

Prikaz ocjene kemijskog stanja površinskih voda Kopačkog rita na temelju analize odabranih teških metala kroz jednogodišnje vremensko razdoblje

Damjanović, Ivan; Sučić, Hrvoje; Bezik, Danijela; Habuda-Stanić, Mirna; Kolarić, Dario; Šušić, Zdenka; Toth, Leontina; Petrovicky Šveiger, Barbara; Kralj, Marika; Ruškan, Ines; ...

Source / Izvornik: **Ružičkini dani : Međunarodni znanstveno-stručni skup 19. Ružičkini dani „Danas znanost - sutra industrija“ : zbornik radova, 2023, 242 - 257**

Conference paper / Rad u zborniku

Publication status / Verzija rada: **Published version / Objavljena verzija rada (izdavačev PDF)**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:109:323118>

Rights / Prava: [Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International/Imenovanje-Nekomercijalno-Bez prerada 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-10**

REPOZITORIJ

PTFS

PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Food Technology Osijek](#)



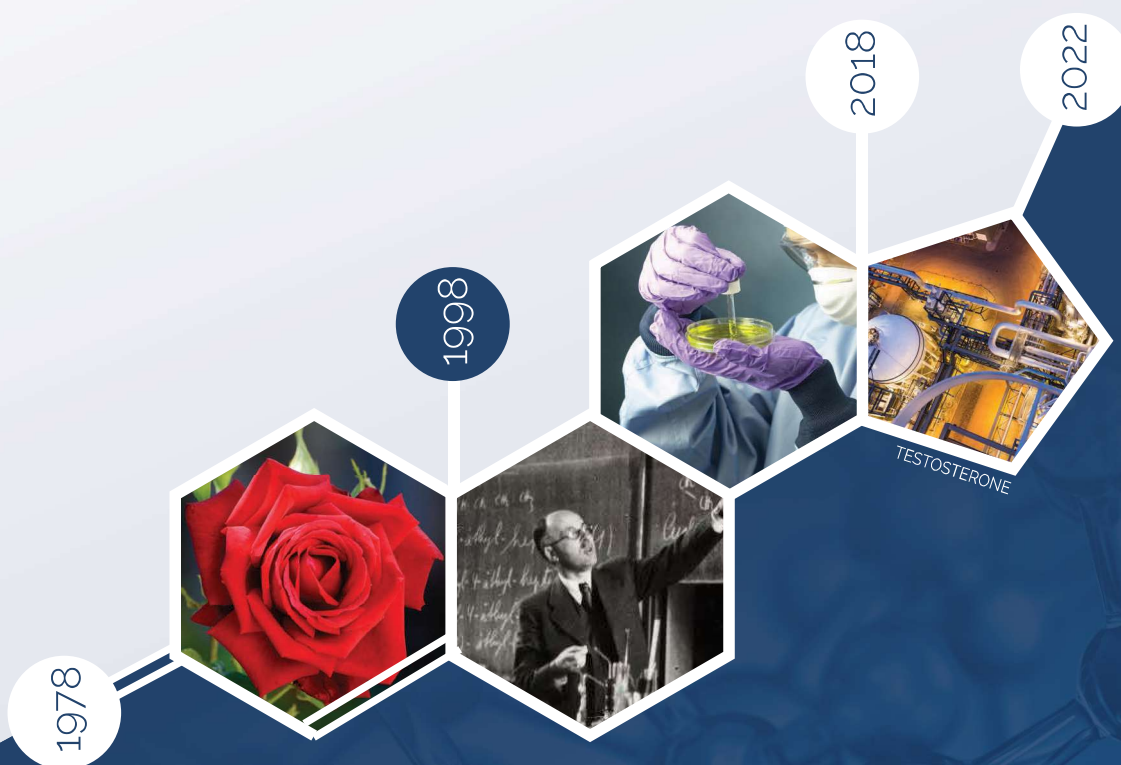
PTFS

HDKI
HRVATSKO DRUŠTVO
KEMIJSKIH INŽENJERA I
TEHNOLOGA

EuChemS
European Chemical Society

EUROPEAN
HYGIENIC ENGINEERING & DESIGN
GROUP
ehedg

international conference
19. Ružička days
TODAY SCIENCE – TOMORROW INDUSTRY
September 21–23, 2022 | Vukovar, Croatia



PROCEEDINGS

ISSN 2671-0668 (Online)

www.ruzickadays.eu

PTF
OS

HDKI
HRVATSKO DRUŠTVO
KEMIJSKIH INŽENJERA I
TEHNOLOGA

EuChemS
European Chemical Society

HYGIENIC ENGINEERING & DESIGN GROUP
ehedg
EUROPEAN

međunarodni znanstveno-stručni skup
19. Ružičkini dani
DANAS ZNANOST – SUTRA INDUSTRIJA
21. – 23. rujna 2022. | Vukovar, Hrvatska



ZBORNİK RADOVA

ISSN 2671-0668 (Online)

8. SUSRET MLADIH KEMIČARA

21. rujna 2022., VUKOVAR, HRVATSKA



$$Re = \frac{vdp}{\eta}$$

ZNAŠ ŠTO
BI SE DOGODILO DA
SE SILVER SURFER
I IRON MAN
UJEDINE?

ZNAM....
POSTALI BI
LEGURA!



PROCEEDINGS |
ZBORNIK RADOVA

19th Ružička Days
TODAY SCIENCE – TOMORROW INDUSTRY
19. Ružičkini dani
DANAS ZNANOST – SUTRA INDUSTRIJA

Published by |
Izdavači

Faculty of Food Technology Osijek, University of
Josip Juraj Strossmayer in Osijek
Croatian Society of Chemical Engineers (CSCE)
Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek
Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Hrvatsko društvo kemijskih inženjera i tehnologa (HDKI)

Chief Editors |
Glavni urednici

Jurislav Babić, Dajana Kučić Grgić, Vesna Ocelić Bulatović

Technical Editor |
Tehnička urednica

Ivana Lauš

Text prepared by |
Tekst pripremili

AUTHORS, who are fully responsible for the papers and
figures
AUTORI, koji su odgovorni za tekst rada i slike

Cover sheet and layout design |
Dizajn naslovnice i prijeloma

Zdenko Blažeković

Scientific and Organizing
Committee and Proceedings
Reviewers |
Znanstveno-organizacijski
odbor i recenzenti Zbornika
radova

Jurislav Babić (*chairman/predsjednik*),
Tomislav Bolanča (*vice-chairman/dopredsjednik*),
Vesna Ocelić Bulatović (*vice-chairman/dopredsjednica*),
Ivana Lauš (*secretary/tajnica*),
Dajana Kučić Grgić (*secretary/tajnica*),
Đurđica Ačkar, Daniela Čačić Kenjeric, Ljubica Glavaš Obrovac,
Ivan Hubalek, Stela Jokić, Olgica Martinis, Ivanka Miličić,
Maja Molnar, Ana Mornar-Turk, Drago Šubarić, Artur Gryszkin
(Poland), Anita Ivanković (Bosnia and Herzegovina), Yusuf
Konca (Turkey), Marta Lores (Spain), Biljana Pajin (Serbia),
Miroslav Slouf (Czech Republic), Mojca Škerget (Slovenia)

ISSN 2671-0668 (Online)

Osijek and/i Zagreb, 2023.

