

---

# SRPSKO DRUŠTVO ZA ZAŠTITU VODA

u saradnji sa

Institutom za vodoprivredu "JAROSLAV ČERNI", Beograd

ZBORNİK RADOVA

47. GODIŠNJE KONFERENCIJE O AKTUELNIM TEMAMA  
KORIŠĆENJA I ZAŠTITE VODA

# VODA 2018

*47<sup>TH</sup> ANNUAL CONFERENCE OF THE  
SERBIAN WATER POLLUTION CONTROL SOCIETY  
"WATER 2018"  
CONFERENCE PROCEEDINGS*

18506

Sokobanja, 12. - 14. jun 2018.

## II

### IZDAVAČ (PUBLISHER):

Srpsko društvo za zaštitu voda, Kneza Miloša 9/1, Beograd, Srbija,  
Tel/Faks: (011) 32 31 630

### PROGRAMSKI ODBOR (PROGRAMME COMMITTEE):

Prof. dr Branislav ĐORĐEVIĆ, dipl.inž.građ., Beograd  
Prof. dr Božo DALMACIJA, dipl.hem., Novi Sad  
Prof. dr Milan DIMKIĆ, dipl.inž.građ., Beograd  
Dr. Bela CSÁNYI, dipl.biol., Budimšešta-Mađarska  
Prof. dr Peter KALINKOV, dipl.inž.građ., Sofija-Bugarska  
Prof. dr Valentina SLAVEVSKA STAMENKOVIĆ, dipl.biol., Skoplje-R.Makedonija  
Prof. Dr. Goran SEKULIĆ, dipl.inž.građ, Podgorica-Crna Gora  
Prof. dr Violeta CIBULIĆ, dipl.hem., Beograd  
Prof. dr Zorana NAUNOVIĆ, dipl.inž.tehnol., Beograd  
Prof. dr Slavka STANKOVIĆ, dipl.inž.tehnol., Beograd  
Dr Momir PAUNOVIĆ, dipl.biol., Beograd

### UREDNIK (EDITOR):

Dr Aleksandar ĐUKIĆ, dipl.inž.građ.

*Svi radovi u ovom zborniku radova su recenzirani. Stavovi izneti u ovoj publikaciji ne odražavaju nužno i stavove izdavača, urednika ili programskog odbora.*

### TIRAŽ (CIRCULATION):

200 primeraka

### ŠTAMPA:

"Akademska izdanja", Zemun, 2018

CIP- Каталогизација у публикацији - Народна библиотека Србије  
502.51(082)  
556.11(082)  
628.3(082)  
628.1(497.11)(082)  
574.5(082)

ГОДИШЊА конференција о актуелним проблемима коришћења и заштите вода (47 ; 2018 ; Соко Бања)

Voda 2018 = Water 2018 : zbornik radova : 47. konferencija o aktuelnim temama korišćenja i zaštite voda = Conference Proceedings : 47th Annual Conference of the Serbian Water Pollution Control Society, Soko Banja, 12. - 14. jun 2018. / [organizator] Srpsko društvo za zaštitu voda u saradnji sa Institutom za vodoprivredu "Jaroslav Černi", Beograd [i JKP Drugi oktobar, Vršac] ; [urednik, editor Aleksandar Đukić]. - Beograd : Srpsko društvo za zaštitu voda, 2018 (Zemun : Akademska izdanja). - XII, 481 str. : Ilustr. ; 24 cm

Tiraž 200. - Str. XI: Predgovor / Aleksandar Đukić. - Bibliografija uz svaki rad. - Abstracts.

ISBN 978-86-916753-6-3

1. Srpsko društvo za zaštitu voda (Beograd) 2. Institut za vodoprivredu "Jaroslav Černi" (Beograd) 3. JKP Drugi oktobar (Vršac)  
a) Воде - Зборници b) Отпадне воде - Зборници c) Снабдевање водом - Србија - Зборници  
d) Хидробиологија - Зборници

## IV

### ORGANIZATORI KONFERENCIJE (*CONFERENCE ORGANISERS*):

Srpsko društvo za zaštitu voda (Beograd), u saradnji sa  
Institutom za vodoprivredu "Jaroslav Černi" (Beograd) i  
JKP "Napredak", Sokobanja

### ORGANIZACIONI ODBOR KONFERENCIJE (*ORGANIZING COMMITTEE*):

KOPREDSEDNICI: Saša DRLJAČA, dipl.ecc., Sokobanja  
Prof. dr Milan DIMKIĆ, dipl.inž.građ., Beograd

SEKRETAR: Milena MILORADOV, SDZV, Beograd

### ČLANOVI:

Nataša MILIĆ, dipl.inž.šum., Beograd  
Latinka OBRADOVIĆ, dipl.inž.građ., Beograd  
Goran PUZOVIĆ, dipl.inž.polj., Beograd  
Milutin IGNJATOVIĆ, dipl.inž., Beograd  
Dragan ĐORĐEVIĆ, dipl.ecc., Beograd  
Toplica GOLUBOVIĆ, dipl.inž., Sokobanja  
Zoran RISTIĆ, dipl.inž.građ., Sokobanja  
Zoran MILOSAVLJEVIĆ, dipl.ecc., Sokobanja  
Miodrag MILOVANOVIĆ, dipl.inž.građ., Beograd  
Dr Aleksandar ĐUKIĆ, dipl.inž.građ., Beograd  
Dr Momir PAUNOVIĆ, dipl.biolog, Beograd  
Radmilo NIKOLIĆ, dipl.inž., Kladovo  
Mr Bratislav STIŠOVIĆ, dipl.inž.građ., Beograd  
Slavko VRNĐIĆ, dipl.inž.građ., Novi Sad  
Dr Mirko ĐUROVIĆ, dipl.biolog, Kotor - Crna Gora  
Zdravko MRKONJA, dipl.hem., Trebinje - R.Srpska-BiH  
Dr Milenko SAVIĆ, dipl.inž.tehn., Bijeljina - R.Srpska-BiH  
Drago ĐAČIĆ, dipl.inž.rud., Podgorica - Crna Gora

