



UNIVERZITET U NOVOM SADU

FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA



**IDENTIFIKACIJA SPECIFIČNIH
POLUTANATA I RAZVOJ
METODOLOGIJE PRIORITIZACIJE U
CILJU UNAPREĐENJA
MEHANIZAMA ZAŠTITE
POVRŠINSKIH I OTPADNIH VODA**

DOKTORSKA DISERTACIJA

Mentor:
Prof. dr Bogdana Vujić

Kandidat:
Dušan Milovanović

Novi Sad, 2024. godina

КЉУЧНА ДОКУМЕНТАЦИЈСКА ИНФОРМАЦИЈА

Врста рада:	Докторска дисертација
Име и презиме аутора:	Душан Миловановић
Ментор (титула, име, презиме, звање, институција):	Проф. др Богдана Вујић, редовни професор, Технички факултет Михајло Пупин, Зрењанин
Наслов рада:	Идентификација специфичних полутаната и развој методологије приоритизације у циљу унапређења механизма заштите површинских и отпадних вода
Језик публикације (писмо):	Српски (латиница)
Физички опис рада:	Унети број: Страница 126 Поглавља 7 Референци 152 Табела 26 Слика 16 Графикана 0 Прилога 8
Научна област:	Инжењерство заштите животне средине и заштите на раду
Ужа научна област (научна дисциплина):	Инжењерство заштите животне средине
Кључне речи / предметна одредница:	Приоритизација, квалитет вода, емергентне супстанце, приоритетне супстанце, приоритетно хазардне супстанце, процена ризика
Резиме на језику рада:	Докторска дисертација фокусира се на идентификацију специфичних полутаната у површинским и отпадним водама, као и на развој методологије приоритизације са циљем унапређења механизма заштите вода. Очување квалитета воде није само питање здравља хумане популације, већ и кључни фактор у остваривању циљева одрживог развоја који постављају стандарде за заштиту и очување водних ресурса, осигуравајући их за садашње и будуће генерације. Стога је свеобухватно континуално праћење једињења присутних у води од велике важности. У оквиру истраживања, фокус је био на детекцији и квантификацији специфичних полутаната у узорцима површинских вода Дунава и комуналних отпадних вода на локацијама у близини Новог Сада. Примењена је нова методологија приоритизације, резултујући добијањем листе специфичних полутаната у складу са Оквирном директивом о водама, први пут у Републици Србији. Коначан резултат приоритизације је листа која рангира све релевантне органске полутанте према њиховим индикаторима опасности, значајности и фреквенцији детекције. У оквиру дисертације, извршена је и математичка процена ризика од загађујућих супстанци по животну средину применом WRASTIC модела. Истраживање у оквиру докторске дисертације доприноси разумевању и унапређењу система заштите вода, пружајући нове увиде и алате за ефикасније управљање отпадним и површинским водама.
Датум прихватања теме од стране надлежног већа:	11.07.2019.

Датум одбране: (Попуњава одговарајућа служба)	
Чланови комисије: (титула, име, презиме, звање, институција)	Председник: др Маја Петровић, ванредни професор, ФТН Нови Сад Члан: др Миљана Прица, редовни професор, ФТН Нови Сад Члан: др Ивана Михајловић, ванредни професор, ФТН Нови Сад Члан: др Гордана Гајица, виши научни сарадник, ИХТМ Београд Ментор: др Богдана Вујић, редовни професор, ТФ Михајло Пупин Зрењанин
Напомена:	

**UNIVERSITY OF NOVI SAD
FACULTY OF TECHNICAL SCIENCES**

KEY WORD DOCUMENTATION

Document type:	Doctoral dissertation
Author:	Dušan Milovanović
Supervisor (title, first name, last name, position, institution)	Prof. Dr. Bogdana Vujić, full profesor, Technical Faculty Mihajlo Pupin, Zrenjanin
Thesis title:	Identification of specific pollutants and development of prioritization methodology aimed at enhancing mechanisms for protecting surface and wastewater
Language of text (script):	Serbian language (latin script)
Physical description:	Number of: Pages 126 Chapters 7 References 152 Tables 26 Illustrations 16 Graphs 0 Appendices 8
Scientific field:	Environmental Engineering and Occupational Safety and Health
Scientific subfield (scientific discipline):	Environmental Engineering
Subject, Key words:	Prioritization, water quality, emerging substances, priority substances, priority hazardous substances, risk assessment
Abstract in English language:	The doctoral dissertation focuses on the identification of specific pollutants in surface and wastewater, as well as on the development of a prioritization methodology with the aim of improving water protection mechanisms. Preservation of water quality is not only a matter of the health of the human population, but also a key factor in the achievement of sustainable development goals that set standards for the protection and preservation of water resources, ensuring them for current and future generations. Therefore, comprehensive continuous monitoring of compounds present in water is of great importance. As part of the research, the focus was on the detection and quantification of specific pollutants in surface water samples of the Danube and municipal wastewater at locations near Novi Sad. A new prioritization methodology was applied, resulting in obtaining a list of specific pollutants in accordance with the Water Framework Directive, for the first time in the Republic of Serbia. The final result of the prioritization is a list that ranks all relevant organic pollutants according to their hazard indicators, significance and frequency of detection. As part of the dissertation, a mathematical risk assessment of polluting substances on the environment was performed using the WRASTIC model. The research within the doctoral dissertation contributes to the understanding and improvement of the water protection system, providing new insights and tools for more efficient wastewater and surface water management.
Accepted on Scientific Board on:	11.07.2019.
Defended: (Filled by the faculty service)	

Thesis Defend Board: (title, first name, last name, position, institution)	President: dr Maja Petrović, associate professor, FTS Novi Sad Member: dr Miljana Prica, full professor, FTS Novi Sad Member: dr Ivana Mihajlović, associate professor, FTS Novi Sad Member: dr Gordana Gajica, senior research associate, IHTM Belgrade Mentor: dr Bogdana Vujić, full professor, TF Mihajlo Pupin Zrenjanin
Note:	

SADRŽAJ

1	Uvod	4
1.1	Definisanje problema istraživanja	6
1.2	Cilj istraživanja	8
2	Teorijski deo.....	10
2.1	Tipovi emergentnih supstanci	10
2.2	Fizičko-hemijske karakteristike emergentnih supstanci.....	13
2.3	Izvori emergentnih supstanci	15
2.4	Sudbina, transport i transformacije emergentnih supstanci u životnoj sredini	17
2.5	Uticaj emergentnih supstanci i prioriternih i prioriterno hazardnih supstanci na zdravlje humane populacije i kvalitet životne sredine	19
2.6	Procena uticaja zagađujućih supstanci na životnu sredinu	21
2.7	Internacionalna i nacionalna zakonska regulativa, standardi i preporuke u oblasti monitoringa i zaštite voda.....	23
2.8	Presek stanja upravljanja prioriternim i prioriternim hazardnim supstancama.....	26
2.9	Pregled vladajućih stavova i shvatanja u literaturi u području istraživanja	28
3	Materijal i metode	30
3.1	Lokaliteti uzorkovanja	30
3.2	Kampanje uzorkovanja	32
3.3	Metode uzorkovanja i priprema uzorka	33
3.4	Metode instrumentalne analize	35
3.5	Procedure prioritizacije detektovanih supstanci	37
3.6	Procena rizika zagađujućih supstanci po životnu sredinu	44
4	Rezultati i diskusija	49
4.1	Rezultati i diskusija skrining i target analize	49
4.2	Rezultati i diskusija prioritizacije.....	56
4.2.1	Optimizovana prioritizacija zasnovana na toksičnim efektima.....	56
4.2.2	THV metoda	70
4.2.3	Metoda Indeks rangiranja	79
4.3	WRASTIC metoda.....	85
4.4	Preporuke za unapređenje mehanizma zaštite površinskih i otpadnih voda.....	88
5	Zaključak.....	88
6	Literatura.....	91
7	Prilozi.....	103

Spisak tabela

Tabela 1. Izvori EmS i značajne klase.....	15
Tabela 2. Procena izloženosti –procena rizika na životnu sredinu, zemljište, vodu i ljudsko zdravlje	21
Tabela 3. Procena efekata – procene rizika na životnu sredinu, zemljište, vodu i ljudsko zdravlje – od procene efekata do upravljanja rizikom	23
Tabela 4. Odabrana mesta uzorkovanja sa koordinatama.....	31
Tabela 5. Podaci Republičkog hidrometeorološkog zavoda za drugu i treću kampanju uzorkovanja	32
Tabela 6. Karakterizacija rizika koja uključuje izlaganje i efekte primenom normi kvaliteta povezanih sa efektima.....	38
Tabela 7. Klase ranga polutanata dodeljenih na osnovu vrednosti koncentracije i ocene.....	44
Tabela 8. Rangovi, ocene i težine pojedinačnih parametar WRASTIC metode.....	47
Tabela 9. Lista prioriternih jedinjenja – Target analiza	57
Tabela 10. Lista prioriternih jedinjenja – skrining analiza	58
Tabela 11. Spisak jedinjenja u odnosu na sezonske varijacije – target analiza	61
Tabela 12. Spisak jedinjenja u odnosu na sezonske varijacije – skrining analiza	62
Tabela 13. Spisak jedinjenja prema vrsti vode – target analiza.....	65
Tabela 14. Spisak jedinjenja prema vrsti vode – skrining analiza.....	67
Tabela 15. Rezultati prioritizacije THV metodom	70
Tabela 16. Rezultati prioritizacije metodom Indeks rangiranja.....	79
Tabela 17. Tabelarni prikaz vrednosti pojedinačnih parametara WRASTIC indeksa.....	86
Tabela 18. Kvalitet vode u zavisnosti od vrednosti indeksa.....	87
Tabela 19. Rezultati skrining analize vode uzorkovane na lokalitetima	103
Tabela 20. Rezultati skrining analize vode uzorkovane na lokalitetima	109
Tabela 21. Rezultati skrining analize vode uzorkovane na lokalitetima	112
Tabela 22. Prva skrining analiza.....	116
Tabela 23. Druga skrining analiza	119
Tabela 24. Treća skrining analiza	121
Tabela 25. Rezultati target analize za jedinjenja izmerena iznad LOD.....	124
Tabela 26. Rezultati jesenje target analize za organska jedinjenja izmerena iznad LOD u (mg/L)..	126

Spisak slika

Slika 1. Prikaz izvorišta pijaće vode na teritoriji grada Novog Sada.....	8
Slika 2. Kategorije EmS-a.....	10
Slika 3. Hemijska struktura PFC.....	11
Slika 4. Hemijska struktura tert-butiletra (MTBE)	11
Slika 5. Hemijska struktura nanomaterijala	13
Slika 6. Hemijska struktura pesticida.....	13
Slika 7. Izvori i sudbina farmaceutika i proizvoda za ličnu higijenu i drugih EmS u akvatičnoj sredini.....	16
Slika 8. Procesi i putevi dospevanja EmS-a u akvatičnu sredinu	19
Slika 9. Hemijska struktura odabranih EmS	21
Slika 10. Lokaliteti uzorkovanja	30
Slika 11. Lokaliteti uzorkovanja površinske vode nizvodno od ispusta	32
Slika 12. Status i režim monitoringa Dunavske vode u blizini Novog Sada prema RHMZ....	33
Slika 13. Prikupljanje i čuvanje uzoraka.....	34
Slika 14. Drvo odlučivanja za klasifikaciju emergentnih i organskih polutanata u šest kategorija.....	39
Slika 15. Dobijanje najniže PNEC vrednosti (STP-standardni test-podaci; PR-procena rizik	40
Slika 16. Vegetativna pokrivenost sliva toka reke Dunav kroz grad Novi Sad	86

Rezime

Doktorska disertacija fokusira se na identifikaciju specifičnih polutanata u površinskim i otpadnim vodama, kao i na razvoj metodologije prioritizacije sa ciljem unapređenja mehanizama zaštite voda. Očuvanje kvaliteta vode nije samo pitanje zdravlja humane populacije, već i ključni faktor u ostvarivanju ciljeva održivog razvoja koji postavljaju standarde za zaštitu i očuvanje vodnih resursa, osiguravajući ih za sadašnje i buduće generacije. Stoga je sveobuhvatno kontinualno praćenje jedinjenja prisutnih u vodi od velike važnosti. U okviru istraživanja, fokus je bio na detekciji i kvantifikaciji specifičnih polutanata u uzorcima površinskih voda Dunava i komunalnih otpadnih voda na lokacijama u blizini Novog Sada. Primijenjena je nova metodologija prioritizacije, rezultujući dobijanjem liste specifičnih polutanata u skladu sa Okvirnom direktivom o vodama, prvi put u Republici Srbiji. Konačan rezultat prioritizacije je lista koja rangira sve relevantne organske polutante prema njihovim indikatorima opasnosti, značajnosti i frekvenciji detekcije. U okviru disertacije, izvršena je i matematička procena rizika od zagađujućih supstanci po životnu sredinu primenom WRASTIC modela. Istraživanje u okviru doktorske disertacije doprinosi razumevanju i unapređenju sistema zaštite voda, pružajući nove uvide i alate za efikasnije upravljanje otpadnim i površinskim vodama.

Ključne reči: prioritizacija, kvalitet voda, emergentne supstance, prioritetne supstance, prioritetno hazardne supstance, procena rizika

Abstract

The doctoral dissertation focuses on the identification of specific pollutants in surface and wastewater, as well as on the development of a prioritization methodology with the aim of improving water protection mechanisms. Preservation of water quality is not only a matter of the health of the human population, but also a key factor in the achievement of sustainable development goals that set standards for the protection and preservation of water resources, ensuring them for current and future generations. Therefore, comprehensive continuous monitoring of compounds present in water is of great importance. As part of the research, the focus was on the detection and quantification of specific pollutants in surface water samples of the Danube and municipal wastewater at locations near Novi Sad. A new prioritization methodology was applied, resulting in obtaining a list of specific pollutants in accordance with the Water Framework Directive, for the first time in the Republic of Serbia. The final result of the prioritization is a list that ranks all relevant organic pollutants according to their hazard indicators, significance and frequency of detection. As part of the dissertation, a mathematical risk assessment of polluting substances on the environment was performed using the WRASTIC model. The research within the doctoral dissertation contributes to the understanding and improvement of the water protection system, providing new insights and tools for more efficient wastewater and surface water management.

Keywords: Prioritization, water quality, emerging substances, priority substances, priority hazardous substances, risk assessment

1. UVOD

Kontaminacija površinskih vodenih tokova, raznim organskim i neorganskim jedinjenjima predstavlja izazov od vitalnog značaja za očuvanje životne sredine. Upravljanje ovim problemom ima ključnu ulogu u ostvarivanju ciljeva održivog razvoja, posebno u pogledu kvaliteta vode. Redovno sprovođenje monitoring programa je esencijalno kako bi se identifikovalo prisustvo i odredio uticaj kontaminanata na akvatične ekosisteme. Ovaj proces ne samo da omogućava identifikaciju izvora zagađenja, već i pruža osnovu za efikasne strategije upravljanja vodama koje su u skladu sa principima održivosti. Komunalna i industrijska otpadna voda predstavlja jedan od glavnih izvor zagađenja površinskih voda ukoliko se ne sakuplja i tretira na adekvatan način. U akvatičnim ekosistemima detektovano je prisustvo organskih jedinjenja u tragovima koja često nisu obuhvaćena redovnim monitoring programima, za koje je zabrinutost u porastu usled izrazitih toksičnih efekata, naročito kada su prisutne kao komponente kompleksnih smeša. Usled limitiranih kapaciteta konvencionalnih mernih uređaja, ova jedinjenja do nedavno nisu mogla biti detektovana. Ova jedinjenja poznata su kao emergentne supstance (*eng. Emerging substances - EmS*).

Agencija za zaštitu životne sredine Sjedinjenih američkih država (SAD), definiše dva kriterijuma po kojima se supstance mogu smatrati emergentnim (Schoeters et al, 2019): 1) Predstavljaju nove sintetisane supstance (supstance koje su zamena nekim supstancama koje su podložne izvesnim ograničenjima upotrebe ili zabranama); 2) Predstavljaju supstance koje su izvesno vreme prisutne u životnoj sredini, ali i za koje su otkriveni novi dokazi o njihovom uticaju na zdravlje ljudi (Puri M. et al, 2023). Sa druge strane, u Evropskoj uniji (EU), EmS je uobičajeni pojam koji se koristi za supstance koje trenutno nisu regulisane u smislu rutinskog monitoringa i kontrole emisije ali se svakako treba razmatrati da se uvrste prilikom inoviranja regulative (Dulio et al, 2018).

Kako bi se EmS, kao potencijalno preteća jedinjenja identifikovala, neophodno je sprovoditi kvalitativne (skrining) i kvantitativne (target) analize. Skrining analizom se dokazuje prisustvo emergentnih jedinjenja, a target analizom se utvrđuje njihov koncentracioni nivo.

Kao deo redovnog monitoring programa u Evropskoj Uniji Aneks X Okvirne Direktive o vodama (*Water Framework Directive – WFD*) definiše 30 prioriternih i 71 prioriternih hazardnih supstanci i nameće obavezu njihovog monitoringa svim država članicama Evropske Unije. Prioritetne supstance su pojedinačne supstance ili grupe polutanata koje predstavljaju značajan rizik za akvatičnu sredinu, kao i za sirovu vodu koja se koristi za vodosnabdevanje. Prioritetne i prioriterno hazardne supstance su toksične, perzistentne, imaju tendenciju bioakumulacije i uzrokuju povećan rizik za zdravlje ljudi i životnu sredinu.

Prioritetne supstance se posebno prate i regulišu zbog njihovog potencijalnog uticaja na ljudsko zdravlje i kvalitet životne sredine. Mogu biti kancerogene supstance, mutagene, toksične supstance za reprodukciju i druge koje mogu izazvati ozbiljne štetne efekte. Takve supstance zahtevaju posebno strogu regulaciju i kontrolu kako bi se minimizirao njihov potencijalni štetan uticaj na ljude i okolinu.

Emergentne supstance, koje nisu adekvatno regulisane i predstavljaju potencijalnu opasnost po humanu populaciju i životnu sredinu, imaju predispoziciju da budu uvrštene u listu prioriternih i prioriterno hazardnih supstanci nakon utvrđivanja njihovih karakteristika poput ekotoksičnosti i perzistentnosti.

U Republici Srbiji, u prethodnom periodu monitoring je bio ograničen na fizičko-hemijske parametre i analizu neorganskih jedinjenja, dok su organska bila potpuno zanemarena. Deo zakonodavstva koji se odnosi na monitoring otpadnih i površinskih voda u Republici Srbiji je usklađen sa zakonodavstvom EU, ali do sada nije u potpunosti primenjen. Monitoring kvaliteta površinskih voda u Republici Srbiji sprovodi Agencija za zaštitu životne sredine Srbije (SEPA) i sadrži: (1) praćenje bioloških elemenata za procenu ekološkog statusa površinskih voda; (2) praćenje fizičko-hemijskih, hemijskih i mikrobioloških parametara u površinskim i podzemnim vodama; i (3) praćenje kvaliteta nanosa u rekama i akumulacijama. Od 2015. godine monitoring je proširen i obuhvatio je i manji broj prioritetnih i prioritetno hazardnih supstanci iz 53 vodna tela u Republici Srbiji. Međutim, zbog tehničkih ograničenja opreme i nedovoljno stručnog kadra, analitički rezultati za prioritetne supstance po WDF, su u većini slučajeva bili ispod limita detekcije (*Limit of Detection - LOD*) i limita kvantifikacije (*Limit of Quantification - LOQ*) (Agencija za zaštitu životne sredine, 2023).

Dodatni monitoring površinskih voda na određena organska jedinjenja u Republici Srbiji sproveden je kroz nekoliko međunarodnih projekata proteklih godina. Projekat ESP.EAP.SFPP 984087 finansiran u okviru Programa za mir Severnoatlantske Alijanse (eng. North Atlantic Treaty Organization – NATO) obuhvatao je praćenje otpadnih, površinskih i sirovih voda koje se koriste za proizvodnju vode za piće u gradu Novom Sadu. Sprovedene su kvalitativna (skrining) analiza kojom je definisan širi spektar potencijalno prisutnih polutanata u vodenoj sredini, kao i kvantitativna (target) analiza kojom su precizno određeni koncentracioni nivoi targetiranih jedinjenja/polutanata. Dobijeni rezultati skrining i target analizom su ukazali na prisustvo različitih organskih jedinjenja u vodenoj sredini. U okviru zajedničkoj istraživanja Dunava (*Joint Danube Survey – JDS*) koji organizuje Međunarodna komisija za zaštitu reke Dunav (*International Commission for the Protection of River Danube – ICPDR*) do sada su sprovedene 4 kampanje uzorkovanja duž celog toka reke Dunav. Tokom poslednje dve kampanje, 2013. i 2019. godine praćen je kvalitet vode Dunava kroz analizu organskih i neorganskih jedinjenja na 20 lokacija u Srbiji, uključujući dve lokacije uzvodno i nizvodno od Novog Sada.

Na nacionalnom nivou je sprovedeno nekoliko projekata koji su obuhvatali monitoring i analizu organskih jedinjenja prisutnih u vodi (Hrubik et al, 2016), ali su uglavnom bili fokusirani na određene industrijske (Sremacki et al, 2016) i poljoprivredne delatnosti. Rezultati studija spomenutih u okviru ove teze koje su sprovedene u regionu Novog Sada o kofeinu (Grujić Letic et al, 2015), farmaceutskim proizvodima (Petrović et al, 2014), ftalatima (Skrbić et al, 2016), organohlorinim pesticidima (*OrganoChlorine Pesticides - OCPs*) (Skrbić et al, 2017) i drugim zagađujućim supstancama (Mihajlović et al, 2014) ukazuju na potrebu definisanja sveobuhvatnih nacionalnih programa praćenja za rečne slivove, kao i za izradu planova reagovanja u vanrednim situacijama.

Iako se putem skrining analiza mogu dobiti informacije o prisustvu različitih jedinjenja, i dalje ne postoji dovoljno informacija o potencijalnom riziku istih na žive organizme u površinskim vodama i posledično po zdravlje ljudi. Procena rizika je od izuzetnog značaja, posebno za Novi Sad, jer se filtrirana površinska voda koristi za proizvodnju vode za piće.

1.1 Definisanje problema istraživanja

Monitoring programi treba da obezbede sveobuhvatan i međusobno povezan pregled statusa vode svakog slivnog područja radi klasifikacije svih površinskih voda u jednu od pet klasa definisanih u okviru Aneksa V WFD:

- Visok status – odgovarajući fizičko-hemijski, hidromorfološki i biološki elementi kvaliteta vodnog tela;
- Dobar status – manje odstupanje bioloških elemenata kvaliteta;
- Umeren status – umereno odstupanje bioloških elemenata kvaliteta;
- Slab status – velika odstupanja bioloških elemenata kvaliteta;
- Loš status – teška odstupanja bioloških elemenata kvaliteta.

Direktiva o tretiranju urbanih otpadnih voda (*The Urban Wastewater Treatment Directive – UWWTD*) nameće državama članicama obavezu sakupljanja i tretmana komunalnih i industrijskih otpadnih voda u urbanim sredinama sa preko 2000 stanovnika u cilju zaštite ljudskog zdravlja i životne sredine od negativnog uticaja netretirane otpadne vode koja se ispušta u površinske vode.

Emergentne supstance koje se mogu detektovati u površinskim vodama velikih rečnih slivova, podzemnim vodama, jezerima i drugim vodnim telima nisu obuhvaćene državnim monitoring programima. EmS mogu postati deo redovnog monitoringa, propisanog nacionalnom i EU legislativom, ukoliko se prikupi dovoljno relevantnih podataka o njihovoj prisutnosti i ekotoksičnosti u akvatičnoj sredini.

Član 16 WFD navodi obavezu smanjenja hemijskog zagađenja u evropskim vodama, procenom hemijskog i ekološkog statusa prilikom određivanja sveukupnog kvaliteta vodnih tela. Hemijski status se odnosi na koncentraciju različitih hemijskih supstanci u vodi kao što su teški metali, pesticidi, nitrati, fosfati itd. Cilj je održati hemijske parametre unutar određenih granica kako bi se osigurao zadovoljavajući kvalitet vode. Ekološki status se fokusira na celokupni ekosistem voda, uključujući biljni i životinjski svet. Procenjuje se biološka raznolikost i zdravlje vodenih ekosistema. Ekološki status odražava koliko ekosistem dobro funkcioniše i koliko je otporan na promene. Praćenjem i ocenom prisutnosti i stanja određenih vrsta, može se proceniti ekološki status voda. WFD postavlja ciljeve za postizanje "dobrog hemijskog statusa" i "dobrog ekološkog statusa" vodnih tela do određenog roka. Države članice su u obavezi da izrade programe upravljanja vodama kako bi postigle ove ciljeve, koje periodično ažuriraju i izveštavaju Komisiju EU o njihovom napretku.

Hemijsko zagađenje se takođe isticalo u okviru EU Direktive o opasnim supstancama 67/548/EEC (eng. *Dangerous Substances Directive - DSD*). Iako je WFD zamenila DSD, države članice bile su dužne da u periodu tranzicije uspostave program smanjenja zagađenja (eng. *Pollution Reduction Programme - PRP*) u skladu sa članom 7. DSD. Program redukcije zagađenja podrazumevao je: identifikaciju supstanci koje je potrebno kontrolisati, postavljanje standarda kvaliteta životne sredine, identifikaciju izvora i mere za kontrolu i monitoring. Program je bilo neophodno obnavljati svakih 6 godina, kao što je definisano u okviru sadašnje WFD.

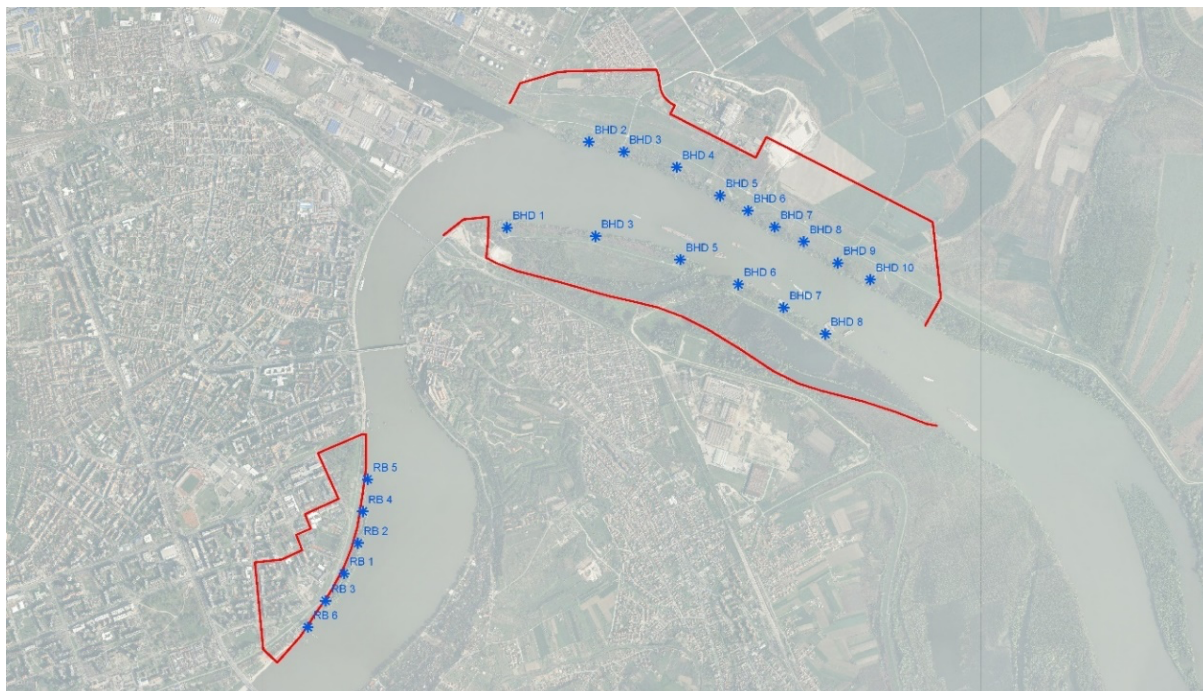
Emergentne supstance mogu postati deo redovnog monitoringa, propisanog nacionalnom i EU legislativom, ukoliko se prikupi dovoljno relevantnih podataka o njihovoj ekotoksičnosti i prisutnosti u akvatičnoj sredini.

Za procenu hemijskog statusa, u skladu sa principima opisanim u članu 16 WFD, neophodno je primeniti proces prioritizacije koji se uspostavlja na evropskom i nacionalnom nivou i koji se zasniva na primeni i modelovanju podataka dobijenih operativnim (redovnim) monitoring programima. Za proces prioritizacije neophodni su detaljni podaci o detektovanim koncentracionim nivoima ispitivanih jedinjenja i njihovoj ekotoksičnosti. Za predviđanje ekotoksičnosti selektovanih organskih polutanata primenjuje se QSAR pristup (eng. *Quantitative Structure-Activity Relationship*) koji je u poređenju sa klasičnim načinom utvrđivanja parametara toksičnosti, ekonomično i vremenski efikasno rešenje. Toksičnost komponenata definiše se kao minimalna koncentracija koja je toksična za žive organizme na tri različita nivoa trofičnosti (npr. sa ribama, algama i *Daphnia magna*), dok je QSAR pristup baziran na predviđanju koncentracija koje imaju kritični efekat na osnovu fizičko-hemijskih osobina, poznatih parametara toksičnosti i svojstvenih molekulskih deskriptora primenom regresione i diskriminativne analize.

Više od 70 miliona ljudi u 14 država sliva reke Dunav uključujući Srbiju dobija vodu za piće iz druge najduže reke u Evropi. Kao deo implementacije Evropske strategije za životnu sredinu i zdravlje, i njenog Akcionog plana (COM(2004)416), nacionalni nadležni organi u različitim zemljama daju sve veći prioritet potrebi da se sagledaju nove supstance i poboljša postojeći sistem za identifikovanje i adresiranje novih rizika. Okvirna direktiva o vodama Evropske unije igra ključnu ulogu u uključivanju novih zagađujućih supstanci kao potencijalnih prioriternih supstanci (Directive on Environmental Quality Standards in the Field of Water Policy; 2008/105/EC).