Prikaz ocjene kemijskog stanja površinskih voda Kopačkog rita na temelju analize odabranih teških metala kroz jednogodišnje vremensko razdoblje

Ivan Damjanović¹, Hrvoje Sučić¹, Danijela Bezik¹,
Mirna Habuda-Stanić², Dario Kolarić¹, Zdenka Šušić¹,
Leontina Toth¹, Barbara Petrovicky Šveiger¹, Marika Kralj¹,
Ines Ruškan¹, Mirna Tokić¹, Mirta Eberhard¹, Tanja Marković¹,
Hrvoje Babić¹, Nataša Turić¹, Snježana Benkotić¹

¹Nastavni zavod za javno zdravstvo Osječko-baranjske županije,
Služba za zdravstvenu ekologiju, F. Krežme 1, 31000 Osijek, Hrvatska

²Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek,
F. Kuhača 18, 31000 Osijek, Hrvatska

*Dopisni autor: zz-ekologija-pelud@zzjosijek.hr

stručni rad

Sažetak

Močvarni ekosustavi predstavljaju najproduktivnije ekosustave na Zemlji. Zbog izmjene suhe i vlažne faze osiguravaju raznolikost ekoloških uvjeta na istom staništu te podržavaju veliku bioraznolikost flore i faune. Dinamika plavljenja Kopačkog rita posljedica je njegovog geografskog smještaja na području ušća Drave u Dunav. Kemijsko stanje površinske vode utvrđuje se na temelju prosječne (PGK) i maksimalne godišnje koncentracije (MGK). Teški metali ubrajaju se u grupu najopasnijih anorganskih onečišćujućih tvari zbog bionerazgradivosti, bioakumulacije i zbog ugradnje u hranidbene mreže. Otopljeni u vodi nalaze se u ionskom obliku i ne mogu se biološki razgraditi, ali se mogu bioakumulirati. U sklopu projekta Naturavita na području Kopačkog rita provedeno je uzorkovanje i analiza žive, nikla, kadmija i olova te njihovih spojeva na 19 postaja kroz jednogodišnji period od 12 ciklusa. Prema rezultatima, za sve mjerne postaje izmjerene prosječne (PGK) i maksimalne godišnje koncentracije (MGK) ne prelaze SKVO iz Uredbe o standardu kakvoće vode (NN 96/2019) te je na svim postajama postignuto dobro kemijsko stanje.

Ključne riječi: teški metali, Kopački rit, močvarni ekosustavi, bioakumulacija

Uvod

Teški metali ubrajaju se u grupu najopasnijih anorganskih onečišćujućih tvari zbog bionerazgradivosti, bioakumulacije i ugradnje u hranidbene mreže (Gautam i sur., 2015). Teški metali ne djeluju na isti način i nemaju isti mehanizam te njihova toksičnost ovisi o nekoliko parametara poput temperature, koncentracije, ionskog oblika teških metala, koncentracije ostalih tvari s kojima su u kontaktu i sl. Teški metali koji su otopljeni u vodi nalaze se u ionskom obliku te se ne mogu biološki razgraditi, ali se mogu bioakumulirati (Cross i sur., 1970; Bryan & Hummerstone,

1977; Inglezakis & Pouloupoulos, 2006). Na taj način se unose u žive organizme i zbog toga ispuštanje velikih količina teških metala u vodna tijela ima za posljedicu ozbiljne ekološke, ali i zdravstvene probleme za žive organizme u okruženju (Inglezakis & Pouloupoulos, 2006; Ahmad i sur. 2010), te se mogu ugraditi u hranidbene mreže šireći toksični učinak izvan izvora zagađenja (Tilzer & Khondker, 1993).

Izvori teških metala u površinskim vodama i razlozi njihova ispuštanja mogu biti prirodnog (Wilson & Pyatt 2007; Khan i sur., 2008; Bai i sur., 2011; Martin i sur., 2015) i antropogenog (Nduka & Orisakwe, 2011) porijekla pri čemu se razvijaju novi antropogeni činioci u obliku farmaceutske industrije i proizvoda koji postaju važan faktor procjene stanja okoliša (Gasparotti i sur., 2014). Prirodna pojava teških metala u površinskim vodama je normalna (Popescu i sur., 2022), a prirodni izvori teških metala mogu biti vulkanske aktivnosti, erozija tla i otjecanje vode te čestice aerosola. Erozija tla posebno utječe na kakvoću vode, budući da se teški metali u sedimentu s oborinama ispiru u vodu. U nekim slučajevima, za vrijeme oborina, otpadni teški metali mogu se isprati u sustave odvodnje, a zatim i u obližnje rijeke. Antropogeni izvori teških metala najčešće su vezani za aktivnosti vezane uz obradu metala, tekstilnu industriju, rudarske djelatnosti i druge grane sličnih industrija.

Područje Kopačkog rita je dugi niz godina predmet mnogobrojnih znanstvenih i stručnih istraživanja (Mihaljević & Martinčić 1999). Dosadašnja istraživanja uglavnom su bila usmjerena na određivanje pojavnosti pojedinih teških metala analiziranih iz tkiva bioloških elemenata. Štambuk i sur. (2009) su radili procjenu primjenjivosti metode analize genotoksičnosti slatkovodnih ekosustava putem slatkovodnog školjkaša slikarske lisanke (*Unio pictorum*) u kaveznom uzgoju. Klobučar i sur. (2010) donose istraživanje procjene genotoksičnosti slatkovodnih ekosustava analizom tkiva kaveznog šarana (*Cyprinus carpio*). Međutim, sustavna istraživanja pojavnosti teških metala u površinskim vodama na području Kopačkog rita nisu rađena.

Jedno od najznačajnijih potencijalno opasnih kemijskih spojeva za ekosustav su teški metali. Unosom teških metala u ekosustav oni postaju dio hranidbene mreže jer se akumuliraju u sustavu kroz biološku komponentu (biocenozi) i biotop (neživi dio ekosustava), uključujući tlo, mulj, vodu i druge medije.

Teški metali ubrajaju se u grupu najopasnijih anorganskih onečišćujućih tvari zbog bionerazgradivosti, bioakumulacije i zbog ugradnje u hranidbene mreže (Gautam i sur., 2015). Teški metali ne djeluju na isti način i prema jednakom mehanizmu te njihova toksičnost ovisi o nekoliko parametara poput temperature, koncentracije, ionskog oblika teških metala, koncentracije ostalih tvari s kojima su u kontaktu i sl. Teški metali koji su otopljeni u vodi nalaze se u ionskom obliku te se ne mogu biološki razgraditi, ali se mogu bioakumulirati. Na taj način se unose u žive organizme i zbog toga ispuštanje velikih količina teških metala u vodna tijela ima za posljedicu ozbiljne ekološke, ali i zdravstvene probleme za žive organizme u okruženju (Inglezakis & Pouloupoulos, 2006).

Izvori teških metala u vodama su prirodnog i antropogenog porijekla. Prirodni izvori teških metala mogu biti vulkanske aktivnosti, erozija tla i otjecanje vode te čestice

aerosola. Erozija tla posebno utječe na kakvoću vode, budući da se teški metali u sedimentu s oborinama ispiru u vodu. U nekim slučajevima, za vrijeme oborina, otpadni teški metali mogu se isprati u sustave odvodnje, a zatim i u obližnje rijeke. Antropogeni izvori teških metala najčešće su vezani za aktivnosti vezane uz obradu metala, tekstilnu industriju, rudarske djelatnosti i druge grane sličnih industrija (Gautam i sur., 2015).

Najtoksičniji teški metali su olovo, živa, nikal, kadmij i arsen. Prema projektnom zadatku iz popisa prioriternih tvari i drugih onečišćujućih tvari za površinske vode (NN 96/2019) analizirani su sljedeći pokazatelji:

1. Olovo i spojevi olova
2. Živa i spojevi žive
3. Nikal i spojevi nikla
4. Kadmij i spojevi kadmija

Cilj rada je utvrditi pojavnost odabranih teških metala u vodenom mediju na području Parka prirode Kopački rit.

