

# <sup>1</sup> ANALIZA TRENDA KONCENTRACIJA NUTRIJENATA U VODOTOCIMA SRBIJE

Dr Nebojša Veljković, dipl.inž.građ., Milorad Jovičić, dipl.inž.građ.

Ministarstvo životne sredine, rudarstva i prostornog planiranja, AGENCIJA ZA ZAŠTITU  
ŽIVOTNE SREDINE, [nebojsa.veljkovic@sepa.gov.rs](mailto:nebojsa.veljkovic@sepa.gov.rs)

## REZIME

U radu su prezentovani rezultati ispitivanja trenda koncentracija nutrijenata u vodotocima Srbije metodom neparametrijskog Mann-Kendall testa. Korišćeni su podaci RHMZ Srbije sa mernih profila uzorkovanih u proseku jednom mesečno za period 2001-2010. godina. Na karti slivnih područja su prikazani merni profili sa koncentracijama nutrijenata i odgovarajućom vrstom trenda: *rastući*, *opadajući* ili *beznačajan*. Data je statistička analiza trendova za ispitivane merne profile u istraživanom periodu.

Ključne reči: Mann-Kendall test, nutrijenti, površinske vode

## NUTRIENTS CONCENTRATION TRENDS IN WATERFLOWS IN SERBIA

### ABSTRACT

The paper presents the results of nutrients concentration trends in waterflows in Serbia, using the method of non-parametric Mann-Kendall test. Data used for these purposes were provided by Republic Hydrometeorological Service of Serbia (RHSS), sampled on average once a month for the period 2001-2010 year. Measuring places are shown on the waterflow map by adequate symbol for the various kind of trend and colour of symbol for the intensity of nutrients concentration.

Keywords: Mann-Kendall test, nutrients, surface water.

### UVOD

Zagađenja površinskih voda nutrijentima potiču iz urbanih i industrijskih kanalizacionih sistema kao koncentrisanih izvora, kada se sakupljaju i ispuštaju na jednom mestu, i sa spiranih površina posle upotrebe đubriva i hemijskih sredstava u savremenoj poljoprivrednoj praksi kao difuznih izvora. Ispitivanje trendova koncentracija nutrijenata (ortofosfata, nitrata i amonijumjona) u ovom radu ograničeno je na analizu trendova pokazatelja kvaliteta vodotokova tokom vremena, što znači da nisu ispitivani prostorni i vremensko-prostorni trendovi koji zahtevaju sofisticirane geostatističke tehnike i odgovarajuća merenja. Korišćena je metoda Mann-Kendall testa koji omogućuje testiranje hipoteze o postojanju trenda i neparametrijske Sen'S metode za ocenu nagiba (intenziteta) trenda.

---

<sup>1</sup> Objavljeno u zborniku referata i prezentovano na konferenciji „Voda 2012, SDZV i Institut „J. Černi“, Divčibare, 2012, str. 69-74.

## PREDMET ISTRAŽIVANJA

Predmet istraživanja je analiza trenda koncentracija ortofosfata, nitrata i amonijum jona u vodotocima Srbije sa ukupno 145 mernih mesta. Obuhvaćene su merne stanice iz programa sistematskog monitoringa kvaliteta površinskih voda za period 2001-2010. godina. [2] Analiza je urađena za slivna područja vodotokova kojima su obuhvaćene: *Vode Vojvodine*, vodotoci i kanali DTD na levoj obali Dunava; *Dunav*, tok od stanice Bezdan do Radujevca; *Sliv Save*, sa slivovima Drine i Kolubare; *Pritoke Đerdapskog jezera*, desne pritoke Dunava nizvodno od ušća Velike Morave; *Sliv Velike Morave*, sa slivovima Južne i Zapadne Morave.

