

# Procena kvaliteta vode značajno izmenjenih vodnih tela na teritoriji Vojvodine primenom multivarijacionih statističkih metoda

Svetlana Vujović<sup>1</sup>, Srđan Kolaković<sup>1</sup>, Milena Bečelić-Tomin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Fakultet tehničkih nauka, Departman za građevinarstvo, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, Srbija

<sup>2</sup>Prirodno-matematički fakultet, Departman za hemiju, biohemiju i zaštitu životne sredine, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, Srbija

## Izvod

Multivarijacione statistističke metode, faktorska analiza/analiza glavnih komponenti i klaster analiza, primenjene su za obradu dela podataka kvaliteta vode značajno izmenjenih vodnih tela na teritoriji Vojvodine. U radu su korišćeni podaci Republičkog Hidrometeorološkog zavoda (RHMZ) za 2010. godinu. Faktorska analiza je primenjena za objašnjenje korelacije između parametara kvaliteta vode (varijabli). Primenom faktorske analize 13 varijabli grupisano je u četiri faktora (F1 – hidroheminski faktor, F2 – faktor eutrofikacije, F3 – faktor tačkastih izvora zagađenja, F4 – ekološki faktor) na osnovu kojih je definisan najveći uticaj na variranje kvaliteta vode. U odnosu na ekstrahovane faktore izvršena je klaster analiza u cilju otkrivanje sličnosti i razlika fizičko hemijskog kvaliteta vode između mernih stanica značajno izmenjenih vodnih tela. Primenom faktorske analize/analize glavnih komponenti i klaster analize izdvojila su se vodna tela koja se nalaze pod najvećim pritiscima. U odnosu na faktor F1 to su: Plazović, Bosut, Studva, Zlatica, Stari Begej i Krivaja. U odnosu na faktor F2 to su: Krivaja i Kereš. U odnosu na faktor F3 to su: Studva, Krivaja i Kereš. U odnosu na F4 to su: Studva, Zlatica, Krivaja i Kereš. Na osnovu podataka RHMZ može se zaključiti da na vodnim telima (Plazović, Bosut, Studva, Zlatica, Tamiš, Stari Begej, Krivaja, Kereš) postoji opasnost od nedostizanja dobrog hemijskog statusa i dobrog ekološkog potencijala.

**Ključne reči:** multivarijacione statističke metode, faktorska analiza/analiza glavnih komponenti, klaster analiza, kvalitet vode.

Dostupno na Internetu sa adresu časopisa: <http://www.ache.org.rs/HI/>

Površinske vode su složeni višekomponentni sistemi za čije izučavanje je potreban multidisciplinarni pristup. On je zasnovan na sistemskom pristupu i uključuje primenu i usvajanje činjenica, principa i metoda hemije, fizike, geologije, hidrologije, meteorologije, matematike i drugih nauka, da bi se rešili problemi koji su u osnovi ekološke prirode. Specifičnost i kompleksnost hemijskog sastava površinskih voda i pokazatelja kvaliteta kao posledica u njoj rastvorenih mineralnih i organskih materija, gasova, suspendovanih čestica i mikroorganizama, naglašavaju značaj primene metoda za njihovo ocenjivanje iznalaženjem zajedničkog faktora koji obuhvata kvalitet kao celinu [1].

Procena stanja kvaliteta voda zahteva praćenje širokog spektra fizičkih, hemijskih i bioloških parametara. Uobičajena procedura je uzimanje uzorka na većem broju mernih stanica pri čemu se analizira veći broj parametara. Stoga je za procenu kvaliteta vode vodnih tela potrebna kompleksna matrica podataka [2]. Podaci

## NAUČNI RAD

UDK 628.113(497.113):51

Hem. Ind. 67 (5) 823–833 (2013)

doi: 10.2298/HEMIND121002007V

dobijeni analizom parametara kvaliteta voda pružaju informacije o stanju vodnih tela. Klasifikacija, modelovanje i tumačenje podataka monitoringa predstavljaju najvažnije korake u postupku procene kvaliteta vode. Poseban problem kod monitoringa kvaliteta vode je kompleksnost povezana sa analizom velikog broja varijabli i visoka varijabilnost usled antropogenih i prirodnih uticaja [3]. Primena različitih multivarijacionih tehnika, kao što su faktorska analiza/analiza glavnih komponenti i klaster analiza, pomaže u interpretaciji kompleksnih matrica podataka u cilju boljeg razumevanja stanja kvaliteta vode ispitivanog područja. Ove tehnike omogućavaju identifikaciju mogućih izvora zagađenja koji utiču na vodna tela i predstavljaju korisne alate za pouzdano upravljanje vodnim resursima.

Kvalitet površinskih voda u Vojvodini pretežno je uslovjen antropogenim uticajem (ispuštanje otpadnih voda, tj. radom industrijskih postrojenja, poljoprivrednom proizvodnjom, ispuštanjem komunalnih otpadnih voda) i promenama uslovjenim klimatskim faktorima, od kojih su sušni periodi veoma važni. Ugroženost značajno izmenjenih i veštačkih vodnih tela zagađenjem biodegradabilnim organskim materijama naročito je izražena u blizini velikih gradova (Vrbas, Kula, Crvenka, Zrenjanin, Pančevo, Ruma i Bačka Topola) koji nemaju postrojenja za prečišćavanje gradskih otpadnih voda i

Prepiska: S. Vujović, Departman za građevinarstvo, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 6, 21 000 Novi Sad, Srbija.

E-pošta: vujojics@uns.ac.rs

Rad primljen: 2. oktobar, 2012

Rad prihvaćen: 17. januar, 2013

industrijskih postrojenja koja se bave proizvodnjom hrane (fabrike šećera, prerade voća i povrća, velike farme svinja, klanice, itd.). Ovaj problem posebno je izražen u periodu godine koji karakterišu niski vodostaji i povišene temperature. Novi Sad je izostavljen iz grupe gradova koji imaju značajan uticaj na kvalitet vode vodotoka jer se merna stanica Novi Sad nalazi uzvodno od mesta ispuštanja gradskih otpadnih voda, sa jedne strane, a sa druge strane, Dunav je velike moći samoprečiščavanja. Dunav, Sava, a delimično i Tisa, uspevaju, zahvaljujući moći samoprečiščavanja, da razgrade znatne količine organskih materija i održe zadoljavajući kvalitet voda. Nasuprot njima, u periodima rada fabrika punim kapacitetom prisutna je ugroženost malih vodotoka (Krivaja, Nadela, Kudoš i Bosut) i pojedine deonice HS DTD [4]. Na teritoriji Vojvodine registrovano je 511 zagađivača voda. Njihova struktura po delatnosti je sledeća: industrija (326 zagađivača), poljoprivreda (stočarstvo-farme) (113 zagađivača), naselja (44 zagađivača) i ostalo (20 zagađivača). U poslednju grupu spadaju medicinske ustanove (banje), korisnici termalnih voda, radionice za remont saobraćajnih sredstava, itd. Povećanje industrijske proizvodnje poslednjih godina uslovilo je povećanje količina otpadnih voda u odnosu na prethodni period, a samim tim i proporcionalno povećanje opterećenja vodotoka zagađujućim materijama iz ovih izvora. Značajno zagađenje voda u Vojvodini potiče iz prehrambene industrije. Emisija iz prehrambene industrije čini oko 80% ukupnog industrijskog zagađenja u Vojvodini [4].