Postojeća zakonska regulativa Republike Srbije koja reguliše kvalitet vode za piće (Zakon o bezbednosti hrane - "Sl. glasnik RS", br. 41/2009 i 17/2019; Pravilnik o higijenskoj ispravnosti vode za piće - "Sl. list SRJ", br. 42/98 i 44/99 i "Sl. glasnik RS", br. 28/2019), ali i u drugim zemljama sliva Dunava, naglašava potrebu za pravovremenim informacijama o zagađenju pijaćih voda hemijskim i mikrobiološkim parametrima, uglavnom zbog nedostatka analitičkih postupaka. Procene rizika se najčešće rade na osnovu uzoraka uzetih direktno sa česme. Usvajanje Planova za bezbednost vode (eng. *Water Safety Plan - WSP*), prema preporukama Svetske zdravstvene organizacije (eng. *World Health Organisation - WHO*), sprovodi se i u državama članicama EU, kao nadogradnja nacionalnog i EU zakonodavstva o pijaćoj vodi. Ovaj pristup vodi ka efikasnoj prevenciji rizika jer procenjuje kritične tačke u celom lancu snabdevanja vodom od izvora do česme i ima za cilj uklanjanje zagađenja na izvoru, umesto ulaganja u tehnologije. Napredak u primeni ovog koncepta već je uveliko vidljiv u mnogim zemljama EU, no u Srbiji taj trend još nije zaživeo u punom kapacitetu. Nedostatak informacija, znanja, finansijskih sredstava i političke podrške ključni su faktori koji ograničavaju njegovu širu implementaciju. Grad Novi Sad se suočava sa specifičnim problemom, jer vodu za piće dobija iz nekoliko rezervoara podzemnih voda u kojima se akumulira filtrirana površinska voda reke Dunav ili voda iz zaleđa. U reci Dunav, mesto zahvatanja vode za piće nalazi se samo nekoliko stotina metara nizvodno od mesta za odvod komunalnih otpadnih voda Novog Sada. Pored toga, za vodosnabdevanje, koristi se nekoliko tačaka zahvatanja podzemnih voda (reni bunari). Većina reni bunara se nalaze u gusto naseljenim urbanim sredinama, a neki se nalaze blizu rafinerije nafte (BHD2 – BHD10) (Slika 1). Pitanje prisustva brojnih toksičnih hemikalija i patogena u reci Dunav postalo je predmet zabrinutosti, posebno s obzirom na to da se ti slojevi

vode koriste za snabdevanje vodom za piće na teritoriji grada Novog Sada (Dalmacija et al, 2000).



Slika 1. Prikaz izvorišta pijaće vode na teritoriji grada Novog Sada

Početni korak u rešavanju problema jeste identifikacija organskih i neorganskih zagađujućih materija u površinskim i podzemnim vodama, koji se koriste za zahvatanje vode za piće i njihovo naknadno praćenje.

1.2 Cilj istraživanja

Iako je više od 200 miliona različitih jedinjenja registrovano od strane Službe hemijskih koncepta (*Chemical Abstract Service - CAS*), samo mali procenat je pokriven monitoring programima i regulatornim propisima. Većina emergentnih supstanci nije registrovana, niti su za njih formirane katastarske liste, niti definisane maksimalno dozvoljene koncentracije (MDK) u Srbiji i Standardi kvaliteta životne sredine (eng. *Environmental Quality Standards - EQS*) u EU.

Planiranje istraživačkih aktivnosti u okviru monitoringa akvatičnih ekosistema sa potencijalnim prisustvom spektra zagađujućih materija je kompleksan proces tokom koga se nameće niz pitanja: koji patogeni i polutanti su od ključne važnosti za monitoring u vodnom telu, koje metode će se primeniti, na koliko i kojim reprezentativnim lokacijama kao i kojom frekvencijom je neophodno sprovoditi monitoring kako bi se dobili reprezentativni rezultati. Stoga, osnovni su ciljevi doktorske teze identifikacija, kvantifikacija, a potom prioritizacija relevantnih polutantata u površinskoj vodi reke Dunav i komunalnoj otpadnoj vodi grada Novog Sada koja se bez prethodnog tretmana izliva u reku Dunav.

Za dostizanje ciljeva ovog rada primenjene su sledeće aktivnosti:

- Identifikacija izvora zagađivanja na teritoriji grada Novog Sada;
- Identifikacija vrste uzoraka i lokaliteta uzorkovanja;

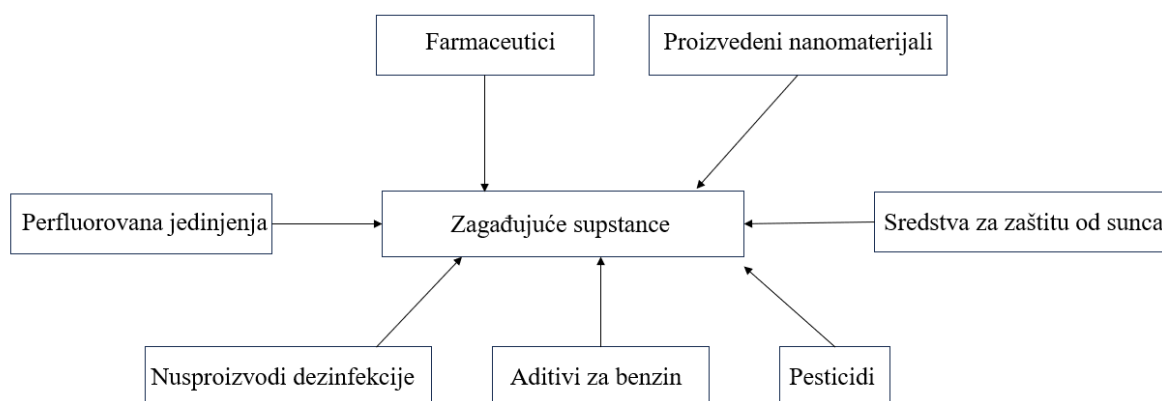
- Sprovođenje kampanja uzorkovanja;
- Kvantitativna i kvalitativna hemijska analiza uzoraka;
- QSAR - Ekotoksikološka analiza selektovanih jedinjenja;
- Prioritizacija detektovanih supstanci;
- Procena rizika po životnu sredinu od zagađujućih supstanci.

2. TEORIJSKI DEO

2.1 Tipovi emergentnih supstanci

Iako je naučna javnost u poslednje vreme intenzivno počela da skreće pažnju na EmS, nisu sva jedinjenja ove grupe novo sintetizovana, već je veliki deo u upotrebi dugi niz godina. EmS se generalno mogu klasifikovati u tri osnovne grupe: supstance koje su novijeg datuma (industrijski aditivi), jedinjenja koja su dugo u upotrebi, ali je njihovo prisustvo u životnoj sredini u poslednje vreme privuklo pažnju naučne javnosti (farmaceutici) i jedinjenja koja su takođe dugo u upotrebi, ali je njihovo negativno dejstvo relativno skoro otkriveno (hormoni) (Bao et al, 2015).

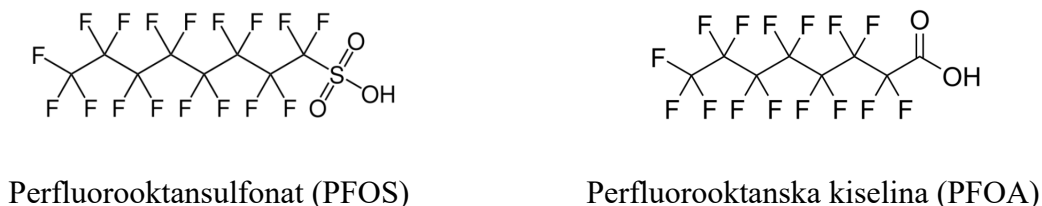
Emergentne supstance obuhvataju raznolik spektar sintetičkih jedinjenja koja imaju široku primenu i suštinski značaj za razvoj savremenog društva. Zbog njihovog brzog širenja u industriji, transportu, poljoprivredi i urbanizaciji, ove supstance sve više dospevaju u okolinu kao opasni otpad i nebiodegradabilne supstance (G. Murnyak, J. Et al, 2011; M. Gavrilesu et al, 2015). Neke od njih su: perfluorovana jedinjenja, nusproizvodi dezinfekcije vode, aditivi za benzin, farmaceutici, veštački nanomaterijali, UV-filtiri, pesticidi i drugo (M. Gavrilesu et al, 2015; S. D. Richardson, 2007). (Slika 2).



Slika 2. Kategorije EmS-a (Lei. M et al, 2015)

Perfluorovana jedinjenja (*Perfluorinated compounds - PFC*), koji se proizvode od kraja 1940-ih godina, sastoje se od potpuno fluorizovanog hidrofobnog alkilnog lanca, povezanog sa hidrofobnom grupom (O. S. Arvaniti i A. S. Stasinakis 2015). Koriste se u industrijskim proizvodima i proizvodima za domaćinstva zbog svoje visoke termičke i hemijske stabilnosti. Perfluorooktansulfonska kiselina (*Perfluorooctane sulfonic acid - PFOS*), perfluorooktanska kiselina (*Perfluorooctanoic Acid - PFOA*) (Slika 3) i njihove soli su najvažniji predstavnici PFC i široko se koriste u sredstvima za gašenje požara, mazivima, metalnim sprejevima za plastifikaciju, proizvodima za kućnu higijenu, tintama, lakovima, raznim premazima (za zidove, nameštaj, tepihe i ambalažu hrane), papir i tekstil (O. S. Arvaniti i A. S. Stasinakis, 2015; A. Miralles-Marco i S. Harrad, 2015.). PFC pokazuju visoku otpornost na toplotu,

svetlost i hemijsku stabilnost, te se teško razgrađuju mikrobnim metabolizmom (S. Harrad, 2015).

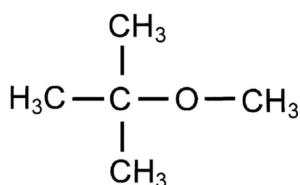


Slika 3. Hemijska struktura PFC

Nusproizvodi dezinfekcije obično su oksidacioni agensi sa izraženom hemijskom aktivnošću. Ovi agensi ne samo što eliminišu patogene agense, već reaguju i sa mnogim deoksidatorima (G. Hua i D. A. Reckhow, 2007). Kao posledica toga, prilikom procesa dezinfekcije nastaju neželjeni nusproizvodi.

Široka i česta upotreba ovih jedinjenja dovodi do stvaranja nusproizvoda dezinfekcije, posebno hlorisanih nusproizvoda dezinfekcije, u prečišćenoj vodi. Gotovo sva populacija u razvijenim regionima izložena je ovim hemikalijama u vodi za piće i u sportskim bazenima (S. D. Richardson i T. A. Terne, 2014; G. Fantuzzi et al., 2007). Otkriveno je više od šest stotina nusproizvoda dezinfekcije, uključujući jodirane trihalometane, aldehide, ketone, halometane, hidroksilne kiseline, karboksilne kiseline, alkohole, keto kiseline, estre, pa čak i nitrozamine (S. D. Richardson et al, 2007; U. Von Gunten, 2003.).

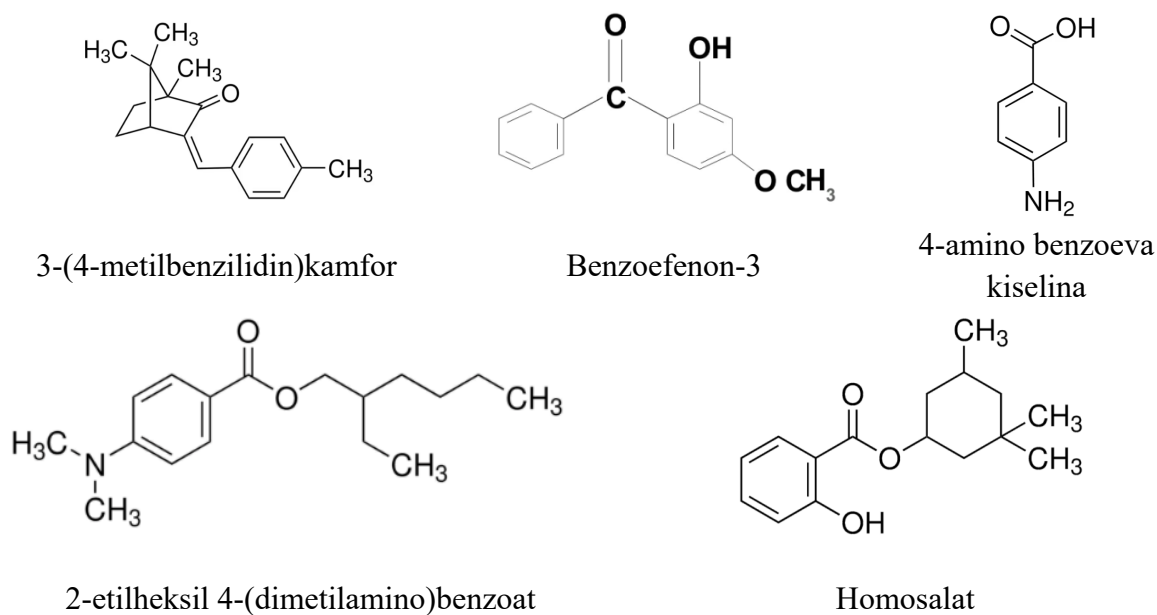
Aditivi za benzin se dodaju kako bi se kvalitet goriva poboljšao. Međutim, neki aditivi u upotrebi su kancerogene supstance. (E. V. Kane i R. Newton, 2010). Aditiv pod nazivom metil tert-butiletra (MTBE) (Slika 4) je najčešće korišćeni oksidacioni aditiv, široko se primenjuje kao novi aditiv za bezolovni benzin, posebno u razvijenim regionima (J. H. Mennear, 1997; M. G. Costantini, 1993). MTBE ne samo što poboljšava oktanski broj koji se koristi u benzinskom gorivu radi poboljšanja efikasnosti sagorevanja i smanjenja emisije ugljen-monoksida i drugih opasnih materija, poput ozona i benzena, u izduvnim gasovima automobila, već se može koristiti i kao zamena za tetraetil olovo kao antidetonacijsko sredstvo (J. H. Mennear, 1997; D. McGregor, 2006). MTBE je bezbojna, mirisna tečnost sa ograničenom rastvorljivošću u vodi (4 g/100 g u vodi), lako prodire u zemljište i lako je isparljiva (F. E. Ahmed, 2001). MTBE može kontaminirati površinske i podzemne vode, čime ozbiljno ugrožava izvore pijaće vode. Zbog svoje posebne strukture i svojstava, MTBE ima dug period poluraspada u podzemnim vodama i teško se razgrađuje (EPA – OGWDW, 2008).



Slika 4. Hemijska struktura tert-butiletra (MTBE)

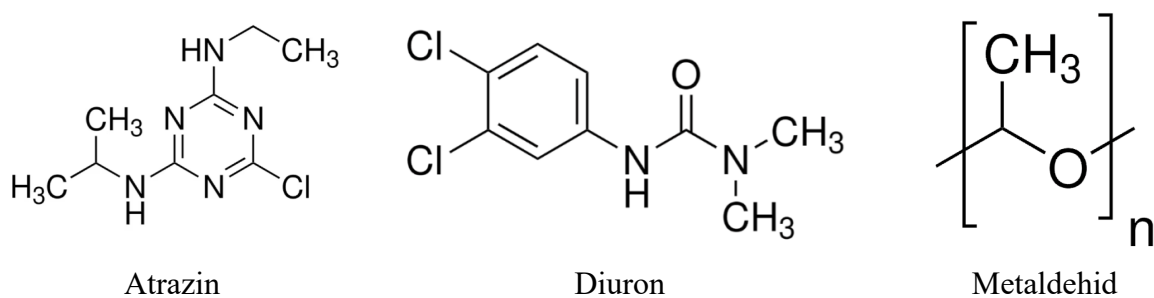
Proizvedeni nanomaterijali, prema definiciji, imaju veličinu čestica od 1 do 100 nm. Neki primeri kao što su amorfni silicijum-dioksid (SiO_2), ugljenične nanocevi i titan-dioksid (Y. Morimoto et al, 2010.) smatraju se emergentnim supstancama (K. L. Dreher, 2004). Nanomaterijali široko se koriste u proizvodima za zaštitu od sunca, poljoprivredi, transportu, zdravstvu, energetici i informacionim tehnologijama (J. G. E. Nemen et al, 2014; T. Thomas et al, 2015). Međutim, zbog ograničene proizvodnje i neadekvatnih načina detekcije, nisu uspostavljene nove metode monitoringa nano polutanata (G. Kim et al, 2013; A. El-Ansray et al, 2013.). Fizičke i hemijske osobine nanomaterijala, poput specifične površine, male veličine i kvantnih efekata mogu izazvati biohazardne posledice (P. Kovacic i R. Somanathan, 2013). Atomski interfejs nanomaterijala može pokrivati od 15% do 50% ukupne površine, pružajući im snažan kapacitet apsorpcije u vazduhu, vodi i zemljištu, što omogućava apsorpciju toksičnih gasova (NO_2 , SO_2 i drugih), toksičnih teških metala (bakar, olovo, živa, kadmijum i drugih) i biološki aktivnih supstanci (poliaromatičnih ugljovodonika, pesticida, mikroorganizama, proteina, nukleotida, refraktornih organskih materija i drugih) (A. Kroll et al, 2013; T. W. Prow et al, 2013.). Druge specifične osobine nanomaterijala, kao što su njihov katalitički karakter i izuzetna čvrstoća, čine ove materijale otpornim na degradaciju hemijskim i biološkim metodama (P. Kovacic i R. Somanathan, 2013). Proizvodni nanomaterijali podležu dugoročnoj migraciji, procesima konverzije i složenim hemijskim reakcijama u okolini dok apsorbuju različite neorganske i organske molekule na svojim površinama. Kao rezultat toga, formiraju se novi polutanti.

Sredstva za zaštitu od sunca/filteri za ultraljubičaste zrake (UV filteri) uglavnom se koriste u proizvodima za ličnu higijenu, kao što su ruž, parfemi, lak za kosu, farbe za kosu, hidratantne kreme, proizvodi za negu kože, šamponi i šminka, kao i u drugim proizvodima, uključujući nameštaj, plastiku, tepihe i prašak za pranje veša (H. Federiksen et al, 2014; M. Krause et al, 2012.). Sredstva za zaštitu od sunca su popularni proizvodi za zaštitu od UV zračenja, starenja kože i karcinoma kože (A. R. Heurung, 2014). UV filteri mogu biti neorganski ili organski (E. Gilbert, 2013). Neorganski filteri za sunce raspršuju UV zračenje sa talasnim dužinama od 290 do 400 nm (Food and Drug Administration, 1999; M. Schlumpf et al, 2004). Organska sredstva za zaštitu od sunca apsorbuju nove UV fotone i uključuju 3-(4-metilbenzilidin)kamfor, benzoefenon-3, 2-etilheksil 4-(dimetilamino)benzoat, homosalat i 4-aminobenzoevu kiselinu (M. Krause et al, 2012.) (Slika 5). Osim toga, visoko proizvedena lipofilna sredstva za zaštitu od sunca mogu se preneti u akvatično okruženje kupanjem, pranjem odeće i plivanjem (D. R. Sambadan, 2011).



Slika 5. Hemijska struktura nanomaterijala

Pesticidi se detektuju u podzemnim vodama već dugi niz godina. Mogu biti sintetička ili prirodna jedinjenja (Richardson, S.D. i Kimura, S.Y., 2017). Koriste se u poljoprivredi kako bi se uklonio korov, štetočine i bolesti u usevima. Poslednjih godina, jedinjenja poput atrazina (Slika 6), koja su smatrana visoko rizičnim za životnu sredinu, više se ne koriste. Međutim, jedinjenja koja su ih zamenila, na primer, diuron (Slika 6) takođe mogu imati negativan uticaj. Trenutno, pesticidi od posebnog interesa su metaldehid, koji je u nekim slučajevima detektovan iznad dozvoljene vrednosti za pesticide u vodi za piće prema standardima Evropske unije (Environmental Agency, 2010). Produkti dobijeni hidrolizom, oksidacijom, biodegradacijom ili fotolizom mogu se nalaziti u većim količinama u životnoj sredini od osnovnog pesticida i mogu biti jednako ili čak toksičniji (Stefanakis, A.I. et al, 2020).



Slika 6. Hemijska struktura pesticida

2.2 Fizičko-hemijske karakteristike emergentnih supstanci

EmS se mogu kategorizovati na osnovu nekih zajedničkih fizičko-hemijskih karakteristika (Geissen et al, 2015) i to na: polarna organska jedinjenja (npr. farmaceuti, industrijske

hemikalije, pesticidi) i zagađujuće čestice (npr. nanočestice i mikroplastika). Kad dospeju u životnu sredinu EmS postaju više polarizovane, kiselije i alkalnije od prirodnih jedinjenja, što ih čini opasnim u određenim koncentracijama. Mnoge EmS su hidrofobne i dinamične u lancu ishrane, pa se mogu akumulirati u tkivima bogatim lipidima ili uticati na endokrini sistem životinja i ljudi (Gavrilescu et al, 2015; Bao et al, 2015; Manickum et al, 2014). Mogu se bioakumulirati u sedimentima i flori i fauni reka zbog svoje perzistentnosti, budući da je njihova biodegradacija, hemijska degradacija i fotodegradacija (u odsustvu svetlosti) moguća u veoma maloj meri. Stoga, njihovo povlačenje iz vodene sredine je gotovo zanemarljivo (Bradley et al, 2008; Barra Caracciolo et al, 2018). Hemijska struktura poli- i perfluorovanih jedinjenja obuhvata hidrofilne funkcionalne grupe kao što su sulfonati, sulfonamidi, alkohol ili karboksilati i hidrofobni fluorovani alkil lanac (Slika 3). Supstitucije fluora štite alkil lanac od hemijske oksidacije ili redukcije, hidrolize, fotolize, kiselo-baznih reakcija i biotransformacije. EmS su dominantno lipofilne supstance, čije se vrednosti logaritma koeficijenta raspodele oktanol-voda - $\log K_{OW}$ (numerički pokazatelj hidrofnosti molekula, odnosno sposobnosti molekula da se rasporede između organske faze i vodene faze) nalaze u opsegu od -1 do 8 (Bade et al, 2015).

Uopšteno, amini imaju veće koeficijente sorpcije u poređenju sa karboksilnim kiselinama i neutralnim farmaceuticima (Yamamoto et al, 2009). Takođe, jedinjenja sa visokom molekulskom težinom i visokim $\log K_{OW}$ vrednostima, većim od 5, lako se sorbuju na sedimente i mogu se primarno ukloniti koagulacijom. Stoga, takva jedinjenja verovatno neće biti prisutna u površinskim vodama (Vieno et al, 2007). S druge strane, jedinjenja sa $\log K_{OW}$ vrednostima manjim od 2,5 imaju nisku sorpciju i stoga su verovatno prisutna u površinskim vodama (Mompelat et al., 2009). Na primer, usled prisustva metoksi grupe na benzofenonima (Slika 5), najčešće korišćenog i najčešće detektovanog UV filtera u akvatičnoj sredini, rastvorljivost se smanjuje sa 1905mgL^{-1} na $30,5\text{mgL}^{-1}$ za 4,40-dihidroksibenzofenon i BP-6, respektivno, dok se $\log K_{OW}$ povećava sa 2,19 na 3,90. Stoga je manje verovatno da će benzofenoni ispariti jer imaju visoku tačku ključanja (oko 400°C) i nizak pritisak pare. Indirektna fotoliza, posredovana fotosenzibilizatorima, igra ključnu ulogu u prirodnoj atenuaciji benzofenona u akvatičnim sistemima (Mao et al, 2019).

I pored relativno kratkog vremena polu-života ($t_{1/2}$) pojedinih industrijskih emergentnih supstanci, karakteristika konstantnog prisustva EmS i delovanje na akvatične organizme kategorizuje ih u pseudoperzistentne polutante (Puri et al, 2012). U medijumima životne sredine, pseudoperzistencija emergentnih supstanci javlja se kao rezultat znatno veće brzine unosa od brzine razgradnje EmS jedinjenja (Ebele et al, 2019). Degradacija EmS fizičko-hemijskim procesima, kao što su hidroliza, fotoliza, oksido-redukcija, kao i biološkim procesima, od kojih je primarna mikrobiološka degradacija, u sprezi je sa njihovom stalnom emisijom i unosom u akvatične medijume.

Farmaceutski proizvodi su raznovrsna grupa jedinjenja koja se nalazi u akvatičnim sistemima. Uprkos kratkom vremenu poluraspada koji se kreće od nekoliko dana do nekoliko meseci u slatkovodnim i morskim vodnim telima, farmaceutici se kontinuirano ispuštaju u životnu sredinu što ih čini pseudo-perzistentnim (Sanganyado et al, 2017).

Prisustvo EmS u ekstremno niskim i vremenski konstantnim koncentracijama izdvaja ih od konvencionalnih polutanata. Nano i niže koncentracije emergentnih supstanci permanentno su

prisutne u vodi i time se EmS klasifikuju i u grupu polutanata koji se nalaze u tragovima (eng. trace).

Polarna i/ili nepolarna priroda čitavog ili jednog dela molekula pojedinih EmS često sprečava/otežava difuziju jedinjenja kroz graničnu površinu dve faze heterogenog sistema, a time i disperziju molekula iz vode u druge medijume životne sredine. Difuzione karakteristike EmS su u skladu sa vrednostima koeficijenata difuzije karakterističnim za gasovitu, tečnu i čvrstu agregaciju (Sanganyado E. et al, 2022).

Farmaceutski proizvodi često imaju nisku isparljivost što ukazuje da se distribuiraju u životnoj sredini prvenstveno putem vodene faze i transporta u lancu ishrane (Caliman i Gavrilescu, 2009). Mnogi antibiotici kao što su sulfonamidi imaju fotoaktivne funkcionalne grupe i konjugovane strukture koje ih čine podložnim fotolizi. Poli i perfluorovana jedinjenja sa karboksilatnim grupama imaju veći pritisak pare od onih sa sulfonatnim grupama (Lindim et al, 2016).

2.3 Izvori emergentnih supstanci

Emergentne supstance su zagađujuće materije koje se mogu detektovati u površinskim vodama velikih rečnih slivova, podzemnim vodama, jezerima i drugim vodnim telima. EmS nastaju kao proizvod industrijskih, farmaceutskih, hemijskih i poljoprivrednih aktivnosti iz različitih antropogenih aktivnosti, a putem otpadnih voda (tretiranih i netretiranih industrijskih, komunalnih otpadnih voda i sl.) se direktno ispuštaju u prirodne recipijente, nakon čega disperguju u sve delove životne sredine.

Emergentne supstance dospevaju u životnu sredinu putem različitih izvora, kao što su rudarske aktivnosti, bolnice, farmaceutska industrija, centri zdravstvene zaštite ili poljoprivredna praksa (Agunbiade and Moodley, 2014). U gradskim područjima izlivanje kanalizacije, odlaganje životinjskog otpada, slivanje sa poljoprivrednih zemljišta i izlivi iz septičkih rezervoara predstavljaju druge izvore kroz koje EmS ulaze u životnu sredinu. Ostali putevi kroz koje ove supstance ulaze u životnu sredinu uključuju sredstva za čišćenje, proizvodi za ličnu higijenu, nekorišćene lekove u kanizacionom sistemu ili septičkom rezervoaru (Swartz et al, 2006; Labadie et al, 2007; Dougherty et al, 2010). Izvori različitih EmS i značajne klase u akvatičnom okruženju prikazani su u Tabeli 1.

Tabela 1. Izvori EmS i značajne klase (Luo et al, 2014)

Kategorija	Značajne klase	Izvor
Proizvodi lične higijene	Parfemi, dezinfekciona sredstva, UV filteri i sredstva za insekte	Otpadna voda iz domaćinstva (kupanje, brijanje, prskanje, plivanje)
Farmaceutici	Nesteroidni antiinflamatorni lekovi, regulatori lipida, antiepileptici, antibiotici	Otpadna voda iz domaćinstva (ekskrecija) i bolnica.
Steroidni hormoni	Estrogen	Otpadna voda iz domaćinstva (ekskrecija)
Industrijska jedinjenja	Plastifikatori, usporivači gorenja (biosfenol-A, ftalati)	Otpadna voda iz domaćinstva (proceđivanje)
Surfaktanti	Nejonski surfaktanti	Otpadna voda iz domaćinstva (kupanje, pranja veša i posuđa, itd.) Industrijska otpadna voda (ispust od čišćenja u industriji).

Mnogi farmaceutski proizvodi i proizvodi za ličnu higijenu imaju kompleksne hemijske strukture. Poreklo ovih proizvoda je poznato, međutim, nakon plasmana proizvoda na tržištu, njihova sudbina u životnoj sredini nakon upotrebe postaje složenija, manje razumljiva i razlikuje se između urbanih i ruralnih sredina (Slika 7). Svaki čovek predstavlja izvor farmaceutika i proizvoda za ličnu higijenu kao i ostalih EmS, posebno sada kada je povećana upotreba ovih proizvoda. Korišćenje proizvoda za ličnu higijenu i farmaceutskih proizvoda neizbežno će dovesti do njihovog ispuštanja u životnu sredinu nakon upotrebe. Neiskorišćeni farmaceutski proizvodi, kao i nemetabolisani lekovi izlučeni od strane ljudi, pokazali su se kao značajan izvor kontaminacije, predstavljajući do 90% emisija u životnu sredinu (National Association of Clean Water Agencies, 2012).



Slika 7. Izvori i sudbina farmaceutika i proizvoda za ličnu higijenu i drugih EmS u akvatičnoj sredini (Wilkinson et al, 2017)

Skoro svaki farmaceutik i veterinarski lek detektovan je u postrojenjima za prečišćavanje otpadnih voda i u akvatičnoj sredini u malim koncentracionim nivoima. Glavni izvori su postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda, industrijski i bolničkim ispusti, postrojenja za akvakulturu, uzgojivačnice životinja i spiranje zemljišta (Klatte et al, 2017; Yang et al, 2017). Perfluorovane komponente nisu ograničene na akvatičnu sredinu. U okviru istraživanja u japanskim domovima PFOA i PFOS detektovani su u prašini iz usisivača u koncentracijama nivoima do 3700 ng/g i 2500 ng/g respektivno (Moriwaki et al., 2003). Pored toga, fluorotelomer alkoholi (FTOH), poput 8:2 FTOH, detektovani su u padavinama u Japanu u koncentracijama do 1,97 ng/L, što ukazuje na atmosferu kao sredstvo transporta i izvor kontaminacije (Mahmoud et al., 2009).

Alkilfenoli i ftalati klasifikovani su kao endokrini disruptori. Samo mali broj istraživanja je detektovao alkilfenole i ftalate u otpadnim vodama u domaćinstvima. Paxéus i saradnici, (1992)

su pokazali da preko 70% ftalata u otpadnim vodama potiče iz ispuštanja u domaćinstvima. Eriksson i saradnici (2002) i Paxeus (1996) navode da alkilfenoli u otpadnim vodama potiču od hemijskih proizvoda koji se koriste u domaćinstvima, poput deterdženata. U Francuskoj, Bergé i saradnici, 2014 pokazali su značajno prisustvo alkilfenola i ftalata koje potiče iz otpadnih voda iz domaćinstava u pariskoj kanalizacionoj mreži, sive i crne vode. Do sada su samo Palmquist i Hanæus (2005) proučavali ftalate i alkilfenole u ove dve vrste otpadnih voda. Oni su pokazali da je siva voda najviše kontaminirana (Palmquist and Hanæus, 2005).