Materijali i metode

Lokacije uzorkovanja

Istraživanje se provodilo na unaprijed definiranih 19 lokacija kroz vremenski period od godine dana sa jednomjesečnom dinamikom uzorkovanja i analiza (Slika 1, Tablica 1). Uzorkovanje podrazumijeva sakupljanje uzoraka na terenu i rukovanje uzorkom do njegova prispjega u laboratorij. Prije uzorkovanja izvršena je procjena sigurnosti na mjestu uzorkovanja što uključuje brzi pregled potencijalnih opasnosti od dolaska do mjesta uzorkovanja (npr. skliska ili ledena obala), opasnosti od vode (npr. uzvodne brane od trupaca), brzinu te dubinu vode i slično.

Lokacije uzorkovanja predstavljaju vodna tijela na području Parka prirode Kopački rit. Obuhvaćaju antropogena vodna tijela i prirodna jezera i kanale kojima voda iz Dunava i Drave ulazi u staništa Kopačkog rita. Gledajući zonu plavljenja Kopačkog rita lokacije uzorkovanja mogu se podijeliti u dvije grupe. Prvu grupu predstavljaju lokacije u zoni prirodnog plavljenja Dunava i Drave, a drugu grupu čine lokacije koje se nalaze u branjenoj zoni. Prvu grupu čine postaje pod rednim brojevima 8. – 19., a drugu grupu lokacije pod rednim brojevima 1. – 7.

U tablici 1 dan je prikaz lokacija uzorkovanja sa geografskim koordinatama i tipom tekućice prema Uredbi o standardu kakvoće voda (NN 96/2019).

Uzorkovanje vode provedeno je sukladno normama:

HRN ISO 5667-3:2018 Kvaliteta vode - Uzorkovanje - 3. dio: Čuvanje i rukovanje uzorcima vode (ISO 5667-3:2018; EN ISO 5667-3:2018),

HRN ISO 5667-4:2016 Kakvoća vode - Uzorkovanje - 4. dio: Upute za uzorkovanje vode prirodnih i umjetnih jezera (ISO 5667-4:2016),

HRN ISO 5667-6:2016 Kvaliteta vode - Uzorkovanje - 6. dio: Upute za uzorkovanje vode rijeka i potoka (ISO 5667-6:2014; EN ISO 5667-6:2016),

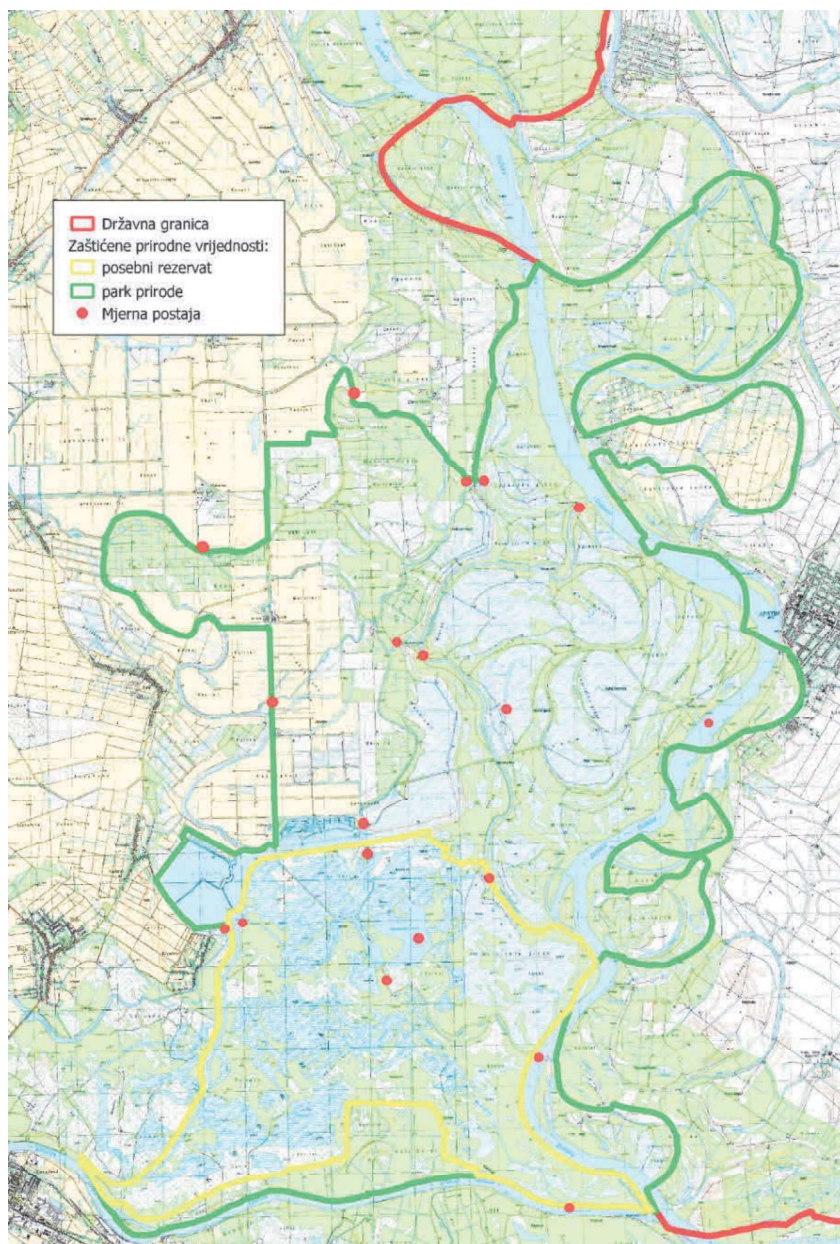
HRN ISO 5667-14:2016 Kvaliteta vode - Uzorkovanje - 14. dio: Upute za osiguravanje kvalitete i kontrolu kvalitete pri uzorkovanju i rukovanju uzorcima vode iz okoliša (ISO 5667-14:2014; EN ISO 5667-14:2016).

Tablica 1. Mjerne postaje za procjenu kemijskog stanja površinskih voda na području Parka prirode Kopački rit

Table 1. Sampling stations for assessing the chemical state of surface waters in the area of the Kopački rit Nature Park

R. broj	Mjerna postaja	HR TIP Tekuće (Uredba)*	GPS koordinate	
			x	y
1.	Kanal Čarna most	Nizinske male tekuće s glinovito-pjeskovitom podlogom (HR-R 2A)	45° 43' 21,8''	018° 50' 28,1''
2.	Crpna stanica Zlatna Greda	-	45° 42' 05,1''	018° 52' 33,9''
3.	Crpna stanica Tikveš	Nizinske srednje i velike tekuće (HR-R 4)	45° 40' 04,4''	018° 51' 07,5''
4.	Kanal Mali Dunav (Šuma Siget)	Nizinske male tekuće s glinovito-pjeskovitom podlogom (HR-R 2A)	45° 43' 21,8''	018° 50' 28,1''
5.	Kanal Podunavlje most	-	45° 39' 27,3''	018° 48' 47,8''
6.	Crpna stanica Podunavlje	Nizinske srednje i velike tekuće (HR-R 4)	45° 43' 21,8''	018° 50' 28,1''
7.	Ustava Kopačevo – Stara Drava	Nizinske srednje i velike tekuće (HR-R 4)	45° 36' 30,1''	018° 47' 53,5''
8.	Dunav – ušće kanala Petreš u Dunav	Nizinske vrlo velike tekuće u silikatnoj podlozi – Dunav (HR-R 5D)	45° 39' 03,3''	018° 56' 46,2''
9.	PZR - Četverokut	SPSCNP	45° 37' 32,0''	018° 50' 25,6''
10.	Kopačko jezero	SPMSNP	45° 36' 18,9''	018° 51' 12,6''
11.	Kanal Hulovo	Nizinske srednje i velike tekuće (HR-R 4)	45° 35' 57,2''	018° 50' 41,2''
12.	Kanal Zlatna Greda	-	45° 42' 06,1''	018° 50' 43,9''
13.	Vemeljski Dunavac Tikveš kompa	Nizinske srednje i velike tekuće (HR-R 4)	45° 39' 56,6''	018° 51' 37,1''
14.	Bara Semenča	-	45° 39' 0,34''	018° 53' 0,3''
15.	Jezero Veliki Sakadaš	Nizinske srednje i velike tekuće (HR-R 4)	45° 36' 38,0''	018° 48' 03,8''
16.	Vemeljski Dunavac – ulaz	Nizinske srednje i velike tekuće (HR-R 4)	45° 41' 40,7''	018° 54' 23,5''
17.	Vemeljski Dunavac – Nadhat fok	Nizinske srednje i velike tekuće (HR-R 4)	45° 37' 15,9''	018° 52' 35,1''
18.	Hulovski kanal – ušće u Dunav	Nizinske srednje i velike tekuće (HR-R 4)	45° 34' 18,4''	018° 53' 19,9''
19.	Renovski kanal – ušće u Dravu	-	45° 32' 53,7''	018° 53' 47,6''