Cilj ovog rada je da se primenom multivarijacionih statističkih metoda, faktorska analiza/analiza glavnih komponenti i klaster analiza, proceni stanje kvaliteta vode u pogledu hemijskih i fizičko-hemijskih parametara kvaliteta i da se u okviru grupe dobijenih klaster analizom utvrde uzroci za nedostizanje dobrog hemijskog statusa i dobrog ekološkog potencijala značajno izmenjenih vodnih tela na teritoriji Vojvodine.

## EKSPERIMENTALNI DEO

### Multivarijacione statističke metode

Procena kvaliteta površinskih i podzemnih voda i ekološka istraživanja primenom multivarijacionih metoda su dobro opisani u literaturi. Multivarijacione statističke metode se koriste za karakterizaciju i evaluaciju kvaliteta vode vodnih tela i predstavljaju koristan alat za utvrđivanje vremenskih i sezonskih varijacija usled prirodnih i antropogenih pritisaka. Faktorska analiza se koristi za objašnjenje korelacije između posmatranja preko osnovnih faktora koji nisu direktno uočljivi. Visoka korelisanost podataka u faktorskoj analizi (pozitivno ili negativno) pretpostavlja i veliku verovatnost da su podaci pod uticajem istih faktora, dok su relativno nekorelisani podaci pod uticajem različitih faktora, što je i aksiom faktorske analize [2,3,5].

U ovom radu su prema [6] korišćeni sledeći kriterijumi faktorskog opterećenja: >0,75 smatra se da je povezanost „visoka“, a ako se vrednost faktorskog opterećenja kreće od 0,75–0,5 povezanost je „srednja“. Takođe, u radu je prema [7] usvojeno da se sopstvena vrednost jednak 1 ili veća od 1 smatra značajnom. Kod izbora broja faktora je primenjen Kajzerov kriterijum [6] kojim se zadržavaju samo oni faktori koji imaju karakteristične vrednosti veće od 1, kao i test preloma (eng. *Scree-test*) koji predstavlja grafički prikaz sopstvenih vrednosti svih komponenti i sugerije da se u analizi zadrže one komponente koje obuhvatom varijanse znatno (vizuelno) odstupaju od ostalih. Kod izbora broja faktora Kajzerov kriterijum je bio odlučujući.

Klaster analiza je metoda koja se koristi za grupisanje podataka na osnovu sličnih karakteristika. Klaster analiza je objektivna statistička tehnika koja se koristi za identifikaciju prirodnog grupisanja u skupu podataka [8]. Kako bi se izračunala udaljenost između svih objekata u radu je primenjena Euklidска udaljenost (eng. *Euclidean distance*), a za povezivanje grupe objekata sa sličnim udaljenostima primenjena je metoda jednostrukog povezivanja (eng. *Single Linkage*) [9]. U radu se koristi metoda hijerarhijskog grupisanje (eng. *Hierarchical tree clustering*) koja predstavlja grafički prikaz grupisanja pojedinih grupa uz pomoć dendrograma.

### Statistička obrada podataka

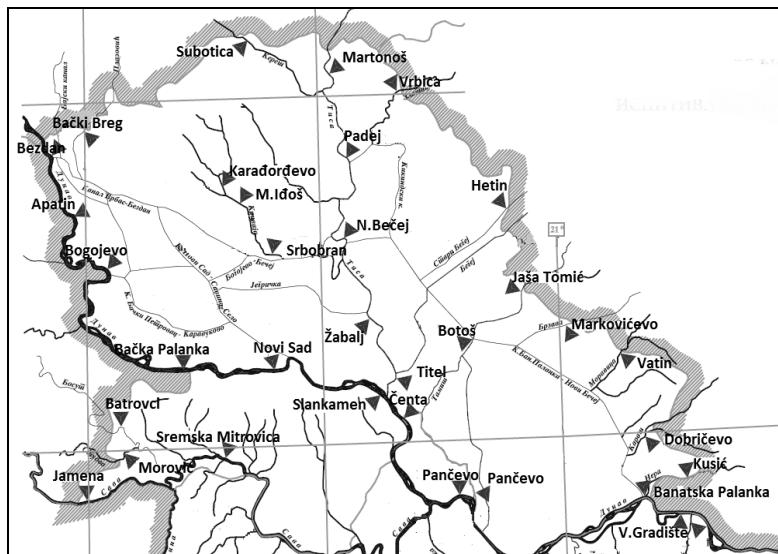
U radu su korišćeni podaci Republičkog Hidrometeorološkog zavoda (RHMZ) za 2010. godinu [10]. Na osnovu podataka RHMZ za izabrane parametre je izračunata srednja godišnja vrednost, minimalna i maksimalna vrednost. U tabeli 1 prikazane su srednja godišnja vrednost, minimalna i maksimalna vrednost za izabrane parametre.

Za faktorsku analizu/analizu glavnih komponenti i klaster analizu upotrebljene su srednje godišnje vrednosti izabranih parametara za 33 merne stanice. Hidrološka mapa Vojvodine sa mestima uzorkovanja prikazana je na slici 1. Podaci su obrađeni primenom statističkog softvera Statistica (Statistica, version 10.0).

Pravinikom o utvrđivanju vodnih tela površinskih i podzemnih voda, u cilju planiranja mera za očuvanje ili dostizanje dobrog statusa površinskih voda, identifikovana su vodna tela koja su razvrstana u kategorije (stačne vode, tekuće vode, značajno izmenjena vodna tela, veštačka vodna tela) [11]. Značajno izmenjena i veštačka vodna tela predstavljaju specifične kategorije vodnih tela. „Značajno izmenjeno vodno telo“ jeste telo površinske vode koje je, kao rezultat fizičkih izmena usled ljudskih aktivnosti bitno izmenjeno po svojim karakteristikama i razvrstano u skladu sa posebnim propisom. Veštačko vodno telo jeste telo površinske vode stvoreno ljudskom aktivnošću [12]. Veštačka vodna tela su stvorena na mestu gde ranije nije bilo vode, te se ne mogu valorizovati kao prirodni vodotoci [13].

*Tabela 1. Srednja vrednost, minimum, maksimum fizičko-hemijskih parametara kvaliteta vode vodnih tela za period 2010. godine*  
*Table 1. Mean, minimum, maximum of physical and chemical water quality parameters of the water bodies during 2010*