2.4 Sudbina, transport i transformacije emergentnih supstanci u životnoj sredini

EmS su prisutne u različitim komponentama životne sredine, uključujući vodu, zemljište, vazduh, sediment, mulj i druge abiotičke i biotičke matrikse. Njihova sudbina, ponašanje i ekotoksičnost još uvek nisu dovoljno istražene. EmS se uglavnom detektuju u vrlo niskim koncentracijama, obično reda veličine ppb, ppt i nižim ($\mu\text{g/l}$, ng/l i niže), posebno u površinskim vodama, podzemnim vodama, kao i akviferima (Morin-Crini et al, 2021). Rapidna urbanizacija, industrijalizacija i povećanje životnog standarda rezultirali su naglim povećanjem EmS u životnu sredinu.

EmS su već duže vreme prisutne u prirodnim recipijentima koji prihvataju otpadne vode, i kao takve se različitim fizičko-hemijskim procesima transportuju i unose u površinske vode i druge medijume životne sredine, nakon čega se uključuju u procese kruženja materija u atmosferi.

Putevi ulaska EmS u akvatičnu sredinu su pod uticajem mehanizma ispuštanja i njihovih fizičko-hemijskih osobina. Industrijske, komunalne, rudarske i druge aktivnosti poput hranjenja životinja uglavnom rezultuju direktnim ispuštanjem EmS u akvatične sisteme. Ovaj tip zagađenja naziva se zagađenjem iz tačkastog izvora, jer EmS potiču iz jedne tačke ispuštanja. Nasuprot tome, zagađenje iz netačkastog izvora javlja se kada zagađujuće supstance prodiru u životnu sredinu kroz difuzne izvore. Primeri zagađenja iz netačkastog izvora uključuju spiranje poljoprivrednog zemljišta, taloženje u vazduhu, deponijske procedne vode i emisije iz vozila. Zagađenje iz tačkastog izvora lakše je regulisati, pratiti ili ublažiti u poređenju sa zagađenjem iz netačkastog izvora (Malkoske et al, 2016).

Vazdušni transport i taloženje predstavljaju glavne puteve kojim lako isparljivi EmS i EmS male težine, koji potiču iz sagorevanja, industrijskih dimnjaka i prskanja pesticidima, dospevaju u akvatične sisteme. Atmosfersko taloženje podrazumeva transport EmS direktno iz atmosfere u akvatičnu sredinu (Melymuk et al, 2014). Transfer EmS iz atmosfere može se odvijati putem suve ili vlažne depozicije. Vlažna depozicija uključuje taloženje čestica u atmosferi nakon padavina (Dris et al, 2015). Nasuprot tome, suva depozicija se dešava kada se čestice iz atmosfere talože u akvatičnoj sredini usled gravitacije (Sabin et al, 2005). Na predenu distancu EmS utiču faktori kao što su isparljivost, vreme poluraspada, i molekulska težina ili gustina. Jedinjenja sa visokom isparljivošću i dugim vremenom poluraspada mogu biti transportovane na velike distance.

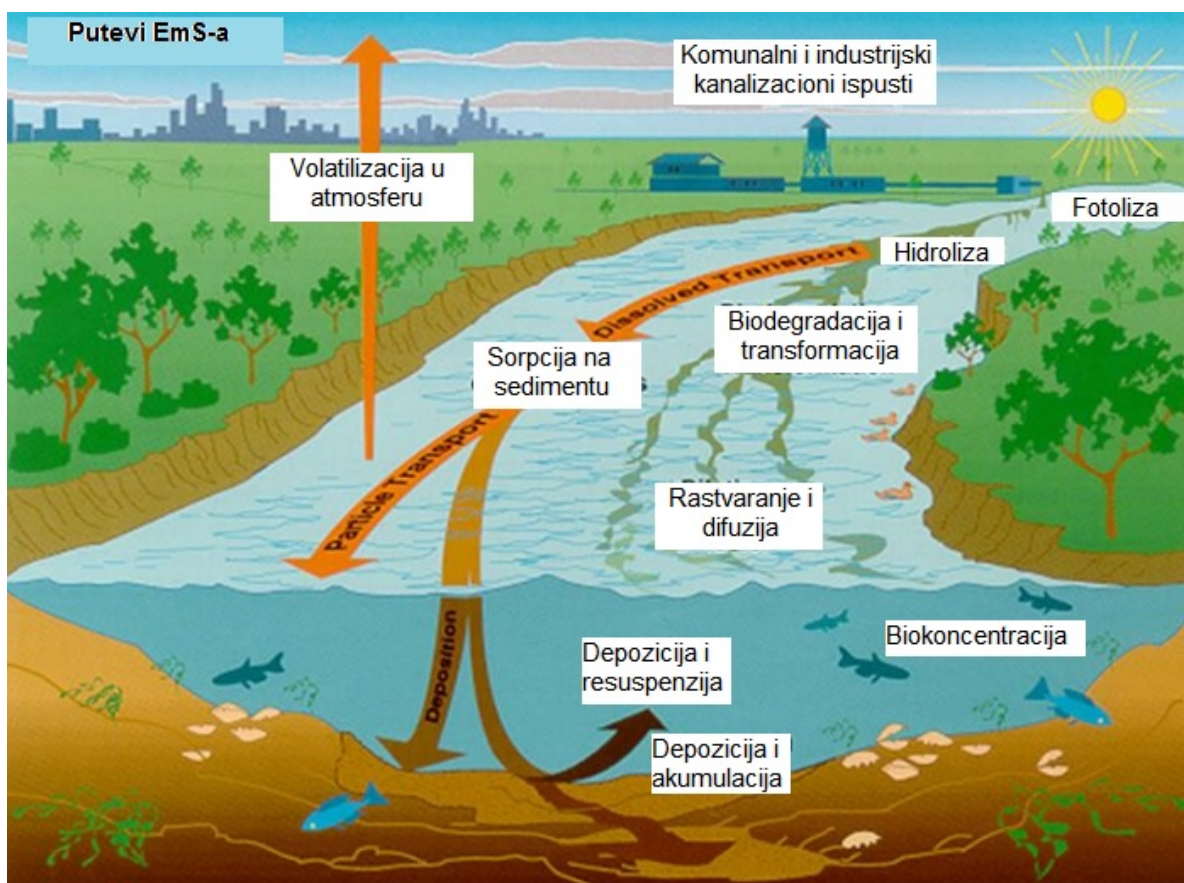
EmS često prodiru u vodna tela preko površinskih i podzemnih voda. Površinske vode obuhvataju pritoke, oticaje sa poljoprivrednog zemljišta i urbane atmosferske vode gde se EmS i nalaze u rastvorenim, suspendovanim ili čestičnim fazama. Visoke koncentracije farmaceutskih proizvoda i proizvoda za ličnu higijenu često se detektuju u vodenim sistemima u blizini urbanih područja, dok se pesticidi i antibiotici češće detektuju u poljoprivrednim

područjima (Mueller et al, 2020; Patel et al, 2019). Prethodne studije su pokazale da se pesticidi sa visokom rastvorljivošću transportuju u akvatičnoj fazi oticanjem sa poljoprivrednog zemljišta u vodne sisteme, dok se jedinjenja sa niskom rastvorljivošću transportuju kao sedimenti (Willis i McDowell, 1982). EmS sa $\log K_{ow} > 5.0$ lako prelaze iz vodene faze na čvrste čestice. Influx suspendovanih čestica i sedimenta u akvatičnu sredinu predstavlja važan način transporta za hidrofobne supstance.

Na pojavu EmS u akvatičnim sistemima utiču njihovi mehanizmi ispuštanja, transport u životnoj sredini, mehanizmi transformacije i biološki procesi usvajanja (Gavrilescu, 2005). Na ispuštanje EmS iz domaćinstava često utiču načini upotrebe hemikalija, padavine, efikasnost prečišćavanja otpadnih voda, potrošnja vode i karakteristike stanovništva (Zhao et al., 2018). Proces koji olakšavaju prodor EmS u akvatične sisteme kontrolišu ispuštanje, dok procesi koji olakšavaju kretanje EmS iz vode u čvrste materije (suspendovane čestice i sediment) ili biotu kontrolišu uklanjanje i akumulaciju (Gavrilescu, 2005). Perzistentnost i mobilnost EmS u akvatičnim sistemima kontrolišu se sledećim ekološkim procesima: (i) procesi transporta; (ii) procesi transfera; i (iii) procesi transformacije (Gavrilescu, 2005). Distribucija (proces transporta i transfera) EmS u akvatičnim sistemima prvenstveno je regulisana fizičkim procesima. Nasuprot tome, transformacija EmS je regulisana fizičko-hemijskim i biološkim svojstvima akvatičnog sistema.

Procesi biološkog usvajanja kao što su bioakumulacija u akvatičnim organizmima (npr. ribe, školjke i žabe) i usvajanje i translokacija biljaka igraju ključnu ulogu u prenosu EmS iz akvatične faze ili sedimenta u biotu. Biota u vodi, kao što su bakterije i biljke, je važna za uklanjanje EmS. Nasuprot tome, prodor u ribe, žabe i druge organizme višeg reda ukazuje na potencijalni ekološki rizik od EmS (Bi et al., 2019).

Procena izloženosti akvatičnih sistema vrši se na osnovu detekcije koncentracionih nivoa EmS. Kada je reč o industrijskim emergentnim supstancama, potrebno ih je kvantifikovati i definisati procese kojima podležu u životnoj sredini, poput particionih procesa, sorpcionih procesa koji se odvijaju između tečne i čvrste faze, formiranje kompleksa u rastvorima, biotičke i abiotičke transformacije, fotolitički procesi, oksido-redukциони procesi, itd (Slika 8).



Slika 8. Procesi i putevi dospevanja EmS-a u akvatičnu sredinu (Miloradov et al, 2014)

2.5 Uticaj emergentnih supstanci i prioriternih i prioritetno hazardnih supstanci na zdravlje humane populacije i kvalitet životne sredine

Osnovni putevi unosa EmS su hrana, lekovi, sredstva za ličnu higijenu, ali i voda za piće jer su konstantno prisutni u površinskim vodama, migriraju u podzemne vode, čime se stvara mogućnost dospevanja direktno u izvorišta pijaće vode.

Početkom 21. veka EmS su prepoznate kao potencijalno hazardne i veoma toksične komponente čije dejstvo može izazvati mutagene, kancerogene i teratogene efekte (Miloradov et al, 2014).

Za neka jedinjenja, poput industrijskih emergentnih supstanci otkriveno je da je toksična aktivnost više izražena pri niskim dozama (Gomes et al, 2017). EmS pokazuju akutnu i više hroničnu toksičnost, kao i ekotoksičnost, sa specifičnošću dejstva ekstremno niskih koncentracija. Fenomen niskih koncentracija izaziva posebnu pažnju, naročito kod emergentnih hemijskih supstanci koje ometaju rad endokrinog sistema živih organizama (eng. *Endocrine Disrupting Substances* - EDS) i predstavljaju rizik po ljudsko zdravlje i životnu sredinu (Tijani J.O. et al, 2015). Efekat niskih doza karakterističan je za mnoge supstance sa hormonskom aktivnošću (hormonski otrovi, supstance koje ometaju rad endokrinog sistema), sintetske estrogene (kontraceptivne pilule), dioksine, pesticide, plastične aditive (bisfenol A, ftalati), konzervanse (parabeni, triklosan), surfaktante, deterdžente i sastojke kozmetičkih proizvoda (benzofenoni) (Gomes et al, 2017). Efekti niskih ili vrlo niskih doza do sada nisu dovoljno izučavani, jer je niske koncentracione nivoe bilo teško kvantifikovati. Evropska agencija EFSA

(eng. European Food Safety Authority) je odobrila reevaluaciju toksičnosti niskih doza hemikalija, dominantno emergentnih supstanci, sa primarnim fokusom na bisfenol A i druge supstance koje ometaju rad endokrinog sistema (Sanganyado E. et al, 2022).

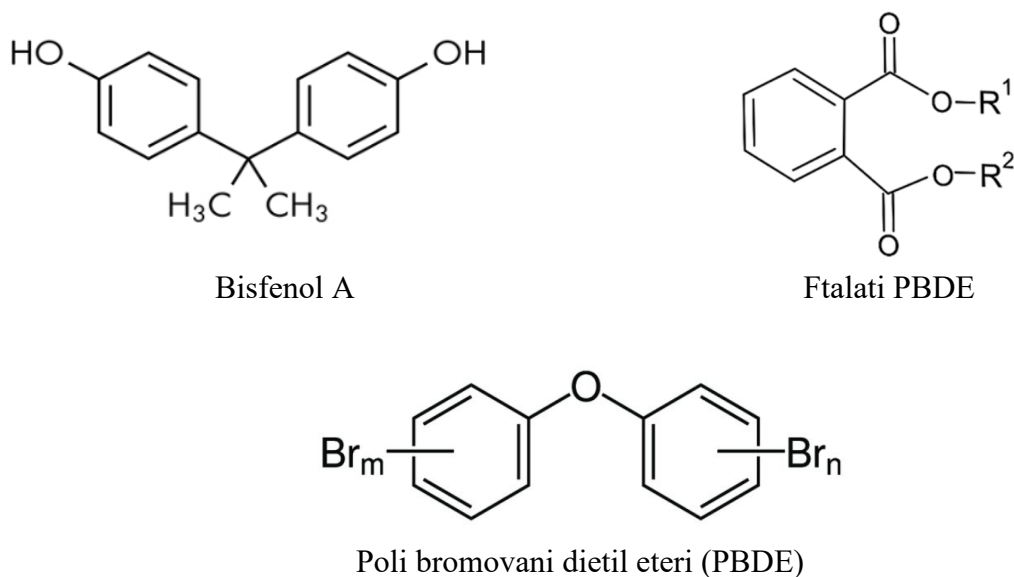
Biodostupnost emergentnih supstanci od posebnog je značaja za akvatične organizme, jer se biotski matriks akvatičnih ekosistema nalazi pod direktnim pritiskom permanentnog dejstva EmS. Savremenim istraživanjima je potvrđeno da dugotrajna upotreba i ekspozicija niskim dozama EmS ima različite negativne efekte na biosistem, kao i na čoveka. Procena i predviđanje sinergetskih i inhibitornih efekata koje EmS imaju na zdravlje čoveka vrlo je zahtevan i kompleksan istraživački zadatak (Morin-Crini et al, 2021).

Poznato je da više od 200 EmS imaju EDS efekat, kao što su bisfenol A, ftalati i usporivači gorenja. Nalaze se u mnogim proizvodima za svakodnevnu upotrebu, omogućavajući im jednostavan pristup životnoj sredini i ljudima. Takve EmS su perzistentne u životnoj sredini i ljudima i mogu imati štetne efekte pri niskim koncentracijama. Opšte je prihvaćeno uverenje da ne postoji bezbedna koncentracija za neke EmS, uključujući neke teške metale i perzistentne organske polutante (*persistent organic pollutants - POPs*) (Zhang Y. et al, 2019).

Tako, bisfenol A (BPA), je uobičajeno industrijsko jedinjenje koja se sintetiše kondenzacijom dve fenolne grupe i jednog molekula acetona (Slika 9). Često se koristi u pakovanju hrane i pića, medicinskoj opremi, elektronici, usporivačima gorenja, lepkovima, građevinskim materijalima, automobilima i premazima za papir (Corrales et al, 2015). Budući da je veliki broj studija izvestio o estrogenim svojstvima BPA (Charpin et al, 2008), opisuje se kao EDS jedinjenje. BPA je sposoban da se veže i aktivira ljudski estrogenski receptor, ali sa kapacitetom koji je 1000–5000 puta manji od endogenog 17- β -estradiola. Pokazano je da BPA interaguje sa drugim endokrinim receptorima, uključujući receptore za tireoidne hormone i receptor gama peroksizoma proliferatora aktiviranog (Diamanti-Kandarakis et al, 2009). BPA je klasifikovan kao toksična supstanca za reprodukciju kategorije 3 kao alarmanтна supstanca za plodnost kod žena.

Zatim, ftalati, diestri 1,2-benzendikarboksilne kiseline (ftalne kiseline), koji su klasa sintetičkih hemikalija imaju široku industrijsku primenu (Slika 9). Ljudska izloženost je učestala zbog široke upotrebe ftalata u različitim proizvodima (Crinnion, 2010). Unošenje kroz usta, inhalacija i kontakt preko kože smatraju se važnim putevima izloženosti ftalatima za opštu populaciju, ali izvori, putevi i načini mogu varirati u zavisnosti od vrste ftalata zbog razlika u njihovoj upotrebi u proizvodima ili njihovim hemijskim i fizičkim osobinama (Meeker et al, 2009). Ftalati imaju kratak period poluraspada i brzo se izlučuju iz organizma.

Na kraju, polibromovani dietil eteri (PBDE) (Slika 9) se proizvode od 1970-ih zbog zabrane upotrebe ranije korišćenih usporivača gorenja. Koriste se kao aditivi u različitim polimerima i nalaze se u različitim potrošačkim proizvodima, uključujući nameštaj, elektroniku i delove za automobile. PBDE su kontaminanti životne sredine sa osobinama koje su perzistentne i bioakumulativne. Studije su otkrile PBDE u uzorcima ljudskih tkiva poput posteljice, masnog tkiva, majčinog mleka i krvi (Zhang Y. et al, 2019). Smatra se da izloženost ljudi PBDE-om dolazi iz izvora poput ribe, masne hrane i majčinog mleko. Međutim, oralna ingestija iz prašine i procednih voda može biti značajniji izvor, posebno kod dece. Jednom apsorbovani, PBDE se brzo distribuiraju u telesne masnoće (Zhang Y. et al, 2019).



Slika 9. Hemijska struktura odabranih EmS

2.6 Procena uticaja zagađujućih supstanci na životnu sredinu

Zagađujuće supstance koje su prisutne u akvatičnim sistemima se moraju razmotriti u kontekstu takozvanog standarda kvaliteta životne sredine (*eng. EQSs – Environmental Quality Standards*) i njihovim normama kvaliteta (*eng. QNs – Quality Norms*). Norme kvaliteta su razvijene u okviru WFD (76/464/EEC Lista I i Lista II) prema dobrom hemijskom statusu i opasnim supstancama kao i prioritetnim i prioritetnim hazardnim supstancama. Lista prioritetnih i prioritetnih hazardnih supstanci bi trebala biti proširena da uključuje nove EmS sa štetnim efektima na funkcionisanje i strukturu akvatičnih sistema.

Procena rizika po životnu sredinu može se izračunati poređenjem procenjene koncentracije supstance u životnoj sredini (*Predicted Environmental Concentration – PEC*) sa koncentracijom za koju je procenjeno da nema biološke efekte (*Predicted No-effect Concentration, PNEC*). Odnos PEC i PNEC vrednosti treba da bude manji od jedinice, u suprotnom, rizik po životnu sredinu postoji i odgovarajuće mere moraju se preduzeti kako bi se rizik smanjio. Nakon što se vrednosti PNEC za svaku supstancu, uključujući i EmS, potvrde dovoljnim brojem ispitivanja, one postaju EQS i predstavljaju zvanične granične vrednosti za dato jedinjenje.

Standardi za kvalitet vode koriste se kao glavni alat za upravljanje kvalitetom životne sredine, zaštitu vodnih resursa, kao vrednog prirodnog resursa, uključujući pijaću vodu, zdravlje ljudi, akvatičnih zajednica, komercijalni i sportski ribolov, rekreacije na otvorenom, i uopšte integritet ekosistema.

Za održivo korišćenje vodnih resursa i izloženost emergentnim supstancama u situacijama ekstremnih temperatura i padavina, norme kvaliteta se moraju razviti tako da upravljanje vodama garantuje dobar kvalitet vode za piće i navodnjavanje u poljoprivredne svrhe i štiti ekosistem kao i kvalitet života. U Tabeli 2. predstavljene su strategije procene rizika za održivi razvoj površinskih voda, zemljišta i zaštite ljudskog zdravlja. Ključni elementi strategije i njihovi zahtevi za procenu rizika na životnu sredinu su karakterizacija efekata i izloženosti.

Osnovni parametri koji figurišu u proceni izloženosti su strukturne osobine jedinjenja, komercijalna jedinjenja, putevi i matrice kojim se transportuju, formulacije i aktivni gradijent, brzina biološke degradacije, biodostupnost, metaboliti i biotransformacija.

Konvencionalnim biološkim testovima i bio-analitičkim sistemima formiraju se norme kvaliteta sa efektima koje svaka od emergentnih supstanci stvara.

Osnovni podaci za procenu efekata dati u Tabeli 3. su dobijeni normama kvaliteta i biološkim testovima. Krajnje tačke bioloških testova su u pogledu akutne i hronične toksičnosti izražene u brojevima kao LC50 (eng. *Lethal concentration for 50 % test population*) i/ili NOEC (eng. *No Observed Effect Concentration*). Pored klasičnih bioloških testova, bioakumulacijskih testova i reproduktivne toksikologije, postoji nekoliko validnih i dostupnih biomarkera, standardizovanih od strane Internacionalne organizacije za standardizaciju, (*International Standard Organisation*, ISO).

Parametri koji se odnose na biomarkere pružaju jasnu sliku o molekularnom nivou u pogledu zdravstvenog statusa ispitivanog akvatičnog sistema. Zdravstveni status akvatičnog ekosistema se ponekad naziva “zdravlje ekosistema”.

Tabela 2. Procena izloženosti –procena rizika na životnu sredinu, zemljište, vodu i ljudsko zdravlje (Hansen P, 2007)

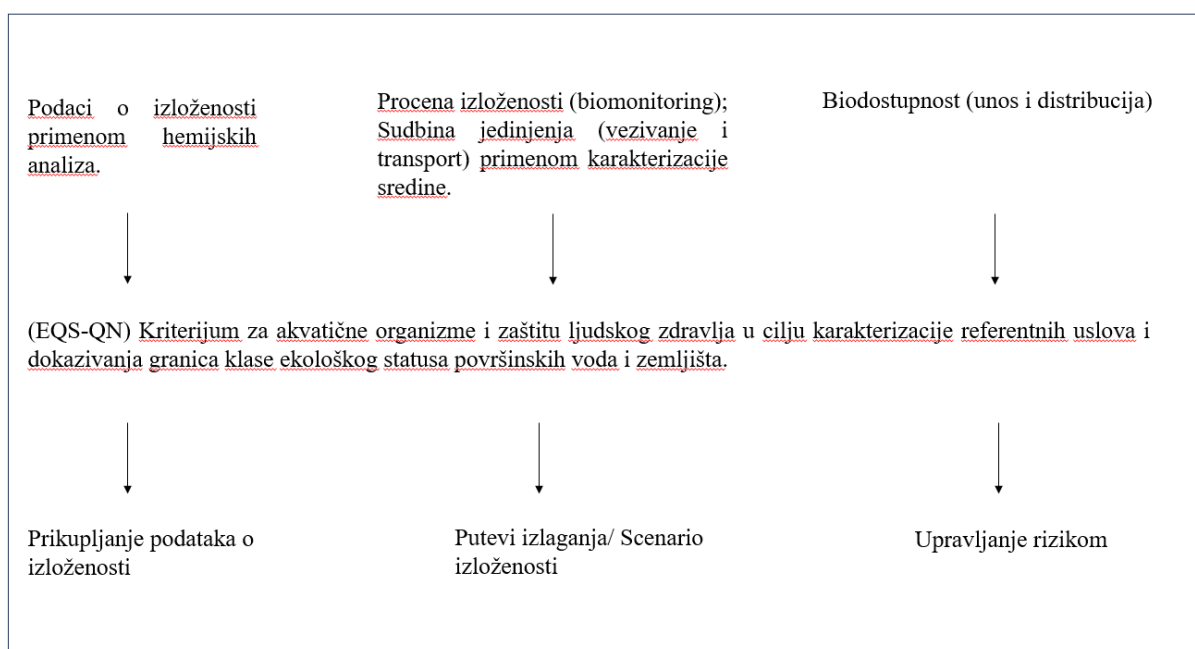
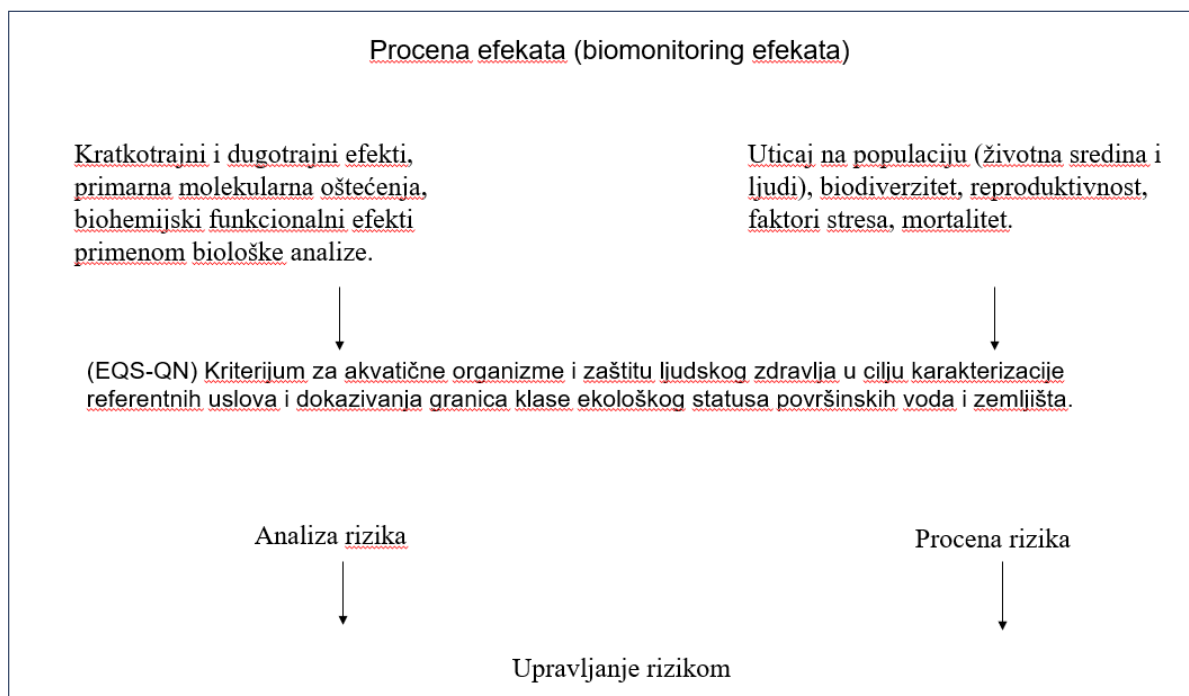


Tabela 3. Procena efekata – procene rizika na životnu sredinu, zemljište, vodu i ljudsko zdravlje – od procene efekata do upravljanja rizikom (Hansen P, 2007)



2.7 Internacionalna i nacionalna zakonska regulativa, standardi i preporuke u oblasti monitoringa i zaštite voda

Okvirna direktiva o vodama (WFD)

Okvirnu direktivu o vodama (2000/60/EC) je usvojio Parlament i Savet Evropske unije 23. oktobra 2000. godine. Ova Direktiva je najviši akt vezan za vode u EU. Opšti cilj Direktive sa aspekta zaštite životne sredine je postizanje „statusa dobre vode“ u čitavoj EU i održavanje tog statusa na dalje. Direktiva je stupila na snagu 22. decembra 2000. godine.

Ključni ciljevi politike Evropske unije sadržani u WFD su:

- Sveobuhvatna zaštita svih voda znači zaštitu svih voda primenom principa integralnog upravljanja vodnim resursima, i to površinskim vodama, podzemnim vodama i priobalnim vodama;
- Dobar status svih voda u roku od 15 godina po usvajanju direktive;
- Integralno upravljanje rečnim slivom, čak i preko administrativnih i međunarodnih granica, uključuje planove upravljanja slivom i koordinirane programe monitoringa;
- „Kombinovani pristup“ u vezi sa standardima za granične vrednosti dozvoljenih emisija i kvaliteta životne sredine;
- Pravilo utvrđivanja cena primenom principa - korisnik plaća, principa - zagađivač plaća i principa - potpuna nadoknada troškova;
- Uključivanje javnosti što podrazumeva informisanje, konsultovanje i transparentnost.

Okvirna Direktiva o vodama sadrži 26 zakonskih članova i 11 aneksa kojima se specificiraju i operacionalizuju njene odredbe.

U okviru Direktive predviđen je niz pristupa i konkretnih aktivnosti, od kojih su najvažniji

sledeći:

- a) Zemlje članice Evropske unije treba da utvrde posebne rečne basene (slivove) koji se nalaze u okviru državnih granica i da ih označe kao područja rečnih basena (slivna područja). Ova područja, u okviru kojih su obuhvaćene i podzemne vode i obalske vode, predstavljaju osnovnu jedinicu za kvantitativnu i kvalitativnu procenu vodnih resursa i racionalno upravljanje, član 3.
- b) Zemlje članice treba da zaštite i unapređuju kvalitete površinskih voda da bi se obezbedilo "dobro stanje" voda u toku narednih 15 godina. Isto se odnosi i na podzemne vode, s tim što se mora obezbediti ravnoteža između zahvatanja podzemnih voda i njihovog obnavljanja, član 4.
- c) Uvođenje politike cene vode na način koji će podstaći mudro korišćenje voda, a time doprineti i ispunjenje postavljenih ciljeva zaštite životne sredine, član 9. Ova politika će se primenjivati u svim vodoprivrednim oblastima prema usvojenim principima utvrđivanja cene vodnih usluga i ona treba da stimuliše racionalnu i kontrolisanu potrošnju vode. Pri utvrđivanju cene vode i vodnih usluga svaka država mora da vodi računa o društveno-ekonomskim i ekološkim efektima. Tretman vode kao robe odraziće se i na jačanje svesti i interesa stanovništva, posebno budućih direktnih korisnika, u izboru optimalnih, tehnički i ekonomski najpovoljnijih rešenja održivog korišćenja voda.
- d) Zemlje članice moraju da pripreme planove upravljanja rečnim basenima (slivnim područjima) u okviru svoje teritorije. Ako se radi o međunarodnim rečnim basenima, države moraju obezbediti koordinaciju aktivnosti radi pripreme jedinstvenog plana upravljanja, član 13.
- e) Zemlje članice treba da podstiču aktivno učešće svih zainteresovanih strana u pripremi, formiranju, prezentaciji i noveliranju planova za upravljanje rečnim basenima (slivnim područjima). Planovi moraju proći određenu proceduru, koja podrazumeva javnu informisanost i dinamički plan realizacije određenih aktivnosti, član 14 i član 15.
- f) Da bi se sprečilo zagađenje vode, a time i ugrožavanje akvatičnog ekosistema, usvojene su posebne mere. Svrha istih je progresivno smanjenje opasnih materija. U okviru ovih mera treba da se usvoji spisak opasnih materija i spisak posebno opasnih materija, koje se moraju prve ukloniti. Pored toga, treba da se utvrde granične vrednosti drugih opasnih materija u emisiji. Ovo je važno za industriju i druge korisnike voda koji moraju da sačine planove svojih aktivnosti, član 16.
- g) Sprovođenje postavljenih ciljeva zahteva usvajanje novih zakona, regulative i administracije, član 24.