## METODOLOGIJA

Za prikaz kvaliteta vodotokova Srbije korišćeni su podaci dobijeni uzorkovanjem u proseku jednom mesečno. Podaci o koncentracijama (ortofosfati,  $\text{PO}_4\text{-P}$  mg/l; nitrati,  $\text{NO}_3\text{-N}$  mg/l; amonijum jon,  $\text{NH}_4\text{-N}$  mg/l) su za svako merno mesto osrednjeni aritmetičkom sredinom na godišnjem nivou. Usvojen je kriterijum od minimum devet godišnjih uzorkovanja (zbog reprezentativnosti parametra) tako da je broj od 145 mernih mesta za koje postoje podaci u analiziranim periodu sveden na 62 merna mesta za amonijum jon i nitrata i 117 mernih mesta za ortofosfate.

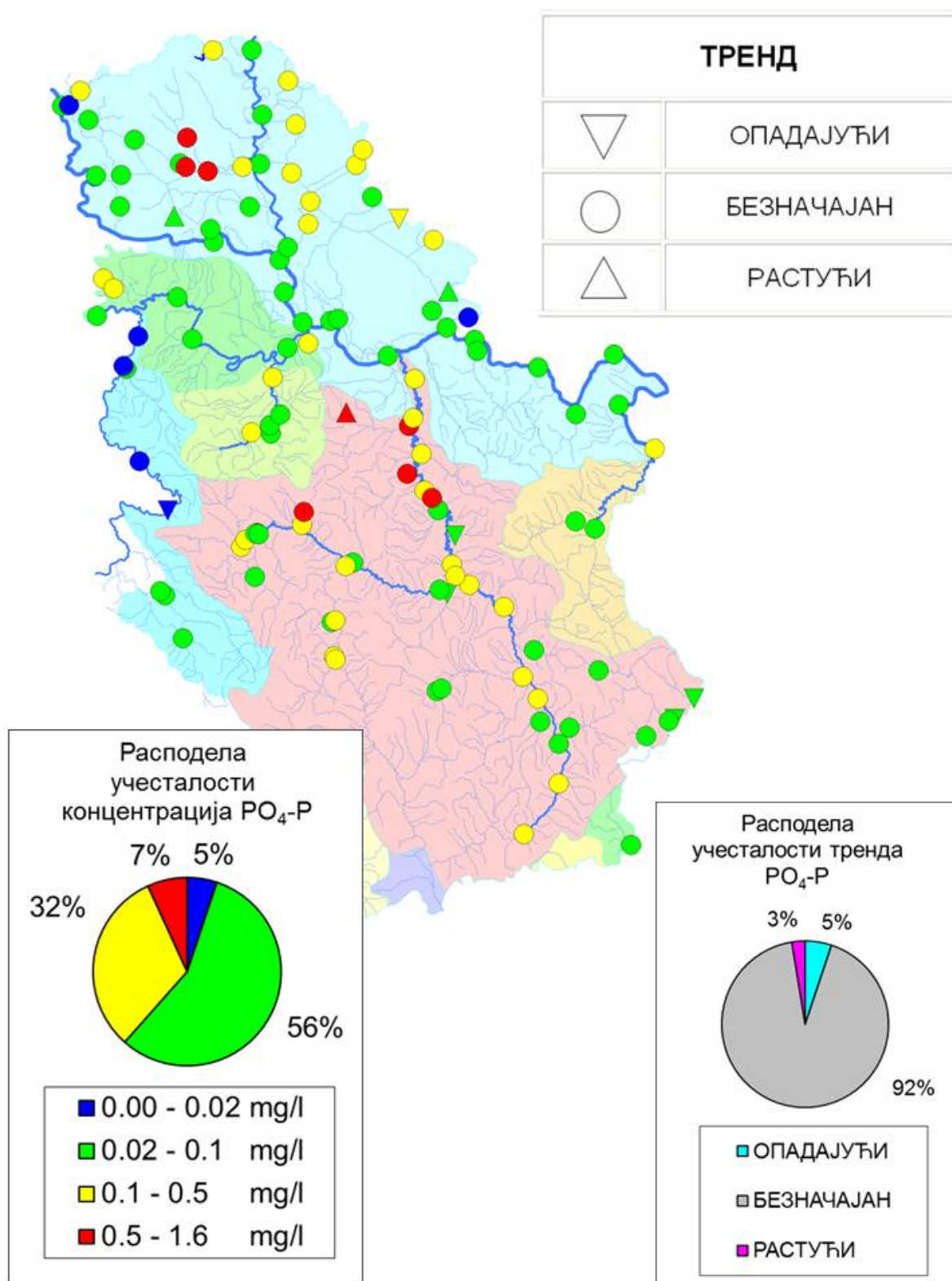
Sen'S-ovom metodom za neparametrijsku ocenu nagiba izračunavaju se nagibi svih parova vremenskih tačaka, a zatim se prosek (medijana) ovih nagiba koristi kao ocena ukupnog nagiba. Ova ocena nije osetljiva na vrednosti van uobičajenog opsega i njome se može obraditi ograničen broj vrednosti ispod granice detekcije, a neosetljiva je i na nedostajuće podatke u vremenskoj seriji. Mann-Kendall test se sprovodi u pet koraka na sledeći način: Korak 1: Postavljanje nulte hipoteze; Korak 2: Postavljanje alternativne hipoteze zavisno od veličine statističkog S; Korak 3: Test statistika; Korak 4a: Određivanje kritične vrednosti  $z_{(1-\alpha)}$  iz tablice za normalnu raspodelu; Korak 4b: Određivanje  $p$  vrednosti nalaženjem verovatnoće  $P(Z > |z_0|)$  iz tablice za normalnu raspodelu; Korak 5: Zaključak. [1], [4]. (Veljković i sar. 2009)