Vodno telo	Ds	T °C	SM mg/l	Ras. O <sub>2</sub> mgO <sub>2</sub> /l	UT mg/l	pH	EP μS/cm	NH <sub>4</sub> -N mg/l	NO <sub>3</sub> -N mg/l	TP mg/l	Ca <sup>2+</sup> mg/l	Mg <sup>2+</sup> mg/l	BPK <sub>5</sub> mg/l	PAM mg/l
Dunav	Mean	13,10	34,34	9,74	201,65	8,19	464,93	0,08	1,83	0,13	54,53	15,97	2,09	0,01
	Min	0,30	3,00	3,20	152,00	7,50	338,00	0,02	0,10	0,05	35,00	5,00	0,70	0,01
	Max	25,40	222,00	13,70	295,00	8,70	574,00	0,30	3,77	0,27	81,00	31,00	5,30	0,06
Tisa	Mean	13,52	90,46	8,63	170,22	7,93	458,79	0,10	1,07	0,18	48,99	11,77	2,09	0,01
	Min	0,20	14,00	4,80	124,00	7,70	279,00	0,02	0,51	0,08	37,00	8,00	1,00	0,01
	Max	26,70	340,00	12,60	223,00	8,20	601,00	0,80	1,61	0,46	62,00	18,00	5,10	0,03
Plazović	Mean	13,58	12,50	6,34	501,00	8,20	1314,00	0,08	1,46	0,41	82,10	72,00	2,08	0,02
	Min	1,80	2,00	1,10	442,00	7,90	1151,00	0,02	0,15	0,12	72,00	58,00	1,00	0,01
	Max	23,40	33,00	13,50	566,00	8,70	1436,00	0,30	3,68	0,70	91,00	83,00	4,40	0,05
Sava	Mean	12,81	21,50	9,60	220,08	8,08	379,00	0,06	0,73	0,23	64,25	13,65	1,32	0,01
	Min	2,60	1,00	6,10	133,00	7,80	300,00	0,01	0,30	0,04	34,00	8,00	0,50	0,01
	Max	27,20	53,00	22,50	467,00	8,70	805,00	0,82	2,60	2,90	111,00	70,00	7,90	0,02
Bosut	Mean	13,69	5,67	11,02	375,00	8,18	688,42	0,23	0,58	1,23	91,58	38,52	3,82	0,01
	Min	1,60	1,00	4,20	287,00	7,80	395,00	0,03	0,20	0,18	70,00	8,70	0,90	0,01
	Max	27,20	13,00	22,50	467,00	8,70	805,00	0,82	2,60	2,90	111,00	70,00	7,90	0,02
Studva	Mean	14,48	3,83	13,74	347,00	8,55	629,08	0,13	0,42	0,50	78,67	36,48	6,16	0,02
	Min	1,00	1,00	10,40	287,00	8,20	545,00	0,01	0,10	0,11	65,00	26,40	2,30	0,01
	Max	30,80	7,00	17,30	418,00	9,00	747,00	0,72	1,20	1,56	98,00	49,50	9,80	0,02
Zlatica	Mean	13,87	19,17	5,68	365,58	7,73	1421,33	0,06	0,75	0,49	82,67	38,92	3,98	0,03
	Min	4,50	5,00	0,40	249,00	7,30	866,00	0,02	0,04	0,12	63,00	22,00	1,20	0,01
	Max	28,60	41,00	13,80	540,00	8,30	1840,00	0,09	2,39	0,98	119,00	59,00	8,60	0,05
Star Begej	Mean	13,87	28,33	8,31	434,00	8,21	1247,00	0,08	1,49	0,52	81,42	57,00	2,54	0,02
	Min	0,30	2,00	4,20	257,00	7,90	720,00	0,03	0,31	0,23	63,00	34,00	1,00	0,01
	Max	26,80	80,00	11,80	610,00	8,50	1923,00	0,16	3,83	0,87	104,00	85,00	6,40	0,03
Tamiš	Mean	14,05	33,58	8,40	130,26	7,81	401,00	0,17	0,74	0,21	33,58	11,44	1,97	0,02
	Min	0,50	6,00	1,00	71,00	7,40	167,00	0,02	0,04	0,04	18,00	5,00	0,80	0,01
	Max	26,30	89,00	12,50	167,00	8,10	637,00	0,56	1,30	0,52	45,00	18,00	4,40	0,06
Brzava	Mean	15,02	43,90	8,94	121,70	7,76	310,30	0,10	1,37	0,24	32,60	9,90	1,54	0,02
	Min	7,40	15,00	7,20	81,00	7,50	205,00	0,02	0,93	0,07	21,00	7,00	1,00	0,01
	Max	21,10	78,00	11,00	172,00	8,00	448,00	0,16	1,90	0,48	40,00	18,00	2,10	0,04
Moravica	Mean	16,17	24,90	8,12	294,80	8,08	705,40	0,05	0,71	0,22	62,40	33,80	2,46	0,01
	Min	7,20	5,00	3,90	178,00	7,70	417,00	0,02	0,08	0,04	40,00	19,00	1,00	0,01
	Max	23,80	104,00	15,50	382,00	8,70	878,00	0,06	2,35	0,64	81,00	50,00	4,50	0,03
Karaš	Mean	14,72	45,70	9,37	212,60	8,02	454,80	0,10	1,11	0,21	72,70	7,60	2,16	0,02
	Min	8,20	5,00	7,50	165,00	7,90	368,00	0,03	0,48	0,06	56,00	5,00	1,00	0,01
	Max	19,80	158,00	10,50	248,00	8,20	512,00	0,30	3,24	0,59	84,00	10,00	5,50	0,04
Nera	Mean	11,96	24,42	10,62	144,75	8,13	297,92	0,04	0,60	0,07	49,08	5,50	1,40	0,02
	Min	3,10	3,00	8,00	127,00	7,70	249,00	0,02	0,17	0,03	44,00	4,00	0,80	0,01
	Max	22,50	51,00	13,00	160,00	8,40	338,00	0,10	0,98	0,16	53,00	7,00	2,40	0,03
Krivaja	Mean	14,73	17,77	7,32	454,00	8,25	1290,93	1,43	4,54	0,64	68,23	69,13	4,35	0,04
	Min	0,20	2,00	3,80	416,00	7,80	1011,00	0,02	0,05	0,03	43,00	60,00	1,50	0,03
	Max	28,10	125,00	16,80	528,00	8,90	1586,00	8,93	14,14	2,29	85,00	79,00	10,10	0,08
Kereš	Mean	13,25	48,82	7,74	289,80	8,49	991,91	0,69	0,57	0,35	47,60	41,80	10,53	0,07
	Min	1,70	2,00	2,90	264,00	7,90	905,00	0,04	0,26	0,17	36,00	28,00	2,10	0,04
	Max	28,10	96,00	13,80	315,00	9,50	1098,00	2,47	1,15	0,63	71,00	51,00	22,80	0,09



Slika 1. Hidrološka mapa Vojvodine sa mestima uzorkovanja.  
Figure 1. Hydrological map of Vojvodina with monitoring stations.

Uredbom o graničnim vrednostima zagađujućih materija u površinskim i podzemnim vodama i sedimentu, kao i rokovi za njihovo dostizanje (u daljem tekstu Uredba) su u Srbiji vodotoci razvrstani u pet klasa [14]. Pravilnikom o parametrima ekološkog i hemijskog statusa površinskih voda i parametrima hemijskog i kvantitativnog statusa podzemnih voda (u daljem tekstu Pravilnik) propisani su parametri ekološkog i hemijskog statusa za reke i jezera, parametri ekološkog potencijala za veštačka vodna tela i značajno izmenjena vodna tela i parametri hemijskog i kvantitativnog statusa podzemnih voda na osnovu kojih se za vodna tela površinskih i podzemnih voda vrši ocena statusa [15]. Prema Pravilniku, "Ekološki potencijal" je status značajno iz-

menjenog, ili veštačkog vodnog tela, a „Hemijski status“ pokazuje da li je vodno telo pod uticajem zagađivanja prioritetnim i prioritetnim hazardnim supstancama, kao i drugim zagađujućim supstancama. U radu su prema Uredbi, na osnovu određenih parametara, definisane klase vodnih tela. Hemijski status vodnih tela procjenjen je na osnovu podataka monitoringa RHMZ i to poređenjem određenih vrednosti sa graničnim vrednostima zagađujućih materija propisanih Uredbom. Ekološki potencijal vodnih tela, razvrstanih u tipove, definisan je na osnovu parametara propisanih Pravilnikom. U tabeli 2 prikazana su vodna tela sa pripadajućom oznakom, tipom [13] i monitoring stanicama.