Aneksi II, V, VIII i X WFD, koji se često spominju u okviru doktorske disertacije, predstavljaju ključne smernice koje usmeravaju identifikaciju, procenu i upravljanje vodnim resursima u slivnim područjima Evrope.

Aneks II WFD definiše listu vodnih tela u svakom slivnom području, klasifikujući ih prema tipu i veličini. Ova klasifikacija je osnov za upravljanje i procenu vodnih resursa, omogućavajući identifikaciju i prioritizaciju neophodnu za monitoring. Aneks II olakšava koordinaciju između država članica, omogućavajući efikasnu implementaciju prekogranične strategije upravljanja vodama.

Aneks V WFD fokusira se na uspostavljanje referentnih uslova za vodna tela, pružajući smernice za identifikaciju minimalno izmenjenih vodnih ekosistema. Ova referentna stanja služe kao osnova za procenu ekološkog statusa vodnih tela i postavljanje ciljeva za poboljšanje kvaliteta vode i obnavljanje ekosistema.

Aneks VIII bavi se identifikacijom značajnih pritisaka na vodna tela, uključujući izvore zagađenja i ljudske aktivnosti koje utiču na kvalitet i količinu vode. Ovaj prilog pruža sistematski pristup u identifikaciji i karakterizaciji pritisaka, što pomaže u razvoju efikasnih mera za njihovo kontrolisanje.

Aneks X WFD definiše okvir za postavljanje ekoloških ciljeva za površinske vode, uzimajući u obzir karakteristike svakog slivnog područja. Ovaj prilog podstiče usvajanje holističkog pristupa upravljanju vodama, integrišući ekološke, hidrološke i socio-ekonomske faktore u postavljanju ciljeva.

Direktiva o tretiranju urbanih otpadnih voda (UWWTD)

UWWTD (*Urban Wastewater Treatment Directive – 91/271/EEC*) predstavlja ključni instrument Evropske unije u borbi protiv zagađenja voda i očuvanju životne sredine. Usvojena 1991. godine, ova Direktiva postavlja jasne standarde i smernice za sakupljanje i tretman otpadnih voda koje potiču iz urbanih sredina sa više od 2000 stanovnika. Cilj UWWTD nije samo smanjenje zagađenja voda, već i zaštita vodenih ekosistema i očuvanje biodiverziteta. Kroz primenu odgovarajućih tehnologija tretmana, kao i kroz strogo praćenje i utvrđivanje parametara kvaliteta vode, Direktiva osigurava da se otpadne vode tretiraju na način koji minimizira njihov negativan uticaj na životnu sredinu i ljude. Ova inicijativa ima ključnu ulogu u održavanju visokih standarda kvaliteta vode širom Evropske unije, dok istovremeno podstiče inovacije u oblasti tretmana otpadnih voda i promoviše održivo upravljanje vodnim resursima.

Direktiva EU o vodi za piće (DWD)

DWD (*Drinking Water Directive – 2020/2184/EU*) postavlja standarde i zahteve za kvalitet vode koja se koristi za piće u članicama EU. Cilj ove Direktive je zaštita ljudskog zdravlja putem osiguravanja da voda za piće bude bezbedna i čista za konzumaciju. Direktiva definiše parametre kvaliteta vode, kao što su sadržaj mikrobioloških i hemijskih supstanci, i postavlja granice za prisustvo potencijalno štetnih materija, poput prioriternih i prioritarno hazardnih supstanci. Takođe, propisuje se redovno praćenje i analiza vode radi obezbeđivanja usaglašenosti sa propisanim standardima.

Ova Direktiva predstavlja ključni instrument za obezbeđivanje visokog nivoa zaštite zdravlja građana Evropske unije putem osiguranja kvaliteta vode za piće. Propisani standardi i zahtevi omogućavaju nadležnim organima i vodoprivrednim preduzećima da kontrolišu i održavaju bezbednost vode koja se distribuira za konzumaciju. Pored toga, Direktiva promoviše transparentnost i saradnju između članica EU u pogledu praćenja i izveštavanja o kvalitetu vode za piće, što doprinosi smanjenju rizika od bolesti povezanih sa konzumacijom neispravne vode.

Uredba o registraciji, evaluaciji, autorizaciji i ograničenju hemikalija (REACH)

REACH (*Regulation on Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals – 1907/2006/EC*) je propis Evropske unije koji reguliše proizvodnju i korišćenje hemikalija radi zaštite zdravlja ljudi i životne sredine. Ova Uredba zahteva da proizvođači ili uvoznici

hemikalija registruju svoje proizvode i dostave informacije o njihovim svojstvima i bezbednosti. Takođe, omogućava procenu rizika i ograničava upotrebu opasnih hemikalija, a u nekim slučajevima može zahtevati i autorizaciju za upotrebu najopasnijih supstanci. Cilj je smanjiti rizike po zdravlje i životnu sredinu, promovisati bezbedno korišćenje hemikalija i podsticati inovacije ka bezbednijim alternativama.

REACH propis predstavlja ključni instrument u regulisanju hemikalija u Evropskoj uniji, obezbeđujući visok nivo zaštite ljudi i životne sredine. Ova Uredba postavlja jasne obaveze za proizvođače, distributere i korisnike hemikalija, kao i nadležne organe za sprovođenje. Kroz sistem registracije, evaluacije i autorizacije, REACH doprinosi stvaranju transparentnog okruženja u kojem se promoviše bezbednost hemikalija i podstiče inovacija ka ekološki prihvatljivijim opcijama. Njen integrisani pristup omogućava bolje razumevanje i upravljanje rizicima od supstanci poput EmS, prioritetnih i prioritetno hazardnih, što doprinosi održivom razvoju i zaštiti javnog zdravlja i životne sredine u Evropskoj uniji.

Stokholmska konvencija

Stokholmska konvencija je globalni međunarodni sporazum koji se bavi eliminacijom ili smanjenjem upotrebe perzistentnih organskih polutanata, poznatih kao POPs. Potpisana je 2001. godine u Stokholmu, Švedska, i stupila je na snagu 2004. godine. Glavni cilj konvencije je zaštita ljudskog zdravlja i životne sredine od POPs koji se mogu prenositi kroz vazduh, vodu i prehrambeni lanac, uzrokujući štetne uticaje na živi svet i zdravlje ljudi. Konvencija identifikuje 12 ključnih POPs, uključujući dioksine, furane, i polihlorovane bifenile (*Polychlorinated biphenyls* - PCBs), te postavlja ciljeve za njihovu eliminaciju ili smanjenje njihove proizvodnje i upotrebe.

Regulativa Republike Srbije

Republika Srbija je regulisala metode monitoringa kvaliteta voda sopstvenim Zakonom o vodama (Sl. Glasnik RS 30/10, 93/2012 i 101/2016). Međutim, monitoring je uglavnom bio usmeren na praćenje fizičko-hemijskih parametara i analizu neorganskih jedinjenja, dok su organska potpuno zanemarena. Nakon što je posle 2012. godine, republika Srbija postala kandidat za pristupanje EU, imala je obavezu da primenjuje zakonodavstvo Evropske unije iz svih oblasti, uključujući i praćenje kvaliteta voda. Deo zakonske regulative je već usaglašen, ali do sada nije u potpunosti sproveden. Na primer, Uredba o graničnim vrednostima emisije prioritetnih i prioritetnih hazardnih supstanci koje zagađuju površinske vode (Sl. glasnik RS 24/2014), koja je u skladu sa zakonodavstvom Evropske unije doneta je 2014. godine, ali još uvek nije u potpunosti primenjena, zbog ograničenja opreme i nedostatka stručnog osoblja.

2.8 Presek stanja upravljanja prioritetnim i prioritetnim hazardnim supstancama

Cilj Okvirne Direktive o vodama je dostizanje dobrog statusa površinskih i podzemnih voda u Evropi i sprečavanje daljeg pogoršanja, što može biti posledica delovanja različitih stresora, uključujući i toksične hemikalije. Hemijski status površinske vode FD se procenjuje u skladu sa Članom 16. na bazi ograničenog seta od 33 prioritetnih supstanci (PS) ili prioritetnih hazardnih supstanci (PHS), uključujući i 8 prioritetnih hazardnih supstanci iz prethodne legislative, koje se regulisane i praćene na nivou Evrope. Prema najnovijoj bazi PS i PHS,

članice EU su u obavezi da sprovode monitoring 30 prioritetnih i 71 prioritetnih hazardnih supstanci. Ukoliko se druga jedinjenja ispuštaju u značajnim količinama, ona se prate u okviru procene ekološkog statusa. U ovu svrhu, Aneks VIII WFD sadrži "indikativnu listu glavnih polutanata" koju države članice EU treba da koriste kao osnovu za identifikaciju potencijalno štetnih jedinjenja u okviru procene ekološkog statusa, koji se nazivaju i "specifični polutanti". Da li se neka hemikalija oslobađa i unosi u životnu sredinu (voda, vazduh i zemljište) u značajnoj količini se obično određuje na osnovu odnosa nivoa izloženosti akvatičnih sistema i organizama i čoveka emergentnim supstancama, tj. procenjene koncentracije u životnoj sredini (PEC) i ekološki bezbednog praga, tj. koncentracije za koju je procenjeno da nema efekat na životnu sredinu (PNEC). Odnos procene rizika PEC/PNEC koji je veći od 1 inicirao bi uključivanje supstance u rutinski monitoring i određivanje zakonski definisanog praga, odnosno standarda kvaliteta životne sredine (*Environmental Quality Standard - EQS*). Međutim, s obzirom na izuzetno veliki broj postojećih jedinjenja neophodno je smanjiti broj supstanci kandidata za monitoring, procenu rizika i procesa prioritizacije. Određeni metodi prioritizacije zasnovani su na potencijalnom prisustvu hemikalije u životnoj sredini, dok se hemikalije sa visokom toksičnošću, ali niskim koncentracionim nivoima i malom frekvencijom registrovanja, i samim tim niskim nivoom ekspozicije životne sredine toksičnim hemikalijama ne analiziraju i ne evaluiraju u procesima prioritizacije. Pojedine metode se fokusiraju na perzistentnost, bioakumulativnost i potencijal supstance za transport na velike udaljenosti, zanemarujući toksičnost supstance. Većina predloženih metodologija prioritizacije nije uključila skoro polovinu supstanci kandidata zbog nedovoljnih informacija. Jedan od primera je kombinovana procedura podešavanja prioritizacije zasnovane na monitoringu i modelovanju (Combined Monitoring-Based and Modeling-Based Priority Setting - COMMPS), prva metoda prioritizacije u EU, koja je i rezultovala aktuelnom listom prioritetnih supstanci. Naglasak u okviru te procedure bio je na dostupnosti kompletnih informacija o ekspoziciji i štetnosti, što je skratilo spisak razmatranih supstanci na samo 279, zanemarujući supstance sa ograničenim setovima podataka. Analitičke tehnike i limiti kvantifikacije koji su bili dostupni u to vreme dodatno su ograničavali broj potencijalnih detekcija. Sličan pristup primenjen je u proceduri prioritizacije sprovedenoj tokom revizije prve liste PS. Prema članu 16. WFD, spisak PS mora biti revidiran svakih šest godina. Revizija prve liste PS podrazumevala je dve razdvojene procedure prioritizacije: studija prioritizacije zasnovane na monitoringu na Nacionalnom Institutu za industrijsku životnu sredinu i rizike (Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques - INERIS) i studija prioritizacije zasnovane na modelovanju na Zajedničkom istraživačkom centru (Joint Research Center – JRC) EU. Studija zasnovana na monitoringu procenjivala je veći broj supstanci (ukupno 339) u poređenju sa COMMPS studijom i oslanjala se na širu bazu podataka o životnoj sredini i unapređenu procenu hazardnosti. Prioritizacija zasnovana na modelovanju je evaluirala ukupno 2034 jedinjenja prema unapred definisanim kriterijumima hazardnosti i izloženosti (ekspozicije), što je generisalo spisak od 78 potencijalno opasnih supstanci, za koje je sprovedena detaljnija procena. Pristup zasnovan na modelovanju koristio je bodovanje rizika u rasponu od 1 do 5, koja nije uvažavala kvantitativnu procenu zasnovanu na odnosu PEC/PNEC. Usvojena je iz druge procedure, sprovedene u Velikoj Britaniji, koja je takođe bila zavisna od integracije predikcija hazardnosti i izloženosti sa ciljem razvijanja robusne i transparentne metodologije identifikacije i prioritizacije hemikalija u okviru Aneksa VIII, tj. specifičnih polutanata, u Velikoj Britaniji (von der Ohe et al, 2011).

Cilj pristupa koji primenjuju von der Ohe et al, 2011 je prioritizacija organskih polutanata visoke frekvencije detektovanja i koncentracionih nivoa, što je od izuzetnoga značaja, koji su kandidati za unošenje u spisak specifičnih polutanata rečnih basena u okviru Aneksa VIII WFD, uzimajući u obzir nedovoljno poznavanje ključnih parametara u okviru dosadašnjeg procesa prioritizacije. Metodologija je zasnovana na modifikovanim procenama izloženosti životne sredine i hazardnosti za razliku od prethodnih pristupa. Za procenu izloženosti kao PEC uzet je u obzir je 95. percentil maksimalnih koncentracija na svim lokacijama (MEC_{95}), za razliku od 90. percentila prosečnih koncentracija (MEC_{90}), kao što je predviđeno za PS. Za procenu hazardnosti koristi se najniža vrednost ekoloških bezbednih pragova zasnovanih na akutnim efektima ($PNEC_{acute}$) i često korišćenih standarda zasnovanih na hroničnim efektima ($PNEC_{chronic}$), za razliku od ranije preferiranih hroničnih efekata izazvanih odgovorajućim podacima u odnosu na podatke koje su izazivali akutne efekte. Ukoliko ne postoji dovoljno podataka o uticaju, primenom read-across modela za akutnu toksičnost standardnih test organizama *Daphnia magna*, *Pimephales promelas* i *Selenastrum capricornutum*, zasnovanom na pristupu k najbliži susedi (k nearest neighbour – KNN) uspostavlja se privremena koncentracija za koju je procenjeno da nema efekat na životnu sredinu (provisional PNEC, P-PNEC). Dva indikatora se koriste za prioritizaciju supstanci u okviru šest kategorija: (i) učestalost lokacija na kojima maksimalna koncentracija (MEC_{Site}) prekoračuje najniži PNEC, kao prostorni aspekt izloženosti, i (ii) odnos rizika ($MEC_{95}/\text{najniži PNEC}$), kao procena intenziteta lokalnog uticaja.

2.9 Pregled vladajućih stavova i shvatanja u literaturi u području istraživanja

Novija istraživanja (Mishra, R. et al, 2023; Puri, M et al, 2023; Puri, M et al 2022; Mueller, A et al, 2020; Mao, F et al, 2019; Mijangos et al, 2018; Karahan et al, 2017; Slobodnik et al, 2012; von der Ohe et al, 2011) ukazuju na značaj identifikacije EmS u vodama, a čije prisustvo do sada nije bilo određivano. Analitičke metode i ograničenja pri kvantifikaciji dugo su bili limitirajući faktori prilikom detekcije ovih supstanci (Klein et al, 1999).

Von der Ohe i saradnici (2011) istakli su značaj prioritizacije supstanci za potrebe procene rizika i sprovođenje monitoringa u skladu sa zahtevima Okvirne direktive o vodama EU. U okviru istraživanja po prvi put je procenjen rizik 500 organskih supstanci u četiri evropska rečna basena. Za potrebe prioritizacije primenjeno je drvo odlučivanja koje kategoriše sve supstance u 6 grupa, u zavisnosti od dostupnih informacija o supstancama. Prioritet u okviru svake kategorije izračunavan je na osnovu 2 indikatora: učestalosti prekoračenja i obima prekoračenja najniže koncentracije za koju je procenjeno da nema biološke efekte (PNEC).

Adaptirani postupak prioritizacije realizovan je u Slovačkoj u cilju izrade liste specifičnih prioritetnih supstanci. Istraživanje opisuje 2 nezavisna pristupa prioritizacije. Prvi pristup koristio je sistem klasifikacije zasnovan na podacima o prisustvu supstanci u kombinaciji sa monitoring podacima dobijenim od strane industrije. Drugi pristup bio je zasnovan na proceni učestalosti i obima prekoračenja graničnih vrednosti za sve organske supstance obuhvaćene monitoringom rečnih vodnih tela u Slovačkoj u periodu od 2001-2010 (Slobodnik et al, 2012). U istraživanju Kuzmanovic et al (2015) izvršena je prioritizacija na osnovu Indeksa rangiranja (Ranking Index - RI), fokusirajući se na tri česta indikatora ekotoksičnosti. Međutim, ističe se da ovaj pristup lako može biti proširen na bilo koji drugi in vivo ili in vitro test, pod uslovom

da postoje podaci za sve supstance. Uočava se nedostatak sistematskih podataka o ekotoksičnosti za mnoge supstance, naglašavajući važnost popunjavanja ovog jaza za potrebe procene ekološkog rizika. Predložena šema prioritizacije može biti korisna kako za regulatorne svrhe, tako i za implementaciju narednih planova upravljanja slivovima reka (*River Basin Management Plan - RBMP*) i programa mera (*Programme of Measures – PM*) koje zahteva WFD. Ovo istraživanje naglašava potrebu za sistematičnim pristupom procene rizika na životnu sredinu i ukazuje na praktične koristi primene predložene prioritizacije u planiranju i sprovođenju mera zaštite vodnih resursa.

Istraživanje sprovedeno u Turskoj (Karahan Ozgun et al, 2016) identifikovalo je metodologiju uzimajući u obzir iskustvo zemalja Evropske unije, kao i jedinstvene okolnosti Turske gde postoji ograničen broj podataka o upotrebi, emisiji i praćenju opasnih supstanci. Usvojena metodologija omogućava eliminaciju hemikalija i skrining radi generisanja liste potencijalnih specifičnih polutanata.

Brack et al (2015) razvili su alate i metodologije za identifikaciju, prioritizaciju i procenu polutanata u vodi koji mogu predstavljati rizik po kvalitet životne sredine i zdravlje humane populacije. Oni ističu značaj primene postupka prioritizacije na sve supstance, bez obzira na količinu dostupnih informacija, upotrebom razvijenih alata. Takođe, razvili su moderan model masenog balansa za predikciju sudbine organskih zagađujućih supstanci u rečnim basenima.

U Srbiji je relizovano nekoliko projekata koji su uključivali monitoring i analizu organskih supstanci u uzorcima vode. Međutim, većina studija bila je orijentisana na pojedine industrijske sisteme i poljoprivredne aktivnosti kao potencijalne izvore emisije (Hrubik et al, 2016; Sremački et al, 2016). Rezultati studija sprovedenih u Novom Sadu ukazali su na prisustvo EmS (Grujić Letić et al, 2015), farmaceutika (Petrović et al, 2014), ftalata (Škrbić et al, 2016), organohlorinih pesticida (Škrbić et al, 2017) i drugih specifičnih polutanata (Vojinović Miloradov et al, 2014), kao i na potrebu za definisanjem sveobuhvatnog specifičnog nacionalnog monitoring programa za rečne basene u Republici Srbiji.

U okviru projekta *Strengthening the Capacity for Implementation of the Directive 76/464/EEC in Vojvodina Region, Slovak Aid*, je po prvi put na jednom vodnom telu u Srbiji primenjena procedura predviđena Aneksom VIII Okvirne direktive o vodama. U okviru rečnog sistema Nadela sprovedeni su uzorkovanje i detaljna analiza organskih i neorganskih polutanata i definisana je lista specifičnih polutanata karakteristična za ispitivani rečni sistem. Korišćena metodologija prioritizacije nije uzimala u obzir ekotoksičnost i bila je zasnovana samo na dobijenim rezultatima monitoringa (Vojinović Miloradov et al, 2008). U okviru projekta definisana je lista detektovanih polutanata.

U okviru projekta Joint Danube Survey iz 2013. i 2019. godine sproveden je monitoring kvaliteta Dunava na 20 lokacija u Republici Srbiji u cilju prikupljanja informacija o prisustvu EmS koje nisu obuhvaćene redovnim monitoring programima, dobijanja komparabilnih podataka za ceo rečni tok Dunava i pružanja podrške aktivnostima Međunarodne komisije za zaštitu reke Dunav (*The International Commission for the Protection of the Danube River - ICPDR*) i dobijanja novih znanja i informacija u oblasti upravljanja vodama (Loos et al, 2017; Chapman et al, 2016, Ansorge et al, 2024).

3. MATERIJAL I METODE

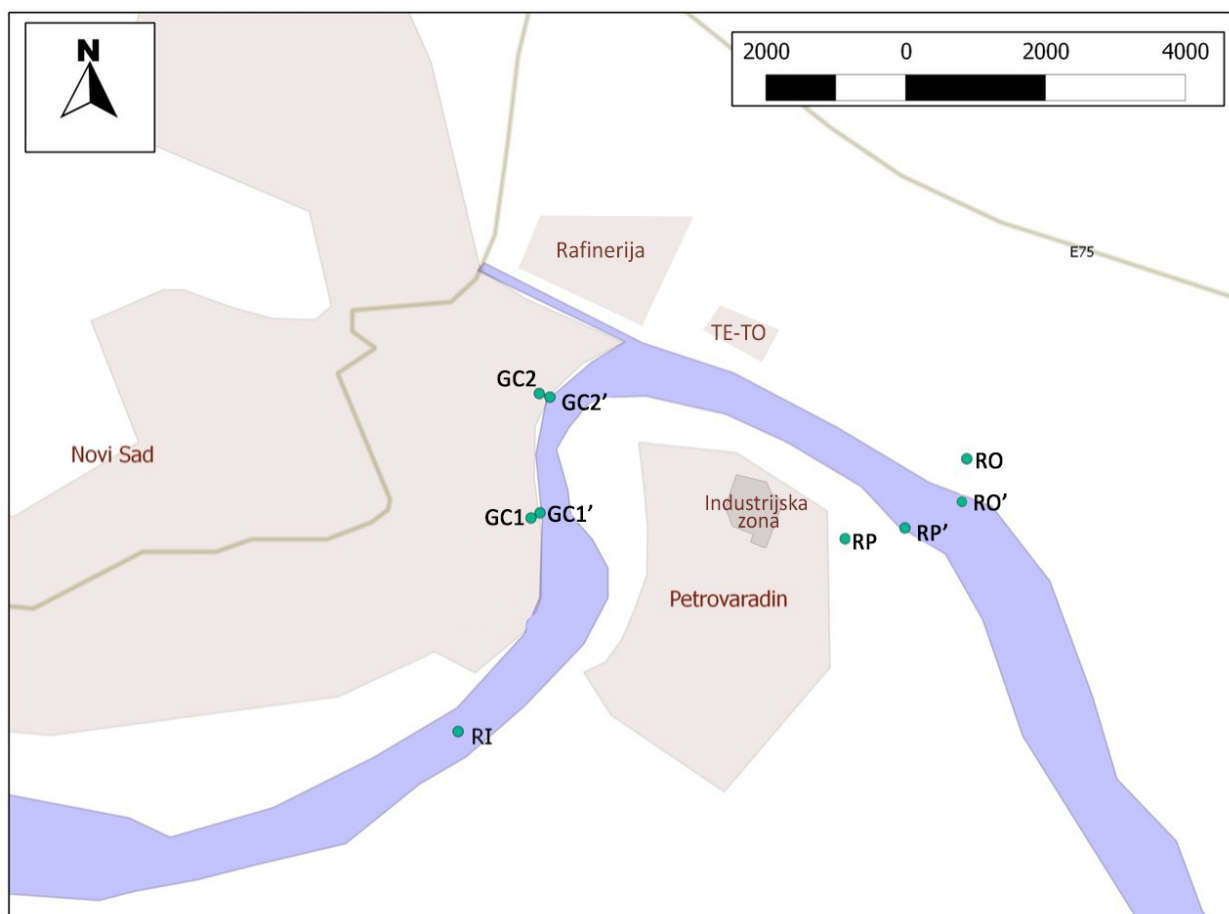
3.1 Lokalizacija uzorkovanja

Voda za piće u Novom Sadu dobija se iz reke Dunav direktno ili korišćenjem nekoliko akvifera u zemljištu. U prvom slučaju, tačka zahvatanja vode za piće se nalazi na samo nekoliko stotina metara nizvodno od mesta za odlaganje komunalnog otpada. Takođe koristi se i nekoliko tačaka zahvatanja podzemnih voda; međutim svi akviferi se nalaze u gusto naseljenim urbanim sredinama, dok se jedan nalazi u blizini rafinerije nafte iz koje se emituju mineralna ulja i derivati mineralnih ulja u zemljište i vodu (Dalmacija et al, 2000).

Na osnovu lokacije cele kanalizacione mreže u Novom Sadu za sprovođenje analiza odabrano je 9 lokaliteta za uzimanje uzoraka.

Mesta uzorkovanja, prikazana na Slici 10, odabrana su sa ciljem utvrđivanja uticaja industrijskih i komunalnih otpadnih voda grada Novog Sada na kvalitet vode Dunava.

Četiri lokaliteta uzorkovanja su kolektori otpadnih voda (GC1, GC2, RO, RP), četiri lokaliteta u dunavskom koritu (GC1', GC2', RO', RP') 100 m nizvodno od mesta ispuštanja otpadnih voda i jedan lokalitet uzvodno pre ulaska u Novi Sad (RI).



Slika 10. Lokalizacija uzorkovanja

Mesto uzorkovanja RI se nalazi uzvodno od Novog Sada, pre svih ispusta i odabrano je kao reprezent ekotoksikološkog statusa Dunava pre bilo kakvog uticaja grada. Kanalizacioni sistem i mesto uzorkovanja RO se nalazi nizvodno, u zoni izvorišta vodosnabdevanja, nedaleko od industrijskog dela grada u kome su pozicionirane rafinerija nafte, termoelektrana i toplana (TETO). Ovaj ispušt predstavlja zbir otpadnih voda rafinerije i atmosferskih voda obližnjeg naselja, stoga se može zaključiti da zagađenje površinske vode Dunava na mernom mestu RO' vodi poreklo iz industrijskih aktivnosti Novog Sada. RP se nalazi na drugoj strani obale Dunava, u poljoprivrednom delu u čijoj je blizini i postrojenje za proizvodnju dijagnostičkih reagenasa, laboratorijskih hemikalija i rastvarača koja se nalaze u industrijskoj zoni (Slika 10). Merna mesta GC1' i GC2' se nalaze nedaleko ili ispod tri mosta: most Slobode, Varadinski i Drumsko-železnički most (Tabela 4).

Tabela 4. Odabrana mesta uzorkovanja sa koordinatama

Broj	Lokacija	Oznaka	Južna geo. širina	Istočna geo. dužina
1	Ribarac – površinska voda	RI	45°13'54.25'' N	19°50'44.62'' E
2	Cepelin – kolektor	GC1	45°15'3.704'' N	19°51'18.329'' E
3	Cepelin – površinska voda	GC1'	45°15'5.40'' N	19°51'22.53'' E
4	Beogradski kej - kolektor	GC2	45°15'44.19'' N	19°51'22.16'' E
5	Beogradski kej – površinska voda	GC2'	45°15'43.03'' N	19°51'27.09'' E
6	Ratno ostrvo - kolektor	RO	45°15'22.95'' N	19°54'39.94'' E
7	Ratno ostrvo – površinska voda	RO'	45°15'13.39'' N	19°54'38.48'' E
8	Rokov potok - kolektor	RP	45°14'56.65'' N	19°53'43.673'' E
9	Rokov potok – površinska voda	RP''	45°15'0.47'' N	19°54'11.33'' E

Slika 11 prikazuje lokacije uzorkovanja površinske vode Dunava nizvodno od ispusta otpadne vode (GC1', GC2', RP', RO').



Slika 11. Lokaliteti uzorkovanja površinske vode nizvodno od ispusta

3.2 Kampanje uzorkovanja

Tri kampanje uzorkovanja sprovedene su u zimskom (decembar), letnjem (jul) i jesenjem (septembar) periodu.

Prvo uzorkovanje sprovedeno je u decembru mesecu pri temperaturi vazduha od 8°C, bez padavina i uz brzinu vetra od 10 km/h.

Hidrometeorološki podaci za drugu i treću kampanju uzorkovanja preuzeti su od Republičkog Hidrometeorološkog zavoda i predstavljeni su u Tabeli 5, kao i na Slici 12.

Tabela 5. Podaci Republičkog hidrometeorološkog zavoda (RHMZ) za drugu i treću kampanju uzorkovanja

Parametri	Jed.	Decembar	Jul	Septembar
Broj uzoraka	-	9	9	9
Temperatura vazduha	[°C]	9.7	29	26
Max. / Min. dnevna temperatura	[°C]	14.2/4.1	34.2/18.4	31.1/17.3
Padavine	-	Bez	Bez	Bez
Pritisak	[hPa]	1005.2	1002.5	995.4
Pravac vetra	-	IJI	S	SZ
Brzina vetra	[m/s]	3	3	4
Vlažnost	[%]	85	48	53
Vodostaj	[cm]	37	190	157
Protok vode	[m ³ /s]	1380	2702	2274
Količina vode u koritu	%	-	21	26
Temperatura vode	[°C]	5.5	25.7	16.5
Nedeljna promena vodostaja	[cm]	-	160÷200	130÷165

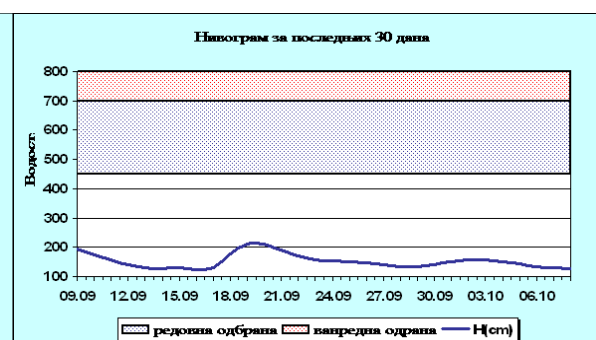
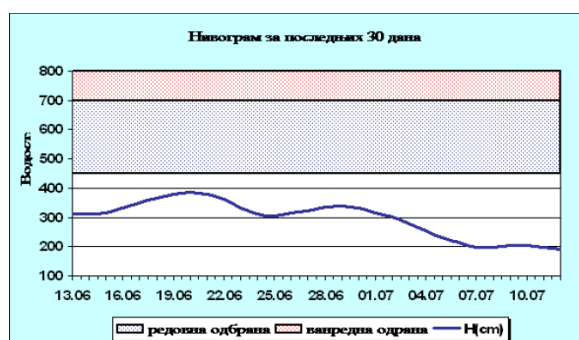
Novi Sad, 12.07.