### ODRŽAVANJE KONFERENCIJE SU POMOGLI (*SPONSORED BY*):

- Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije
- Institut za vodoprivredu "Jaroslav Černi", Beograd
- Saobraćajni institut CIP, Beograd

Slika na koricama: akumulacija Bovan na reci Moravici

## PREGOVOR

Nastavljajući dugogodišnju tradiciju, Srpsko društvo za zaštitu voda – SDZV organizuje četrdeset sedmu po redu godišnju konferenciju o aktuelnim temama zaštite vodnih resursa od zagađenja u cilju njihovog efikasnog i održivog korišćenja. Suorganizatori konferencije su Institut za vodoprivredu Jaroslav Černi iz Beograda i JKP Napredak iz Sokobanje. Zbornik radova konferencije "VODA 2018" sadrži ukupno 67 radova koje je Programski odbor nakon pregleda prihvatio za izlaganje na Konferenciji i štampanje u Zborniku radova. Najveći broj autora radova je iz Srbije a zastupljeni su i radovi autora iz regiona. Radovi su grupisani u sledeće tematske grupe:

1. VODOPRIVREDNI, EKOLOŠKI, I ORGANIZACIONI ASPEKTI KORIŠĆENJA I ZAŠTITE VODA
2. KVALITET VODA I PROCESI U PRIRODNIM VODAMA
  - 2.1. Površinske vode
  - 2.2. Podzemne vode i vode u karstu
  - 2.3. Priobalne vode Jadranskog mora
  - 2.4. Laboratorijske metode i monitoring
3. SAKUPLJANJE I PREČIŠĆAVANJE OTPADNH VODA
  - 3.1. Planiranje i eksploatacija kanalizacionih sistema
  - 3.2. Savremene metode prečišćavanja otpadnih voda i obrade mulja
4. VODOSNABDEVANJE NASELJA
  - 4.1. Eksploatacija i zaštita izvorišta vodosnabdevanja
  - 4.2. Savremeni postupci tretmana prirodnih voda u cilju dobijanja vode za piće
  - 4.3. Kvalitet vode isporučene potrošačima

Po ustaljenom običaju SDZV, autori su se sami opredeljivali za teme o kojoj će pisati tako da radovi u ovom Zborniku na neki način odslikavaju trenutno stanje u oblasti korišćenja i zaštite voda od zagađenja u Srbiji i regionu. Od aktuelnih tema koje su našle svoje mesto u radovima ovog Zbornika posebno ističemo problematiku kvaliteta vode i upravljanje akumulacijama, aktuelnu problematiku kvaliteta voda i sedimenata, savremene metode kanalisanja i tretmana otpadnih voda i aktuelnu problematiku vodosnabdevanja. Struktura stručnih profila autora je, kao i uvek, raznolika, što odgovara posebnoj težnji SDZV da se problemi zaštite voda posmatraju multidisciplinarno, čime se doprinosi poboljšanju sagledavanja i rešavanja problema.

Ove godine Programski odbor je između prispelih radova odabrao ukupno osam koji će, nakon potrebnih modifikacija i dopuna biti objavljeni u celini u naučnom časopisu *Water Research and Management* ([www.wrmjournal.com](http://www.wrmjournal.com)) koga izdaje SDZV. Ovi radovi su štampani u ovom Zborniku radova u izvodu, odnosno u formi proširenog rezimea.

SDZV zahvaljuje ovim putem preduzećima i institucijama koje su pomogle održavanje ove Konferencije, članovima Programskog i Organizacionog odbora kao i autorima radova na uloženom trudu i njihovom stvaralačkom radu u pripremi radova.

Nadamo se i želimo da ovogodišnja Konferencija bude plodonosna i da se svi učesnici vrate u svoju sredinu obogaćeni novim saznanjima i kolegijalnim poznanstvima.

Beograd, maj 2018.