Tabela 2. Vodna tela sa pripadajućom oznakom, tipom i monitoring stanicama  
Table 2. Water bodies with associated label, type, and monitoring stations

Vodno telo	Oznaka	Tip	Monitoring stanice
Dunav	D1-D10	1	Bezdan, Apatin, Bogojevo, Bačka Palanka, Novi Sad, Slankamen, Čenta, Pančevo, Banatska Palanka, Veliko Gradište
Tisa	TIS_1, TIS_2	1	Martonoš, Padej, Novi Becej, Žabalj, Titel
Plazović	PLA	5	Bački Breg
Sava	SA_1	1	Jamena, Sremska Mitrovica
Bosut	BOS	2	Batočci
Studva	–	–	Morović
Zlatica	ZLA	2	Vrbica
Stari Begej	STBEG	1	Hetin
Tamiš	TAM_1, TAM_2	1	Jaša Tomić, Botoš, Pančevo
Brzava	BRZ	5	Markovićovo
Moravica	MORBAN	5	Vatin
Karaš	KAR	5	Dobričev
Nera	NER_1	2	Kusić
Krivaja	KRIVJ_1, KRIVJ_3	5	Karađorđevo, Mali Idoš, Srbobran
Kereš	KER	5	Subotica

## REZULTATI I DISKUSIJA

### Rezultati faktorske analize/analize glavnih komponenti

Na osnovu podataka o kvalitetu voda, izvršena je faktorska analiza/analiza glavnih komponenti 13 parametara kvaliteta voda: temperatura ( $T$ ), suspendovane materije ( $SM$ ), rastvoreni kiseonik, ukupna tvrdoća ( $UT$ ), pH, elektroprovodljivost ( $EP$ ), amonijačni azot ( $NH_4-N$ ), nitratni azot ( $NO_3-N$ ), ukupni fosfor ( $TP$ ), kalcijum ( $Ca^{2+}$ ), magnezijum ( $Mg^{2+}$ ), biološka potrošnja kiseonika ( $BPK_5$ ) i prirodne anjon aktivne materije ( $PAM$ ). Faktorska analiza/analiza glavnih komponenti je primenjena za identifikaciju skrivenih faktora koji su odgovorni za varijabilnost kvaliteta vode. Klaster analiza je primenjena za otkrivanje sličnosti i razlika fizičko-hemijskog stanja vode između mernih stanica vodnih tela u odnosu na identifikovane faktore. Na osnovu Kajzerovog kriterijuma izdvojena su četiri faktora.

U tabeli 3 dati su rezultati faktorske analize/analize glavnih komponenti, koja je izvršena uz ortogonalnu (Varimax normalizovanu) rotaciju.

Primenom faktorske analize/analize glavnih komponenti za značajna izmenjena vodna tela za 2010. godinu dobijena su četiri faktora koja objašnjavaju oko 78 % ukupnog varijabilitet.

**Prvi faktor F1 doprinosi oko 28% u ukupnom varijabilitetu** i najviše je korelisan sa parametrima:  $SM$ ,  $UT$ ,  $EP$ , pH,  $TP$ ,  $Ca^{2+}$  i  $Mg^{2+}$ . Prvi faktor ima visoko pozitivno opterećenje za  $UT$ ,  $EP$ ,  $Ca^{2+}$  i  $Mg^{2+}$ , srednje negativno opterećenje za  $SM$  i srednje pozitivno opterećenje za pH i  $TP$ . Prvi faktor se može označiti kao hidrohemski faktor.

*Tabela 3. Rezultati faktorske analize/analize glavnih komponenti; <sup>(a)</sup>vrednost faktorskog opterećenja veća od 0,75 – povezanost „visoka“; <sup>(b)</sup>vrednost faktorskog opterećenja od 0,75–0,5 – povezanost „srednja“*  
*Table 3. Results of factor analysis/principal component analysis*

Varijable	F1	F2	F3	F4
T	0.192265	-0.189630	0.121353	<b>0.625316<sup>(b)</sup></b>
SM	<b>-0.733417<sup>(b)</sup></b>	0.034387	-0.055012	0.187706
Rast. O <sub>2</sub>	0.062293	<b>-0.520684<sup>(b)</sup></b>	-0.132752	<b>-0.743538<sup>(b)</sup></b>
UT	<b>0.854074<sup>(a)</sup></b>	0.280454	0.321364	0.229167
pH	<b>0.513915<sup>(b)</sup></b>	-0.165045	0.482668	<b>-0.562504<sup>(b)</sup></b>
EP	<b>0.636274<sup>(b)</sup></b>	0.344388	0.442136	0.436012
NH <sub>4</sub> -N	0.109922	<b>0.824190<sup>(a)</sup></b>	0.164661	-0.020774
NO <sub>3</sub> -N	0.172304	<b>0.866499<sup>(a)</sup></b>	0.062675	0.035442
TP	<b>0.579872<sup>(b)</sup></b>	<b>0.514314<sup>(b)</sup></b>	0.136349	0.183537
Ca <sup>2+</sup>	<b>0.899685<sup>(a)</sup></b>	0.099815	-0.018403	0.029819
Mg <sup>2+</sup>	<b>0.731311<sup>(b)</sup></b>	0.326368	0.431771	0.289341
BPK <sub>5</sub>	0.209772	0.197047	<b>0.873390<sup>(a)</sup></b>	-0.077124
PAM	0.056926	0.097067	<b>0.859537<sup>(a)</sup></b>	0.277892
Eigenvalue	3.746657	2.392109	2.305114	1.741290
Varijabilitet (%)	28.820441	18.400841	17.731648	13.394536
Kumulativni varijabilitet, (%)	28.820441	47.221282	64.952930	78.347466

### Drugi faktor doprinosi 18% ukupnom varijabilitetu

i najviše je korelisan parametrima: rastvoreni kiseonik, NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N i TP. Drugi faktor ima visoko pozitivno opterećenje za parametre NH<sub>4</sub>-N i NO<sub>3</sub>-N, srednje pozitivno opterećenje za TP i srednje negativno opterećenje za rastvoreni kiseonik. Drugi faktor se može označiti kao faktor eutrofikacije.

**Treći faktor F3 doprinosi 17% ukupnom varijabilitetu** i najviše je korelisan sa parametrima: BPK<sub>5</sub> i PAM. Treći faktor ima visoko pozitivno opterećenje za navedene parametre. Treći faktor se može označiti kao faktor tačkastih izvora zagađenja.