Novi Sad, 25.09.



a) *Stanje nivoa vode u profilu*



b) *Nivogram za poslednjih 30 dana*

Slika 12. Status i režim monitoringa Dunavske vode u blizini Novog Sada prema RHMZ

3.3 Metode uzorkovanja i priprema uzorka

Uzorci su prikupljeni u plastičnim i staklenim bocama i čuvani do analize na 4°C (Slika 13). Uzorci otpadne vode uzeti su iz kolektora otpadne vode standardnom procedurom JKP Vodovod i Kanalizacija Novi Sad korišćenjem posude povezane sa teleskopskim štapom, nakon čega se uzorak vode iz kolektora presipa u staklene posude i obeležava oznakom lokaliteta uzorkovanja i vremenom uzimanja uzorka.

Uzorkovanje površinske vode izvršeno je 100 m nizvodno od ispusta iz plovnog objekta potapanjem staklene posude ispod površine vode, nakon čega se uzorak obeležava oznakom lokaliteta uzorkovanja i vremenom uzimanja uzorka.



Slika 13. Prikupljanje i čuvanje uzoraka

Skrining (kvalitativne) analize su obavljene na Institutu za analitičku hemiju u Bratislavi, primenom optimizovane procedure, dok su target (kvantitativne) analize sprovede u okviru laboratorije AQ-BIOS iz Bratislave.

Priprema uzorka za skrining analizu

Delu uzorka vode od 800 ml dodat je interni standard (fenantren-D10) kako bi se postigla konačna koncentracija od 1 µg/l. Zatim je uzorak ekstrahovan sa dve porcije od po 50 ml dihlorometana tokom 20 minuta. Nakon ekstrakcije, oba ekstrakta su kombinovana i sušena sa anhidrim natrijum-sulfatom. U dobijeni ekstrakt su dodate male količine bakarnog praha radi uklanjanja elementarnog sumpora. Dodavanje bakra je prekinuto kada je prestalo formiranje crnog bakar sulfida. Nakon filtracije, kombinovani ekstrakt je isparavan pomoću *Kuderna-Danish* aparata do konačne zapremine od 1 ml.

U okviru druge skrining analize, za ekstrakciju organskih jedinjenja iz uzoraka vode koristila se metoda ekstrakcije sorptivnom pločom za mešanje (*Stir Bar Sorptive Extraction* - SBSE). S obzirom na to da je korišćena magnetna sorptivna ploča prekrivena polidimetilsiloksanom, pretežno se očekivala ekstrakcija nepolarnih organskih jedinjenja.

Pošto su rezultati dobijeni metodom SBSE ukazivali pretežno na prisustvo nepolarnih organskih jedinjenja, kao što su linearni i razgranati alkani, tokom pripreme uzorka za treću skrining analizu organska jedinjenja su ekstrahovana tečno-tečnom ekstrakcijom kao i za prvu skrining analizu.

Priprema uzoraka za target analize

U alikvot od 800 ml uzorka vode je dodat interni standard (fenantren-D10 u slučaju PAH-ova i industrijskih hemikalija, a propazin ili cis-hlordan u slučaju pesticida i -13C- PBDE-138 -

Wellington laboratorije za polibromovane difenil etre) kako bi se postigla konačna koncentracija od 1 µg/l. Uzorak je ekstrahovan sa dve porcije od 50 ml dihlorometana tokom 20 minuta. Nakon ekstrakcije, oba ekstrakta su pomešana i osušena sa anhidrovanim natrijum-sulfatom. U dobijeni ekstrakt su dodate male količine bakarnog praha radi uklanjanja elementarnog sumpora. Nakon filtracije, kombinovani ekstrakt je uparavan pomoću *Kuderna-Danish* aparata do konačne zapremine od 1 ml.

3.4 Metode instrumentalne analize

Skrining i target analize sprovedene su korišćenjem sledećih instrumenata:

GC-MS (*Gas Chromatography-Mass Spectrometer*) – Gasni hromatograf sa masenim spektrometrom je analitički uređaj koji kombinuje gasnu hromatografiju i masenu spektrometriju za identifikaciju i kvantifikaciju hemijskih jedinjenja, kao što su farmaceutici i druga organska jedinjenja. Korišćen je PTV injektor (*Programmable Temperature Vaporizing Injector*) - Programabilni temperaturni isparivač koji se koristi u gasnoj hromatografiji za kontrolisano unošenje uzoraka u sistem tako da se omogući precizna i ponovljiva analiza komponenti u uzorku. Korišćena je DB-FFAP (*Dextrose-Modified Free Fatty Acid Phase*) kolona - Modifikovana faza slobodnih masnih kiselina na bazi dekstroze koja predstavlja vrstu kolone koja se koristi u gasnoj hromatografiji za analizu slobodnih masnih kiselina u različitim uzorcima, često u analitičkim laboratorijama i u istraživanjima u oblastima kao što su prehrambena hemija i analiza ulja i masti. Takođe, korišćena je i DB-XLB (*Diphenyl - Dimethyl Polysiloxane Bonded Phase*) kolona - Polisiloksanska vezana faza sa difenil-dimetil grupom i HP-5MS (*Hewlett-Packard 5MS*) kolona.

GC-MS ECD (*Gas Chromatography-Mass Spectrometry with Electron Capture Detector*) Gasna hromatografija-masena spektrometrija sa detektorom zahvata elektrona i GC-MS FID (*Flame Ionization Detector*) detektorom plamene jonizacije su analitičke tehnike koje se koriste za razdvajanje i analizu jedinjenja u uzorku. GC-MS ECD kombinuje gasnu hromatografiju i masenu spektrometriju s detektorom zahvata elektrona, što ga čini posebno osetljivim na jedinjenja koja sadrže elektronegativne elemente. GC-MS FID, sa detektorom plamene jonizacije, je neselektivan detektor koji je izuzetno osetljiv na ugljovodonike i druge organske spojeve, a oba sistema koriste maseni spektrometar za identifikaciju i potvrdu identiteta analiziranih jedinjenja.

GC-MS NCI (*Gas Chromatography-Mass Spectrometry with Negative Chemical Ionization*) – Gasna hromatografija-masena spektrometrija sa negativnom hemijskom jonizacijom je analitička tehnika koja se koristi za identifikaciju i kvantifikaciju jedinjenja u uzorku, kombinujući gasnu hromatografiju i masenu spektrometriju s posebnim metodama negativne hemijske ionizacije. Ova tehnika omogućava analizu jedinjenja koja imaju niski elektronski afinitet, a često se koristi za analizu pesticida, lekova i drugih organskih jedinjenja.

GC-TOF-MS (*Gas Chromatography-Time-of-Flight Mass Spectrometry*) – Gasni hromatograf sa masenim spektrometrom vremena preleta je visokoprecizni instrument koji se koristi za brzu i preciznu identifikaciju i kvantifikaciju hemijskih jedinjenja u uzorcima, omogućavajući detaljnu analizu njihovih masa i struktura. Ovaj uređaj je posebno koristan u istraživanju hemijskih smeša, analizi uzoraka životne sredine, i farmaceutskoj industriji.

SPE-HPLC-DAD (*Solid phase Extraction – High Performace Liquid Chromatography with Diode Array Detection*) je analitička tehnika koja se koristi za pripremu i analizu uzoraka. Ova kombinacija uključuje postupak ekstrakcije na čvrstoj fazi za pripremu uzorka, zatim visokoperformansnu tečnu hromatografiju (HPLC) za razdvajanje komponenata i fotodiodni detektor za identifikaciju i kvantifikaciju analita u uzorku.

Postupak analize organskih polutantata u uzorcima otpadne, površinske i sirove vode u okviru skrining kampanja

Skrining analize su urađene na Institutu za analitičku hemiju na Slovačkom Tehnološkom Univerzitetu u Bratislavi, primenom optimizovane procedure.

Prva skrining analiza rađena je na uzorcima u zimskom periodu. Ekstrakt od 50 ml je ubrizgan u gasni hromatograf, velike zapremine u režimu rada rastvarača. GC-MS skrining analiza je izvedena korišćenjem gasnog hromatografa *Agilent 6890* spojenog na *Agilent 5973* maseni spektrometrijski detektor (MSD). GC sistem je opremljen sa PTV injektorom koji se povećavao brzinom od 60⁰ C/s. Analiza kapilarne gasne hromatografije izvedena je na koloni DB-XLB dimenzija 30 m x 250 mm unutrašnjeg prečnika sa debljinom filma od 0.25 mm. Pećnica je programirana sa 50°C (2 minuta), povećavanjem brzine od 12 °C/min do 140 °C, zatim brzinom od 14 °C/min do 310 °C (3 minuta). Helijum je korišćen kao gas nosač. MSD je korišćen u režimu skeniranja (m/z 45-600) za sve uzorke.

Druga skrining analiza je izvedena tokom letnjeg perioda primenom GC-TOF-MS instrumenta. Uzorci su bili ekstrahovani, a zatim je 50 ml ekstrakta ubrizgano u gasni hromatograf. GC-TOF-MS sistem je sastavljen od gasnog hromatografa opremljenog sa *Time-of-Flight* masenim spektrometrijskim detektorom. Kapilarna gasna hromatografija je sprovedena na odgovarajućoj koloni, koristeći helijum kao gas nosač. Analiza je izvedena u skrining modu (m/z 45-600).

Treća skrining analiza rađena je na uzorcima uzetim u jesenjem periodu. Ubrizgavanje velike zapremine je korišćeno za uvođenje 30 ml ekstrakta u GC sistemu. GC analiza je izvedena korišćenjem gasnog hromatografa *Agilent 7890* spojenog na *Agilent 5973* maseni spektrometrijski detektor. Sistem je opremljen PTV sistemom injektora. Kapilarna GC analiza je izvedena na DB-FFAP (Direct Bonded Free Fatty Acid Phase). Helijum je korišćen kao gas nosač. MSD je korišćen u sken režimu za sve uzorke.

Identifikacija jedinjenja izvršena je korišćenjem *Wiley7n* i *NIST08* bibliotekama masenog spektra.

Postupak analize organskih polutantata u uzorcima otpadne, površinske i sirove vode u okviru target kampanje

Sistem GC je opremljen PTV injektorom koji je programiran da se zagreje od 60 °C do 260 °C (5 minuta) brzinom od 40 °C/min. Analiza kapilarnim GC-om obavljena je na koloni DB-XLB dimenzija unutaršnjeg prečnika 30 m x 250 mm i debljine filma 0,25 mm, kao i na HP-5MS koloni. Kao nosač gasa korišćen je helijum. MSD je korišćen u SIM režimu za sve uzorke. Svaka ciljna supstanca je potvrđena sa dva kvalifikaciona jona i kvantifikovana putem jednog specifičnog ili osnovnog jona.

Grupa pesticida, PAH-ova, PCB-a i nekih industrijskih zagađujućih supstanci poput pentahlorobenzena, DEHP-a, drugih ftalata, nonilfenola (tehnički miks), oktilfenola, pentahlorfenola, 4-nonilfenola, bisfenola A, heksahlorobenzena, 4-tert-oktilfenola, benzotiazola i metil jasmonata analizirani su pomoću GC-MS-a primenjujući tehniku velikog volumena ubrizgavanja prema modifikovanim postupku ISO 6468. C10-C13 hlороalkani, heksabromociklododekan i PBDE analizirani su korišćenjem GC-MS-a sa negativnom hemijskom jonizacijom (NCI). ISO/DIS 12010 se koristio za određivanje C10 - C13 hlороalkana.

Lako isparljiva organska jedinjenja (*Volatile Organic Compounds*, VOC) analizirana su pomoću GC-MS-a prema postupku ISO 10301. Uzorci vode (10 ml) su postavljeni u vijale zapremine 20 ml. Za analizu nije bila potrebna posebna priprema uzoraka. Vijale sa uzorcima su direktno prenesšene u gasni hromatograf opremljen ECD i FID detektorima.

Simazin, Atrazin, Izoproturon, Diuron i hormoni analizirani su pomoću *SPE-HPLC-DAD* prema modifikovanom postupku ISO 11369. Modifikacija ISO 11369 standarda uključivala je promenu metode ekstrakcije: korišćen je *online* automatizovani *SPE* sistem povezan sa *HPLC*-om umesto C18-SPE. Kao sorbent korišćen je *PLRP-S* (Polymeric Liquid Retention Polymer-Silica) kopolimer.

Za kvantifikaciju detektovanih supstanci korišćeno je pet tačaka kalibracione krive sa internim standardima. Svi standardi pojedinačnih analita korišćeni za izradu kalibracionih krivih bili su visokog kvaliteta i dobijeni su od Dr. Ehrenstorfer (Seelze, Nemačka) u *Reference Materials for Residue Analysis*.

3.5 Procedure prioritizacije detektovanih supstanci

Procena rizika po životnu sredinu, kao i dobijanje podatka da li je jedinjenje ispušteno u značajnim količinama, utvrđuje se poređenjem procenjene koncentracije supstance u okolinu, PEC sa koncentracijom za koju je procenjeno da nema biološke efekte, PNEC.

Za proračun PNEC koriste se faktori sigurnosti dati u Tabeli 6.

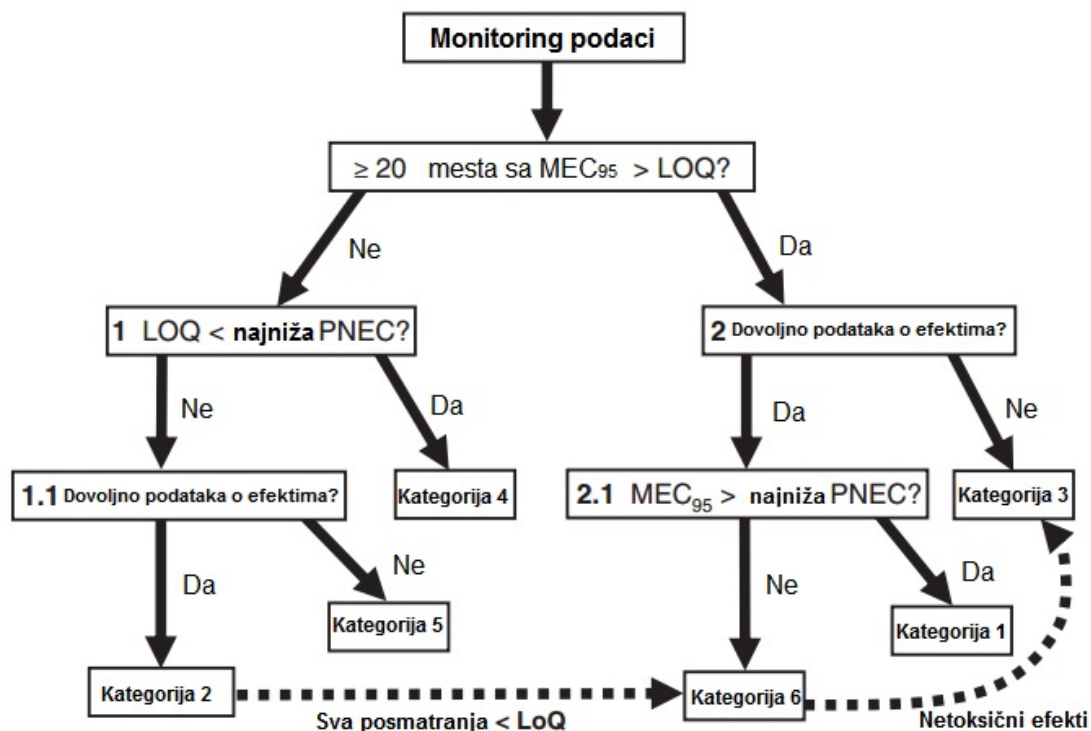
Tabela 6. Karakterizacija rizika koja uključuje izlaganje i efekte primenom normi kvaliteta povezanih sa efektima (EQS-QN) (Hansen P, 2007)

Karakterizacija rizika PEC/PNEC	
Određivanje efekata, Monitoring	Monitoring uticaja i evaluacija primenom ekotoksikoloških podataka LC50, NOEC
Ekstrapolacija	Faktori sigurnosti
Proračunavanje PEC	PNEC
$PNEC = \frac{NOEC \text{ (No Observed Effect Concentration)}}{Faktor \text{ sigurnosti}}$ $PEC = \frac{Elokal \cdot F}{OVS \cdot Kapacitet \cdot Faktor \cdot R}$ Gde je: • <i>OVS</i> – dnevna količina otpadne vode postaoivniku • <i>Kapacitet</i> – kapacitet postrojenja za tretman otpadne vode • <i>F</i> - udeo emisije posmatrane supstance u otpadnu vodu • <i>Faktor</i> – faktor koji uzima u obzir adsorpciju supstance na suspendovane čestice • <i>R</i> – faktor razblaženja • <i>Elokal</i> - lokalna emisija supstance u otpadnu vodu.	
$\frac{PEC}{PNEC} < 1 \rightarrow$ nema rizika: nije potrebno preduzimanje mera $\frac{PEC}{PNEC} \geq 1 \rightarrow$ postoji rizik: potrebno preduzimanje regulativnih mera (prekoračenje EQS i QN)	

Proces prioritizacije koji se uspostavlja na evropskom nivou, potreban za procenu hemijskog statusa, je zasnovan na primeni podataka dobijenih monitoringom i modelovanjem i ono je u skladu sa principima prioritizacije opisanih u Članu 16 Okvirne direktive o vodama.

U ovom pristupu, primenjen je metod drveta (Slika 14) razvijen od strane radne grupe NORMAN, u kome se prvo klasifikuju hemikalije na 6 kategorija u zavisnosti od raspoloživih informacija:

- Kategorija 1 – dovoljno podataka; monitoring program;
- Kategorija 2 – dovoljna toksičnost; nekoliko posmatranja;
- Kategorija 3 - toksičnost zasnovana na P-PNEC; 20 mesta > LOQ (eng. *Limit of Quantification*);
- Kategorija 4 – najniža PNEC < LOQ;
- Kategorija 5 – toksičnost zasnovana na P-PNEC, nekoliko zapažanja;
- Kategorija 6 – dovoljno podataka; ne zahteva se pažnja.



Slika 14. Drvo odlučivanja za klasifikaciju emergentnih i organskih polutanata u šest kategorija (von der Ohe et al, 2011)

U okviru 6 katogorija za proces prioritizacije korišćena su dva indikatora:

- Učestalost mesta čija maksimalna koncentracija ($MEC_{lokacija}$) prelaze najnižu PNEC čime se prikazuje prostorni aspekt izlaganja;
- Odnos za procenu rizika ($MEC_{95}/\text{najniži PNEC}$) koji govori o intenzitetu lokalnih uticaja.

Prioritet u okviru svake kategorije je potom procenjen na osnovu dva indikatora:

1. Učestalosti prekoračenja i
2. Obima prekoračenja PNEC-a.

Ova dva indikatora su zasnovana na maksimalnoj koncentraciji u životnoj sredini (MEC). Jedna od slabosti ovog pristupa jeste smanjen fokus na jedinjenja metala i opštih hemijskih parametara.

Ova klasifikacija omogućava pristupanje sledećim koracima:

1. Određivanje standarda kvaliteta životne sredine za supstance koje su dovoljno istražene sa dovoljnim brojem podataka o njihovom nastanku i toksičnosti;
2. Pобољшanje analitičkih metoda za praćene supstance čiji su limiti kvantifikacije viši od PNEC vrednosti;
3. Dodatne skrining analize kada su neophodne dodatne informacije o pojavi supstance;
4. Prekidanje monitoringa supstanci koje su dovoljno ispitane i za koje je ustanovljeno da ne predstavljaju opasnost za životnu sredinu.

Ova metodologija razvijena od strane NORMAN-a, je zasnovana na prilagođenim procenama izloženosti i opasnosti. 95%-tna maksimalna koncentracija na svakoj lokaciji (MEC_{95}) smatrana je za PEC vrednost prilikom procene izloženosti. Kako navodi Lepper (2005), najniža

dostupna vrednost pragova zasnovanih na akutnim efektima na životnu sredinu, korišćena je za procenu opasnost.

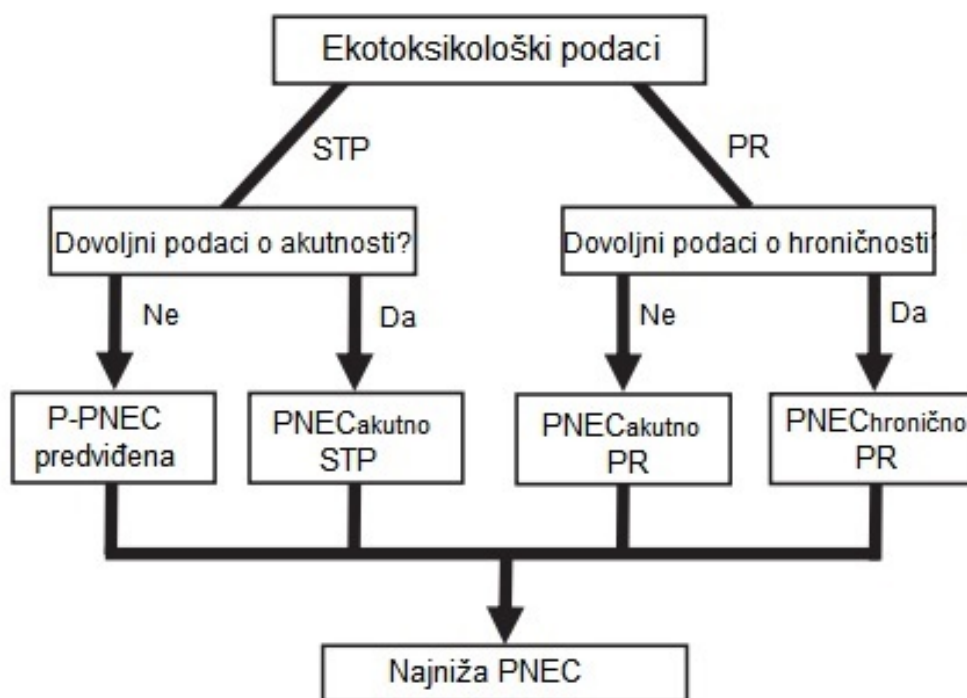
Procena izloženosti

U proračunu indikatora rizika za krajnju prioritizaciju, korišćena su dva indikatora izloženosti. MEC_{mesta} se odnosi na maksimalnu koncentraciju u životnoj sredini merenu na jednom mestu, a MEC_{95} označava 95%-tnu vrednost svih MEC_{mesta} .

Kako bi se izvršila kompenzacija za ograničenja doksontinualnog monitoring programa, za proračun MEC_{mesta} je korišćena maksimalna koncentracija koja je prelazila limit kvantifikacije na svakom mestu.

Procena hazardnosti

Procedura za određivanje najniže PNEC vrednosti prikazana je na slici 15. Pre svega, vrednosti PNEC-a zasnovane na akutnim i hroničnim efektima, prikupljene su iz INERIS studije (James et al., 2009). Eksperimentalni podaci o akutnoj toksičnosti za tri standardna test organizma bili su sakupljeni iz literaturnih i dostupnih podataka iz baza. Ukoliko podaci testova na standardnim vrstama organizama nisu dovoljni, nedostajući potrebni podaci, “kako navode Kuhne i drugi (2007), dobijeni su iz dostupnih eksperimentalnih podataka za slična jedinjenja primenom read-across metodologije.”



Slika 15. Dobijanje najniže PNEC vrednosti (STP-standardni test-podaci; PR-procena rizika) (von der Ohe et al., 2011)

U slučaju kada podaci o dovoljno sličnim jedinjenjima nisu bili dostupni, toksičnost je dobijena na osnovu koeficijenta particije oktanol-voda, koristeći utvrđene modele QSAR-a za tri standardna organizma.

QSAR pristup se primenjuje za predviđanje toksičnosti selektovanih organskih polutanata na osnovu njihove hemijske strukture. QSAR je, u poređenju sa klasičnim načinom utvrđivanja parametara toksičnosti, ekonomično i rešenje za uštedu vremena. U klasičnom pristupu, toksičnost komponenata se definiše kao minimalna koncentracija koja je toksična za žive organizme na tri različita nivoa trofičnosti (npr. sa ribama, algama i *Daphnia magna*). QSAR pristup je baziran na predviđanju koncentracija koje imaju kritični efekat (PNEC) na osnovu fizičko-hemijskih osobina, poznatih parametara toksičnosti i svojstvenih molekulskih deskriptora primenom regresione i diskriminativne analize.

Rezultati QSAR analize se mogu koristiti umesto testiranja kada su ispunjeni sledeći uslovi:

- rezultati su dobijeni iz QSAR modela čija je naučna validnost ustanovljena;
- rezultati su adekvatni za potrebe klasifikacije i obeležavanja i/ili procenu rizika;
- kada su obezbeđeni adekvatni i pouzdani dokumenti primenjenog metoda.

Metoda optimizovane prioritizacije zasnovane na toksičnim efektima

Sa prethodnim pristupom klasifikacije, sva jedinjenja mogu biti svrstana u jednu od 6 kategorija. Da bi se odlučilo koje jedinjenje ima najviši prioritet u okviru jedne kategorije, predložena su dva indikatora koja omogućavaju procenu rizika svakog jedinjenja prema dostupnim podacima:

- učestalost prekoračenja koja ukazuje prostorni aspekt izlaganja;
- stepen prekoračenja najniže PNEC, koji prikazuje intenzitet uticaja.

Dobijene vrednosti se potom skaliraju od 0 do 1, kako bi se omogućilo direktno poređenje oba indikatora. Dve dobijene vrednosti indikatora se potom sabiraju kada je to potrebno, da se dobije sveukupni rizik koji može biti maksimum 2. Prvi indikator razmatra prostornu distribuciju potencijalnih efekata koje određeno jedinjenje može da izazove tj. učestalost mesta sa zabeleženom koncentracijom preko određenog praga efekta. Za proračun ovog indikatora, maksimalna koncentracija jedinjenja zabeležena na svakom mestu (MEC_{mesta}) se poredi s najnižom PNEC. Broj mesta, na kojima je sprovedeno uzorkovanje, gde je prekoračen prag je podeljen sa ukupnim brojem mesta na kojima se prati odgovarajuće jedinjenje.

$$Učestalost\ prekoračenja = \sum n/N \quad (1)$$

Gde je:

n – broj mesta gde je odnos $MEC_{mesta}/najniži\ PNEC$ preko 1

N – ukupan broj mesta na kojima je sprovedeno analitičko merenje jedinjenja.

Ovaj indeks može biti primenjen nezavisno od broja mesta sa koncentracijom preko limita kvantifikacije, što je neophodno za drugi indikator. Krajnje vrednosti označavaju udeo lokacija gde su potencijalni efekti očekivani i kreću se u opsegu 0 do 1. Stoga, ove vrednosti mogu direktno da se koriste za ukupnu prioritizaciju.

Drugi indikator rangira jedinjenja prema obimu očekivanih efekata. Dok prethodni indikator smatra da neka jedinjenja mogu biti široko rasprostranjena, može se predvideti da se neke od

ovih hemikalija javljaju samo u prilično niskim koncentracijama blizu pragova koji izazivaju efekte.

Nadalje je računat odnos 95%-tne MEC_{mesta} vrednosti (MEC_{95}), za svako jedinjenje i potom je podeljen sa najnižom PNEC prema jednačini (2):

$$Obim\ prekoračenja = \frac{MEC_{95}}{najnižaPNEC} \quad (2)$$

Ovaj indikator je proračunat samo za kategoriju 1, 3 i 6, jer za jedinjenja pripadajuća ovoj kategoriji postoji dovoljno monitoring podataka. Krajnji količnik je potom rangiran od 0 do 1:

- prekoračenjima višim od 1 ali nižim od 10 je dodeljen 0.1 bod;
- jedinjenjima višim od 10 dodeljeno je 0.2 boda;
- supstancama čija MEC_{95} vrednost prelazi najnižu PNEC sa faktorom višim od 100 ali nižim od 1000 dodeljeno je 0.5 bodova;
- supstancama sa prekoračenjem većim od 1000 dodeljen 1 bod.

Pristup prioritizacije, koji je primenjen, zasniva se na proceni prekoračenja ekoloških pragova, koji se nazivaju predviđene koncentracije bez efekta (PNEC), za sva organska jedinjenja koja se prate u otpadnim vodama (iz četiri kanalizaciona kolektora) i dunavskoj vodi.

Zbog relativno kratkog vremena i ograničenog broja dostupnih uzoraka, ovaj pristup je primenjen i na rezultate dobijene skrining analizom. Koncentracija uslovno identifikovanih jedinjenja iz GC-MS skrininga procenjena je poređenjem signala nepoznatog jedinjenja sa signalom generisanim poznatom koncentracijom internog standarda. Ovaj dobiven daje samo grubu procenu stvarne koncentracije, ali ova greška obično varira u okviru jednog reda veličine, što je prihvatljivo u opsegu nesigurnosti u ekotoksikologiji. Vrednosti ispod limita kvantifikacije (LOQ) nisu uključene u pristup prioritizacije.

Indikator za rangiranje jedinjenja pokazuje prekoračenje koncentracije jedinjenja u odnosu na odgovarajuću PNEC vrednost. Dobiven je odnosom maksimalne koncentracije (MC) i PNEC vrednosti svakog analiziranog jedinjenja.

Metoda Faktora rizika (Total Hazard Value – THV)

Model THV (Daginnus et al. 2011) za procenu rizika je razmatran kako bi se konstituisala alternativna metodologija prioritizacije. Iz THV metode izračunava se parametar, faktor rizika, RF (eng. Risk factor). THV metoda razvijena je zbog toga, jer je uočeno da emergentne supstance nisu uključene u programe monitoringa što za rezultat daje manje dostupnih podataka o tome koliki rizik predstavljaju te supstance u vodenim sistemima. Identifikacija i selekcija relevantnih parametara koji će se koristiti u THV metodi se oslanja na stručnu procenu dostupnih podataka i na lokalne karakteristike sredine (Pizzol et al, 2015).

Procena opasnosti zagađujuće supstance izračunata je uzimajući u obzir kumulativni rizik koji zagađujuća supstanca ostvaruje zbirnim pojedinačnim vrednostima parametara u jednačini, koji redom predstavljaju:

- 1) Perzistentnost (P);
- 2) Toksičnosti (T);

- 3) Bioakumulativni potencijal (B);
- 4) Efekat endokrinih disruptora (ED) (Daginnus et al, 2011).

Sprovođenjem uzorkovanja vodnog sliva se identifikuje određeni broj polutantnih supstanci i jedinjenja, čije vrednosti parametra faktora rizika se računaju na sledeći način:

$$RF = P \text{ vrednost} + T \text{ vrednost} + B \text{ vrednost} + ED \text{ vrednost} \quad (3)$$

Ponekad se koriste drugi dostupni podaci, usled nedostataka određenih podataka o vrednosti fizičko-hemijskih svojstava navedenih u formuli (4). Jedan od takvih primera u jednačini proračuna faktora rizika je korišćenje najveće ispitivane koncentracije koja nema značajnih uticajnih efekata (*eng. No Observed Effect Concentration - NOEC*) umesto vrednosti parametra “P - perzistentnost” (Karahan Ozgun et al, 2016; Daginnus et al, 2011):

$$RF = NOEC \text{ vrednost} + T \text{ vrednost} + B \text{ vrednost} + ED \text{ vrednost} \quad (4)$$

Prilikom određivanja koncentracija ekotoksičnih supstanci, važno je uzeti u obzir sposobnost medijuma ili organizama da ih apsorbuju. Određeni proračuni zasnivaju se na metodama provere koncentracije ekotoksičnosti supstance. Ovi proračuni uzimaju u obzir informacije o odnosu između koncentracije supstance i ostvarenog efekta, što omogućava izračunavanje intervala poverenja. Intervali poverenja su korisni jer mogu pomoći u daljem procenjivanju uticaja supstance na medijum.