Za proračun trenda, prema raspoloživim podacima iz sistematskog monitoringa u mreži stanica RHMZ-a, korišćena je metoda koja se odnosi na više uzoraka za svaki vremenski period (jedna godina) na jednom mestu uzorkovanja.

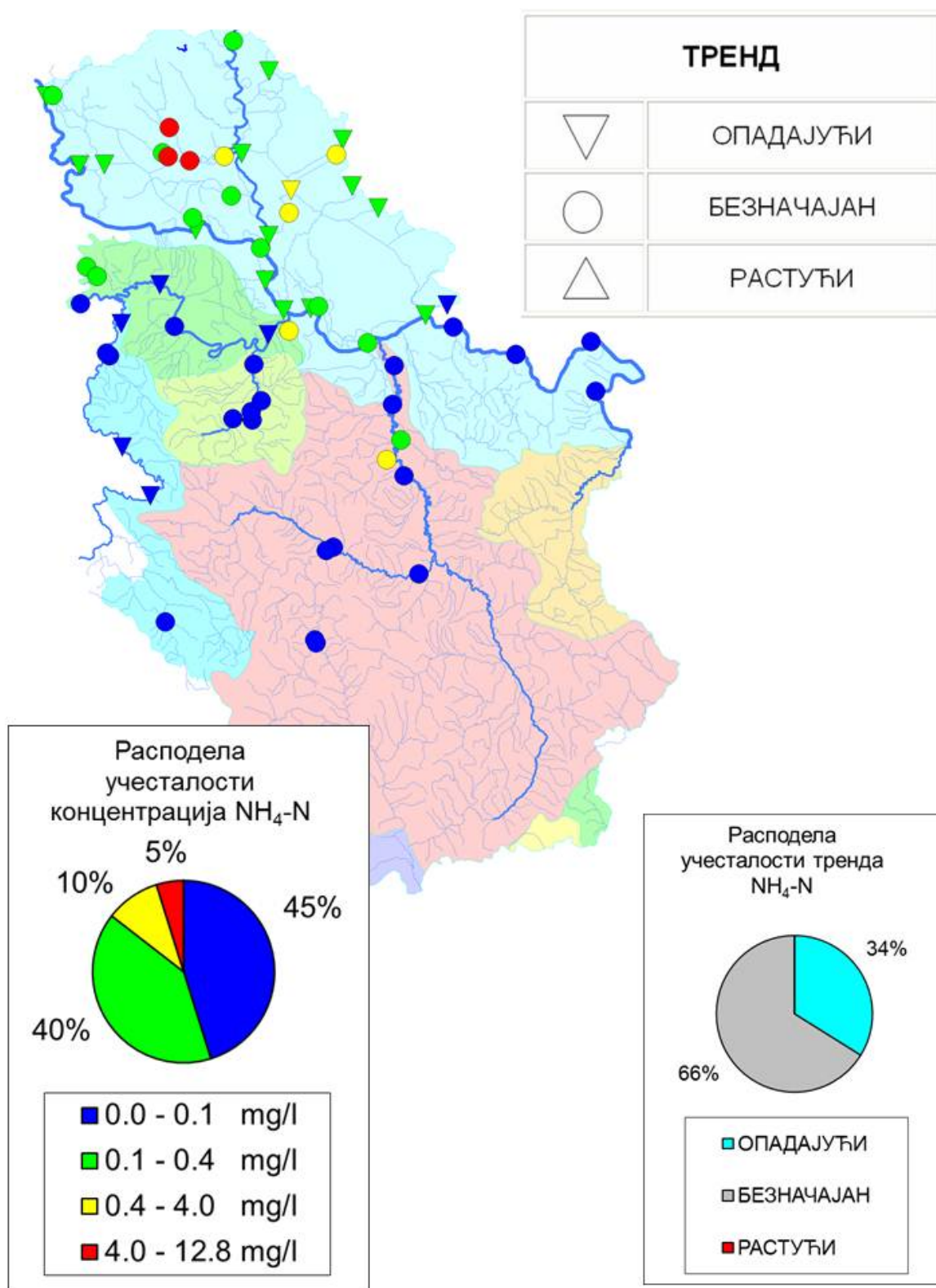
## REZULTATI

Rezultati analize trendova koncentracija ortofosfata ( $\text{PO}_4\text{-P}$  mg/l), nitrata ( $\text{NO}_3\text{-N}$  mg/l) i amonijum jona ( $\text{NH}_4\text{-N}$  mg/l) prikazani su na hidrografskoj karti Srbije sa ucrtanim granicama slivnih područja vodotokova. (Slika 1, 2 i 3) Osim simbola za opadajući, rastući i beznačajan trend za analizirane parametre data je i raspodela učestalosti koncentracija rangirana u četiri nivoa. Granice četiri nivoa koncentracija za raspodelu učestalosti određene su slobodnim korišćenjem kriterijuma o granicama između klasa istraživanih hemijskih parametara za ocenu ekološkog statusa. [5] S obzirom da su, prema ovom Pravilniku, granice između klasa hemijskih parametara za ocenu ekološkog statusa za svih šest tipova vodnih tela površinskih voda slične, uzeta je jedinstvena granica između klasa da bi se merna mesta mogla porediti međusobom prema nivou koncentracija, a ne prema hemijskom ekološkom statusu.