*Uredba o standardu kakvoće voda (NN 96/2019)



Slika 1. Prikaz područja Kopačkog rita sa ucrtanim mjernim postajama
Figure 1. Research area of Kopački rit with marked sampling stations

Laboratorijska obrada

Uzorkovanje površinskih voda za analize teških metala se vršilo ručno, a uzorak se uzima pomoću boce za uzorkovanje te se zatim ulijeva u staklenu bocu od 1000 ml u kojoj se držao do laboratorijske analize. Uzet je po jedan uzorak na svakoj lokaciji. Kako bi uzorci bili homogeni i bez organskih nečistoća u obliku lišća, grančica i sl. pri ulijevanju u bocu su pročišćeni kroz sterilnu gazu. Potom su začepljeni i transportirani u hladnjacima na temperaturi od 4 °C u ispitni laboratorij.

Za svaki uzorak u laboratorijsku bilježnicu se upisivao i zapisnik o uzorkovanju koji obuhvaća podatke kao što su oznaka uzorka, datum i vrijeme uzorkovanja, temperatura zraka, dubina vodnog tijela, prozirnost vode, temperatura vode, koncentracija otopljenog kisika, zasićenost, miris, boja, vodni režim lokacije te podaci o uzorkivačima.

Ukupno je prikupljeno 228 uzoraka površinske vode na 19 lokacija kroz 12 ciklusa uzorkovanja.

S uzorcima se pažljivo postupalo i u adekvatnom laboratorijskom prostoru i odjeći; rukavice od lateksa i laboratorijske kute korištene su tijekom rukovanja uzorcima za izbjegavanje kontaminacije. Staklene boce i ostalo posuđe su uredno očišćeni propisanim kemikalijama. Slijepe probe su se koristile za dobivanje točnih očitavanja instrumenta.

Za analize je korišten AAnalyst 800 atomski apsorpcijski spektrometar s grafitnom pećnicom.

Za olovo, kadmij i nikal potrebno je profiltrirati 50 ml uzorka u staklenoj čaši uređajem za membransku vakuum filtraciju, zakiseliti s 250 ul HNO₃ do pH ≤ 2. Uzorak upariti na grijačoj ploči do cca 10 ml i kvantitativno prenijeti u odmjernu tikvicu od 10 ml, isprati čašu s ultračistom vodom i nadopuniti tikvicu do oznake. U ovako pripremljenim uzorcima mjeri se koncentracija otopljenog Pb, Cd i Ni grafitnom tehnikom. U grafitnoj tehnici Aparat pomoću autosampler-a aplicira alikvot uzorka u grafitnu kivetu pećnice atomskog apsorpcijskog spektrometra. Izvor svjetlosti (HCL lampe) emitira svjetlost specifične valne duljine za pojedini element. Kada zraka svjetlosti prolazi kroz atomski oblak oslobođen atomizacijom u grafitnoj pećnici, atomi apsorbiraju svjetlost ispitivanog elementa u atomskom oblaku. Mjeri se smanjenje intenziteta svjetla određene valne duljine. Aparat na temelju kalibracijske krivulje očitava koncentraciju elementa u µg/l uzorka.

Živu profiltrirati 250 ml uzorka u borsilikatno staklo uređajem za membransku vakuum filtraciju, zakiseliti s 7,5 ml HCl i dodati 2,5 ml 0,5 % K₂Cr₂O₇ za stabilizaciju. U ovako pripremljenim uzorcima mjeri se koncentracija otopljene žive hidridnom tehnikom. U hidridnoj tehnici Mono ili di - valentna živa reducira se do elementarne žive pomoću natrijevog borhidrida u kiselom mediju. Potom se elementarna živa prenosi iz otopine uz pomoć struje inertnog plina u obliku plina atoma i zajedno sa oslobođenim vodikom, transportira se u kvarcnu kivetu. Apsorbancija se mjeri pri valnoj duljini od 253,7 nm u radijacijskom snopu atomskog apsorpcijskog spektrometra. Koncentracija se računa iz kalibracijskog pravca.

U tablici 2 nalazi se popis pokazatelja i pripadajućih metoda, oznake normi analitičkih metoda, mjernih nesigurnosti i vrijednosti granica detekcije i kvantifikacije za svaki pokazatelj koji se određuje u sklopu istraživanja kemijskog stanja površinskih voda.

Tablica 2. Popis pokazatelja, pripadajućih metoda, oznaka normi, mjernih nesigurnosti i vrijednosti granica kvantifikacije za istraživanje kemijskog stanja površinskih

Table 2. A list of indicators, methods, standards, measurement uncertainties and quantification limit values for the assessment of the chemical state of surface waters

Pokazatelj	Mjerna jedinica	Naziv norme	Oznaka norme	Granica detekcije (µg/l)	Granica kvantifikacije (µg/l)	Mjerna nesigurnost (%)
Olovo i spojevi olova	µg/l	GFAAS	*HRN EN ISO 15586: 2008	0,04	0,12	± 40,0
Živa i spojevi žive	µg/l	FIAS	AAS 019 REV 0 (od 1.1.2015.)	0,006	0,02	± 11,4
Nikal i spojevi nikla	µg/l	GFAAS	*HRN EN ISO 15586: 2008	0,15	0,48	± 11,0
Kadmij i spojevi kadmija	µg/l	GFAAS	*HRN EN ISO 15586: 2008	0,006	0,02	± 18,0

Napomena:

*akreditirana metoda

Rezultati i rasprava

Stanje površinskih voda određuje se na temelju ekološkog i kemijskog stanja tijela ili skupine tijela površinskih voda. Kemijsko stanje ocjenjuje se u odnosu na pokazatelje kemijskog stanja, odnosno prioritetnih i prioritetno opasnih tvari, sukladno Uredbi o standardu kakvoće voda (NN 96/2019).

Kemijsko stanje površinskih voda ocjenjuje se u odnosu na pokazatelje kemijskog stanja navedene u Prilogu 5.A. važeće Uredbe o standardu kakvoće voda (NN 96/2019).

Stanje tijela površinske vode određuje se na temelju ekološkog ili kemijskog stanja toga tijela, ovisno o tome koje je lošije.

U ovom radu dana je ocjena kemijskog stanja tijela površinskih voda na temelju rezultata mjerenja pokazatelja prioritetnih i prioritetno opasnih tvari.

Tijelo površinske vode razvrstava se na temelju rezultata ocjene elemenata kakvoće u kategorije kemijskog stanja i to:

1. dobro kemijsko stanje ili
2. nije postignuto dobro kemijsko stanje.

Kemijsko stanje tijela površinske vode utvrđuje se na temelju prosječne godišnje koncentracije (PGK) i maksimalne godišnje koncentracije (MGK) pokazatelja

prioritetnih i prioritetno opasnih tvari iz Priloga 5.B. navedene Uredbe o standardu kakvoće voda.