Metoda Indeks rangiranja (Ranking index – RI)

Parametar pod nazivom indeks rangiranja razvijen je za potrebe primene novih načina prioritizacije supstanci (Kuzmanović et al, 2015). Vrednosti parametra indeksa rangiranja su raspoređeni u šest različitih klasa vrednosti koje su proizvoljno navedene i koje pokrivaju tipične vrednosti pojavljivanja u uzorcima životne sredine (Tabela 7). Ovaj način rangira jedinjenja u opsegu od 0 do 100, gde vrednost 100 podrazumeva da je logaritam toksičnih jedinica (TU) jedinjenja veći od “0” na svim lokalitetima uzorkovane reke, dok vrednost 0 znači da log TU ne prelazi vrednost od “-4” ni na jednoj lokaciji. Šestom rang se dodeljuje vrednost “0” kada su logTU manji od “-4” (odnosno 1/10000 vrednosti efektivne koncentracije za 50% individua – EC50 i za koje se ne očekuje da će izazvati kratkoročne i dugoročne efekte u ekosistemu u većini slučajeva) (Beketov et al, 2009; Liess i Von Der Ohe, 2005).

Tabela 7. Klase ranga polutanata dodeljenih na osnovu vrednosti koncentracije i ocene

Klasa ranga, x	Opseg, LogTU	Težinski faktor, w_x
1	>0	1
2	<0, -1>	0.5
3	<-1, -2>	0.25
4	<-2, -3>	0.125
5	<-3, -4>	0.0625
6	<-4	0

Formula pomoću koje se računa vrednost parametra je zbir svih frekvencija ranga, koja u ukupnom zbiru daje 100% jer se pokrivaju sva mesta na kojima se vrši uzorkovanje u rečnom slivu. Proračun parametra indeks rangiranja jedinjenja u slivu je predstavljen formulom 5 (Kuzmanović et al, 2015):

$$RI = \sum_{x=1}^6 f_x * w_x = (f_1 * 1) + (f_2 * 0.5) + (f_3 * 0.25) + (f_4 * 0.125) + (f_5 * 0.0625) + (f_6 * 0.0) \quad (5)$$

odnosno sumiranjem frekvencija koncentracije " f_x " kasnije pomnoženih sa odgovarajućim težinskim faktorima " w_x ".

Frekvencija ranga " f_x " izražena je kao odnos lokacija u slivu reke a računa se prema jednačini (6):

$$f_x = \frac{n_x}{N_{total}} (\%) \quad (5)$$

Gde " n_x " predstavlja broj lokaliteta u slivu, a " N_{total} " je ukupan broj lokaliteta u slivu reke (Kuzmanović et al, 2015).

3.6 Procena rizika zagađujućih supstanci po životnu sredinu

WRASTIC metoda

WRASTIC metoda razvijena je sa ciljem procene podložnosti zagađenju sliva površinskih voda, bez obzira u kakvom hidrogeološkom okruženju se nalazi, ukoliko su analizirane glavne karakteristike sliva kao i načini korišćenja zemljišta. Metoda je razvijena 1991. godine od strane Američke Agencije za zaštitu životne sredine (*United States Environmental Protection Agency - USEPA*).

Upoređivanje osetljivosti područja izvorišta u odnosu na karakteristike zagađujuće supstance je način na koji se određuje osetljivost podzemnih voda što je sličan način na koji se određuje osetljivost površinskih voda. Osetljivost izvora površinskih voda na zagađenje određuje se procenom:

- 1) Površina interesne površine ili sliva;
- 2) Fizički integritet površine;
- 3) WRASTIC indeks izračunat za sliv.

WRASTIC metoda je dobila naziv od akronima za sledeće parametre:

- W – Otpadne vode (*eng. Wastewater*);
- R – Rekreativne upotrebe zemljišta (*eng. Recreational land use impacts*);
- A – Poljoprivredne aktivnosti (*eng. Agricultural land use impacts*);
- S – Veličina sliva (*eng. Size of the watershed*);
- T – Putevi transporta (*eng. Transportations avenues*);
- I – Industrijski uticaj (*eng. Industrial land use impacts*);
- C – Pokrivenost zemljišta (*eng. amount of vegetative ground Cover*)
(Alavipoor et al, 2016).

Svaki od parametara WRASTIC metode ima svoje pojedinačne vrednosti:

- W - Parametar otpadne vode predstavlja potrošnu vodu zajednica koje se nalaze u okolini samog sliva i koja je zagađena usled različitih aktivnosti. Da bi se dobio konačni raspon kriterijuma, pre svega se identifikuju sve aktivnosti koje se odvijaju na području (uključujući stambene, uslužne, obrazovne, komercijalne i sanitarne aktivnosti), odnosno sve aktivnosti osim industrijske aktivnosti (ova aktivnost će se razmatrati u okviru kriterijum industrijske aktivnosti), uzimajući u obzir i ljudski faktor.
- R – Za određivanje vrednosti ovog parametra mora se definisati koje sve aktivnosti pripadaju ovoj grupi. Rekreativne aktivnosti na lokaciji mogu biti su klasifikovane na sledeći način:
 1. Koncentrisane rekreativne aktivnosti: parkovi, muzeji, sportska područja, stadioni i istorijske grobnice i sveta svetinja;
 2. Koncentrisaniji i manje opsežni rekreativni sadržaji: kampovi i ribnjaci.
 3. Opširnije i manje koncentrisane rekreativne aktivnosti: šume i bašte.
 4. Ostale rekreativne aktivnosti: jezera, reke, močvare, izvori, pećine i vodopadi.
- A - Za određivanje parametra poljoprivrednih aktivnosti je potrebno da su sve postojeće poljoprivredne aktivnosti identifikovane na tom području, a zatim razvrstane u pet glavnih klasa prema WRASTIC modelu.
- S - Veličina sliva posmatranog područja je prema svojoj površini podeljena kroz 5 standardnih klasa na osnovu kojih se kasnije vrši bodovanje.
- T - Putevi transporta kao parametar obuhvata zapise o postojanju različitih transportnih puteva uključujući glavne drumske puteve, sporedne drumske puteve, železničke puteve.
- I - Za parametar industrijskog uticaja se identifikuju sve vrste industrija, industrijskih kompleksa i fabrika koje postoje na području. Zatim, se raspoređuju u šest klasa na osnovu intenziteta zagađenja, gde šesta klasa označava maksimalnu količinu zagađenja.
- C - Za parametar pokrivenosti zemljišta proučavano područje se analizira na osnovu postojećih resursa. Zatim su razvijene glavne klase za ovaj kriterijum prema stopi gustine vegetacije (Alavipoor et al, 2016).

Svakom od navedenih parametara je dodeljena ocena od 1 do 5, osim parametara "I" odnosno parametra industrijskog uticaja na korišćenje zemljišta gde ocena varira od 1 do 8. Ovi parametri su računati i upareni kako bi zajedničkim kombinovanjem ukazali na ukupnu ranjivost posmatranog sliva od zagađenja.

Što je vrednost WRASTIC indeksa veća ceo vodotok posmatranog sliva je u većem riziku od zagađenja (Williams, 2000).

Pošto se na kraju proračuna WRASTIC indeksa dobija ocena osetljivosti, primena WRASTIC metode i izračunavanje WRASTIC indeksa može se smatrati prvim pristupom za procenu rizika (NWED/DWB, 2019).

U tabeli 8. su prikazani svi parametri WRASTIC metode kao rangovi koje ti parametri mogu ostvariti prema ovoj metodi. Pored ovih podataka u tabeli su prikazane i pojedinačne ocene koju svaki od rangova parametra nosi kao i ocena težine za svaki parametar.

Tabela 8. Rangovi, ocene i težine pojedinačnih parametara WRASTIC metode (Diamantino et al, 2017)

Parametar	Rangovi	Ocena	Težina
Otpadne vode (W)	Javni kanalizacioni sistemi i privatni kanalizacioni sistemi koji su uvedeni u akvatični sistem	5	3
	Javni kanalizacioni sistemi uvedeno u slivno područje	4	
	>50 prisutnih privatnih septičkih sistema	3	
	<50 prisutnih privatnih sepičkih sistema	2	
	Nema ispuštanja otpadnih voda	1	
Rekreativna upotreba zemljišta (R)	Dozvoljene motorizovane aktivnosti na vodi	5	2
	Nemotorizovane aktivnosti na vodi	4	
	Pristup vozilima	3	
	Nema pristupa vozilima	2	
	Nema rekreativnog pristupa	1	
Poljoprivredne aktivnosti (A)	5 ili više prisutnih aktivnosti	5	2
	4 prisutne aktivnosti	4	
	3 prisutne aktivnosti	3	
	2 prisutne aktivnosti	2	
	1 prisutne aktivnosti	1	
Veličina sliva (S)	> 1942.35 km ²	5	1
	388.47–1942.35 km ²	4	
	155.39–388.47 km ²	3	
	38.85–155.39 km ²	2	
	< 38.85 km ²	1	
Putevi transporta (T)	Železnička ili međudržavni putevi kroz slivno područje	5	1
	Prostrane i frekfentno korišćene transportne putanje kroz slivno područje	4	
	Državni autoput ili druge asfaltirane transportne putanje kroz sliv	3	
	Nepoboljšani (zemljani) putevi kroz područje sliva	2	
	Nema puteva transporta kroz slivno područje	1	
Industrijski uticaj (I)	Industrija ima veoma veliki uticaj na okolinu	8	4
	Industrija ima veliko pražnjenje ili uticaj na okolinu	6	
	Industrija ima umereno pražnjenje ili umereni uticaj na sredinu	4	
	Industrija ima minimalno ispuštanje ili minimalni uticaj na sredinu	2	
	Nema uticaja industrije na okolinu	1	
Pokrivenost zemljišta (C)	0 – 5% pokrivenost zemljišta	5	1
	6 – 19% pokrivenost zemljišta	4	
	20 – 34% pokrivenost zemljišta	3	
	35 – 50% pokrivenost zemljišta	2	
	> 50 % pokrivenost zemljišta	1	

Jednačina prema kojoj se može izračunati WRASTIC indeks je sledeća:

WRASTIC Index

$$= WR * WW + RR * RW + AR * AW + SR * SW + TR * TW + IR * IW + CR * CW \quad (6)$$

Gde je:

- WR – ostvareni rang parametra prisustvo otpadnih voda
- WW – ostvarena vrednost težine parametra prisustvo otpadnih voda
- RR - ostvareni rang parametra prisustvo rekreativna upotreba zemljišta
- RW - ostvarena vrednost težine parametra rekreativna upotreba zemljišta
- AR - ostvareni rang parametra poljoprivredne upotreba zemljišta
- AW - ostvarena vrednost težine parametra poljoprivredna upotreba zemljišta
- SR - ostvareni rang parametra veličina sliva
- SW - ostvarena vrednost težine parametra veličina sliva
- TR - ostvareni rang parametra putevi saobraćaja
- TW - ostvarena vrednost težine parametra putevi saobraćaja
- IR - ostvareni rang parametra industrijski uticaj
- IW - ostvarena vrednost težine parametra industrijski uticaj
- CR - ostvareni rang parametra pokrivenost zemljišta
- CW - ostvarena vrednost težine parametra pokrivenosti zemljišta

4. REZULTATI I DISKUSIJA

4.1 Rezultati i diskusija skrining i target analize

Sva jedinjenja detektovana skrining analizom u uzorcima površinske i otpadne vode prikupljenim tokom zimske kampanje na odabranim lokalitetima u okolini Novog Sada data su u Prilogu 1.

Rezultati prve skrining analize sprovedene tokom meseca decembra ukazuju da su najčešće detektovana jedinjenja u ispitivanim uzorcima vode ftalati, masne kiseline, terpeni i policiklični aromatični ugljovodonici (PAH). Ftalati se obično koriste kao plastifikatori, industrijska ulja i ulja za podmazivanje, sredstva protiv pene, kozmetika i repelenti za insekte. U svim uzorcima detektovani su dibutil ftalat, dietil ftalat, dioktil ftalat koji se već nalaze na NORMAN listi emergentnih supstanci i di(2-etiheksil) ftalat, koji se nalazi na listi prioriternih supstanci WFD. Masne kiseline u vodenoj sredini uglavnom potiču iz procesa degradacije naftnih ugljovodonika ili životinjskih i biljnih masti. U svim uzorcima otpadne i rečne vode prisutni su terpeni poput nerola, citronelola, mentola, jonona i drugih jedinjenja kao što je kamfor, etil citrata ili metil jasmonata koji se mogu pojaviti u kozmetici, proizvodima za negu i proizvodima za čišćenje doma. Kamfor je na NORMAN listi emergentnih supstanci, a citronelol je na listi regulisanih alergena prema Direktivi EU 76/768/EEC. Uopšteno govoreći, u velikom broju uzoraka vode tokom ove kampanje otkriveni su znatno veći broj hormona, derivata benzena i PAH. U mnogim slučajevima otkrivena jedinjenja su bila izomeri i bez poređenja sa odgovarajućim standardima nemoguće je napraviti pravu identifikaciju. Tipični alkaloid kofein se pojavio u svim ispitivanim uzorcima u značajnim koncentracijama.

Približno 150 jedinjenja detekovano je u otpadnoj vodi i reci Dunav na mestu uzorkovanja Ratno ostrvo (RO). Može se zaključiti da veliki broj jedinjenja, npr. ugljovodonici, indoli, nikotin, kofein, ftalati i hormoni, potiču iz ispusta RO u reku Dunav. Supstance koje zahtevaju posebnu pažnju iz otpadnih voda ili površinske vode su naftalen, benztiazol, etilstiren, alkil supstituisani fenoli i indoli, dibutil ftalat i dietilheksil ftalat, PAH-ovi i nonilfenoli.

Približno 130 jedinjenja pronađeno je u otpadnoj vodi i reci Dunav na mestu uzorkovanja Rokov Potok (RP). Utvrđeno je da se kofein, ftalati, PAH-ovi i druga neidentifikovana organska jedinjenja ispuštaju u reku Dunav. Od detektovanih jedinjenja posebnu pažnju treba obratiti na 1,2-benzotiazol, butilovani hidroksitoluen (p-krezol), trifenil estar fosforne kiseline koji su uključeni u EmS listu NORMAN-a, kao i dietil ftalat, di-metilpropil ftalat, dibutil ftalat, hlordan, androstan-17-on, 3-hidroksi-, androstan-17-on, 3-hidroksi-, (3.alfa.,5.beta.), kao i WFD zagađujuća supstanca - benzo(a)piren. Hlordan i fosforna kiselina, trifenil estar detektovani su u površinskim vodama reke Dunav i ukazuju na zagađenje od domaćinstava i poljoprivrednih aktivnosti u blizini mesta uzorkovanja.

Približno 130 jedinjenja je pronađeno u otpadnoj vodi i reci Dunav na mestu uzorkovanja kolektor kod Cepelina (GC1). U obe vrste uzoraka otkrivena su jedinjenja poput ftalata, PAH-ova, kofeina, hormona i drugih aromatičnih jedinjenja. Otpadne vode takođe sadrže jedinjenja od posebne važnosti koje nisu prisutne u površinskoj vodi reke Dunav, kao što su 1-benzofuran, nikotin i hormoni. Miristicin i elimicin su nađeni u znatno većim koncentracijama u otpadnoj vodi, dok su jedinjenja iz grupe PAH (Ciklopenta[g]-2-benzopiran, perilen, benzoperilen) i pesticida otkrivena samo u vodi Dunava.

Veliki broj jedinjenja, ftalata, kofeina i hormona detektovano je u površinskoj vodi na mestu uzorkovanja kolektor Beogradski kej (GC2). Voda Dunava je takođe kontaminirana 1,2-benzotiazolom, alkilovanim naftalenima, bifenilom, benzotiazolom - 2-(metiltio)- i ciklopenta[g]-2-benzopirantom, koji nisu otkriveni u otpadnoj vodi. Prisustvo značajne količine hormona u svim uzorcima površinske vode Dunava ukazuje na fekalno zagađenje ljudi ili životinja, a može se očekivati i prisustvo bakterija u uzorcima.

Detektovana jedinjenja skrining analizom na odabranim lokalitetima julskeg uzorkovanja površinske i otpadne vode u okolini Novog Sada data su u Prilogu 2.

Rezultati druge skrining analize sprovedene tokom meseca jula ukazuju da su najčešće detektovana jedinjenja u ispitivanim uzorcima vode ftalati, fenoli, PAH i druga aromatična jedinjenja, estri masnih kiselina, alkani i alkeni. Ftalati se koriste kao plastifikatori, industrijska i maziva ulja, sredstva protiv pene, kozmetika i repelenti za insekte. U svim uzorcima otpadnih voda i vode reke Dunav detektovani su dietil ftalat, diizobutilftalat, dibutil ftalat i diizooktil ftalat koji su takođe bili predmet target analize. Neki od otkrivenih ftalata su već na NORMAN-ovoj listi emergentnih supstanci (Dietil ftalat i Dibutil ftalat).

Fenoli su identifikovani praktično u svim ispitivanim uzorcima, nezavisno od izvora. S obzirom na aktivnosti koje se obavljaju u blizini područja uzorkovanja, identifikovani fenoli mogu nastati iz procesa biorazgradnje viših fenola poput oktilfenola, nonilfenola ili alkilfenoleksoilata, kao i od prerade uglja i drveta ili sirove nafte.

PAH i druga aromatična jedinjenja, kao i alkani i alkeni, mogu da potiču iz naftne industrije. Policiklični aromatični ugljovodonici (PAH) poput antracena pronađeni su u skoro svim uzorcima vode. Antracen je uvršten na listu prioriternih supstanci kao opasne materije i određenih drugih zagađivača prema Aneksu II Direktive 2008/105/EC.

Različiti estri masnih kiselina pronađeni su u skoro svim ispitivanim uzorcima nezavisno od mesta uzorkovanja. Butil stearat je detektovan na mestu uzorkovanja koje se nalazi pre svih ispusta u Dunav. Na lokalitetima uzorkovanja GC1 i GC2 butil palmitat i metil stearat su otkriveni samo u otpadnoj vodi, dok su u RP i industrijskoj zoni RO pronađeni i u reci Dunav. Masne kiseline u vodenoj sredini potiču uglavnom iz procesa degradacije naftnih ugljovodonika ili životinjskih i biljnih masti.

Često otkriveni glicerol trikaprilat se obično koristi u kozmetičkoj i prehrambenoj industriji kao nosilac aroma, u sušenom voću, formulama za odojčad itd. Pentanska kiselina, 2,2,4-trimetil-3-hidroksi-, izobutil estar, koji se nalazi u skoro svim uzorcima vode, koristi se u industriji plastike. Fitol zajedno sa prethodno otkrivenim dihidro metil jasmonatom, nerolom i jononom se koristi u industriji mirisa ili u pripremi proizvoda za čišćenje. 2,6-Di-terc-butilhinon, koji se obično koristi kao oksidant i katalizator polimerizacije, i hormon b-Sitosterol (uključen u NORMAN listu) otkriveni su u dva uzorka vode u blizini mesta uzorkovanja RP.

Osim metil jasmonata, druga jedinjenja koja pripadaju NORMAN listi novih supstanci kao što su benzotiazol, 2-(metiltio)- koji se koriste u gumama i hormon holesterol otkrivena su u svim uzorcima otpadnih voda i u Dunavu.

Na mestu uzorkovanja RI, koje je uključeno u program monitoringa u cilju procene ekotoksikološkog statusa reke Dunav pre bilo kakvog lokalnog urbanog uticaja, otkriveno je oko 130 jedinjenja. Prema rezultatima, očigledno je da hemikalije koje pripadaju grupama alkana, alkena, fenola, ftalata (dietil ftalat, dibutil ftalat, diizobutil ftalat, diizooktil ftalat), PAH (antracen) i hormona (holesterol i β -sitosterol) kao i 2,6-di-terc-butilhinon, 2-(metiltio)-

benzotiazol i dihidro metil jasmonat potiču od zagađenja uzvodno. Iako su mnoga od navedenih jedinjenja takođe otkrivena u otpadnim vodama koje se ispuštaju u reku Dunav, njihove koncentracije u površinskim vodama sa drugih lokacija za uzorkovanje u Novom Sadu nisu pojačane zbog efekata razblaživanja.

Na lokalitetu GC1, koji se nalazi u urbanom delu grada Novog Sada, otkriveno je više od 110 različitih jedinjenja. Veliki broj hemikalija kao što su alkani, alkeni, fenoli, fitol, dietil ftalat, dibutil ftalat, diizobutil ftalat, 2-(metiltio)-benzotiazol, dihidro metil jasmonat, antracen, hormon holesterol, trimetil-2, 2-etil kiselina, 4-etilna kiselina 3-hidroksi-, izobutil estar, ispuštaju se iz GC1 kolektora u reku Dunav. Može se zaključiti da su površinske vode zagađene ispuštenim otpadnim vodama i vodama koje dolaze uzvodno. Glicerol trikaprilat i diizooktil ftalat otkriveni su samo u otpadnim vodama. Značajne količine ftalata i PAH-ova otkrivene su u površinskim vodama Dunava na skoro svim mestima uzorkovanja. Međutim, najveće koncentracije su izmerene na lokacijama uzorkovanja GC1 i GC2. Ova jedinjenja mogu nastati iz industrijskih aktivnosti, kao i iz plastičnog otpada.

U uzorcima otpadnih voda i površinskih voda Dunava prikupljenih na lokalitetu GC2 pronađeno je više od 140 jedinjenja. Na lokalitetu GC2 koji se takođe nalazi u urbanoj zoni, jedinjenja kao što su alkani, alkeni, fenoli, fitol, dietil ftalat, dibutil ftalat, diizobutil ftalat, diizooktil ftalat, 2-(metiltio)-benzomonotiazol, etil-cehidrotiazol, trikaprilat, pentanska kiselina, 2,2,4-trimetil-3-hidroksi- izobutil estar i hormon holesterol, ispuštaju se u reku Dunav. Najveće koncentracije fenola na lokalitetu GC2 ukazuju na zagađenje od procesa u termoelektrani koje prenosi vetar.

Oko 140 jedinjenja pronađeno je u otpadnim vodama i reci Dunav na mestu uzorkovanja RP, koje se nalazi u blizini nelegalnog naselja sa septičkim jamama i deponijama i na suprotnoj strani industrijske zone Sever IV gde su rafinerija nafte, termoelektrana i elektrana. Jedinjenja koja pripadaju grupi alkana, alkena, fenola, fitola, dietil ftalata, dibutil ftalata, 2-(metiltio)-benzotiazola, glicerol trikaprilata, pentanske kiseline i hormona holesterola, ispuštaju se sa otpadnim vodama u reku Dunav. Diizobutil ftalat i diizooktil ftalat otkriveni su samo u otpadnim vodama, dok su u površinskoj vodi Dunava pronađeni dihidrometil jasmonat, antracen i hormon b-sitosterol.

Prisustvo ftalata na lokalitetu RP može biti posledica njihove upotrebe kao plastifikatora, industrijskih i mazivih ulja. Detektovani fenoli bi mogli da potiču iz procesa biorazgradnje na deponiji, dok bi prisustvo jedinjenja kao što su izobutil estar 2,2,4-trimetil-3-hidroksi-pentanske kiseline, fitol, 2-(metiltio)-benzotiazol takođe mogu poticati iz plastike, guma i drugog bačenog materijala. PAH-ovi i druga aromatična jedinjenja, kao i alkani i alkeni, pronađeni na mestu uzorkovanja RP, ukazuju na zagađenje iz procesa u naftnoj industriji.

U uzorcima vode prikupljenim na lokalitetu RO, koji se nalazi u industrijskoj zoni Sever IV sa rafinerijom nafte, termoelektranama i poljoprivrednom proizvodnjom u zaleđu, pronađeno je više od 130 jedinjenja. Najniže koncentracije fenola i PAH-ova izmerene su u površinskoj vodi uzorkovanoj na lokalitetu RO, što ukazuje na zanemarljiv uticaj industrijskih aktivnosti u Rafineriji nafte i termoelektrani.

Sva jedinjenja detektovana skrining analizom na odabranim lokalitetima septembarskog uzorkovanja površinske i otpadne vode u okolini Novog Sada data su u Prilogu 3.

Rezultati treće skrining analize sprovedene tokom meseca septembra ukazuju da su najčešće detektovana jedinjenja u značajnim koncentracijama alkani i druga organska jedinjenja, koja se uglavnom koriste u petrohemijskoj industriji.

Na tački uzorkovanja RI, otkriveno je približno 100 jedinjenja. Iako su najčešća jedinjenja alkani, alkoholi i estri, očigledno je da su hemikalije koje pripadaju NORMAN listi novih supstanci, kao što su miris Limonen, sredstvo protiv penušanja 1-oktanol i proizvod za ličnu negu benzofenon, dospele uzvodno iz drugih evropskih zemalja u oblast Novog Sada.

Više od 269 jedinjenja otkriveno je u uzorcima otpadnih voda sa kolektora GC1 i površinske vode uzorkovane 100 m nizvodno od ispusta. Jedinjenja, kao što su 3-Penten-2-ol, 2-pentanol, 4-metil-estar oksalne kiseline, sumporna kiselina, cikloheksilmetil oktadecil ester, benzofenon, dibutil ftalat i dioktil ftalat, ispuštaju se iz kolektora GC1 u Dunav. Proizvod za industriju, domaćinstvo i ličnu negu Stiren, antioksidant 2,6-Di-tert-butil-4-metilfenol, često korišćeni miris Linalool oksid i pregnan, otkriveni su samo u otpadnoj vodi. Supstance koje pripadaju WFD dekan, 1-hloro- i dodekan, 1-hloro-, kao i 1-oktanol, otkrivene su samo u površinskoj vodi.

U uzorcima otpadne vode i Dunava sa lokalitetu GC2 pronađeno je više od 240 jedinjenja. Jedinjenja kao što su 1,8-cineol (sredstvo za poboljšanje ukusa), mentol, dihidromircenol (koji se koristi u mirisima i parfemima sapuna), acetofenon (koristi se kao aroma) itd. ispuštene su sa otpadnim vodama u Dunav. Neke hemikalije koje pripadaju NORMAN listi su takođe identifikovane u otpadnoj vodi (limonen, 1-oktanol, 4-terc-butilcikloheksanon, 4-terc-butilcikloheksanol, 2-metil-1-fenilpropan-2-ol, alfa-izometil jonon, benzofen i TAED), ali samo tri su pronađena u površinskoj vodi (4-terc-butilcikloheksanon, 4-terc-butilcikloheksanol i benzofenon).

Skoro 250 jedinjenja je pronađeno u otpadnoj vodi i reci Dunav na mestu uzorkovanja RP. Supstance koje se koriste u dekorativnoj kozmetici, mirisima, šamponima, sapunima i nekozmetičkim proizvodima, kao što su sredstva za čišćenje i deterdženti za domaćinstvo, uključujući supstance sa NORMAN liste (kamfor koji se široko koristi kao plastifikator, repelent protiv moljaca i kao antimikrobna supstanca, izoborneol sintetizovan iz kamfora, 4-terc-butilcikloheksanol, 2-metil-1-fenilpropan-2-ol, mirisni metilionon i benzofenon) su bili prisutni u otpadnoj vodi. Limonen i 4-krezol pronađeni su samo u površinskoj vodi Dunava.

U uzorcima vode prikupljenim na lokalitetu RO pronađeno je skoro 300 jedinjenja. Kao i na svim lokalitetima, jedinjenja koje se svakodnevno koriste kao proizvodi za ličnu negu i u domaćinstvima otkrivene su u otpadnim vodama i/ili u površinskim vodama Dunava. Benzofenon i p-krezol koji se nalaze na NORMAN listi potiču iz ispuštanja RO u reku Dunav. Ostale supstance koje pripadaju NORMAN listi (stiren, kamfor, izoborneol, miris Alfa-terpineol, 4-terc-butilcikloheksanol i gama-metilionon) detektovane su samo u Dunavu. što ukazuje na zagađenje iz prethodno ispuštenih otpadnih voda.

U cilju aproksimativne kvantifikacije rezultata skrininga poređene su površine ispod pikova internih standarda poznatih koncentracija sa dobijenim analitičkim podacima u okviru skrining analize, kako bi proces prioritizacije bio sveobuhvatniji.

U Prilozima 4, 5 i 6 predstavljene su maksimalne koncentracije za određena jedinjenja sa svih lokaliteta uzorkovanja u okviru sve tri skrining analize, kao i lokacije gde su izmerene maksimalne koncentracije.

Sva jedinjenja kvantifikovana prvom target analizom na odabranim lokalitetima julskog uzorkovanja površinske i otpadne vode u okolini Novog Sada data su u Prilogu 7.

Među 69 odabranih prioriternih jedinjenja za prvu target analizu, 29 je bilo iznad nivoa detekcije (LOD) u uzorcima površinskih voda i otpadnih voda prikupljenih na 9 lokacija tokom jula. PAH-ovi, 8 PCB-a, ftalati i organohlorni pesticidi su izmereni iznad LOD i njihove koncentracije su varirale od veoma niske, oko 1 ng/L za PCB kongenere do 2170 ng/L za di-(etilheksil)-ftalat.

Najviše otkrivenih jedinjenja (fluoranten, antracen, benz[b]fluoranten, benz[k]fluoranten, benz[a]piren, indeno[1,2,3,c,d]piren, benz[g,h,i]perilen, pentahlorobenzen, trifluralin, heksahlorocikloheksan gama, heksahlorocikloheksan delta, heksahlorobenzen, oktilfenoli, 4-n-nonilfenol, 4-tert.-oktilfenol, trihlorobenzen, trihloro-etilen, 1,2-dihloretan, naftalen, benzen, hloroform, dihlrometan, heksahlorobutadien, di-(etilheksil)-ftalat, DDT, endosulfan, dieldrin i endrin) su uključeni na listu prioriternih zagađujućih supstanci i određenih drugih supstanci prema Aneksu II Direktive 2008/105/EC. Osam EPA PCB kongenera, dieldrin i endrin pripadaju Aneksu A Stokholmske konvencije, DDT je uključen u Aneks B Stokholmske konvencije, heksahlorocikloheksan gama (Lindan) pripada listi od devet novih jedinjenja Stokholmske konvencije, dok je di-n-butil ftalat uvršten kao plastifikator na listu emergentnih supstanci NORMAN-a, stoga na ta jedinjenja treba obratiti posebnu pažnju.

