, Poljanska Sora-Zminec, Savinja-Nazarje in Celje, Krka-Podbočje, Drava-Ormož kopaljšče, Meža-Otiški Vrh, Dravinja-Videm, Pesnica-Gočova in Zamušani, Ščavnica-Pristava, Polskava-Tržec, Idrijca-Hotešk in Notranjska Reka-Cerkvenikov Mlin. The whole area covered by »too big« hinterlands covers 44%, 9,077 km<sup>2</sup> of the area included in the analysis.

In the summary we are not allowed to overlook technical facts that the analysis did not include: in the network we took out hydropower plants and »cooperative« water gauging stations. Considering this, the network can be seen from other side, from practical side. On river Drava, upstream of the water gauging station Borl, it is problematic to dense the network due to the hydropower plants. The same problem occurs in the hydrometric hinterland of Soča-Solkan and Sava-Čatež. Practically the cooperation with power plants is needed.

Second practical issue is, that the network on middle Kolpa and Sotla river is conditionally adequate, because these are the bordering rivers. Interstate cooperation and exchange of the data would simply increase the density of the network, which is beneficial for both.

The fact is there can not and will not be a perfect network, but it can be as much as possible optimal. The aim is that is possible to get out of data from current network with a help of statistics the data on »uncovered« areas and on not measuring points (WMO 1981). In Slovenia this is already possible. Uncovered areas of the national area are: river Mura downstream of Petanjci station, area NE of Ormož with outflow to the Drava river, spring area of Croatian river Mirna near Buzet, and Kras. On all this areas the correlation is possible; only the Mura river network density must be increased due to EU and Water Frame Directive.

After evaluation of hydrometric hinterland area and stream length, and considering the national area covered by the network, we can make a point that the water gauging network in Slovenia is mostly suitable. The improvement of the network can be made at first with densening the network in hinterlands that were exposed after both methods and can not be »excused« by other objective limitations. The hydrometric hinterlands with priority are in water gauging stations: Sava-Litija, Ledava-Čentiba and Krka-Gorenja Gomila. We may not forget the Mura river, downstream of Petanjci station.

The network analysis was made on the base of two main factors. It leaves open space for further analysis in a view of variance and correlations of flow between individual stations. This analysis would take into account also the network's hydrological component.