Prosječna godišnja koncentracija i maksimalna godišnja koncentracija izračunavaju se na temelju svih rezultata mjerenja pokazatelja prioritetnih i prioritetno opasnih tvari, izmjerenih u različitim razdobljima tijekom godine.

Analiza po pojedinim pokazateljima za ocjenu kemijskog stanja određuje se na temelju prosječne godišnje koncentracije (PGK) i maksimalne godišnje koncentracije (MGK) pokazatelja. Stoga su u grafičkim prikazima za usporedbu rezultata na svim postajama korištene vrijednosti prosječne godišnje koncentracije (PGK) i maksimalne godišnje koncentracije (MGK).

Kako su koncentracije pojedinih kemijskih pokazatelja u određenom uzorku niže od granice kvantifikacije, za izračun srednjih vrijednosti koncentracija se koristi pola vrijednosti granice kvantifikacije, sukladno Članku 15., stavak 1 Pravilnika o posebnim uvjetima za obavljanje djelatnosti uzimanja uzoraka i ispitivanja voda (NN 3/2020). Također, za izradu grafičkih prikaza, korištene su navedene vrijednosti pola granice kvantifikacije jer program u kojemu se rade grafički prikazi ne prepoznaje znak < (manje).

Tijelo površinske vode razvrstava se u kategoriju kemijskog stanja »nije postignuto dobro kemijsko stanje« kada je izračunata prosječna godišnja koncentracija najmanje jedne tvari iz Priloga 5.A. Uredbe veća od standarda kakvoće vodnog okoliša za prosječnu godišnju koncentraciju ($PGKi > SKVO$ za PGK), a maksimalna izmjerena koncentracija najmanje jedne tvari iz Priloga 5.A. Uredbe veća od standarda kakvoće vodnog okoliša za maksimalnu godišnju koncentraciju ($MGKi > SKVO$ za MGK) (NN 96/2019.).

Ocjena kemijskog stanja tijela površinske vode određuje se najlošijom od vrijednosti rezultata, uzimajući u obzir rezultate ocjene pokazatelja kemijskog stanja.

Kemijsko stanje tijela površinske vode razvrstava se na temelju rezultata ocjene elemenata kakvoće u navedene kategorije i prikazuje se na kartama odgovarajućom bojom i to:

1. dobro kemijsko stanje, plavom
2. nije postignuto dobro kemijsko stanje, crvenom

Granične vrijednosti kategorija kemijskog stanja za pokazatelje metala prema Uredbi o standardu kakvoće voda (NN 96/2019) prikazane su u tablici 3.

Za kadmij i spojeve kadmija SKVO ovise o tvrdoći vode koja je razvrstana u pet klasnih kategorija (klasa 1: < 40 mg CaCO₃/l, klasa 2: 40 do < 50 mg CaCO₃/l, klasa 3: 50 do < 100 mg CaCO₃/l, klasa 4: 100 do < 200 mg CaCO₃/l i klasa 5: ≥ 200 mg CaCO₃/l).

Prema rezultatima za parametar tvrdoće, na svim postajama, vode se svrstavaju klasu 5. (≥ 200 mg CaCO₃/l).

Tablica 3. Granične vrijednosti za ocjenu kemijskog stanja površinskih voda prema Uredbi o standardu kakvoće voda (NN 96/2019)

Table 3. Threshold values for the assessment of the chemical state of surface waters according to the Regulation on water quality standards (Official Gazette 96/2019)

Br.	Naziv tvari	CAS Broj ⁽¹⁾	PGK-SKVO ⁽²⁾ Kopnene površinske vode ⁽³⁾	PGK-SKVO ⁽²⁾ Druge površinske vode	MGK-SKVO ⁽⁴⁾ Kopnene površinske vode ⁽³⁾	MGK-SKVO ⁽⁴⁾ Druge površinske vode
1.	Kadmij i spojevi kadmija (ovisno o klasama tvrdoće vode) ⁽⁶⁾	7440-43-9	≤ 0,08 (klasa 1) 0,08 (klasa 2) 0,09 (klasa 3) 0,15 (klasa 4) 0,25 (klasa 5)	0,2	≤ 0,45 (klasa 1) 0,45 (klasa 2) 0,6 (klasa 3) 0,9 (klasa 4) 1,5 (klasa 5)	≤ 0,45 (klasa 1) 0,45 (klasa 2) 0,6 (klasa 3) 0,9 (klasa 4) 1,5 (klasa 5)
2.	Olovo i spojevi olova	7439-92-1	1,2 (13)	1,3	14	14
3.	Živa i spojevi žive	7439-97-6			0,07	0,07
4.	Nikal i spojevi nikla	7440-02-0	4 (13)	8,6	34	34

Legenda:

PGK prosječna godišnja koncentracija

MGK maksimalna godišnja koncentracija

SKVO standard kakvoće vodnog okoliša

Olovo i spojevi olova

Raspon vrijednosti rezultata prema kriteriju prosječne godišnje koncentracije kreće se od 0,18 µg/l do 0,43 µg/l. Najniža vrijednost zabilježena je na lokaciji br. 9.PZR Četverokut, a najviša na lokaciji uzorkovanja br. 5.Kanal Podunavlje most (Slika 2). Najviše izmjerene vrijednosti u promatranom rasponu, osim lokacije uzorkovanja br. 5 zabilježene su i na 2.Crpna stanica Zlatna Greda (0,33 µg/l), 7.Ustava Kopačevo - Stara Drava (0,38 µg/l), 8.Dunav – ušće kanala Petreš u Dunav (0,32 µg/l), 12.Kanal Zlatna Greda (0,31 µg/l), 13.Vemeljski Dunavac Tikveš – kompa, 18.Hulovski kanal – ušće u Dunav i 19.Renovski kanal – ušće u Dravu.

Dobiveni rezultati za olovo u korelaciji su sa rezultatima Popescu i sur. (2022) na Dunavu, čije su vrijednosti olova u rasponu od 0,21 µg/l do 0,31 µg/l, te nema značajnih odstupanja u prosječnim godišnjim koncentracijama. U odnosu na istraživanja Bhuyana i sur. (2017) na rijeci Meghna, čije prosječne vrijednosti olova iznose 10 µg/l, i Ahmad i sur. (2010) sa 65.45 µg/l na rijeci Buriganga, rezultati koncentracija olova dobiveni provedbom ovog istraživanja u Kopačkom ritu su znatno niži.

Rezultati istraživanja pokazuju da nema značajne razlike u prosječnim godišnjim koncentracijama na lokacijama uzorkovanja gledajući lokacije kroz prizmu prirodnog plavljenja i branjenog područja. Zabilježene povišene maksimalne koncentracije i dalje su u granicama propisanih vrijednosti, a nalaze se na kanalima Kopačkog rita koji su vezani uz Dunav i Dravu, stoga se može zaključiti da su posljedica vodnog režima dvaju rijeka i dotoka onečišćujućih tvari putem njih. Sukladno Uredbi o

standardu kakvoće vode (NN 96/2019) iz dobivenih rezultata može se zaključiti da su prosječne i maksimalne godišnje koncentracije unutar propisanih vrijednosti.