Pesticidi su otkriveni u najvećim koncentracijama, posebno u otpadnim vodama, što ukazuje na zagađenje od poljoprivrednih aktivnosti, domaćinstava i farmi u blizini tačke uzorkovanja RO. Trifluralin, 4-(1,1,3,3-Tetrametilbutil)-fenol i p,p'-DDE, otkriveni na mestu uzorkovanja RI, lociranom uzvodno od grada Novog Sada, pre svih ispusta, ukazuju na ekotoksikološki status reke Dunav pre bilo kakvog lokalnog urbanog uticaja. Njihove koncentracije nisu pojačane na drugim mestima uzorkovanja, pa je zagađenje dunavske vode ovim jedinjenjima došlo uzvodno. p,p'-DDD, metabolit DDT, najlipofilniji sa najnižom vrednošću K_{ow} od 4,73 u okviru metabolita DDT, detektovan je u skoro svim uzorcima sa izuzetno visokim vrednostima na mestima uzorkovanja RO i GC1', što potvrđuje istorijsku kontaminaciju, ali i aktuelnu kontaminaciju uzvodno od Novog Sada. Prema koncentracijskom odnosu p,p'-DDD i p,p'-DDT na tačkama uzorkovanja sa najvišim koncentracijama, RO i GC1', vrednosti od 1,24 i 1,29 ukazuju na istorijsku kontaminaciju ovim jedinjenjima. Povećana koncentracija p,p'-DDD mogla bi biti posledica nekontrolisane upotrebe ova jedinjenja kao pesticida u istočnoevropskim zemljama.

Di-(etilheksil)-ftalat (DEHP) i 1,2-benzotiazol su takođe otkriveni na lokalitetu RO, ali su njihove koncentracije bile veće na lokalitetu RI, što ukazuje na uzvodno zagađenje. Ftalati i PAH-ovi izmereni u otpadnim vodama u gradskom području Novog Sada ukazuju na zagađenje Dunava izazvano antropogenim aktivnostima.

Četiri od 16 izmerenih PAH-ova (fluoren, fenantren, antracen, fluoranten) detektovana su u uzorcima otpadne vode sa ispusta GC1, GC2 i RP u opsegu koncentracija od 3,25 ng/l za fluoranten do 44,21 ng/l za fenantren. Detektovane vrednosti PAH-ova su bile niže od prosečnih godišnjih vrednosti od 100 ng/l za fluoren, fenantren i antracen i 6,3 ng/l za fluoranten za površinske vode. U površinskoj vodi Dunava nije pronađeno nijedno od PAH jedinjenja. Benz[b]fluoranten, benz[k]fluoranten, benz[a]piren, indeno[1,2,3,c,d]piren i benz[g,h,i]perilen su detektovani u koncentraciji ispod 0,1 ng/l. PAH-ovi se prvenstveno generišu iz procesa sagorevanja, posebno pri sagorevanju na niskim temperaturama; mogu da se transportuju

vetrom iz termoelektrane, rafinerije nafte i malih farmi i vlažnim i suvim atmosferskim taloženjem dospeju do površinske vode na mestu uzorkovanja GC2. Fluoranten se nalazi u skoro svim produktima sagorevanja, zajedno sa drugim PAH-ovima, kao indikator manje efikasnog sagorevanja ili sagorevanja na nižim temperaturama. Detekcija antracena ukazuje na automatsko otkrivanje fenantrena kao njegove uobičajene nečistoće. Izvor antracena je otpad od malih kućnih aparata, jer se koristi kao poluprovodnik, sredstvo za zaštitu drveta, premaz i insekticid.

PCB kongeneri su različite varijante ili vrste PCB molekula koji se razlikuju u broju i rasporedu hlorovih atoma na bifenilnom jezgru. PCB kongeneri su organska jedinjenja koja su sintetizovana ljudskim aktivnostima, posebno industrijskim procesima, i često se koriste kao dielektrična ulja u električnim transformatorima i kondenzatorima, kao aditivi u proizvodima od plastike i kao komponente u termalnim izolacionim materijalima. Četiri EPA PCB kongenera (153, 138, 180 i 194) pronađena su u površinskim vodama Dunava na mestu uzorkovanja RP' (opseg koncentracije: 1,11 – 1,38 ng/L), ali u koncentracijama skoro deset puta nižim od godišnje prosečne vrednosti PCB-a. Glavni izvori istorijskih PCB-a u površinskim vodama na mestu uzorkovanja Ratno ostrvo su verovatno Rafinerija nafte Novi Sad, gde su PCB-i otkriveni u zemljištu 2007. godine, i termoelektrana. Rezultati kvaliteta površinskih voda Agencije za životnu sredinu Srbije pokazuju da su PCB detektovani u sedimentu reke Dunav u okolini Novog Sada, pa se može zaključiti da su PCB desorbovani iz sedimenata.

Koncentracije di-(etilheksil)-ftalata i 1,2-benzotiazola su bile najveće i nađeni su u gotovo svim analiziranim uzorcima otpadne i površinske voda. Di-(etilheksil)-ftalat spada u najčešće plastifikatore ftalata, zbog pogodnih svojstava i niske cene, široko se koristi u proizvodnji proizvoda od PVC-a. Takođe se koristi kao hidraulična tečnost i kao dielektrična tečnost u kondenzatorima, kao rastvarač u svetlećim štapićima i kao plastifikator u medicinskim uređajima. Plastika može da sadrži 1% do 40% DEHP. DEHP je veoma rastvorljiv u ulju, ali ne i u vodi. Mogući izvori kontaminacije DEHP-om su nesanitarna deponija, kao i mešavina otpadnih ulja kao posledica njihove visoke rastvorljivosti u ulju. DEHP je potencijalni endokrini disruptor i antagonist androgena (ne kao pseudoestrogen). DEHP hidrolizuje do MEHP i potom do ftalatne soli, pa detekcija masnih kiselina može biti rezultat oksidacije oslobođenog alkohola u DEHP hidrolizi do aldehida i karboksilne kiseline. 1,2-benzotiazol dospeva u životnu sredinu iz brojnih izvora kao što su ispiranje gumenih proizvoda, sitne čestice automobilskih guma i antifriz, a takođe dobija na popularnosti u drvnoj i kožnoj industriji. Pošto su benzotiazoli rastvorljivi u vodi, malo je verovatno da će se apsorbovati u čestice, taložiti u sedimente ili biti bioakumulirani. 1,2-benzotiazol trenutno ulazi u gradske otpadne vode. U uzorcima površinske vode Dunava prikupljenim 100 metara nizvodno od kanizacionih ispuštanja GC2, RP i RO koncentracije DEHP i 1,2-benzotiazola bile su niže nego na ispustima što ukazuje na njihov ulaz iz otpadnih voda u Dunav. Dietil i dibutil ftalati su identifikovani u svim ispitivanim uzorcima u koncentracijama od 20 do 80 ng/l.

Koncentracije organohlornih pesticida (p,p'-DDD, p,p'-DDE, p,p'-DDT, endosulfan alfa, endosulfan beta) bile su veće u otpadnim vodama prikupljenim na ispustu RO u poređenju sa površinskim vodama Dunava 100 metara nizvodno, dok je suprotan odnos utvrđen kod GC1. Ovi pesticidi su utvrđeni u koncentracijama koje su više od deset puta veće od godišnjih prosečnih vrednosti u zemljama Evropske Unije (Directive 2008/105/EC). Iako je DDT u Srbiji

zabranjen od 1972. godine, detekcija DDT-a u visokim koncentracijama mogla bi da bude razlog za zabrinutost. Ovo bi mogao biti dokaz nekontrolisane upotrebe DDT-a. Neki pesticidi kao što su endosulfan, dieldrin i endrin su identifikovani u značajno većim koncentracijama u RO, kao i u reci Dunavu 100m nizvodno od RO. Tačka uzorkovanja RO nalazi se u poljoprivrednom području, pa se takvo zagađenje može očekivati. Dieldrin je takođe otkriven u vodi reke Dunav 100 metara nizvodno od ispusta GC1 i GC2. Aldrin se brzo razlaže u dieldrin u okolini. Vazduh, površinske vode ili zemljište u blizini deponija mogu sadržati veće nivoe dieldrina (Djogo, 2017). Endrin je prvenstveno korišćen kao insekticid na poljima žitarica i šećerne repe. Povremeno se koristio u voćnjacima za suzbijanje glodara, gde se na jesen ili proleće prska po zemlji ispod drveća, često kao rastvor u mineralnom ulju. Neke procene pokazuju da je njegovo vreme poluživota u zemljištu preko 10 godina.

Pentahlorobenzen, trifluralin, heksahlorocikloheksan gama, heksahlorocikloheksan delta i heksahlorobenzen su otkriveni u otpadnoj vodi na mestu uzorkovanja RO. Pentahlorobenzen je takođe detektovan u Dunavu u blizini GC1, dok je heksahlorobenzen u Dunavu u blizini ispusta GC1 i GC2 detektovan u koncentracijama tri do pet puta većim od godišnjih prosečnih vrednosti. Danas je većina pentahlorobenzena koji se oslobađa u životnu sredinu rezultat paljenja otpada i baštenske trave u blizini reke Dunav. Pentahlorobenzen je korišćen u proizvodnji pesticida, posebno fungicida pentahloronitrobenzena. Pentahlorobenzen je komponenta smeše hlorobenzena koja se dodaje proizvodima koji sadrže polihlorovane bifenile u cilju smanjenja viskoziteta i takođe se koristi kao usporivač gorenja. Trifluralin je jedan od najčešće korišćenih herbicida, koji se nanosi na zemljište da bi se obezbedila kontrola raznih jednogodišnjih vrsta trava i širokolisnih korova, te je moguće da dospe u površinsku vodu ispiranjem zemljišta. Heksahlorobenzen je veoma toksičan za vodene organizme. Može izazvati dugotrajne štetne efekte u vodenoj sredini. Zbog toga treba izbegavati ispuštanje u vodene tokove. Ekološka istraživanja su otkrila da heksahlorobenzen ima veliki potencijal za biomagnifikaciju i da je rizik od bioakumulacije u akvatičnim organizmima visok. Heksahlorocikloheksan gama je zabranjen u većini zemalja, ali je u Srbiji dozvoljena njegova upotreba u Lindan šamponu.

Diklofenak i trifenil fosfat detektovani su ispod LOD na svim mestima uzorkovanja. Nonilfenoli (tehnološka mešavina), oktilfenoli, 4-n-nonilfenol, 4-terc.-oktilfenol, trihlorobenzeni, trihloro-etilen, 1,2-dihloreten, naftalen, benzol, hloroform, dihlorometan, heksahlorobutadien su takođe detektovani ispod LOD u uzorcima vode.

Sva jedinjenja kvantifikovana drugom target analizom na odabranim lokalitetima septembarskog uzorkovanja površinske i otpadne vode u okolini Novog Sada data su u Prilogu 8.

Među 82 organska jedinjenja odabrana za target analizu uzoraka iz septembra, 19 organskih jedinjenja pronađeno je u koncentracijama iznad granice detekcije (LOD) u površinskoj i otpadnoj vodi prikupljenih sa 9 lokacija. Devet od 19 organskih jedinjenja takođe je detektovano u target analizi u julu mesecu. Četiri od petnaest izmerenih PAH-ova – fluoren, fenantren, antracen, fluoranten prisutni su u obe target analize. Sedam od 15 izmerenih PAH-ova detektovano je samo u otpadnoj vodi u gradskom području Novog Sada (GC1, GC2 i RP) ukazalo je na zagađenje ovim jedinjenjima izazvano antropogenim aktivnostima.

Heksahlorobenzen je detektovan samo u uzorcima otpadne vode na mestima uzorkovanja GC1, GC2 i RP, a trihlorometan, trihloretilen, toluen i tetrahloretilen su takođe detektovani samo na

ispustima otpadnih voda GC1 i GC2. Stoga bi komunalna otpadna voda mogla biti potencijalni izvor ovih hemikalija u površinskoj vodi Dunava.

Oktilfenoli su detektovani u dva uzorka, oba na ispustima otpadnih voda (mesta uzorkovanja GC2 i RP). 4-(1,1',3,3'-tetrametilbutil)-fenol je detektovan u osam uzoraka vode. Nonilfenoli su otkriveni na svim mestima uzorkovanja iznad LOD.

Iz grupe ftalata u obe target analize otkriveni su dibutilftalat i di(2-etiheksil)ftalat (DEHP), a DEHP detektovan u svim uzorcima vode.

13 od 20 detektovanih organskih jedinjenja izmereno je samo na ispustima otpadne vode, što ukazuje na zagađenje površinske vode komunalnim otpadnim vodama grada Novog Sada. Nonilfenoli, 4-(1,1',3,3'-tetrametilbutil)-fenol, dibutilftalat i DEHP su otkriveni na svim lokacijama, što ukazuje na zagađenje vode Dunava uzvodno iz drugih evropskih zemalja, kao i iz komunalnih otpadnih voda u okolina Novog Sada.

Iz priloga 8 je očigledno da su izmereni koncentracioni nivoi nekih organskih polutanata, kao što su policiklični aromatični ugljovodonici (antracen i fluoranten), trihloretilen, tetrahloretilen, 4-(1,1',3,3'-tetrametilbutil)-fenol, 4-nonilfenol i Di(2-etiheksil)ftalat, bili iznad EQS (Environmental Quality Standard) vrednosti u otpadnim vodama ispuštenim u gradskom području Novog Sada (GC1, GC2 i/ili RP).

4.2 Rezultati i diskusija prioritizacije

4.2.1 Optimizovana prioritizacija zasnovana na toksičnim efektima

Određivanje prioriteta na osnovu podataka o pojavi i predviđenoj toksičnosti je sprovedeno u cilju generisanja liste supstanci koje se razmatraju za mrežu monitoringa voda u gradu Novom Sadu. U ovom poglavlju data je prednost prioritizaciji jedinjenja na osnovu rezultata target analize u odnosu na aproksimativno kvantifikovane rezultate skrining analize, s obzirom na veću pouzdanost analitičkih merenja koncentracionih nivoa jedinjenja.

U tabeli 9. prikazana je lista jedinjenja detektovanih u target analizama u uzorcima otpadne i površinske voda Dunava i rangirana jedinjenja prema prekoračenju najnižeg PNEC-a. Pored toga, Tabela 10. prikazuje listu jedinjenja otkrivenih u skrining analizama sa 9 mesta uzorkovanja u gradu Novom Sadu. Pored ovih rezultata, poređenje odnosa MC/PNEC je urađeno i za oba izvora uzoraka (otpadna i površinska voda), za zimsku, letnju i jesenju sezonu, kao i za svako mesto uzorkovanja kako bi se identifikovali najvažniji izvori lokalnog zagađenja, faktor razblaženja i lista najrelevantnijih jedinjenja za svaki lokalitet uzorkovanja (površinska voda Dunava i odgovarajući kolektor otpadnih voda).

Najveće prekoračenje PNEC-a, za jedinjenja otkrivena u skrining analizama, dobijeno je za ambrein, kao rezultat njegove veoma niske vrednosti PNEC-a (0,0000024 ng/l), iako je otkriven samo u jednom uzorku otpadne vode u koncentraciji od 100,59 ng/l. Ambrein je mirisna supstanca koja se koristi u industriji parfema. Nije detektovan u površinskoj vodi Dunava, zbog niske koncentracije na ispustu i faktora razblaženja. Stigmast-5-en-3-ol je jedan od nekoliko fitosterola (biljnih sterola) sa osnovnom strukturom holestana. Step prekoracenja je visok, jer je u četiri uzorka otpadne vode otkriven u visokoj koncentraciji. Ovo jedinjenje je slabo rastvorljivo u vodi, ali nije otkriveno u površinskoj vodi Dunava zbog procesa biološke degradacije i faktora razblaženja. Diazinon je nesistemijski organofosfatni insekticid, koji se

trenutno koristi u poljoprivredi. Sve češće se koristi zbog zabrane DDT-a što je i razlog njegove pojave u uzorcima otpadne vode, sa maksimalnom koncentracijom od 146,06 ng/l. Diazinon je relativno stabilan pod standardnom ambijentalnom temperaturom i pritiskom, ali se može razgraditi za razliku od sumpora i fosfora. Kao posledica toga, nije detektovan u uzorcima vode Dunava iako je njegovo prekoračenje PNEC-a veoma visoko. Benzo(a)antracen i fluoranten, koji pripadaju grupi PAH-ova, imaju slične vrednosti odnosa MC/PNEC, a otkriveni su samo u uzorcima otpadne vode. S obzirom na njihovu nisku rastvorljivost u vodi i visok potencijal da se apsorbuju na sediment, nivoi koncentracije u površinskoj vodi Dunava bili su veoma niski. Ostala jedinjenja kao što su: holestan-3-on, stigmastanol, dodekan i druga, koja su otkrivena samo u uzorcima otpadne vode prikupljenim na ispustu, imaju mnogo manji odnos MC/PNEC. Zbog faktora razblaženja nisu detektovani u uzorcima površinske vode Dunava.

Jedinjenja sa visokim prekoračenjem otkrivena samo u uzorcima površinske vode Dunava, kao što su heptahlor epoksid, oktadecen i hlörpirifos, prisutna su u vodi usled nekoliko faktora: zagađenje koje potiče od uzvodnih podunavskih zemalja, ispiranje zemljišta, atmosferska depozicija, hemijske reakcije u vodenom sredini.

Iz tabela 9 i 10 može se zaključiti da su najopasnija jedinjenja linearni i razgranati alkani, što nije iznenađujuće zbog blizine Rafinerije nafte. Druge važne grupe jedinjenja uključuju hormone, pesticide (heptahlor epoksid, dihlör-difenil-trihlörretan (*dichlorodiphenyltrichloroethane* – DDT) i dihlör-difenil-dihlörretan (*dichlorodiphenyldichloroethane* – DDD)), industrijske hemikalije i PAH.

Za rangiranje jedinjenja korišćen je odnos MC/PNEC, a u tabelama su prikazane samo zagađujuće supstance sa odnosom MC/PNEC iznad 1. Dobijene PNEC vrednosti se odnose samo na jedinjenja u površinskoj vodi i mogu se primeniti na jedinjenja u otpadnoj vodi ako se primeni faktor razblaživanja. Budući da je ovo istraživanje imalo tri kampanje uzorkovanja, a samim tim i mali broj uzoraka, faktor razblaženja jedinjenja detektovanih u otpadnoj vodi je zanemaren jer bi to dovelo do eliminacije određenih zagađujućih supstanci koje bi mogli biti od značaja u budućnosti.

Tabela 9. Lista prioriternih jedinjenja – Target analiza

	CAS	Naziv jedinjenja	Najniži PNEC (ng/l)	Maksimalna koncentracija (ng/l)	Prekoračenje najnižeg PNEC-a (MC/PNEC)
1	76-44-8	Heptahlor	0,0002	420	2100000,00
2	1024-57-3	Heptahlor epoksid	0,0002	50	250000,00
3	56-55-3	Benzo(a)antracen	1,8	210	116,67
4	206-44-0	Fluoranten	6,3	510	80,95
5	50-29-3	DDT-4,4'	10	500	50,00
6	115-29-7	Endosulfan-alfa	5	230	46,00
7	5598-15-2	Hlörpirifos	1	40	40,00
8	60-57-1	Dieldrin	10	270	27,00
9	72-54-8	DDD-4,4'	25	620	24,80
10	129-00-0	Piren	20	490	24,50
11	85-01-8	Fenantren	30	360	12,00
12	35694-08-7	PCB-194	0,2	1,2	6,00

13	58-89-9	Heksahlorcikloheksan-gama	5,5	30	5,45
14	1806-26-4	Oktilfenol	100	540	5,40
15	118-74-1	Heksahlorobenzen	10	50	5,00
16	72-55-9	DDE-4,4'	25	110	4,40
17	67-66-3	Trihlorometan	2500	9720	3,89
18	84852-15-3	Nonilfenol	300	1150	3,83
19	104-40-5	4-nonilfenol	300	1140	3,80
20	84-74-2	1,2-benzendikarbonska kiselina, dibutil estar	600	2150	3,58
21	120-12-7	Antracen	100	280	2,80
22	117-81-7	Di(2-etilheksil)ftalat (DEHP)	1300	2630	2,02
23	86-73-7	Fluoren	100	140	1,40
24	218-01-9	Hrizen	100	130	1,30
25	140-66-9	4-(1,1,3,3-tetrametilbutil)-fenol	100	110	1,10
26	108-88-3	Toluen	4300	4410	1,03
27	1582-09-8	Trifluralin	30	30	1,00

Tabela 10. Lista prioritetnih jedinjenja – skrining analiza

	CAS	Naziv jedinjenja	Najniži PNEC (ng/l)	Maksimalna koncentracija (ng/l)	Prekoračenje najnižeg PNEC-a (MC/PNEC)
1	473-03-0	Ambrein	0,0000024	100,59	42802953,66
2	630-01-3	Heksakosan	0,00022	781,56	3627715,43
3	629-99-2	Pentakosan	0,00054	956,51	1779488,14
4	646-31-1	Tetrakosan	0,0013	662,10	494513,44
5	593-49-7	Heptakosan	0,000086	38,16	442598,74
6	629-97-0	Dokosan	0,0083	590,54	71455,38
7	6418-47-9	Heneikosan, 3-metil-	0,012	364,63	30312,91
8	25117-37-7	Heneikosan, 5-metil-	0,012	208,55	17378,90
9	629-94-7	Heneikosan	0,020	230,91	11280,05
10	83-47-6	Stigmast-5-en-3-ol	0,059	402,05	6849,28
11	629-92-5	Nonadekan	0,125	732,75	5869,04
12	593-45-3	Oktadekan	0,307	1227,21	3997,94
13	27400-77-7	Nonadecen	0,388	1222,93	3154,82
14	1560-84-5	Eikosan, 2-metil-	0,122	338,25	2781,64
15	6418-45-7	Nonadekan, 3-metil-	0,297	437,10	1473,89
16	57-11-4	Oktadekanska kiselina	1,318	1094,29	830,20
17	57-88-5	Holesterol	0,536	424,50	791,97
18	142-91-6	Izopropil palmitat	2,520	1859,61	738,00
19	333-41-5	Diazinon	0,200	146,06	730,29
20	83-46-5	Beta-sitosterol	0,059	40,14	683,83
21	629-78-7	Heptadekan	1,072	725,81	677,00
22	54833-23-7	Eikosan, 10-metil-	0,128	54,55	425,94
23	629-59-4	Tetradekan	2,913	1096,47	376,42
24	123-95-5	Oktadekanska kiselina, butil estar	0,210	74,63	355,37

25	57-10-3	Heksadekanska kiselina	9,622	3273,90	340,24
26	629-62-9	Pentadekan	1,550	425,89	274,77
27	6765-39-5	Heptadecen	1,977	420,11	212,52
28	112-80-1	9-oktadecenska kiselina	17,636	3317,34	188,10
29	112-88-9	Oktadecen	0,867	131,15	151,27
30	60-33-3	9,12-oktadekadienska kiselina	24,692	3713,77	150,40
31	544-76-3	Heksadekan	8,100	1160,33	143,25
32	601-53-6	Holestan-3-on	4,243	436,49	102,88
33	80-97-7	Holestanol	12,260	1215,18	99,12
34	6418-44-6	Heptadekan, 3-metil-	1,578	155,83	98,74
35	111-06-8	Heksadekanska kiselina, butil estar	0,738	66,82	90,54
36	538-23-8	Glicerol trikaprilat	1,323	111,51	84,27
37	19466-47-8	Stigmastanol	3,156	251,97	79,84
38	58-08-2	Kofein	100,000	4600,14	46,00
39	646-13-9	Oktadekanska kiselina, 2-metilpropil estar	0,356	15,63	43,88
40	3055-98-9	Oktaetilen glikol monododecil etar	32,227	1130,50	35,08
41	544-63-8	Tetradekanska kiselina	69,405	2057,13	29,64
42	1120-36-1	1-tetradecen	22,873	494,59	21,62
43	6418-43-5	Heksadekan, 3-metil-	3,678	75,94	20,65
44	1795-18-2	Cikloheksan, tetradecil-	0,778	13,89	17,85
45	150-86-7	Fitol	7,061	112,95	16,00
46	14933-08-5	3-(N,N-dimetillaurilamonio)propansulfonat	381,210	5718,55	15,00
47	373-49-9	9-heksadecenska kiselina	93,829	1274,56	13,58
48	112-39-0	Heksadekanska kiselina, metil estar	11,611	154,81	13,33
49	112-61-8	Oktadekanska kiselina, metil estar	1,830	18,79	10,27
50	110-34-9	Heksadekanska kiselina, 2-metilpropil estar	1,900	19,38	10,20
51	3055-95-6	Pentaetilen glikol monododecil etar	164,980	1477,17	8,95
52	112-40-3	Dodekan	25,564	211,53	8,27
53	629-82-3	Oktan, 1,1'-oksibis-	19,440	158,87	8,17
54	120-72-9	1H-indol	1000,000	7153,71	7,15
55	27554-26-3	1,2-benzendikarbonska kiselina, diizooktil estar	140,000	878,56	6,28
56	6538-02-9	Ergostanol	5,622	33,33	5,93
57	2416-20-8	Heksadecenska kiselina, (11)-	160,010	821,70	5,14
58	143-07-7	Dodekanska kiselina	1339,800	6606,79	4,93
59	5274-68-0	Tetraetilen glikol monododecil etar	293,200	1406,21	4,80
60	629-50-5	Tridekan	27,839	122,06	4,38
61	601-57-0	Holest-4-en-3-on	5,153	21,80	4,23
62	629-96-9	1-eikozanol	0,992	3,91	3,94
63	641-85-0	Alopregnan	3,000	11,69	3,90
64	872-05-9	1-decen	558,300	2158,58	3,87
65	5333-42-6	1-dodekanol, 2-oktil-	1,675	6,28	3,75
66	123-79-5	Heksandijeva kiselina, dioktil estar	4,290	14,78	3,44
67	102608-53-7	3,7,11,15-tetrametil-2-heksadecen-1-ol	7,060	23,39	3,31
68	1577-52-2	9,12-oktadekadien-1-ol	10,818	30,10	2,78

69	334-48-5	Dekanska kiselina	2188,800	5336,87	2,44
70	84-74-2	1,2-benzendikarbonska kiselina, dibutil estar	600,000	1267,81	2,11
71	85-01-8	Fenantren	30,000	62,61	2,09
72	3055-94-5	Trietilen glikol monododecil etar	553,650	1150,44	2,08
73	3055-97-8	Heptaetilen glikol monododecil etar	71,998	146,76	2,04
74	88-29-9	7-acetil-6-etil-1,1,4,4-tetrametil tetralin	514,010	1023,74	1,99
75	110-27-0	Tetradekanska kiselina, 1-metiletil estar	20,621	36,83	1,79
76	198-55-0	Perilen	24,510	40,80	1,66
77	3208-26-2	9-fenil-1-nonanol	259,680	430,33	1,66
78	28556-81-2	2,6-dimetilfenil izocijanat	2215,400	3076,65	1,39
79	1191-85-1	5,8,11,14-eikozatetrainska kiselina	84,667	116,69	1,38
80	486-56-6	2-pirolidinon, 1-metil-5-(3-piridinil)-	660,320	907,02	1,37
81	2437-56-1	1-tridecen	52,886	60,47	1,14
82	192-97-2	Benzo[e]piren	17,974	20,47	1,14
83	82304-66-3	7,9-di-terc-butyl-1-oksaspiro[4.5]deka-6,9-dien-2,8-dion	365,680	416,11	1,14
84	13481-95-3	10-oktadecenoična kiselina, metil estar	8,860	9,79	1,11
85	90-43-7	[1,1'-bifenil]-2-ol	360,000	389,82	1,08
86	10543-57-4	N,N,N',N'-tetraacetiletilendiamin	1294,800	1397,06	1,08

Prikaz različitih varijacija najrelevantnijih jedinjenja

U nastavku sledi lista najrelevantnijih jedinjenja u odnosu na sezonu uzorkovanja (leto, jesen, zima), vrstu vode (otpadne i površinske vode) i lokacije uzorkovanja (GC1, GC1', GC2, GC2', RP, RP', RO, RO', RI). Ovaj prikaz daje pregled izvora najrelevantnijih zagađujućih supstanci, kao i njihovog transporta bilo iz otpadne vode u površinsku vodu, iz uzvodnih podunavskih zemalja, kao i drugih industrijskih izvora iz Novog Sada. Poređenja su predstavljena posebno za koncentracione nivoe jedinjenja dobijene target analizom i skrining analizom.

Sezonske varijacije

U tabeli 11. data je lista najrelevantnijih jedinjenja u odnosu na godišnja doba (leto, jesen) na osnovu rezultata target analize. Jedinjenja su rangirana po relevantnosti, tj. na osnovu odnosa MC/PNEC.

Tabela 11. Spisak jedinjenja u odnosu na sezonske varijacije – target analiza

Jedinjenja	Prekoračenj e najnižeg PNEC-a (MC/PNEC) - leto	Jedinjenja	Prekoračenj e najnižeg PNEC-a (MC/PNEC) - jesen
Heptahlor	2100000	Benzo(a)antracen	117
Heptahlor epoksid	250000	Fluoranten	81
DDT-4,4'	50	Piren	25
Endosulfan-alfa	46	Fenantren	12
Hlorpirifos	40	Oktilfenol	5
Dieldrin	27	Pentahlorobenzen	5
DDD-4,4'	25	Trihlorometan	4
PCB-194	6	Nonilfenol	4
Pentahlorobenzen	6	4-nonilfenol	4
Heksahlorcikloheksan-gama	5	1,2-benzendikarbonska kiselina, dibutil ester	4
Heksahlorobenzen	5	Antracen	5
DDE-4,4'	4	Di(2-etilheksil)ftalat (DEHP)	2
Di(2-etilheksil)ftalat (DEHP)	2	Fluoren	1
Fenantren	1	Hrizen	1
		4-(1,1,3,3-tetrametilbutil)- fenol	1
		Toluen	1

Na osnovu koncentracionih nivoa dobijenih target analizom, tokom jesenjeg perioda PAH-ovi su bili dominantna jedinjenja detektovana u otpadnoj i površinskoj vodi na području Novog Sada, dok su u letnjem periodu uglavnom detektovani pesticidi u veoma visokim koncentracijama, što je očekivano zbog poljoprivredne aktivnosti.

U tabeli 12. data je lista najrelevantnijih jedinjenja u odnosu na godišnja doba (zima, leto, jesen) na osnovu rezultata skrining analize. Jedinjenja su rangirana po relevantnosti, tj. na osnovu odnosa MC/PNEC.