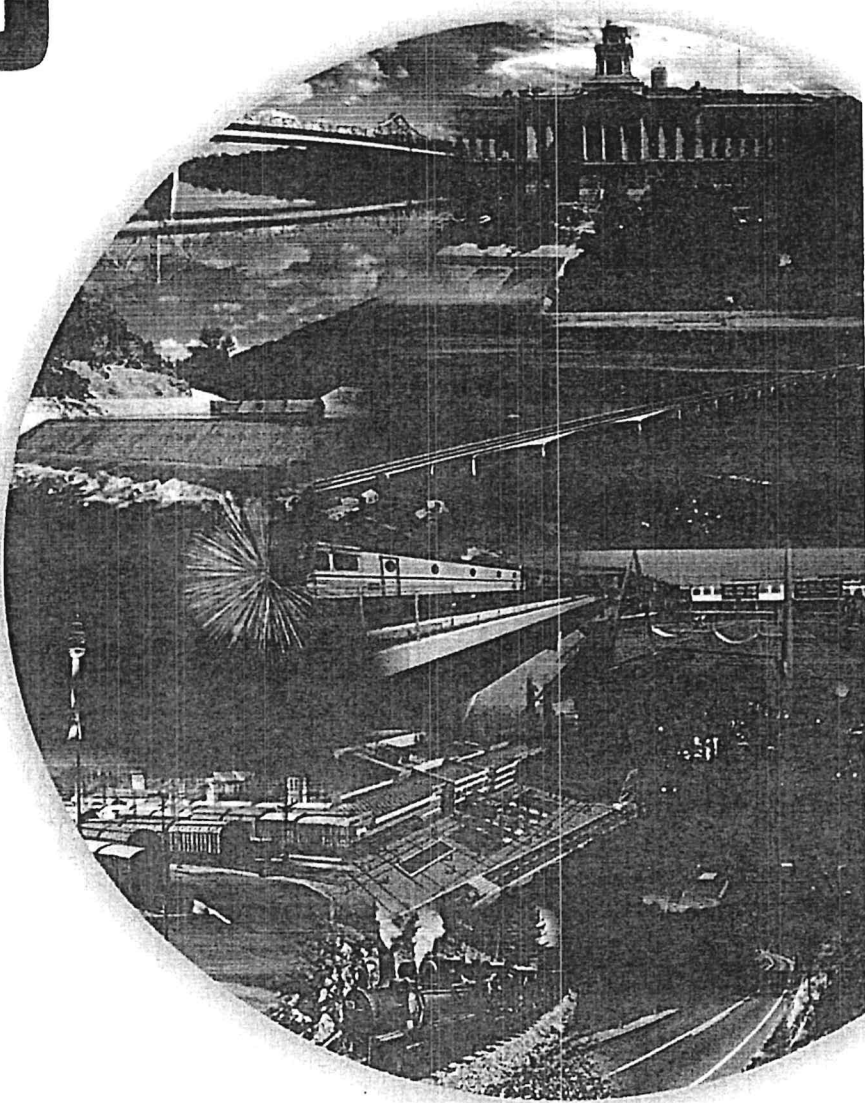
UREDNIK  
Dr Aleksandar Đukić

22.	T. Jurca, B. Miljanović, Z. Svirčev (Novi Sad) HIDROMORFOLOŠKI POKAZATELJI EKOLOŠKOG POTENCIJALA NA PRIMERU KANALA DUNAV-TISA-DUNAV .....	179
23.	G. Babić (Bor) PRAĆENJE KVALITETA POVRŠINSKIH VODA PRIMENOM SWQI METODE .....	185
24.	M. Vranešević, M. Ilić, A. Bezdan (Novi Sad) OCENA KVALITETA VODE REKE BEGEJ ZA POTREBE NAVODNJAVANJA .....	189
25.	D. Golub, R. Dekić, G. Šukalo (Banjaluka - R.Srpska-BiH) IHTIOFAUNA RIJEKE JABLANICE /REPUBLIKA SRPSKA, BiH/ KAO INDIKATOR KVALITETA VODE .....	195
26.	D. Berak, S. Čučković, S. Radmilović (Trebinje - R.Srpska-BiH) ANALIZA KVALITETA VODE SLIVA RIJEKE TREBIŠNJICE NA OSNOVU MAKROINVERTEBRATA DNA .....	203
27.	S. Vujčić, J. Simeunović, Lj. Vukić, D. Drljača, D. Đurica, M. Matavulj (Banjaluka - R.Srpska-BiH, Novi Sad) KVALITET VODE CRNE RIJEKE NA OSNOVU FIZIČKO-HEMIJSKIH I MIKROBIOLOŠKIH PARAMETARA .....	209
28.	D. Veličković, M. Krivokapić (Podgorica - Crna Gora) ANALIZA TEŠKIH METALA /As, Cd, Hg/ U VODI RIJEKE LIM I MIŠIČNOM TKIVU CHONDROSTOMA NASUS I SQUALIUS CEPHALUS .....	215
29.	M. Živković, A. Anđelković, M. Novković, B. Damnjanović, N. Banjac, N. Pankov, Š. Šipoš, S. Pogrmić, B. Miljanović, D. Cvijanović, S. Radulović (Novi Sad, Beograd, Šabac) ODREĐIVANJE EKOLOŠKOG STATUSA REKE KRIVAJE NA OSNOVU BIOLOŠKIH, HEMIJSKIH I HIDROMORFOLOŠKIH PARAMETARA .....	223
30.	M. Novković, B. Damnjanović, D. Smailagić, M. Živković, A. Anđelković, S. Radulović, D. Cvijanović (Novi Sad, Beograd, Šabac) EKOLOŠKE KARAKTERISTIKE MAKROFITSKE VEGETACIJE U PLAVNOM PODRUČJU REKE DRINE .....	235
31.	M. Stojanović, I. Zarić, P. Mitrović, M. Nikolić, T. Laketić, M. Savić (Bijeljina - R.Srpska - BiH) ZAGAĐENOST MANJIH VODOTOKA IZ SLIVA RIJEKE VRBAS I SAME RIJEKE VRBAS SA ASPEKTA FIZIČKO-HEMIJSKIH, MIKROBIOLOŠKIH I BIOLOŠKIH ISPITIVANJA .....	243
32.	B. Ristanović, B. Miljanović, M. Cimbalević, N. Pankov, M. Živković, A. Popović (Novi Sad, Šid) DETERMINISANJE HIDROLOŠKIH PROBLEMA UPOTREBOM GIS-A, STUDIJA SLUČAJA KRASAVICA .....	255
33.	B. Ristanović, B. Miljanović, M. Cimbalević, Đ. Miljković, D. Milošević, A. Popović (Novi Sad, Šid) MOGUĆNOSTI GIS-A U REŠAVANJU EROZIVNIH PROBLEMA U SLIVU POTOKA MAĐUPCA .....	263
34.	T. Nenin, A. Petković, J. Čolić, M. Perović (Beograd) SADRŽAJ UKUPNIH NAFTNIH UGLJOVODONIKA U SEDIMENTU DUNAVA .....	271