Slika 2. Prikaz vrijednosti prosječne godišnje koncentracije (PGK) i maksimalne godišnje koncentracije (MGK) olova i spojeva olova na svim lokacijama uzorkovanja
Figure 2. The mean and maximum annual values of lead and lead compounds at all sampling locations

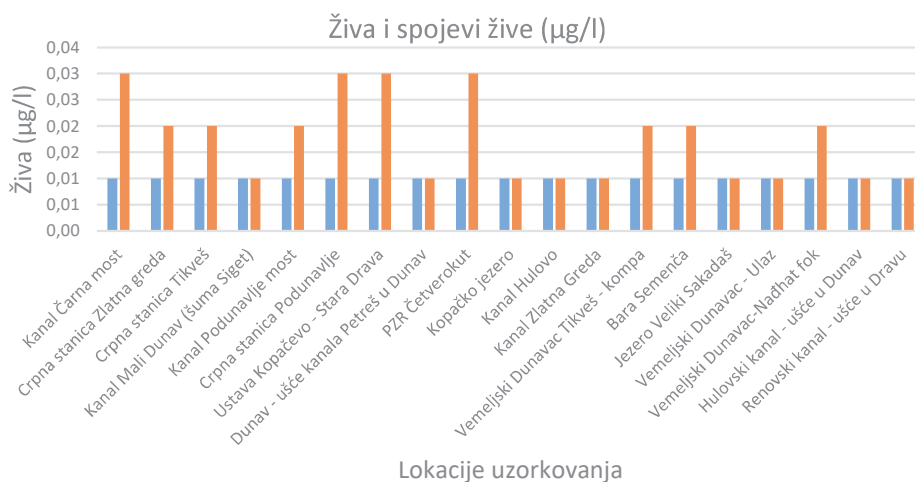
Živa i spojevi žive

Na slici 3 prikazane su vrijednosti prosječne godišnje koncentracije (PGK) žive i spojeva žive utvrđene na svim lokacijama uzorkovanja. Kod uzoraka gdje je koncentracija žive i spojeva žive bila niža od granice kvantifikacije, prikazane su vrijednosti od $0,01 \mu\text{g/l}$, odnosno pola od vrijednosti granice kvantifikacije.

Najviše vrijednosti prosječne godišnje koncentracije (PGK) žive i spojeva žive ($0,03 \mu\text{g/l}$) utvrđene su na lokaciji uzorkovanja br. 1 – Kanal Čarna most, lokaciji uzorkovanja br. 6 - Crpna stanica Podunavlje, br. 7 - Ustava Kopačevo – Stara Drava, br. 9 - PZR Četverokut).

Prema Popescu i sur. (2022) vrijednosti žive su u rasponu od $0,009 \mu\text{g/l}$ do $0,017 \mu\text{g/l}$, što je u korelaciji sa rezultatima ovog istraživanja.

Prema rezultatima za živu i spojeve žive nema značajne razlike na obje grupe lokacija uzorkovanja; zona prirodnog plavljenja i branjena zona. Sukladno Uredbi o standardu kakvoće vode (NN 96/2019) iz dobivenih rezultata može se zaključiti da su prosječne i maksimalne godišnje koncentracije unutar propisanih vrijednosti.



Slika 3. Prikaz vrijednosti prosječne godišnje koncentracije (PGK) i maksimalne godišnje koncentracije (MGK) žive i spojevi žive na svim lokacijama uzorkovanja

Figure 3. The mean and maximum annual values of mercury and mercury compounds at all sampling locations

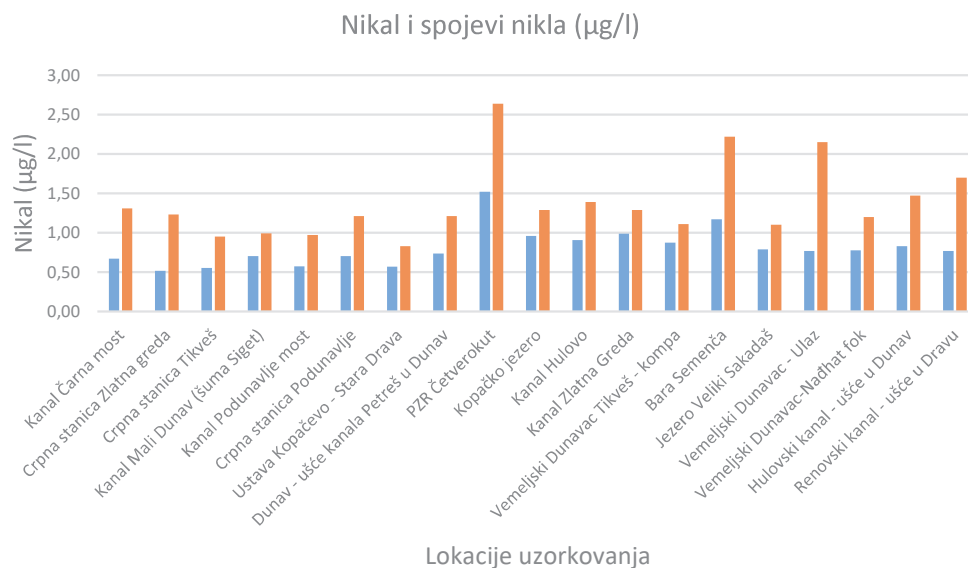
Nikal i spojevi nikla

Slika 4 prikazuje vrijednosti godišnje koncentracije (PGK) i maksimalne godišnje koncentracije (MGK) nikla i spojeva nikla na svim postajama uzorkovanja. Izmjerene vrijednosti prosječne godišnje koncentracije nikla i spojeva nikla kreću se u rasponu od 0,52 µg/l (lokacija uzorkovanja br. 2 - Crpna stanica Zlatna Greda) do 1,52 µg/l (lokacija uzorkovanja br. 9 - PZR Četverokut).

Vrijednosti PGK na svim lokacijama uzorkovanja bile su u rasponu do 1,00 µg/l osim na već spomenutoj lokaciji br. 9 - PZR Četverokut i lokaciji br. 14 - Bara Semenča s vrijednošću od 1,17 µg/l. Primijećeno je da su na lokaciji br. 9 - PZR Četverokut za vrijeme uzorkovanja obavljani mehanički radovi u sklopu izgradnje Ustave.

Dobiveni rezultati za nikal znatno su niži od Bhuyana i sur. (2017), čije su vrijednosti nikla 20 µg/l sa maksimalno izmjerenom koncentracijom od 300 µg/l, te od Ahmad i sur. (2010) koji bilježe 8.80 µg/l.

Iz dobivenih rezultata za nikal i spojeve nikla vidljivo je da nema značajne razlike u rezultatima na obje grupe lokacija uzorkovanja; zona prirodnog plavljenja i branjena zona. Sukladno Uredbi o standardu kakvoće vode (NN 96/2019) iz dobivenih rezultata može se zaključiti da su prosječne i maksimalne godišnje koncentracije unutar propisanih vrijednosti. Za povišene izmjerene maksimalne koncentracije može se pretpostaviti da su rezultat nepovoljnog vodnog režima i male dubine vodnog tijela uzrokovane sušom te uzorkovanja vode neposredno od samog dna vodnog tijela.



Slika 4. Prikaz vrijednosti prosječne godišnje koncentracije (PGK) i maksimalne godišnje koncentracije (MGK) nikla i spojeva nikla na svim postajama uzorkovanja
Figure 4. The mean and maximum annual values of nickel and nickel compounds at all sampling locations