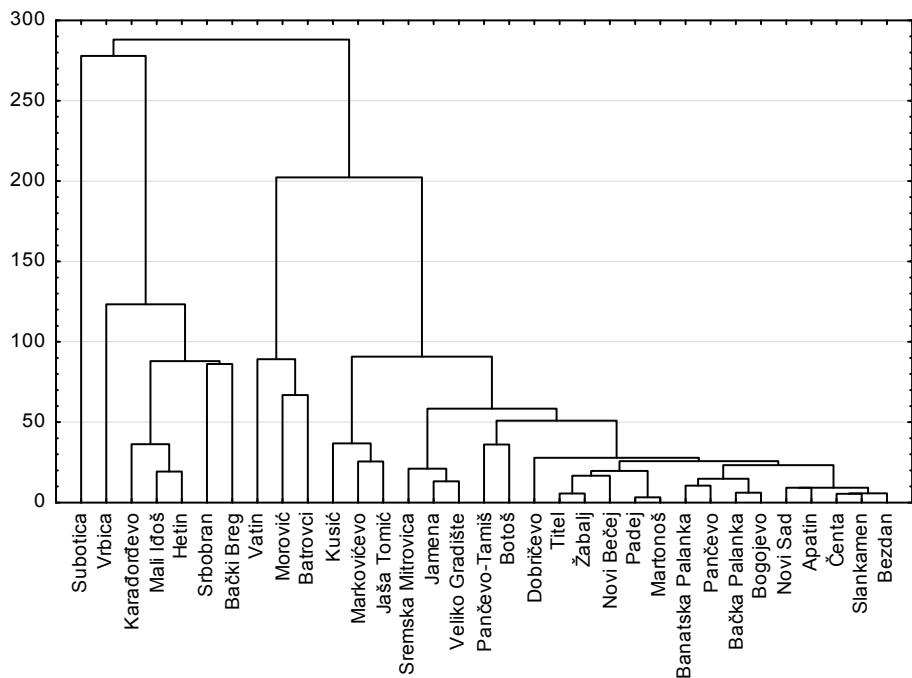
**Četvrti faktor F4 doprinosi oko 13% u ukupnom varijabilitetu** i najviše je korelisan sa parametrima: T, rastvoreni kiseonik i pH. Četvrti faktor ima srednje pozitivno opterećenje za T i srednje negativno opterećenje za rastvoreni kiseonik i pH. Četvrti faktor se može označiti kao ekološki faktor.

### Rezultati klaster analize

Rezultati klaster analize prikazani su u grafički, preko dendrograma. Dendrogram klaster analize monitoring stanica u odnosu na prvi faktor F1 prikazan je na slici 2.

**Prvoj grupi pripadaju merne stanice Zlatice (Vrbica), Plazovića (Bački Breg), Starog Begeja (Hetin), Krivaje (Karađorđevo, Mali Idoš i Srbobran) i Kereša (Subotica).**

Merne stanice su izdvojene u I grupu na osnovu najvećih izmerenih vrednosti UT, EP, Ca<sup>2+</sup> i Mg<sup>2+</sup>. Izmerene vrednosti UT na mernim stanicama se kreću od 289,8–501 mg/l. Najveća vrednost izmerena je na mernoj stanici Plazović. Izmerene vrednosti EP na mernim



*Slika 2. Dendrogram klaster analize monitoring stanica u odnosu na prvi faktor F1.*

*Figure 2. Cluster analysis dendrogram of the monitoring stations in relation to the first factor F1.*

stanicama se kreću od 991–1421 µS/cm. Najveća vrednost izmerena je na mernoj stanici Vrbica. Prema Uredbi, na osnovu izmerenih vrednosti EP, kvalitet vode vodnog tela Kereš pripada II klasi, dok za sva ostala vodna tela vrednost EP pripada III klasi.

Izmerene vrednosti TP na mernim stanicama se kreću od 0,05–1,07 mg/l. Vrednost od 1,07 mg/l izmerena je na mernoj stanici Srbobran i prema Uredbi pripada V klasi. Najniža vrednost izmerena je na mernoj stanici Karađorđevo i prema Uredbi pripada I klasi. Vrednost TP na mernoj stanici Subotica pripada III klasi, dok za ostale merne stanice I grupe vrednost pripada IV klasi.

Prema podacima RHMZ, na osnovu srednjih godišnjih vrednosti EP i TP, može se zaključiti da za vodna tela I grupe postoji opasnost od nedostizanja dobrog hemijskog statusa, a prema Pravilniku vodna tela ne ispunjavaju uslove za dobar ekološki potencijal.

Najveće vrednosti UT, Ca<sup>2+</sup> i Mg<sup>2+</sup> izmerene su na mernim stanicama u zimskom periodu, što može biti posledica spiranja terena. Najveće srednje godišnje vrednosti EP i TP izmerene su u prolećnom i letnjem periodu.

#### **Drugoj grupi pripadaju merne stanice Bosuta (Batrovci), Studve (Morović) i Moravice (Vatin).**

Merne stanice su se izdvojile u II grupu na osnovu najvećih izmerenih vrednosti TP i Ca<sup>2+</sup> i najnižih izmerenih vrednosti SM.

Vrednost SM se kreće od 3,83–24,9 mg/l. Kako je prema Uredbi granična vrednost SM za I i II klasu vode 25 mg/l, može se zaključiti da za vodna tela II grupe ne postoji opasnost od dostizanja dobrog hemijskog statusa.

Merna stanica Batrovci izdvaja se po najvećoj izmerenoj vrednosti TP od 1,23 mg/l, što odgovara V klasi prema Uredbi. Srednja godišnja vrednost TP na mernoj stanici Studve pripada III klasi, a na mernoj stanici Vatin II klasi.

Izmerena vrednost TP na mernim stanicama Batrovci i Morović značajno prevazilazi kritičnu vrednost od 0,15 mg/l koja predstavlja minimum zahteva za sprečavanje procesa eutrofikacije [16]. Stoga, vodna tela Bosut i Studva ne ispunjavaju uslove za dobar ekološki potencijal.

#### **Trećoj grupi pripadaju sve ostale merne stanice.**

Merne stанице III grupe izdvajaju se po najvećim izmerenim vrednostima SM. Izmerene vrednosti SM se kreću od 20,58–101,44 mg/l. Najveća vrednost izmerena je na mernoj stanici Titel. Najveće srednje godišnje vrednosti SM su izmerene u prolećnom periodu što može biti posledica spiranja terena.

Prema podacima RHMZ, može se zaključiti da je klaster analizom izvršeno grupisanje mernih stanicama u treću grupu u kojoj vrednost SM na mernim stanicama prevazilazi graničnu koncentraciju za I i II klasu od 25 mg/l, prema Uredbi, sa izuzetkom sledećih mernih stanic: Veliko Gradište, Jamena, Sremska Mitrovica, Pančevo-Tamiš i Kusić.

Generalno gledano, prema podacima RHMZ, na svim mernim stanicama na vodnom telima povećane vrednosti hidrohemski parametara (EP, UT, Ca<sup>2+</sup> i Mg<sup>2+</sup>) prate niže vodostaje u toku godine, te se može zaključiti da klima ima značajan uticaj na variranje kvaliteta vode.

Na primer, na mernim stanicama Dunava srednji godišnji vodostaji se kreću od 321–774 cm. U periodima minimalnih vodostaja, koji se kreću od 53–754 cm, izmerene su povećane vrednosti hidrohemihjskih parametara ( $EP$ ,  $UT$ ,  $Ca^{2+}$  i  $Mg^{2+}$ ). Najniži vodostaji u toku godine izmereni su u mesecima februar, mart, oktobar i novembar. U periodima maksimalnih vodostaja, koji se kreću od 490–796 cm izmerene su niže vrednosti parametara.

Dendrogram klaster analize monitoring stanica u odnosu na drugi faktor F2 prikazan je na slici 3.