SAOBRAĆAJNI INSTITUT

**CIP**



**SAOBRAĆAJNI INSTITUT CIP д.о.о.**

Немањина 6/IV, 11000 Београд, Република Србија

тел: 011/361 69 29, 361 82 87, Fax: 011/361 67 57

website: [www.sicip.co.rs](http://www.sicip.co.rs), E-mail: [office@sicip.co.rs](mailto:office@sicip.co.rs)

**ISBN 978-86-916753-6-3**

18506

**SRPSKO DRUŠTVO ZA ZAŠTITU VODA**

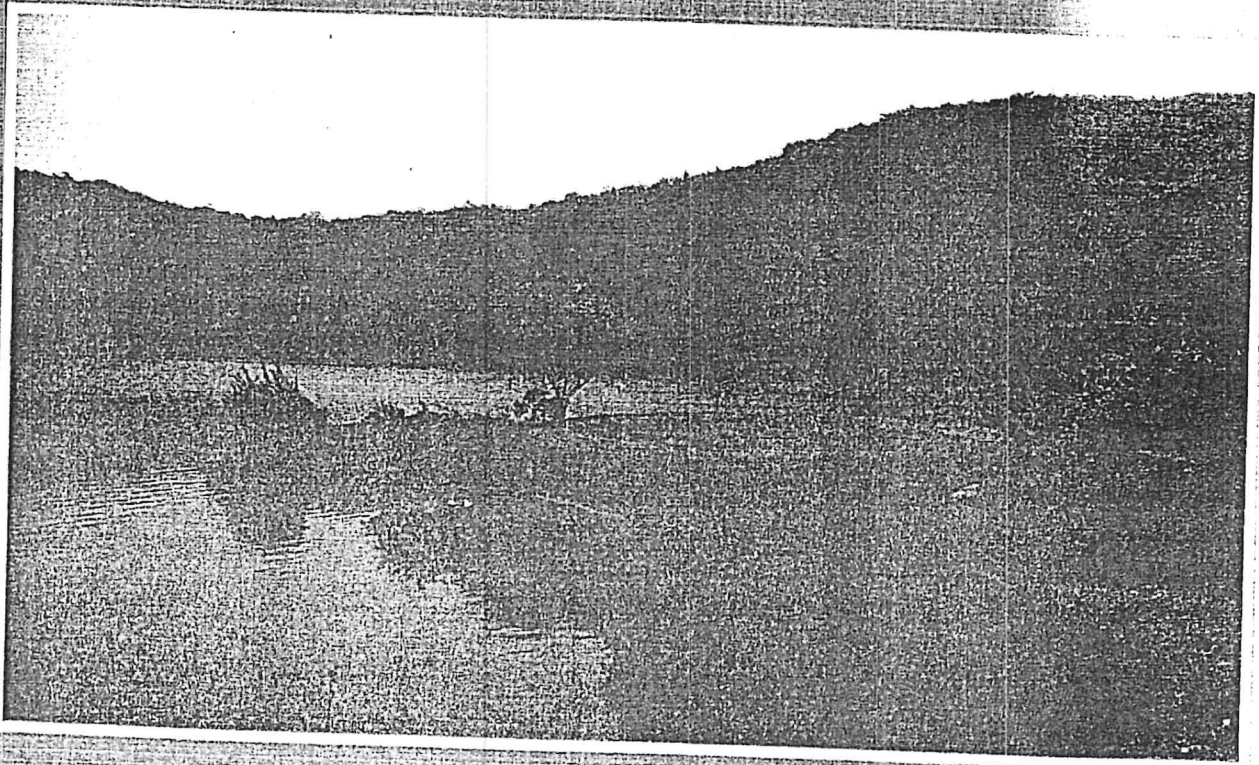
*47. konferencija o aktuelnim temama korišćenja i zaštite voda*

# **VODA 2018**

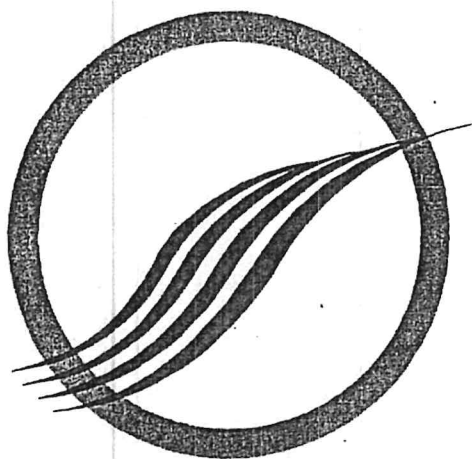
*The 47th Annual Conference of the Serbian Water Pollution Control Society*