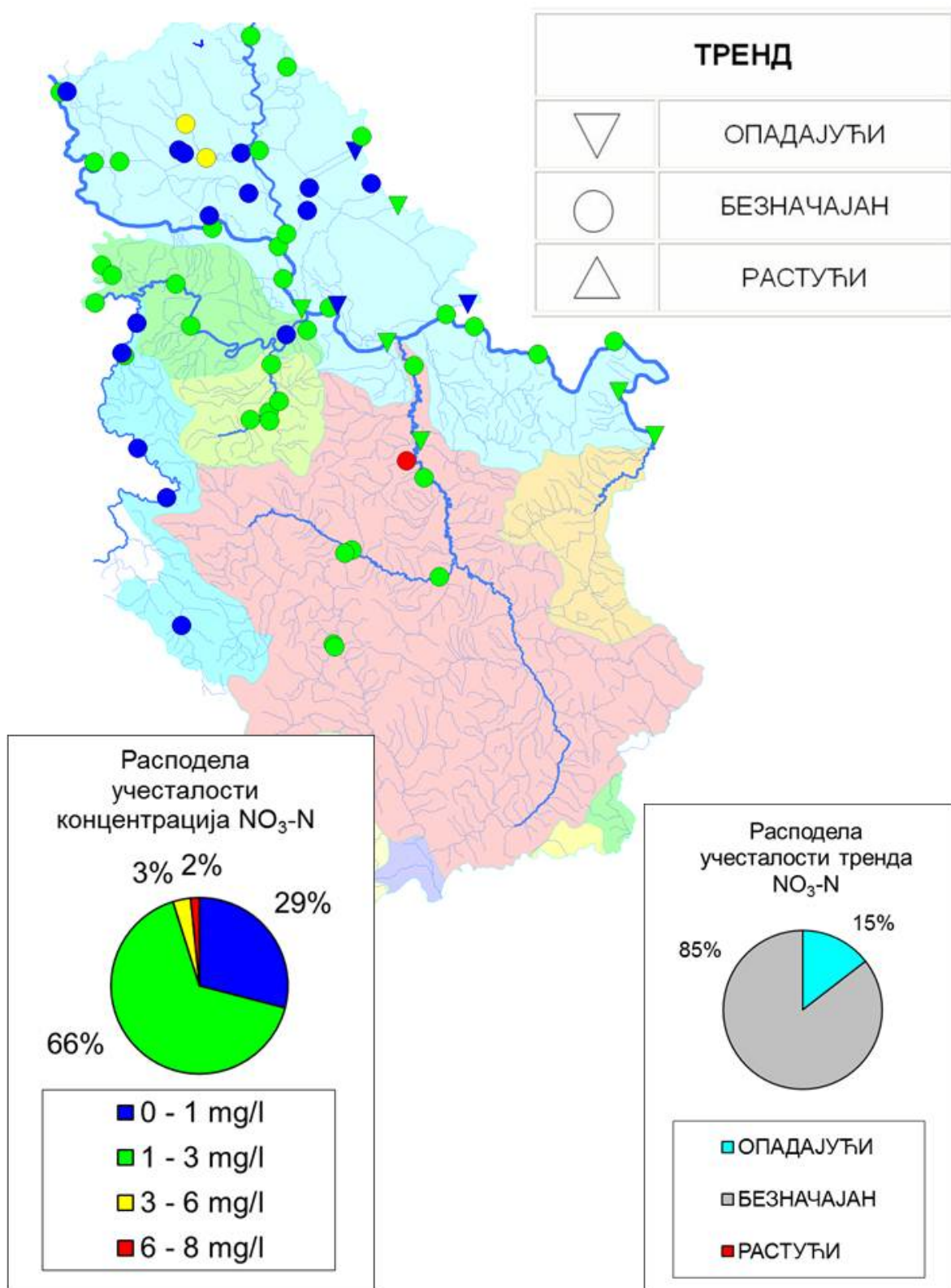
Analiza raspodele učestalosti koncentracija ortofosfata ( $\text{PO}_4\text{-P}$  mg/l) pokazuje da je na 61% profila u istraživanom periodu zabeležena koncentracija u I i II klasi ekološkog statusa, što generalno kvalitet u ovom obimu svrstava u rang *zadovoljava*. Rangu *ne zadovoljava* pripada 39% profila što generalno odgovara III, IV i V klasi ekološkog statusa. (Slika 1)



Slika 1: Trend i koncentracije ortofosfata u vodotocima za period 2001-2010.  
 Figure 1: Trends and present concentration of orthophosphate in rivers for period 2001-2010.



Slika 2: Trend i koncentracije amonijum jona u vodotocima Srbije za period 2001-2010. Godina  
 Figure 2: Trends and present concentration of ammonium in rivers for period 2001-2010.



Slika 3: Trend i koncentracije nitrata u vodotocima Srbije za period 2001-2010.  
 Figure 3: Trends and present concentration of nitrate in rivers for period 2001-2010.