#### **Prvoj grupi pripadaju merne stanice Krivaje (Mali Iđoš i Srbobran).**

Na mernim stanicama Krivaje izmerene su najveće srednje godišnje koncentracije  $NO_3-N$  što je bio razlog njenog izdvajanja u prvu grupu. Izmerene vrednosti  $NO_3-N$  se kreću od 6,13–7,25 mg/l, koje prema Uredbi pripadaju III klasi, a prema Pravilniku vodno telo ne ispunjava uslove za dobar ekološki potencijal. Najveće vrednosti  $NO_3-N$  izmerene su na mernoj stanici Krivaje u toku zimskog perioda. Koncentracije nitrata su niske u letnjem periodu jer se pri manjoj količini atmosferskih padavina, nitrati koji dospevaju ispiranjem sa poljoprivrednog zemljišta, više zadržavaju u zemljištu i na taj način se smanjuje njihov priliv u površinske vode [16]. Izmerene vrednosti  $NH_4-N$  se kreću od 0,60–3,66 mg/l. Minimalna vrednost  $NH_4-N$  prema Uredbi pripada III klasi, a maksimalna vrednost pripada V klasi. Stoga, prema Pravilniku vodno telo Krivaja ne ispunjava uslove za dobar ekološki potencijal.

Koncentracija nitrata u vodi retko je veća od 0,1 mg/l. Povećane vrednosti su uglavnom posledica ispuš-

tanja komunalnih i industrijskih otpadnih voda i primena nitratnih đubriva. Nezagađene vode uglavnom sadrže manje od 0,1 mg  $NH_4-N$ , a veće vrednosti mogu da budu posledica ispuštanja komunalnih otpadnih voda [17,18].

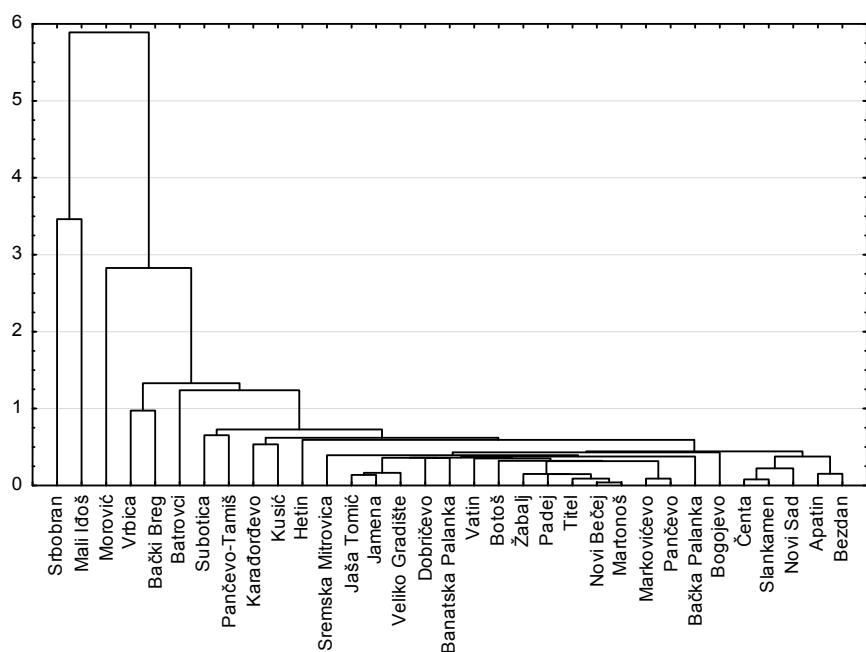
#### **Drugoj grupi pripadaju sve ostale merne stanice.**

Uticaj tzv. eutrofikacije je slabiji na mernim stanicama II grupe u poređenju sa uticajem na mernim stanicama I grupe, što je i utvrđeno njihovim grupisanim primenom klaster analize. Izmerene vrednosti  $NO_3-N$  se kreću od 0,24–2,12 mg/l. Na mernoj stanici Bezdan izmerena je najveća vrednost koja pripada II klasi, a prema Pravilniku vodno telo Dunav ispunjava uslove za dobar ekološki potencijal. Izmerene vrednosti  $NH_4-N$  se kreću od 0,03–0,69 mg/l. Na mernoj stanici Subotica izmerena je najveća vrednost koja prema Uredbi pripada IV klasi, te za vodno telo Kereš postoji opasnost od nedostizanja dobrog hemijskog statusa, a Prema Pravilniku vodno telo ne ispunjava uslove za dobar ekološki potencijal. Na ostalim mernim stanicama vrednost  $NH_4-N$  prema Uredbi pripada I i II klasi.

Dendrogram klaster analize monitoring stanica u odnosu na treći faktor F3 prikazan je na slici 4.

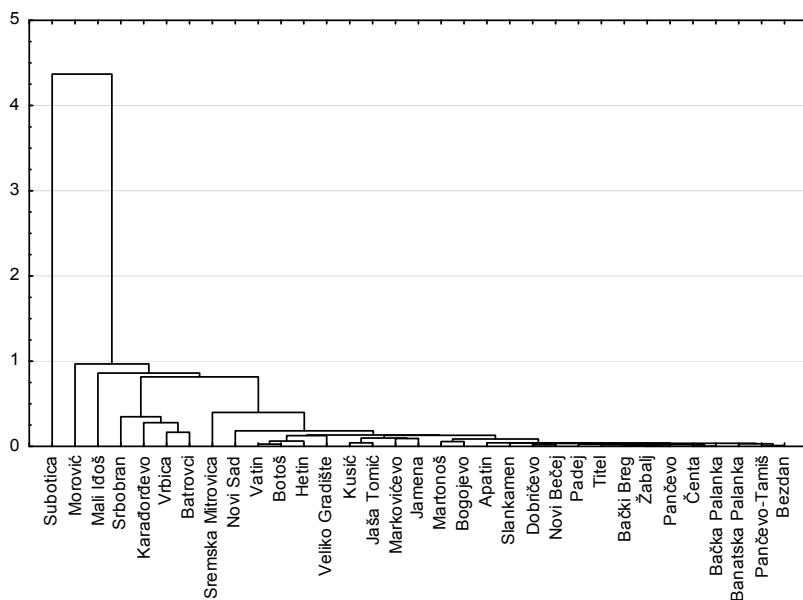
#### **Prvoj grupi pripada merna stanica Kereša (Subotica).**

Prema Uredbi, najveća izmerena vrednost  $BPK_5$  od 10,53 mg/l na mernoj stanici Subotica pripada IV klasi. Prema Pravilniku vodno telo ne ispunjava uslove za dobar ekološki potencijal. Prema Uredbi, izmerena vrednost  $PAM$  od 0,07 mg/l pripada I klasi. Veće vrednosti  $PAM$  ukazuju na veći antropogeni uticaj. Na osnovu navedenih podataka može se zaključiti da je kvalitet



Slika 3. Dendrogram klaster analize monitoring stanica u odnosu na drugi faktor F2.

Figure 3. Cluster analysis dendrogram of the monitoring stations in relation to the second factor F2.



Slika 4. Dendrogram klaster analize monitoring stanica u odnosu na treći faktor F3.

Figure 4. Cluster analysis dendrogram of the monitoring stations in relation to the third factor F3.

vode vodotoka Kereš značajno ugrožen ispuštanjem komunalnih otpadnih voda i da za vodo telo postoji opasnost od nedostizanja dobrog hemijskog statusa.

#### Drugoj grupi pripadaju sve ostale merne stanice.

Izmerene vrednosti  $BPK_5$  se kreću od 1–6,16 mg/l, a najveća vrednost izmerena je na mernoj stanici Morović i prema Uredbi odgovara III klasi. Vrednost  $BPK_5$  na ostalim mernim stanicama prema Uredbi pripada I i II klasi.