**WATER 2018**

*Conference Proceedings*



**Sokobanja, 12. – 14. jun 2018.**



[www.sdzv.org.rs](http://www.sdzv.org.rs)

SRPSKO DRUŠTVO ZA ZAŠTITU VODA  
*SERBIAN WATER POLLUTION CONTROL SOCIETY*

## SADRŽAJ UKUPNIH NAFTNIH UGLJOVODONIKA U SEDIMENTU DUNAVA

Tanja Nenin, Anđelka Petković, Jasna Čolić, Marija Perović

*Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“, Jaroslava Černog 80, 11226 Beograd,  
Pinosava, e-mail: [tanja.nenin@jcerni.co.rs](mailto:tanja.nenin@jcerni.co.rs)*

### REZIME

Prezentovani su rezultati ispitivanja sadržaja ukupnih ugljovodonika (C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub>) u uzorcima sedimenata Dunava i pritoka: Tisa, Sava, Velika Morava i Pek. Ekstrakcija ukupnih naftnih ugljovodonika (C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub>) izvršena je automatskom ubrzanom ekstrakcijom pod temperaturom i pritiskom (ASE–metoda). Kvantifikacija C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub> izvršena je gasno-masenom spektrometrijom (GC&MS). Najveći sadržaj C<sub>uk</sub> iznosio je 1361,6 mg/kg (Ritopek -2016.). Ostale izmerene vrednosti (2012.g. - 2017.g.) bile su ispod 300 mg/kg osim za lokaciju Kladovo (544,4mg/kg 2012.g.) i za pritoku V.Morava (347,4 mg/kg, 2017.g.).

KLJUČNE REČI: Cuk, Dunav, sediment, ASE, GC&MS,

## TOTAL HYDROCARBON CONTENT IN DANUBIE SEDIMENT

### ABSTRACT

Paper deals with investigation results for total petroleum hydrocarbons (TPH) in samples of sediments the flow of the Danube through Serbia, as well as in tributaries: Tisa, Sava, Morava and Pek. We applied accelerated solvent extraction (ASE) and method of gas chromatography-mass spectrometry (GC&MS) for quantification of TPH. The highest total TPH content was 1361,6 mg/kg at Ritopek in 2016. Other values in period 2012-2017 were below 300mg/kg, except for location Kladovo (544,4mg/kg in 2012.g.) and for tributary V.Morava (347,4mg/kg in 2017.).

KEY WORDS: TPH, Danubie. sediment, ASE, GC&MS,

### UVOD

Kontaminacija rečnog sedimenta ugljovodonicima dešava se najčešće usled curenja nafte, dizela ili sredstava za podmazivanje. Rutinsko određivanje ugljovodonika vrši se infracrvenom spektroskopijom nakon ekstrakcije sa halogenovanim rastvaračima poput tetrahlorometana (Literathy, 2015). Zbog štetnosti navedenih rastvarača u nekim zemljama je zabranjena upotreba tetra-hlorovanih ugljovodonika. Alternativna metoda za ekstrakciju ugljovodonika iz zemljišta i sedimenta je Soxhlet-ova ekstrakcije (U.S. EPA Method 3540)

i ultrazvučna ekstrakcija (U.S. EPA Method 3550). Navedene tehnike zahtevaju intezivan rad u laboratoriji (18 sati) i veliku potrošnju rastvarača, (oko 600ml rastvarača po uzorku). Savremene metode poput automatske ubrzane ekstrakcije pod pritiskom i povišenom temperaturom (ASE-Accelerated Solvent Extraction) značajno smanjuju vreme ekstrakcije analita (manje od 20 minuta) ali i potrošnju rastvarača (manje od 50 ml rastvarača po uzorku). Nedostatak ASE tehnike je što se pri tokom ekstrahovanja na povišenoj temperaturi i pritisku, ekstrahuju i analiti „smetnje“ koji mogu ometati kvalitativnu i kvantitativnu detekciju ugljovodonika. Međutim, ovaj problem ekstrahovanja „smetnji“ rešava se prečišćavanjem na staklenim kolonama sa silika-gelom (Florsil).

### OPIS LOKACIJA UZORKOVANJA

Ispitivanja su sprovedena na toku Dunava kroz Srbiju od mesta Ledinci (sever -1261km Dunava) do Radujevac (istok-851km Dunava) na zajedničkom srpsko - rumunskom sektoru reke Dunav pod usporom. Uzorkovanje je izvršeno sa 12 profila na dužini od 410 kilometara toka reke Dunava. Takođe, izvršena su i ispitivanja većih pritoka Dunava na ovoj deonici i to: Tisa (1216 km), Sava (1170 km), Velika Morava (1103 km) i Pek (1057 km). Uzorci sedimenta ispitivani su sa ciljem procene akumuliranja zagađujućih materija u sedimentu, kao i biogenih elemenata, koji potencijalno mogu dospeti u vodeni stub.