Analiza raspodele učestalosti koncentracija amonijum jona ( $\text{NH}_4\text{-N}$  mg/l) pokazuje da je na 85% profila u istraživanom periodu zabeležena koncentracija u I i II klasi ekološkog statusa, što generalno kvalitet u ovom obimu svrstava u rang *zadovoljava*. Rangu *ne zadovoljava* pripada 15% profila što generalno odgovara III, IV i V klasi ekološkog statusa. (Slika 2) Analiza raspodele učestalosti koncentracija Nitrata ( $\text{NO}_3\text{-N}$  mg/l) pokazuje da je na 95% profila u istraživanom periodu zabeležena koncentracija u I i II klasi ekološkog statusa, što generalno kvalitet u ovom obimu svrstava u rang *zadovoljava*. Rangu *ne zadovoljava* pripada svega 5% profila što generalno odgovara III i IV klasi ekološkog statusa. (Slika 3)

Analiza trenda koncentracija nutrijenata u istraživanom periodu 2001-2010. godina ukazuje da li se kvalitet vodotokova poboljšava ili pogoršava. Trend ortofosfata pokazuje da je u istraživanom periodu na 92% profila određen beznačajan trend (ni poboljšanje ni pogoršanje kvaliteta), na 5% opadajući (poboljšanje) i na 3% rastući trend (pogoršanje). Trend nitrata pokazuje da je na 85% profila određen beznačajan trend (ni poboljšanje ni pogoršanje kvaliteta), na 15% opadajući (poboljšanje) i nije zabeležen rastući trend (pogoršanje). Trend amonijum jona pokazuje da je na 66% profila određen beznačajan trend (ni poboljšanje ni pogoršanje kvaliteta), na 34% opadajući (poboljšanje) i nije zabeležen rastući trend (pogoršanje).

## ZAKLJUČAK

Rezultati analiza dugoročnih trendova koncentracija nutrijenata Mann-Kendall testom u vodotocima Srbije upućuju na zaključak da su izostale mere zaštite od zagađenja. Rad doprinosi boljem razumevanju osnovnog cilja nadzornog monitoringa, a to je da pruži podatke o dugoročnim trendovima kao značajnoj informaciji u izradi programa i planova zaštite vodotokova.

Analiza u ovom radu je pokazala da je u doprinosu zagađenja nutrijentima najzastupljeniji parametar ortofosfati, jer je njegov procenat od 61% najmanji u raspodeli učestalosti koncentracija koji odgovaraju rangu *zadovoljava*. S obzirom da poljoprivreda predstavlja jedan od osnovnih izvora zagađenja voda nutrijentima, dalja istraživanja u našoj zemlji je potrebno usmeriti na izučavanje i primenu metodologije za procenu difuznog zagađenja. Preduslov za uspostavljanje međunarodno komparativne metodologije za proračun difuznog zagađenja je uspostavljanje i ažuriranje nacionalne baze podataka o emisijama u vode.

## LITERATURA

- [1] *Data Quality Assessment: Statistical Methods for Practitioners*, United States Environmental Protection Agency, Office of Environmental Information Washington DC, 20460 EPA/240/B-06/003, USA, 2006.
- [2] Republički hidrometeorološki zavod, *Hidrološki godišnjak – 3. Kvalitet voda 2001-2010*, Beograd.
- [3] Nebojša Veljković, Milorad Jovičić, *Trendovi koncentracija nitrata u vodotocima Srbije*, Voda i sanitarna tehnika, broj 1 januar-februar, Beograd, 2009.
- [4] Steven Brauner, *Environmental Sampling & Monitoring Primer, Nonparametric Estimation of Slope: Sen'S Method in Environmental Pollution*, <http://www.cee.vt.edu/ewr/environmental/teach/smprimer/sen/sen.html>
- [5] *Pravilnik o parametrima ekološkog i hemijskog statusa površinskih voda i parametrima hemijskog i kvantitativnog statusa podzemnih voda* ("Sl. glasnik RS", br. 74/2011)