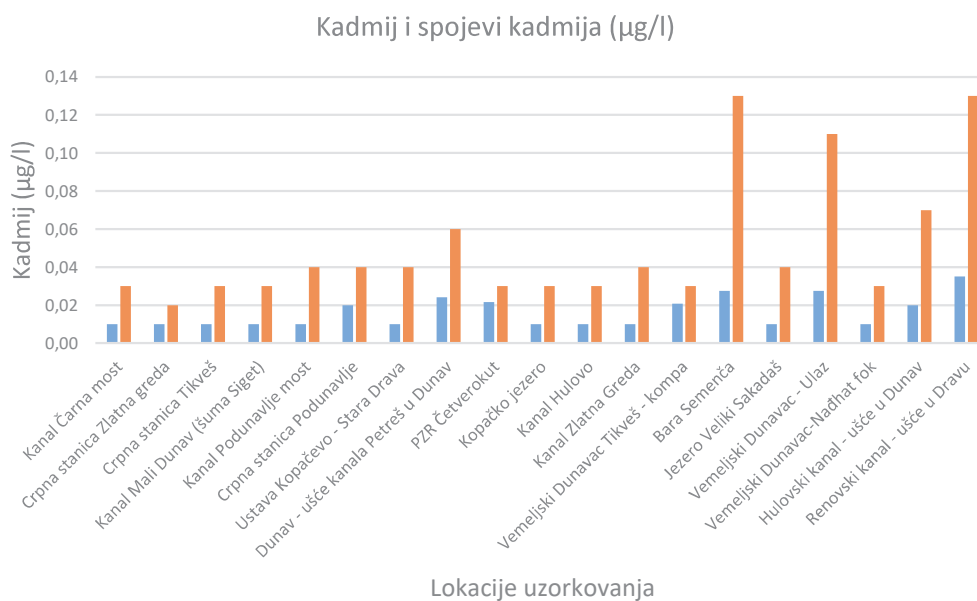
Kadmij i spojevi kadmija

Slika 5 prikazuje prosječne vrijednosti godišnje koncentracije (PGK) i maksimalne godišnje koncentracije (MGK) kadmija i spojeva kadmija na svim postajama uzorkovanja. Izmjerene vrijednosti prosječne godišnje koncentracije (PGK) kadmija i spojeva kadmija kreću se u rasponu od $<0,02 \mu\text{g/l}$ (lokacija uzorkovanja br. 6 - Crpna stanica Podunavlje i lokacija uzorkovanja br. 18 - Hulovski kanal – ušće u Dunav) do $0,04 \mu\text{g/l}$ (lokacija uzorkovanja br. 19. Renovski kanal - ušće u Dravu).

Povišene vrijednosti kadmija i spojeva kadmija zabilježene su i na lokacijama 14. Bara Semenča ($0,028 \mu\text{g/l}$), 16. Vemeljski Dunavac – ulaz ($0,028 \mu\text{g/l}$), 2. Crpna stanica Zlatna Greda ($0,52 \mu\text{g/l}$) te 9. PZR Četverokut ($0,52 \mu\text{g/l}$). Uzorci vode uzorkovani na ukupno 11 lokacija imali su vrijednosti PGK niže od granice kvantifikacije.

Dobiveni rezultati za kadmij znatno su niži od Bhuyana i sur. (2017), čije su vrijednosti kadmija $18 \mu\text{g/l}$. Popescu i sur. (2022) bilježe prosječne godišnje koncentracije kadmija u rasponu $0,004 - 0,088 \mu\text{g/l}$, vrijednosti koje su niže od rezultata ovog istraživanja. Ahmad i sur. (2010) donose prosječnu koncentraciju kadmija od $9,34 \mu\text{g/l}$.

Iz dobivenih rezultata za kadmij i spojeve kadmija vidljivo je da nema razlike u prosječnoj godišnjoj koncentraciji između dvaju grupa lokacija, ali su zabilježene povišene maksimalne godišnje koncentracije na tri postaje koje se nalaze u zoni prirodnog plavljenja. Sukladno navedenom, može se zaključiti da su zabilježene maksimalne povišene vrijednosti posljedica vodnog režima Dunava. Sukladno Uredbi o standardu kakvoće vode (NN 96/2019) iz dobivenih rezultata može se zaključiti da su prosječne i maksimalne godišnje koncentracije unutar propisanih vrijednosti.



Slika 5. Prikaz vrijednosti prosječne godišnje koncentracije (PGK) i maksimalne godišnje koncentracije (MGK) kadmija i spojeva kadmija na svim lokacijama uzorkovanja
Figure 5. The mean and maximum annual values of cadmium and cadmium compounds at all sampling locations

Ocjena stanja

Za sve mjerne postaje izmjerena prosječna godišnja koncentracija (PGK) i maksimalna godišnja koncentracija (MGK) ne prelaze SKVO iz Uredbe o standardu kakvoće vode (NN 96/2019) te sve postaje se ocjenjuju kao dobro kemijsko stanje što je vidljivo iz tablice 4.

Tablica 4. PGK pokazatelja kemijskog stanja na svim lokacijama s ocjenom kemijskog stanja prema važećoj Uredbi o standardu kakvoće voda (NN 96/2019)

Table 4. The mean annual values of indicators of the chemical state at all locations with an assessment of the chemical state according to the Regulation on water quality standards (Official Gazette 96/2019)

R. broj	Postaja	olovo i spojevi olova		živa i spojevi žive		nikal i spojevi nikla		kadmij i spojevi kadmija		Ocjena Kemijskog stanja
		PGK	MGK	PGK	MGK	PGK	MGK	PGK	MGK	
1	Kanal Čarna most	0,28	0,82	<0,02	0,03	0,67	1,31	<0,02	0,03	Dobro
2	Crpna stanica Zlatna greda	0,33	1,04	<0,02	0,02	0,52	1,23	<0,02	0,02	Dobro
3	Crpna stanica Tikveš	0,27	0,84	<0,02	0,02	0,55	0,95	<0,02	0,03	Dobro
4	Kanal Mali Dunav (šuma Siget)	0,23	0,69	<0,02	<0,02	0,70	0,99	<0,02	0,03	Dobro
5	Kanal Podunavlje most	0,43	2,64	<0,02	0,02	0,58	0,97	<0,02	0,04	Dobro
6	Crpna stanica Podunavlje	0,24	0,62	<0,02	0,03	0,70	1,21	0,02	0,04	Dobro
7	Ustava Kopačevo - Stara Drava	0,38	1,52	<0,02	0,03	0,57	0,83	<0,02	0,04	Dobro
8	Dunav - ušće kanala Petreš u Dunav	0,32	0,64	<0,02	<0,02	0,74	1,21	0,02	0,06	Dobro
9	PZR Četverokut	0,18	0,46	<0,02	0,03	1,52	2,64	0,02	0,03	Dobro
10	Kopačko jezero	0,28	0,44	<0,02	<0,02	0,96	1,29	<0,02	0,03	Dobro
11	Kanal Hulovo	0,27	0,57	<0,02	<0,02	0,91	1,39	<0,02	0,03	Dobro
12	Kanal Zlatna Greda	0,31	0,82	<0,02	<0,02	0,99	1,29	<0,02	0,04	Dobro
13	Vemeljski Dunavac Tikveš - kompa	0,33	1,14	<0,02	0,02	0,88	1,11	0,02	0,03	Dobro
14	Bara Semenča	0,24	0,45	<0,02	0,02	1,17	2,22	0,03	0,13	Dobro
15	Jezero Veliki Sakadaš	0,29	0,88	<0,02	<0,02	0,79	1,10	<0,02	0,04	Dobro
16	Vemeljski Dunavac - Ulaz	0,28	0,71	<0,02	<0,02	0,77	2,15	0,03	0,11	Dobro
17	Vemeljski Dunavac-Nadhat fok	0,25	0,46	<0,02	0,02	0,78	1,20	<0,02	0,03	Dobro
18	Hulovski kanal - ušće u Dunav	0,41	1,81	<0,02	<0,02	0,83	1,47	0,02	0,07	Dobro
19	Renovski kanal - ušće u Dravu	0,32	1,14	<0,02	<0,02	0,77	1,70	0,04	0,13	Dobro

Legenda: Dobro kemijsko stanje; Nije postignuto dobro kemijsko stanje

Zaključci

Sukladno rezultatima statističke obrade analiza svih uzorka vode uzorkovanih na devetnaest lokacija prema planu istraživanja kemijskog stanja površinskih voda tijekom jedne godine uzorkovanja, značajna odstupanja u rezultatima nisu uočena. Tijelo površinske vode razvrstava se u kategoriju kemijskog stanja »dobro kemijsko stanje« kada je izračunata prosječna godišnja koncentracija svake od tvari iz Priloga 5.A. ove Uredbe manja ili jednaka standardu kakvoće vodnog okoliša za prosječnu godišnju koncentraciju ($PGK_i \leq SKVO$ za

PGK), a maksimalna izmjerena koncentracija svake tvari iz Priloga 5.A. ove Uredbe manja ili jednaka standardu kakvoće vodnog okoliša za maksimalnu godišnju koncentraciju ($MGK_i \leq SKVO$ za MGK). Na svim lokacijama vrijednosti prosječne i maksimalne godišnje koncentracije su manje od standarda kakvoće vodnog okoliša navedenih u Prilogu 5.B. Uredbe o standardu kakvoće voda (NN 96/2019) te se sukladno navedenoj Uredbi, tijela površinskih voda na području Parka prirode Kopački rit razvrstavaju se u kategoriju kemijskog stanja: dobro kemijsko stanje.