Slika 1. Mapa terena ispitivanih lokacija toka Dunava (Ledinci – Radujevac)  
Figure 1:- Map of examined location Danube river (Ledinci – Radujevac)

Uzorci sedimenta su zahvatani sa broda, bagerom tipa Van-Veen, zahvatne površine 270cm<sup>2</sup>. Uzorkovanje je vršeno bliže desnoj obali, na lokacijama definisanim prema tome gde se najintenzivnije taloži nanos. Uzorci sedimenta se zahvataju kao poremećeni, površinski, pakovani su u propisno obeležene i odgovarajuće kontejnere i odmah po završenom uzorkovanju vršen je transport do laboratorije u ručnim frižiderima. Sva merenja i laboratorijska ispitivanja su sprovedena prema propisanim i standardnim metodama i usvojenoj metodologiji rada, Laboratoriji Instituta za vodoprivredu, "Jaroslav Černi" iz Beograda u standardom propisanom roku. Uzorci sedimenta ostavljeni su na

sobnoj temperaturi da se osuše tako da sadržaj vlage bude manji od 10% a potom usitnjeni i prosejani na granulaciju manju od 1mm.

### EKSPERIMENTALNI DEO

Ekstrakcija ukupnih naftnih ugljovodnika (TPH) iz uzorka sedimenta vršena je savremenom metodom automatske ekstrakcije organskim rastvarčima (heksan:acetone, 1:1 v/v) pod pritiskom (ASE-“Accelerated Solvent Extraction”) a za njihovu kvalitativnu identifikaciju i kvantifikaciju korišćena je metoda gasna hromatografija - masena spektrometrija (GC&MS). Metoda koja je korišćena u radu primenljiva je i na zemljište i sediment sa sadržajem ugljovodnika ( $> C_{12}$ ) između 25 i 4000mg/kg i za otpad sa sadržajem ugljovodnika ( $C_{10}-C_{40}$ ) između 50 i 8000mg/kg izraženo na suhu materiju (Galbiati i sar., 2016.). Svi ugljovodonici koji ključaju u opsegu  $175^{\circ}C$  do  $525^{\circ}C$ , tj n-alkani od  $C_{10}H_{22}$  do  $C_{40}H_{82}$ , izoalkani, cikloalkani, alkil benzeni, alkil naftaleni i policiklični aromatični ugljovodonici se određuju kao ukupni naftni ugljovodonici (TPH). Eksperimentalni deo sastojao se u sprovođenju procedure uzorkovanja, ekstrakcije ispitivanih kontaminanata (TPH) iz sedimenta, injektovanje uparenih ekstrakata, GC&MS analize i obrade rezultata uz pomoć softvera Chemstation MSD.

Odmerena količina uzorka (5-10g) prebačena je u ekstrakcionu ćeliju zapremine 34 ml, zajedno sa 1,5g dijatomejske zemlje. Tako pripremljeni uzorak ekstrahovan je metodom automatske ekstrakcije pod pritiskom – ASE tehnika na uređaju ASE 350, Dionex, Thermo Scientific. Uslovi ekstrakcije:  $100^{\circ}C$ ; 1500psi; vreme zagrevanja u peći 5min; ekstrakciona smeša: heksan (p.a. Fisher Chemicals) i acetone (p.a. J.T.Baker) u zapreminskom odnosu 1:1;. Ukupno vreme ekstrakcije iznosi oko 14 minuta. Dobijeni ekstrakti upareni su do zapremine 1ml na Rotavapor 210/215, (Buchi, Švajcarska). Za razdvajanje koristi se kapilarna kolona HP-5MSI(19091S-433): 30m x 0,250mm x 0,25 $\mu$ m (Aglient). Snimanje hromatograma obavljeno je pod sledećim uslovima na Aglient GC7890A: početna T peći  $50^{\circ}C$ ; početno vreme 4 minuta; Rampa  $8^{\circ}C/min$  do  $310^{\circ}C$ , 10min.; temperatura injektora  $300^{\circ}C$ ; Mod: Pulsed splitless; pritisak 8,85psi; pulse pressure 30psi; injekciona zapremina 1  $\mu$ l; gas helijum; početni protok 1ml/min. Uslovi podešavanja masenog spektrometra: transfer linija  $280^{\circ}C$ ; Temperatura MS kvadrupola  $150^{\circ}C$ ; temperatura jonskog izvora:  $230^{\circ}C$ . Ukupno vreme snimanja hromatograma 46,50 minuta.

### REZULTATI I DISKUSIJA

Radi potvrde kvaliteta merenja sproveden je “recovery” test preciznosti za  $C_{uk}$  ( $C_{10} - C_{40}$ ) za koncentraciju 1mg/ml. Za proveru reproduktivnosti metode upotrebljen su referentni materijal PT-šeme od PT-provajder BIPEA-Francuska, kampanja 38a sledećih matriksa: zemljište, morski sediment i rečni sediment, kao i referentni materijal PT-šeme PT provajdera LGC-Standards, kampanja CN101, uzorak zemlje 3c. Metoda se validuje svake godine uz minimum jednu revalidaciju korišćenjem dostupnog CRM-a. Ocenu reproduktivnosti metode vršena je preko  $Z_{score}$ -a prema sledećoj jednačini:

$$Z_{score} = \frac{(X_{izm} - X_{CRM})}{SDPA} \quad (1)$$

gde je  $X_{CRM}$  – vrednost sadržaja  $C_{uk}$  ( $C_{10} - C_{40}$ ) iz Izveštaja o rezultatima PT-šeme izdatim od strane PT-provajdera;  $X_{izm}$  – vrednost  $C_{uk}$  ( $C_{10} - C_{40}$ ) nakon ekstrakcije pod pritiskom, određena metodom GC&MS spektrometrije; SDPA-standardna devijacija, podatak iz Izveštaja o rezultatima PT-šeme. Kriterijum prihvatljivosti reproduktivnosti metode je da se z-score kreće u opsegu  $\pm 2$ .