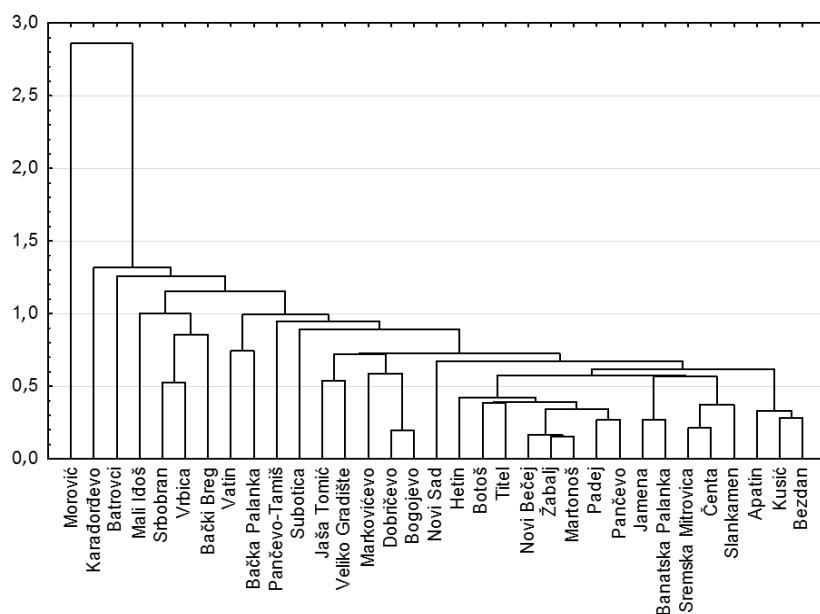
Izmerene vrednosti PAM se kreću od 0,01–0,06 mg/l. Najveća vrednost izmerena je na mernoj stanici

Srbobran što prema Uredbi odgovara I klasi. Takođe, vrednost PAM na svim ostalim mernim stanicama druge grupe prema Uredbi odgovara I klasi.

Može se zaključiti da za vodna tela Krivaja i Studva postoji opasnost od nedostizanja dobrog hemijskog statusa.

Dendrogram klaster analize monitoring stanica u odnosu na četvrti faktor F4 prikazan je na slici 5.

#### Prvoj grupi pripada merna stanica Studve (Morović).



Slika 5. Dendrogram klaster analize monitoring stanica u odnosu na četvrti faktor F4.

Figure 5. Cluster analysis dendrogram of the monitoring stations in relation to the fourth factor.

Uticaj ekološkog faktora najizraženiji je na mernoj stanici Morović koja je klaster analizom izdvojena u prvu grupu na osnovu najveće izmerene vrednosti rastvorenog kiseonika, od 13,74 mg/l, i na osnovu najveće vrednosti pH od 8,55. Prema Uredbi izmerena vrednost pH pripada V klasi, a prema Pravilniku vodno telo Studva ne ispunjava uslove za dobar ekološki potencijal.

#### **Drugoj grupi pripadaju sve ostale merne stanice.**

Izmerene vrednosti pH se kreću od 7,42–8,53. Najveća vrednost izmerena je na mernoj stanici Karađorđevo i prema Uredbi pripada V klasi, a za vodno telo postoji opasnost od nedostizanja dobrog hemijskog stanusa. Prema Pravilniku, vodno telo Krivaja ne ispunjava uslove za dobar ekološki potencijal.

Visoka vrednost pH, od 8,49, izmerena je na mernoj stanici Kereša, što odgovara IV klasi, a prema Pravilniku vodno telo ne ispunjava uslove za dobar ekološki potencijal.

Na pojedinim mernim stanicama izmerene su niže koncentracije rastvorenog kiseonika u odnosu na merne stanice I grupe. Najniže vrednosti rastvorenog kiseonika izmerene su na mernim stanicama Zlatice i Krivaje, na osnovu kojih vodotoci pripadaju III klasi. Na vodotocima Studva, i Krivaja izmerene su visoke vrednosti pH > 8,5. Radi se o vodotocima malog protoka, tako da su u pojedinim periodima godine po kvalitetu vode uslovi slični uslovima koji su karakteristični za stajaće vode.

Niske vrednosti rastvorenog kiseonika i pH utiču na smanjenje diverziteta flore i faune akvatičnih ekosistema [19]. Za većinu akvatičnih organizama optimalna pH vrednost se kreće od 7,2–8,7.

Povećanje pH vrednosti površinskih voda može biti posledica uticaja industrijskih otpadnih voda.

Kako visoke vrednosti pH utiču na rastvorljivost teških metala, a samim tim i na njihovu toksičnost, postoji opasnost od oslobođanja metalnih jona (npr. aluminija) iz kompleksa sa drugim katjonima. pH vrednost vode određuje rastvorljivost i biološku raspoloživost hemijskih konstituenata azota. Ukoliko su vrednosti pH niske u vodi su prisutni amonijum ion ( $\text{NH}_4^+$ ) i hidronijum ion ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ). Amonijum ion nije toksičan za žive organizme. Međutim, opasnost za živi svet postoji u slučaju većih vrednosti pH (iznad 9) kada je dominantan  $\text{NH}_3$  kao toksična komponenta. Temperatura može uticati na hemijske i biološke procese i samim tim na uslove života akvatičnih organizama. Na osnovu navedenih podataka može se zaključiti da su temperature vode na mernim stanicama uslovljene sezonskim varijacijama [17–19].

#### **ZAKLJUČAK**

Primenom faktorske analize/analize glavnih komponenti za značajno izmenjena vodna tela na teritoriji Vojvodine, na osnovu 13 parametara kvaliteta vode, ekstrahovana su četiri faktora koja objašnjavaju oko

78% ukupnog varijabiliteta. Prvi faktor F1 (hidrohemski faktor) doprinosi oko 28% ukupnom varijablitetu i najviše je korelisan parametrima:  $SM$ ,  $UT$ ,  $pH$ ,  $EP$ ,  $TP$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  i  $\text{Mg}^{2+}$ . Drugi faktor F2 (faktor eutrofikacije) doprinosi 18% ukupnom varijabilitetu i najviše je korelisan parametrima: rastvoren kiseonik,  $\text{NH}_4\text{--N}$ ,  $\text{NO}_3\text{--N}$  i  $TP$ . Treći faktor F3 (faktor tačkastih izvora zagađenja) doprinosi 17% ukupnom varijabilitetu i najviše je korelisan sa parametrima:  $BPK_5$  i  $PAM$ . Četvrti faktor, F4 (ekološki faktor), doprinosi oko 13% u ukupnom varijabilitetu i najviše je korelisan sa parametrima:  $T$ , rastvoren kiseonik i pH. U odnosu na ekstrahovane faktore izvršena je klaster analiza u cilju otkrivanje sličnosti i razlika fizičko-hemijskog stanja vode između 33 merne stanice značajno izmenjenih vodnih tela.

Iz faktorske analize sledi da postoje pritisci, prirodni i antropogeni na variranje kvaliteta vode vodotoka. Primenom faktorske analize/analize glavnih komponenti i klaster analize izdvojila su se vodna tela koja se nalaze pod najvećim pritiscima. U odnosu na faktor F1 to su: Plazović, Bosut, Studva, Zlatica, Stari Begej i Krivaja. U odnosu na F2 to su: Krivaja i Kereš. U odnosu na faktor F3 to su: Studva, Krivaja i Kereš. U odnosu na faktor F4 to su: Studva, Zlatica, Krivaja i Kereš. Na osnovu navedenih podataka može se zaključiti da za vodna tela postoji opasnost od nedostizanja dobrog hemijskog stanusa i dobrog ekološkog potencijala.