Literatura

- Ahmad, M.K., Islam, S., Rahman, S., Haque, M.R., Islam, M.M., (2010): Heavy metals in water, sediment and some fishes of Buriganga River, Bangladesh, *Int. J. Environ. Res.* 4, pp. 321–332.
- Bai, J., Xiao, R., Cui, B., Zhang, K., Wang, Q., Liu, X., Gao, H., Huang, L., (2011): Assessment of heavy metal pollution in wetland soils from the young and old reclaimed regions in the Pearl River Estuary, South China, *Environ. Pollut.* 159, pp. 817–824.
- Bhuyana, S., Abu Bakar, M., Akhtara, A., Hossain, M. B., Alid, M.M., Islama, S. (2017): Heavy metal contamination in surface water and sediment of the Meghna River, Bangladesh, *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management* 8, pp. 273–279
- Bryan, G. W and Hummerstone, L. G. (1977): Indicators of heavy metal contamination in the Looe Estuary (Cornwall) with particular regard to Silver and Lead, *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 57 (1), pp. 75–92
- Cross, F. A., Duke, T. W. and Willes, J. N. (1970). Biogeochemistry of trace elements in coastal plane estuary: Distribution of manganese, iron and zinc in sediments, water and polychaetous worms, *Chesapeake Sci.* 11, pp. 221–234.
- Gasparotti, C. (2014): The main factors of water pollution in Danube River basin, *Euro Econ.* 33, pp. 93–106.
- Gautam, R., Sharma, S., Mahiya, S., Chattopadhyaya, M. (2015): Contamination of Heavy Metal in Aquatic Media: Transport, Toxicity and Technologies for Remediation. In: *Heavy Metals in Water*, Presence, Removal and Safety. Sanjay K. Sharma (ed.): The Royal Society of Chemistry, Cambridge, pp. 380.
- Inglezakis, V.J., Pouloupoulos, S.G. (2006): *Adsorption, Ion Exchange and Catalysis*. Design of Operations and Environmental Applications Elsevier, 1st Edition - August 23, 2006, pp. 602.
- Khan, S., Cao, Q., Zheng, Y.M., Huang, Y.Z., Zhu, Y.G., (2008): Health risks of heavy metals in contaminated soils and food crops irrigated with wastewater in Beijing, China, *Environ. Pollut.* 152, pp. 686–692
- Klobučar G.I.V., Štambuk A., Pavlica M., Sertić Perić M., Kutuzović Hackenberger B., Hylland K. (2010): Genotoxicity monitoring of freshwater environments using caged carp (*Cyprinus carpio*), *Ecotoxicology* 19(1), pp. 77–84.
- Martin, J.A.R., Arana, C.D., Ramos-Miras, J.J., Gil, C., Boluda, R., (2015): Impact of 70 years urban growth associated with heavy metal pollution, *Environ. Pollut.* 196, pp. 156–163.
- Mihaljević, M., Martinčić, J. (ur.). (1999): Kopački rit – pregled istraživanja i bibliografija. Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, Osijek 1999. (monografija), 188 str.
- Nduka, J.K., Orisakwe, O.E., (2011): Water-quality issues in the Niger Delta of Nigeria: a look at heavy metal levels and some physicochemical properties, *Environ. Sci. Pollut. Res.* 18, pp. 237–246.
- Plan upravljanja Parkom prirode Kopački rit (2011): Javna Ustanova Park prirode Kopački rit, Tikveš, svibanj 2010. 135 str.

- Popescu, F., Trumić, M., Cioabla, A. E., Vujić, B., Stoica, V., Trumić, M., Opris, K., Bogdanović, G., Trif-Tordai, G. (2022): Analysis of Surface Water Quality and Sediments Content on Danube Basin in Djerdap-Iron Gate Protected Areas, *Water* 14, 2991.
- Pravilnik o posebnim uvjetima za obavljanje djelatnosti uzimanja uzoraka i ispitivanja voda, Narodne novine, br. 3/2020.
- Prostorni plan parka prirode Kopački rit (2006): Zavod za prostorno planiranje. Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva, Republika Hrvatska. 176 str.
- Štambuk, A., Pavlica, M., Vignjević, G., Bolarić, B., Klobučar, G.I.V., (2009): Assessment of genotoxicity in polluted freshwaters using caged painter's mussel, *Unio pictorum*, *Ecotoxicology* 18(4), 430-9.
- Tilzer, M. M., Khondker, M. (1993): Hypertrophic and polluted freshwater ecosystems: Ecological basis for water resource management. Dept. of Botany, Dhaka University, Bangladesh.
- Uredba o standardu kakvoće voda, Narodne novine, br. 96/2019.
- Wilson, B., Pyatt, F.B., (2007): Heavy metal dispersion persistence, and bioaccumulation around an ancient copper mine situated in Anglesey, UK, *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 66, pp. 224–231.

Evaluation of chemical status of Kopački rit surface water bodies through analysis of selected heavy metals through one-year period

**Ivan Damjanović¹, Hrvoje Sučić¹, Danijela Bezik¹, Mirna Habuda-Stanić²,
 Dario Kolarić¹, Zdenka Šušić¹, Leontina Toth¹, Barbara Petrovicky
 Šveiger¹, Marika Kralj¹, Ines Ružkan¹, Mirna Tokić¹, Mirta Eberhard¹,
 Tanja Marković¹, Hrvoje Babić¹, Nataša Turić¹, Snježana Benkotić¹**

¹Teaching Institute of Public Health for the Osijek-Baranja County, Drinska 8, 31000 Osijek, Croatia

²Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Food Technology Osijek, F. Kuhača 18, 31000 Osijek, Croatia

*Corresponding author: zz-ekologija-pelud@zzjosijek.hr

professional paper

Summary

Wetlands are the most productive ecosystems on Earth. Due to the undergoing wet – dry cycles, they ensure the diversity of ecological conditions and support high biodiversity. The dynamics of the Kopački rit floodplain water regime is a consequence of its geographical location in the area of the Drava – Danube confluence. The chemical status of surface water is based on the annual average concentrations (AAC) of the substances and on the maximum annual concentration (MAC). Heavy metals are among the most dangerous inorganic pollutants due to biodegradability, bioaccumulation, toxicity and due to incorporation into food chains. Dissolved in water, they are in ionic form and non-biodegradable and tend to accumulate in living things in the process of bioaccumulation. As part of the Naturavita project in the Nature Park Kopački rit, sampling and analysis of mercury, nickel, cadmium, lead and their compounds were carried out at 19 locations through one-year period of 12 field survey cycles. According to the obtained results, at all sampling locations, the measured average (AAC) and maximum annual concentrations (MAC) do not exceed allowable concentration according to Regulation on water quality standard (OG 96/2019). Good chemical status has been achieved at all sampling locations.

Ključne riječi: heavy metals, Kopački rit Nature Park, wetland ecosystems, bioaccumulation