U tabeli 1. prikazane su vrednosti sadržaja  $C_{uk}$  izmerene nakon primenjene metode ASE-ekstrakcije uzoraka sedimenta i GC&MS određivanja i iste upoređivane sa vrednostima koje im je dodelio PT-provajder („Assigned value“ -  $C_{uk\_PT38a}$ ). Primenom jednačine 1. izračunat je z-score za svaki matriks, dobijene vrednosti kreću se u prihvatljivom opsegu  $\pm 2$ .

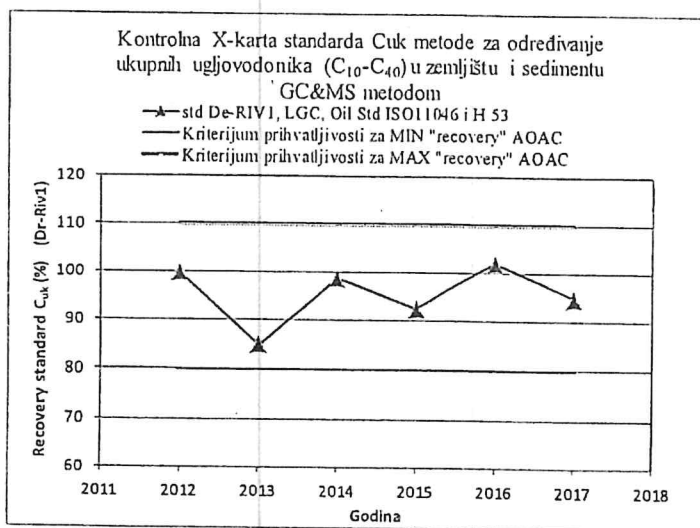
Tabela 1. Ocena reproduktivnosti metode za određivanje Cuk (mg/kg) iz sedimenta primenom z-score i korišćenjem referentnih materijala za matrikse: mulj, morski sediment, rečni sediment i zemljište;  
Table.1. Qualification of the method for the determination of the TPH (mg/kg) from the sediment using a z-score and the use of referent matrix materials: sludge, marine and river sediment and soil;

Referentni materijali (RM)	$C_{uk\_PT38a}$ (mg/kg)	Cuk izm (mg/kg)	PT-38a SDPA (mg/kg)	z-score
Bipea_RiverSed_38a	338	311	102	-0.26
Bipea_MarineSed_38a	615	518.3	170	-0.57
Bipea_Soil_38a	350	207	105	-1.36
LGC_CN101-3c	1307	787.4	261.4	-1.99
Bipea_RiverSed_38a Izveštaj PT provajdera od 20.06.2017.	338	435	102	0.96

Na kraju tabele 1. prikazana je vrednost z-score metode na osnovu rezultata sadržaja  $C_{uk}$  kojim je laboratorija zvanično aplicirala svoje učešće u PT šemi i potvrdila reproduktivnost metode, z-score iznosio je +0,96.

Kontrola i potvrda kvaliteta metode podrazumeva dnevno praćenje standard analita ( $C_{uk}$ ) preko X-karte standard. Korišćene j standard De-RIV1, koncentracije 1mg/ml, proizvođača LGC-Standard, Nemačka a isti predstavlja smešu ugljovodonika  $C_{10} - C_{40}$  i sastoji se iz dvokomponentne smeše benzina i ulja prema ISO 11066 i H 53.

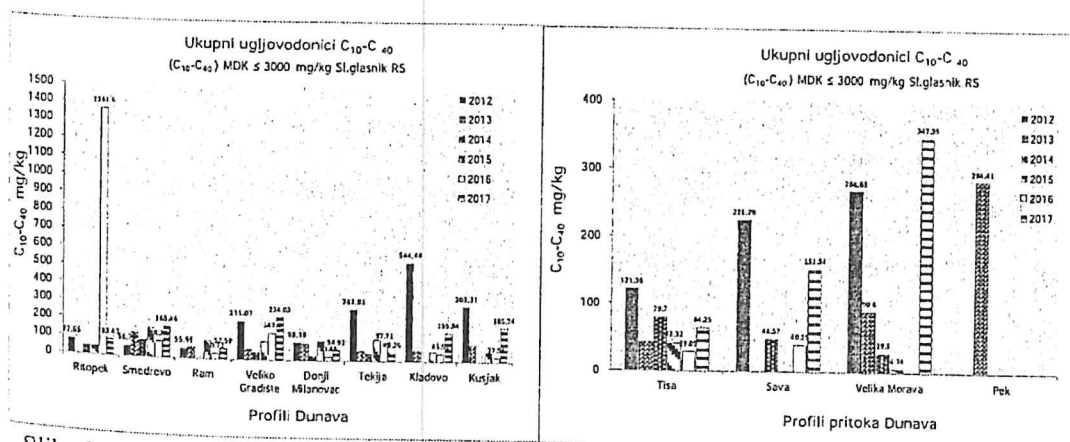
Kriterijumi prihvatljivosti „rikaverija“ standarda za dati koncentracioni opseg (0,1 mg/ml - 2mg/ml), na osnovu AOAC kriterijuma iznosi 80-100%. Na osnovu slike 2. gde su prikazane srednje vrednosti „rikaverija“ za svaku godinu rada, može se konstatovati da je kriterijum ispunjen i da je metoda pod kontrolom.