Primenom multivarijacionih statističkih metoda za procenu stanja vodnih tela identifikovani su faktori/izvori koji su odgovorni za varijabilnost kvaliteta vode. Takođe, metodama je identifikovan raspored izvora zagađenja. Prikazano je da su faktorska analiza/analiza glavnih komponenti i klaster analiza koristan alat za razvoj odgovarajuće strategije za efikasnije upravljanje vodnim resursima.

#### **LITERATURA**

- [1] M. Gocić, S. Stanković, S. Trajković, Monitoring baziran na Webu za ocenjivanje kvaliteta površinskih voda, Zbornik radova Građevinsko-arkitektonskog fakulteta, Niš, **22** (2007) 149–158.
- [2] M. Adamu, A.Z. Aris, Spatial aspect of Surface Water Quality using chemometric analysis, *J. Appl. Sci. Environ. Sanit.* **6** (2011) 411–426.
- [3] H. Boyacioglu, H. Boyacioglu, Surface Water Quality Assessment by Environmetric Methods, *Environ. Monit. Assess.* **31** (2007) 371–376.
- [4] B. Dalmacija, Strategija vodosnabdevanja i zaštite voda AP Vojvodina, Pokrajinski sekreterijat za nauku i tehnološki razvoj, Novi Sad, 2009.
- [5] K.P. Singh, A. Malik, S. Sinha, Water quality assessment and apportionment of pollution sources of Gomti river (India) using multivariate statistical techniques – A case study, *Anal. Chim. Acta* **538** (2005) 355–374.
- [6] C.W. Liu, K.H. Lin, Y.M. Kuo, Application of factor analysis in the assessment of groundwater quality in a

- blackfoot disease area in Taiwan, *Sci. Total Environ.* **313** (2003) 77–89.
- [7] M.Varol, B. Sen, Assessment of surface water quality using multivariate statistical techniques: A case study of Behrimaz Stream, Turkey – *Environ Monit Assess*, **159** (2009) 543–553.
- [8] M.M. Prakash, A. Dagaonkar, Application of cluster analysis to phisicochemical parameters of Munj Sagar Talab, Dhar (Madhya Pradesh, India), *Recent Res. Sci. Technol.* **3** (2011) 41–50.
- [9] V. Simeonov, J. W. Einax, I. Stanimirova, J. Kraft, Environmetric modeling and interpretation of river water monitoring data, *Anal. Bioanal. Chem.* **374** (2002) 898–905.
- [10] Anon.: Hidrološki godišnjak 3, Kvalitet voda 2010, Republički hidrometeorološki zavod, 2011, Beograd.
- [11] Anon.: Pravilnik o utvrđivanju vodnih tela površinskih i podzemnih voda (Sl. Glasnik RS, br. 96/2010).
- [12] Anon.: Zakon o vodama (Sl. Glasnik RS, br. 30/2010).
- [13] Anon.: Plan upravljanja vodama za sлив реке Дунав, део 1: Анализа карактеристика слива Дунава у Србији – радна верзија, Институт за водопривреду Јарослав Черни, Београд, децембар, 2011.
- [14] Anon.: Uredba o graničnim vrednostima zagađujućih materija u površinskim i podzemnim vodama i sedimentu, kao i rokovi za njihovo dostizanje (Sl. Glasnik RS, br. 50/2012).
- [15] Anon.: Pravilnik o parametrima ekološkog i hemijskog statusa površinskih voda i parametrima hemijskog i kvantitativnog statusa podzemnih voda (Sl. Glasnik RS, br. 74/2011).
- [16] E. Perona, I. Bonilla, P. Mateo, Spatial and temporal changes in water quality in a Spanish river, *Sci. Total Environ.* **241** (1999) 75–90.
- [17] B. Dalmacija, I. Ivančev-Tumbas, Analiza vode-kontrola kvaliteta, tumačenje rezultata, Prirodno-matematički fakultet, Novi Sad, 2004.
- [18] V. Gvoždić, J. Brana, D. Puntarić, D. Vidosavljević, D. Roland, Changes in the Lower Drava River Water Quality Parameters Over 24 Years, *Arh. Hig. Rada Toksikol.* **62** (2011) 325–323.
- [19] M. Varol, B. Gököt, A. Bekleyen, B. Sen, Water quality assessment and apportionment of pollution sources of Tigris River (Turkey) using, multivariate statistical techniques – a case study, *River Res. Applic.* **27** (2011), <http://dx.doi.org/10.1002/rra.1553>.

**SUMMARY****EVALUATION OF HEAVILY MODIFIED WATER BODIES IN VOJVODINA BY USING MULTIVARIATE STATISTICAL TECHNIQUES**Svetlana R. Vujović<sup>1</sup>, Srđan R. Kolaković<sup>1</sup>, Milena R. Bečelić-Tomin<sup>2</sup><sup>1</sup>*Faculty of Technical Sciences, Department of Civil Engineering, University of Novi Sad, Novi Sad, Serbia*<sup>2</sup>*Faculty of Sciences, Department of Chemistry, Biochemistry and Environmental Protection, University of Novi Sad, Novi Sad, Serbia*

(Scientific paper)

This paper illustrates the utility of multivariate statistical techniques for analysis and interpretation of water quality data sets and identification of pollution sources/factors the aim of getting better information about the water quality and design of a monitoring network for effective management of water resources. Multivariate statistical techniques, such as factor analysis (FA)/principal component analysis (PCA) and cluster analysis (CA), were applied to the evaluation of variations and the interpretation of water quality data of heavily modified water bodies, obtained during 2010 by the monitoring of 13 parameters at 33 different sites. FA/PCA attempts to explain the correlations between the observations in terms of the underlying factors, which are not directly observable. Factor analysis is applied to physicochemical parameters of heavily modified water bodies with the aim classification and data summation as well as segmentation of heterogeneous data sets into smaller homogeneous subsets. Factor loadings were categorized as strong and moderate corresponding to the absolute loading values of >0.75, 0.75–0.50, respectively. Four principal factors were obtained with Eigenvalues >1 summing more than 78% of the total variance in the water data sets, which is adequate to give good prior information regarding data structure. Each factor that is significantly related to specific variables represents a different dimension of water quality. The first factor F1 accounts for 28% of the total variance and represents the hydrochemical dimension of water quality. The second factor F2 accounts for 18% of the total variance and may be taken factor of water eutrophication. The third factor F3 accounts for 17% of the total variance and represents the influence of point sources of pollution on water quality. The fourth factor F4 accounts for 13% of the total variance and may be taken as an ecological dimension of water quality. Cluster analysis (CA) is an objective technique to identify natural groupings in the set of data. CA divides a large number of objects into smaller number of homogenous groups on the basis of their correlation structure. CA combines the data objects together to form the natural groups involving objects with similar cluster properties and separates the objects with different cluster properties. CA showed similarities and dissimilarities among the sampling sites and explained the observed clustering in terms of affected conditions. Using FA/PCA and CA, water bodies that are under the highest pressure were identified. With regard to the factors, the identified water bodies were: for factor F1 – Plazović, Bosut, Studva, Zlatica, Stari Begej and Krivaja; for factor F2 – Krivaja and Kereš; for factor F3 – Studva, Krivaja and Kereš; for factor F4 – Studva, Zlatica, Krivaja and Kereš.

**Keywords:** Multivariate statistical techniques • Factor analysis/Principal component analysis • Cluster analysis • Water quality