Slika 2.: Kontrolna X-karta standarda metode za određivanje ukupnih ugljovodonika (C<sub>10</sub> – C<sub>40</sub>) u zemljištu i sedimentu GC&MS metodom. Standard za kontrolu kvaliteta: De-RIV1, LGC-Standards, Nemačka, napravljen prema ISO 11046 i H-53.

Figure 2.: Control X-chart for TPH (total petrol hydrocarbons) (C<sub>10</sub> – C<sub>40</sub>) in soil and sediment by GC&MS. Standard for quality control: De-RIV1, LGC-Standards, Germany, according request of ISO 11046 and H-53.

Važno je napomenuti da ukoliko tokom dnevne kontrole kvaliteta dolazi do „iskakanja“ vrednosti „rikaverija“ za standard od zadatog kriterijum, metoda se mora preispitati i utvrditi izvor „iskakanja“. Na slici 3. prikazani su rezultati sadržaja ukupnih ugljovodonika (C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub>) za sediment uzorkovan tokom Dunava na potezu od Ritopeka (1141km na toku Dunava) do Kusjaka (964km na toku Dunava) kao i sediment uzorkovan iz pritoka: Tisa, Sava, V. Morava i Pek u periodu od 2012. do 2017.godine.



Slika 3.: Sadržaj ukupnih ugljovodonika (C<sub>uk</sub>) u sedimentu duž toka Dunava na potezu Ritopek-Kusjak i pritoka: Tisa, Sava, Velika Morava i Pek;

Figure 3.: The content of total hydrocarbons in sediments along the Danube from Ritopek - Kusjak and tributaries Tisa, Sava, Velika Morava and Pek

Sadržaj ukupnih ugljovodonika ispod je MDK vrednosti od 3000mg/kg duž svih ispitanih profila. Maksimalna prosečna vrednost ustanovljena je na profilu Ritopek (1361,6mg/kg) za 2016. godinu. Vrednosti prosečnih godišnjih sadržaja ukupnih ugljovodonika bile su značajno manje za ostale ispitivane profile, tako je za profil Kladovo izmerena prosečna godišnja vrednost u 2012. godini iznosila od 544,4mg/kg, a ostali profili bili su skoro upola ispod ove vrednosti (Sl.3.).

Prosečne vrednosti sadržaja ukupnih ugljovodonika za sediment pritoka na godišnjem nivou iznosile su: Tisa 121,4 kg/kg (2012.g.), Sava 225,3 mg/kg (2012), Velika Morava 347,4 mg/kg (2017.g.) i Pek 284.4 mg/kg koji je ispitan 2013. godine.

### ZAKLJUČAK

U radu su prezentovani rezultati merenja sadržaja ukupnih ugljovodonika (C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub>) u uzorcima sedimenta na zajedničkom srpsko- rumunskom sektoru reke Dunav pod usporom. Najveća izmerena prosečna godišnja vrednost sadržaja ukupnih ugljovodinka iznosila je 1361,6 mg/kg na lokaciji kod Ritopeka (2016.g.). Vrednosti za ostale periode uzorkovanja za datu lokaciju bile su ispod 100 mg/kg, i ovaj izraziti skok ukazuje na neko lokalno akutno zagađenje neposredno pre ispitivanog perioda, a izmerena vrednost je skoro tri puta ispod maksimalno dozvoljene granične vrednosti od 3000 mg/kg („Sl.glasnik RS“, br. 50/2012). Na ostalim lokacijama uzorkovanja duž toka Dunava i ispitivanih pritoka, vrednosti sadržaja ukupnih ugljovodika su uglavnom ispod vrednosti od 300 mg/kg, što je 10 puta manje od propisanog MDK kriterijuma („Sl.glasnik RS“ 50/2012).

### LITERATURA:

- Analiza uticaja uspora HE“Đerdap1“ na priobalje u periodu 2011-2015.godine, Program VIII-  
Praćenje i analiza uticaja uspora na kvalitet voda i ekosredine, Institut „Jaroslav Černi“.
- F.Galbiati, L.Teli, Determination of Total Petroleum Hydrocarbons in Rubble and Soils by  
Accelerated Solvent Extraction and GC-FID, (2016) Application Note 120,  
[www.thermofisher.com/chromatography](http://www.thermofisher.com/chromatography)
- AOAC official methods of analysis (2012) guidelines for standard method performance requirements,  
[www.eoma.aoac.org/app\\_f.pdf](http://www.eoma.aoac.org/app_f.pdf)
- P. Literathy, A Comprehensive Analysis of Danube Water Quality, Joint Danube Survey 3 (JDS3)-  
ICPDR,(2015) 205-210  
[https://www.icpdr.org/main/sites/default/files/.../jds3\\_final\\_scientific\\_report\\_2.pdf](https://www.icpdr.org/main/sites/default/files/.../jds3_final_scientific_report_2.pdf)