Tabela 12. Spisak jedinjenja u odnosu na sezonske varijacije – skrining analiza

Jedinjenje	Prekoračenje najnižeg PNEC-a (MC/PNEC) zima	Jedinjenje	Prekoračenje najnižeg PNEC-a (MC/PNEC) leto	Jedinjenje	Prekoračenje najnižeg PNEC-a (MC/PNEC) jesen
Ambrein	42802954	Heksakosan	3627715	Heptakosan	442599
Stigmast-5-en-3-ol	6849	Pentakosan	1779488	Heksakosan	337665
Oktadekanska kiselina	830	Tetrakosan	494513	Pentakosan	205682
Holesterol	792	Dokosan	71455	Tetrakosan	134916
Diazinon	730	Heneikosan, 3-metil-	30313	Dokosan	26203
Beta-sitosterol	684	Heneikosan, 5-metil-	17379	Heneikosan	9230
Heksadekanska kiselina	340	Heneikosan	11280	Heneikosan, 3-metil-	1867
Pentadekan	243	Nonadekan	5869	Nonadekan	505
9-oktadecenska kiselina	188	Oktadekan	3998	Eikosan, 10-metil-	426
9,12-oktadekadienska kiselina	150	Nonadecen	3155	Eikosan, 2-metil-	154
Holestan-3-on	103	Eikosan, 2-metil-	2782	Oktadekan	110
Holestanol	99	Nonadekan, 3-metil-	1474	Heptadekan	20
Stigmastanol	80	Stigmast-5-en-3-ol	771	Cikloheksan, tetradecil-	18
Heptadekan	65	Izopropil palmitat	738	Oktadekanska kiselina	16
Heksadekan	47	Heptadekan	677	Nonadekan, 3-metil-	12
Kofein	46	Tetradekan	376	Heksadekanska kiselina	5
Oktaetilen glikol monododecil etar	35	Oktadekanska kiselina, butil estar	355	1-eikozanol	4
Tetradekanska kiselina	30	Pentadekan	275	Alopregnan	4
3-(N,N-dimetillaurilamonio)propansulfonat	15	Heptadecen	213	1-dodekanol, 2-oktil-	4

9-heksadecenska kiselina	14	Oktadecen	151	Heksandijeva kiselina, dioktil estar	3
Izopropil palmitat	13	Heksadekan	143	Pentadekan	3
Oktadekanska kiselina, metil estar	10	Holesterol	128	9-oktadecenska kiselina	2
Pentaetilen glikol monododecil etar	9	Heptadekan, 3-metil-	99	Heksadekan	2
1H-indol	7	Heksadekanska kiselina, butil estar	91		
Ergostanol	6	Glicerol trikaprilat	84		
Tetradekan	5	Oktadekanska kiselina, 2-metilpropil estar	44		
Heksadecenska kiselina, (11)-	5	1-tetradecen	22		
Dodekanska kiselina	5	Heksadekan, 3-metil-	21		
Tetraetilen glikol monododecil etar	5	Fitol	16		
Holest-4-en-3-on	4	Heksadekanska kiselina, metil estar	13		
1-decen	4	Heksadekanska kiselina, 2-metilpropil estar	10		
1,2-benzendikarbonska kiselina, diizooktil estar	3	Dodekan	8		
9,12-oktadekadien-1-ol	3	Oktan, 1,1'-oksibis-	8		
Heksadekanska kiselina, metil estar	3	1,2-benzendikarbonska kiselina, diizooktil estar	6		
Dekanska kiselina	2	Tridekan	4		
1-tetradecen	2	3,7,11,15-tetrametil-2-heksadecen-1-ol	3		
Trietilen glikol monododecil etar	2	1,2-benzendikarbonska kiselina, dibutil estar	2		

Heptaetilen glikol monododecil etar	2	Fenantren	2		
7-acetil-6-etil-1,1,4,4-tetrametil tetralin	2	Tetradekanska kiselina, 1-metiletil estar	2		
1,2-benzendikarbonska kiselina, dibutil estar	2				
Perilen	2				
9-fenil-1-nonanol	2				
2,6-dimetilfenil izocijanat	1				
5,8,11,14-eikozatetrainska kiselina	1				
2-pirolidinon, 1-metil-5-(3-piridinil)-	1				
1-tridecen	1				
Benzo[e]piren	1				
7,9-di-terc-butil-1-oksaspiro[4.5]deka-6,9-dien-2,8-dion	1				
10-oktadecenoična kiselina, metil estar	1				
[1,1'-bifenil]-2-ol	1				
N,N,N',N'-tetraacetiletilendiamin	1				

Rezultati skrining analize za letnju i jesenju sezonu pokazuju povećane koncentracije alkana (posebno heksakozana, heptakozana, pentakozana, tetrakozana, dokozana, heneikozana, itd.), verovatno kao posledicu aktivnosti rafinerije nafte u delu Dunava pre RP' i RO'. U zimskom periodu najviše je detektovan Ambrein, koji je ujedno i jedinjenje sa najvećim odnosom MC/PNEC u svim uzorcima u okviru ovog istraživanja. Sa izuzetkom pentadekana, heptadekana i heksadekana (koji su prisutni u svim godišnjim dobima), u zimskom periodu alkani nisu detektovani u visokim koncentracijama u ispitivanim uzorcima, za razliku od leta i jeseni. Značajna jedinjenja zimi uključuju sledeće hormone sa veoma visokim koncentracijama: stigamast-5-en-3-ol, holesterol, beta-sitosterol, holestan-3on, holestanol i stigmastanol, koji se javljaju sa odnosom MC/PNEC u rasponu od 80-6849. U letnjoj sezoni prisutni su samo stigamast-5-en-3-ol i holesterol, dok u jesen hormoni (sa izuzetkom alopregnana) nisu detektovani u značajnim koncentracijama. Heksadekanska kiselina i pentadekanska kiselina primećene su u sva tri godišnja doba, a posebno u zimskom periodu sa odnosom MC/PNEC 4 puta većim nego leti, i više od 80 puta većim nego u jesen. Kofein je još jedno jedinjenje detektovano sa značajnim odnosom, ali samo u zimskom periodu, kao i pesticid diazinon sa MC/PNEC odnosom od 730. Pesticidi i kofein nisu bili prisutni u letnjem i jesenjem periodu.

Varijacije u odnosu na vrstu vode

U tabeli 13. data je lista najrelevantnijih jedinjenja u odnosu na vrstu voda (otpadna, površinska) na osnovu rezultata target analize. Jedinjenja su rangirana po relevantnosti, tj. na osnovu odnosa MC/PNEC.

Tabela 13. Spisak jedinjenja prema vrsti vode – target analiza

Jedinjenja	Prekoračenje najnižeg PNEC-a (MC/PNEC) otpadna voda	Jedinjenja	Prekoračenje najnižeg PNEC-a (MC/PNEC) površinska voda
Heptahlor	2100000	Heptahlor	350000
Benzo(a)antracen	117	Heptahlor epoksid	250000
Fluoranten	81	DDT-4,4'	50
Endosulfan-alfa	46	Hlorpirifos	40
DDT-4,4'	31	DDD-4,4'	25
Dieldrin	27	Endosulfan-alfa	12
Piren	25	Dieldrin	7
DDD-4,4'	16	Heksahlorcikloheksan-gama	5
Fenantren	12	DDE-4,4'	4
Pentahlorobenzen	6	Pentahlorobenzen	4
Oktilfenol	5	Heksahlorobenzen	3
PCB-194	5	1,2-benzendikarbonska kiselina, dibutil estar	2

Heksahlorobenzen	5	Fenantren	1
Nonilfenol	4		
4-nonilfenol	4		
1,2-benzendikarbonska kiselina, dibutil estar	4		
DDE-4,4'	3		
Antracen	3		
Di(2-etilheksil)ftalat (DEHP)	2		
Fluoren	1		
Hrizen	1		
4-(1,1,3,3-tetrametilbutil)- fenol	1		
Toluen	1		

Target analiza ukazuje na visoke koncentracije pesticida i PAH-ova u uzorcima otpadne vode. Analiza uzoraka vode Dunava pokazuje visoku koncentraciju pesticida, koji se zadržavaju u površinskoj vodi nakon ispuštanja u kanalizacioni sistem, dok se PAH ili razblažuju ili apsorbuju na sediment. Grupa ftalata, koju predstavlja dibutil ftalat, prisutna je i u otpadnim i površinskim vodama.

U tabeli 14. data je lista najrelevantnijih jedinjenja u odnosu na vrstu voda (otpadna, površinska) na osnovu rezultata skrining analize. Jedinjenja su rangirana po relevantnosti, tj. na osnovu odnosa MC/PNEC.

Tabela 14. Spisak jedinjenja prema vrsti vode – skringing analiza

Jedinjenja	Prekoračenje najnižeg PNEC-a (MC/PNEC) otpadna voda	Jedinjenja	Prekoračenje najnižeg PNEC-a (MC/PNEC) površinska voda
Ambrein	42802954	Heksakosan	3627715
Heptakosan	442599	Pentakosan	1779488
Heksakosan	337665	Tetrakosan	494513
Pentakosan	205682	Heptakosan	155675
Tetrakosan	134916	Heneikosan	5364
Dokosan	28538	Dokosan	4954
Heneikosan	9230	Heneikosan, 3-metil-	1867
Stigmast-5-en-3-ol	6849	Beta-sitosterol	684
Oktadekan	3998	Nonadekan	559
Nonadekan	1741	Holesterol	331
Oktadekanska kiselina	830	Oktadekan	245
Holesterol	792	Pentadekan	243
Diazinon	730	Eikosan, 2-metil-	154
Eikosan, 10-metil-	426	Oktadecen	151
Heneikosan, 3-metil-	388	Oktadekanska kiselina, butil estar	141
Tetradekan	376	Heksadekanska kiselina	111
Heptadekan	363	Oktadekanska kiselina	106
Oktadekanska kiselina, butil estar	355	Eikosan, 10-metil-	96
Heksadekanska kiselina	340	Heptadekan	88
9-oktadecenska kiselina	188	Holestanol	78
9,12-oktadekadienska kiselina	150	9-oktadecenska kiselina	70
Heksadekan	143	Glicerol trikaprilat	47
Holestan-3-on	103	Heksadekan	47
Holestanol	99	Oktadekanska kiselina, 2-metilpropil estar	44
Heksadekanska kiselina, butil estar	91	Heksadekanska kiselina, butil estar	42
Pentadekan	87	Tetradekan	23
Glicerol trikaprilat	84	Izopropil palmitat	20
Stigmastanol	80	Fitol	16
Kofein	46	Cikloheksan, tetradecil-	14
Izopropil palmitat	38	Nonadekan, 3-metil-	12
Oktaetilen glikol monododecil etar	35	Kofein	11

Tetradekanska kiselina	30	Oktadekanska kiselina, metil estar	10
Cikloheksan, tetradecil-	18	9,12-oktadekadienska kiselina	10
3-(N,N- dimetillaurilamonio)propansulfonat	15	Ergostanol	6
Fitol	14	1,2-benzendikarbonska kiselina, diizooktil estar	6
9-heksadecenska kiselina	14	Heksadecenska kiselina, (11)-	5
Heksadekanska kiselina, 2- metilpropil estar	10	3-(N,N- dimetillaurilamonio)propansulf onat	5
Eikosan, 2-metil-	9	Oktan, 1,1'-oksibis-	4
Pentaetilen glikol monododecil etar	9	Holest-4-en-3-on	4
Dodekan	8	1-eikozanol	4
Oktan, 1,1'-oksibis-	8	1-dodekanol, 2-oktil-	4
1H-indol	7	3,7,11,15-tetrametil-2- heksadecen-1-ol	3
1,2-benzendikarbonska kiselina, diizooktil estar	6	9-heksadecenska kiselina	3
Dodekanska kiselina	5	9,12-oktadekadien-1-ol	3
Tetraetilen glikol monododecil etar	5	Heksadekanska kiselina, metil estar	3
1-decen	4	Tetradekanska kiselina	3
Heksadekanska kiselina, metil estar	4	Heksadekanska kiselina, 2- metilpropil estar	3
Heksandijeva kiselina, dioktil estar	3	1-tetradecen	2
Tridekan	3	1,2-benzendikarbonska kiselina, dibutil estar	2
Dekanska kiselina	2	1H-indol	2
1-tetradecen	2	Perilen	2
Trietilen glikol monododecil etar	2	5,8,11,14-eikozatetrainska kiselina	1
Heptaetilen glikol monododecil etar	2	1-tridecen	1
7-acetil-6-etil-1,1,4,4-tetrametil tetralin	2	Benzo[e]piren	1
1,2-benzendikarbonska kiselina, dibutil estar	2	7,9-di-terc-butil-1- oksaspiro[4.5]deka-6,9-dien- 2,8-dion	1
Tetradekanska kiselina, 1-metiletil estar	2	10-oktadecenoična kiselina, metil estar	1
9-fenil-1-nonanol	2		
2,6-dimetilfenil izocijanat	1		

2-pirolidinon, 1-metil-5-(3-piridinil)-	1		
[1,1'-bifenil]-2-ol	1		
N,N,N',N'-tetraacetiletilendiamin	1		

Procenjene koncentracije dobijene skrining analizom pokazuju da se uglavnom ista jedinjenja pojavljuju u uzorcima otpadne vode i površinske vode, ali se pojavljuju u značajno višim nivoima koncentracija u uzorcima otpadne vode. Većina otkrivenih jedinjenja pripada grupi alkana. Pesticidi su pronađeni u veoma visokim koncentracijama, posebno u uzorcima otpadne vode. Miris ambrein, sa najvećim odnosom MC/PNEC otkriven je u jednom uzorku otpadne vode. Ostala otkrivena jedinjenja sa visokim odnosom MC/PNEC u obe vrste vode, ali posebno u otpadnoj vodi, uključuju holesterol i kofein.

Varijacije u odnosu na lokalitet uzorkovanja

Efekat transporta identifikovanih opasnih jedinjenja istražen je poređenjem odnosa MC/PNEC između lokaliteta uzorkovanja otpadne vode i površinske vode 100m nizvodno od ispusta, kao i zagađenja koja dolazi iz uzvodnih podunavskih zemalja.

Relevantni polutanti koji dolaze iz uzvodnih zemalja, otkriveni u target analizi (DDE-4,4' i dibutil ftalat) takođe su identifikovani u uzorcima površinske vode prikupljenim na svim lokalitetima uzorkovanja rečne vode. Koncentracija DDE-4,4' je pojačana nadolazećom otpadnom vodom sa ispusta GC1 i RO, dok je koncentracija dibutil ftalata pojačana sa sva četiri ispusta. DDD, metabolit DDT je detektovan sa visokim odnosom MC/PNEC u kolektorima GC1 i RO, i posledično je izazvao zagađenje rečne vode na svim tačkama uzorkovanja, sa skoro istim odnosom MC/PNEC od 3,2. Ostali pesticidi (heptakhlor, dieldrin, endosulfan-alfa), koji su otkriveni u nekim uzorcima otpadne vode, javili su se sa visokim odnosom MC/PNEC u uzorku rečne vode RO' zajedno sa hlorspirifosom. Ove veće koncentracije u površinskoj vodi bile su očekivane jer se područje RO koristi za poljoprivredne aktivnosti. Zagađenje rečne vode, u ovom slučaju, može biti uzrokovano direktnim ispiranjem zemljišta nakon padavina. Dakle, kontaminacija površinske vode pesticidima ne mora da se odrazi na otpadne vode na ovoj lokaciji. PAH su otkriveni u uzorcima otpadne vode na ispustima GC1, GC2 i RP, ali je njihova koncentracija u rečnoj vodi bila sa nižim odnosom MC/PNEC, sa izuzetkom fenantrena na mestu uzorkovanja rečne vode GC2'. Pentahlorobenzen i heksahlorobenzen su detektovani u rečnoj vodi sa odnosom MC/PNEC u rasponu od 1-5.

Dolazno zagađenje iz uzvodnih podunavskih zemalja detektovano skrining analizom uključuje alkane, holesterol, ftalate, glicerol trikaprilat, izopropil palmitat i fitol. Brojni alkani su detektovani u svim uzorcima otpadne vode i rečne vode sa odnosom MC/PNEC u rasponu od 500 – 4.000.000. Na svim lokalitetima uzorkovanja opšti trend je bio da je koncentracija alkana znatno veća u rečnoj vodi nego u otpadnoj, što ukazuje na činjenicu da otpadna voda nije glavni izvor zagađenja alkanima. Kofein je prisutan u svim uzorcima otpadne vode zbog antropogenih aktivnosti i neadekvatnog tretmana otpadne vode. Takođe, detektuje se u svim uzorcima rečne vode sa jednakim odnosom MC/PNEC približno 1 i jednak je MC/PNEC odnosom koje potiče iz uzvodnih zemalja. Od grupe hormona, najrelevantnija detektovana jedinjenja sa značajnim odnosom MC/PNEC bili su holesterol, holestanol, beta-sitosterol, Stigmast-5-en-3-ol i fitol.

Glavni izvor holesterola je lokalitet GC2 i RP gde su odnosi bili 361 odnosno 223. Praktično, nisu primećene promene u odgovarajućim uzorcima rečne vode, ali je primećen trend smanjenja na lokaciji uzorkovanja rečne vode RO do konačne vrednosti 32. Slično ponašanje je primećeno i za holestanol. Beta-sitosterol je detektovan samo u uzorcima rečne vode sa MC/PNEC vrednostima u opsegu od 300-700, što ukazuje na potencijalno zagađenje od poljoprivrednih aktivnosti. Druga važna grupa za hemijska jedinjenja u rečnoj vodi sa značajnim odnosom MC/PNEC od približno 150 su karboksilne (heksanske i oktadekanske) kiseline i njihovi butil estri. Njihov glavni izvor zagađenja je područje sa poljoprivrednom delatnošću RO i komunalne i industrijske otpadne vode sa ispusta GC2. Glicerol trikaprilat sa odnosom MC/PNEC od 47 detektovan je u ulaznom uzorku rečne vode na lokalitetu RI, a smanjen je na 32. Pošto je otpadna voda sadržala mnogo manju količinu glicerol trikaprilata, može se zaključiti da ova zagađujuća supstanca dolazi iz uzvodnih podunavskih zemalja.

4.2.2 THV metoda

Faktor rizika proračunat je za 218 jedinjenja identifikovanih skrining analizom i aproksimativno kvantifikovanih prethodno opisanom procedurom, nakon čega su jedinjenja prioritizovana (tabela 15). Ocena za svaku promenljivu u jednačini je uzeta kao "1" ako je vrednost specifičnog svojstva iznad graničnog kriterijuma. Ako nije, za proračun konačne ocene uzimana je "0". Konačni rezultati mogu varirati između minimalnih "0" i maksimalnih "6". Ukoliko je ukupna vrednost faktora rizika jednaka ili veća od 3, polutant je utvrđen kao hazardan (Daginnus et al, 2011, Karahan Ozgun et al, 2016).

Vrednosti koje se pripisuju jedinjenju ukazuju na međusobnu vezu između prioritizacije jedinjenja i ostvarene vrednosti parametra, što je veća vrednost faktora rizika to je veća prioritizacija identifikovanog jedinjenja ili supstance. Većina zemalja Evrope se oslanja na kombinaciju podatka o količini upotrebljenih supstanci i podatke o emisijama tih zagađujućih supstanci, da bi sastavile svoje izveštaje o analizama kvaliteta voda. Izveštaji se fokusiraju na specifične toksične polutante radi donošenja odluke o načinu rangiranja polutanata i prilikom definisanja plana monitoringa. Na primer, Austrija je formirala listu specifičnih polutanata na osnovu podataka dobijenih o emisijama polutanata (naročito pesticida) zajedno sa parametrima kvaliteta (na primer: predviđena koncentracija koja nema efekta na medijume životne sredine i živi svet - PNEC). Praćenjem rezultata monitoringa je sastavila listu od 70 emergentnih supstanci (Karahan Ozgun et al, 2016).

Tabela 15. Rezultati prioritizacije THV metodom

CAS	Jedinjenje	T1/2	NOEC	Log(BCF)	BCF	Index ED	Index T	Index NOEC	Index BCV	Total RF
1506-02-1	Etanon, 1-(5,6,7,8-tetrahidro-3,5,5,6,8,8-heksametil-2-naftalenil)-	60	0.00014706	4.829619838	67549.14209	1	2	1	2	6
57-88-5	Holesterol	60	0.000000536	3.403709566	2533.433833	1	2	1	1	5
85-01-8	Fenantren	60	0.00003	3.656462989	4533.806584	1	2	1	1	5
198-55-0	Perilen	896	0.00002451		2020	1	2	1	1	5
593-49-7	Heptakosan	141	8.6226E-11		116	1	2	1	0	4
57-11-4	Oktadekanska kiselina	15	1.3181E-06	4.130930888	13518.57415	1	0	1	2	4
142-91-6	Izopropil palmitat	15	2.5198E-06	3.948553738	8882.878826	1	0	1	2	4
83-46-5	Beta-sitosterol	60	5.87E-08	2.547551105	352.8183014	1	2	1	0	4
629-59-4	Tetradekan	9	2.9129E-06	4.623400797	42014.65459	1	0	1	2	4
57-10-3	Heksadekanska kiselina	9	9.6223E-06	4.732336126	53992.83429	1	0	1	2	4
629-62-9	Pentadekan	9	0.00000155	4.316217639	20711.79022	1	0	1	2	4
112-80-1	9-oktadecenska kiselina	15	0.000017636	4.300247629	19964.00313	1	0	1	2	4
60-33-3	9,12-oktadekadienska kiselina	15	0.000024692	4.451069764	28253.3379	1	0	1	2	4
544-76-3	Heksadekan	9	0.0000081	3.911303702	8152.742049	1	0	1	2	4
19466-47-8	Stigmastanol	258	0.000003156		1340	1	2	1	0	4
544-63-8	Tetradekanska kiselina	9	0.000069405	4.770870868	59002.56179	1	0	1	2	4
112-39-0	Heksadekanska kiselina, metil estar	15	0.000011611	4.607252942	40481.15935	1	0	1	2	4
112-61-8	Oktadekanska kiselina, metil estar	15	0.00000183	3.882783173	7634.54524	1	0	1	2	4
112-40-3	Dodekan	9	0.000025564	4.820930323	66211.02676	1	0	1	2	4
27554-26-3	1,2-benzendikarbonska kiselina, diizooktil estar	38	0.00014	3.734677396	5428.469421	1	0	1	2	4
143-07-7	Dodekanska kiselina	9	0.0013398	4.229235323	16952.5613	1	0	1	2	4
872-05-9	1-decen	15	0.0005583	4.319094421	20849.44125	1	0	1	2	4
123-79-5	Heksandijeva kiselina, dioktil estar	9	0.00000429	3.854041865	7145.65205	1	0	1	2	4
84-74-2	1,2-benzendikarbonska kiselina, dibutil estar	9	0.0006	3.901432739	7969.530536	1	0	1	2	4
110-27-0	Tetradekanska kiselina, 1-metiletil estar	15	0.000020621	4.643843339	44039.59728	1	0	1	2	4
192-97-2	Benzo[e]piren	365	0.000017974		2530	0	2	1	1	4

128-37-0	Fenol, 2,6-bis(1,1-dimetiletil)-4-metil-	38	0.0002706	4.253555222	17928.96511	1	0	1	2	4
84-69-5	Di-metilpropil-ftalat	15	0.0009	3.767075343	5848.915446	1	0	1	2	4
638-53-9	Tridekanska kiselina	9	0.00031353	4.562625401	36527.95854	1	0	1	2	4
117-81-7	Di(2-etilheksil)ftalat (DEHP)	15	0.0013	3.734677396	5428.469421	1	0	1	2	4
96-76-4	Fenol, 2,4-bis(1,1-dimetiletil)-	38	0.00040951	4.468025773	29378.23989	1	0	1	2	4
544-64-9	9-tetradecenska kiselina	9	0.00049316	4.697011444	49775.02014	1	0	1	2	4
115-86-6	Fosforna kiselina, trifenil estar	38	0.00036	3.981868398	9591.099536	1	0	1	2	4
51115-63-0	Benzojeva kiselina, 2-hidroksi-, 2-metilbutil estar	15	0.00070292	3.79622087	6254.907189	1	0	1	2	4
629-73-2	1-heksadecen	15	4.4896E-06	4.031221201	10745.36571	1	0	1	2	4
138-86-3	Limonen	15	0.000031	4.090869249	12327.33643	1	0	1	2	4
629-99-2	Pentakosan	121	5.3752E-10		138	0	2	1	0	3
629-78-7	Heptadekan	9	1.0721E-06	3.450594301	2822.242326	1	0	1	1	3
80-97-7	Holestanol	258	0.00001226		1490	0	2	1	0	3
1120-36-1	1-tetradecen	15	0.000022873	4.686452593	48579.44989	0	0	1	2	3
1795-18-2	Cikloheksan, tetradecil-	66	0.000000778		470	0	2	1	0	3
150-86-7	Fitol	38	7.0608E-06	3.80193624	6337.76658	0	0	1	2	3
601-57-0	Holest-4-en-3-on	9	5.1525E-06	4.798472596	62874.21799	0	0	1	2	3
629-96-9	1-eikozanol	15	9.9152E-07	3.442385366	2769.39795	1	0	1	1	3
5333-42-6	1-dodekanol, 2-oktil-	9	1.6747E-06	3.513225206	3260.057096	1	0	1	1	3
334-48-5	Dekanska kiselina	9	0.0021888	3.339969657	2187.608777	1	0	1	1	3
101-84-8	Difenil etar	15	0.00067	3.372628541	2358.460141	1	0	1	1	3
7494-34-0	2,6-nor-5-holesten-3beta-ol-25-on	162	0.00025319		390	0	2	1	0	3
77-90-7	1,2,3-propantrikarboksilna kiselina, 2-(acetiloksi)-, tributil-(acetil tributil citrat)	9	0.00061694	3.600346345	3984.247834	1	0	1	1	3
127-51-5	Alfa izometil jonon	38	0.013896	4.102270353	12655.23904	1	0	0	2	3
79-92-5	Kamfen	38	0.00136	3.658543645	4555.579661	1	0	1	1	3
473-03-0	Ambrein	15	2.35E-12	3.442385366410	2769.39795	0	0	1	1	2
629-97-0	Dokosan	15	8.2645E-09	1.523411682	33.37426284	1	0	1	0	2
629-94-7	Heneikosan	15	2.0471E-08	1.789168716	61.54159046	1	0	1	0	2
629-92-5	Nonadekan	15	1.2485E-07	2.525627729	335.4499481	1	0	1	0	2

593-45-3	Oktadekan	15	3.0696E-07	2.976487739	947.3004392	1	0	1	0	2
333-41-5	Diazinon	38	0.0000002	3.192735741	1558.603837	1	0	1	0	2
123-95-5	Oktadekanska kiselina, butil estar	15	0.00000021	2.498019188	314.7887394	1	0	1	0	2
6765-39-5	Heptadecen	15	1.9768E-06	3.581648456	3816.35227	0	0	1	1	2
112-88-9	Oktadecen	15	0.000000867	3.107244828	1280.102742	1	0	1	0	2
111-06-8	Heksadekanska kiselina, butil estar	15	0.000000738	3.419961842	2630.036902	0	0	1	1	2
538-23-8	Glicerol trikaprilat	9	1.3232E-06	2.955933585	903.5112936	1	0	1	0	2
58-08-2	Kofein	15	0.0001	1.076821928	11.93498638	1	0	1	0	2
646-13-9	Oktadekanska kiselina, 2-metilpropil estar	15	3.5622E-07	2.562356417	365.053416	1	0	1	0	2
120-72-9	1H-indol	15	0.001	1.725163646	53.10845236	1	0	1	0	2
629-50-5	Tridekan	12	0.000027839		601	1	0	1	0	2
2437-56-1	1-tridecen	7	0.000052886		483	1	0	1	0	2
90-43-7	[1,1'-bifenil]-2-ol	15	0.00036	2.64019658	436.7134622	1	0	1	0	2
10543-57-4	N,N,N',N'-tetraacetilendiamin	4	0.0012948		1	1	0	1	0	2
91-57-6	Naftalen, 2-metil-	15	0.0006	3.050599169	1123.5675	1	0	1	0	2
54-11-5	Piridin, 3-(1-metil-2-pirolidinil)-	38	0.004	1.263786041	18.3563378	1	0	1	0	2
100-42-5	Stiren	15	0.0000012	2.311881898	205.0604461	1	0	1	0	2
15356-70-4	Mentol	15	0.00493377	2.735138735	543.4239003	1	0	1	0	2
91-20-3	Naftalen	38	0.002	2.544298226	350.1855533	1	0	1	0	2
99-76-3	Benzojeva kiselina, 4-hidroksi-, metil estar	15	0.0012493	1.689991757	48.97695234	1	0	1	0	2
92-52-4	1,1'-bifenil	15	0.00036	3.089716025	1229.464589	1	0	1	0	2
620-17-7	Fenol, 3-etil-	15	0.0050532	2.046929503	111.411367	1	0	1	0	2
645-56-7	Fenol, 4-propil-	15	0.0016295	2.434683032	272.0714879	1	0	1	0	2
106-44-5	p-Crezol	15	0.0014	1.726267782	53.2436453	1	0	1	0	2
84-66-2	1,2-benzendikarboksilna kiselina, dietil estar	15	0.00624	2.116495474	130.7661911	1	0	1	0	2
112-31-2	Decanal	15	0.000223305	3.095396117	1245.650242	1	0	1	0	2
124-07-2	Oktanoična kiselina	9	0.0065312	2.427117466	267.3729492	1	0	1	0	2
106-22-9	Beta-citronelol	15	0.0054749	2.897313385	789.4295602	1	0	1	0	2
24157-81-1	2,6-diizopropilnaftalen	18	0.00010925		1.36E+03	1	0	1	0	2
98-55-5	Alfa-terpineol	38	0.0063	2.689975566	489.7512649	1	0	1	0	2

106-24-1	Geraniol	15	0.0026	2.817312023	656.6168488	1	0	1	0	2
106-25-2	Nerol	15	0.0077737	2.817312023	656.6168488	1	0	1	0	2
551-93-9	Etanon, 1-(2-aminofenil)-	38	0.0041389	1.475456077	29.88519387	1	0	1	0	2
5413-60-5	Verdil acetat	15	0.0011285	2.273015295	187.5060542	1	0	1	0	2
27137-33-3	4,7-metano-1H-indenol, heksahidro-	76	0.030511		330	0	2	0	0	2
599-64-4	Fenol, 4-(1-metil-1-feniletil)-	15	0.0010919		415	1	0	1	0	2
87-66-1	Fenol	15	0.0014049	1.256584441	18.05445741	1	0	1	0	2
482-89-3	Indigo	38	0.0089065	2.496284577	313.533952	1	0	1	0	2
88-18-6	Fenol, 2-(1,1-dimetiletil)-	38	0.0024	2.773020375	592.953143	1	0	1	0	2
719-22-2	2,6-di-terc-butilhinon	4	0.0004544		104	1	0	1	0	2
2078-54-8	Propofol	38	0.0012523	2.915732604	823.630848	1	0	1	0	2
104-76-7	1-heksanol, 2-etil-	9	0.00164	2.182239386	152.1385898	1	0	1	0	2
100-41-4	Benzen, etil-	15	0.00049	2.425419847	266.3298513	1	0	1	0	2
123-07-9	Fenol, 4-etil-	15	0.0031244	2.046929503	111.411367	1	0	1	0	2
66-25-1	Hekanal	9	0.0028	1.58406633	38.3765854	1	0	1	0	2
527-84-4	Benzen, 1-metil-2-(1-metiletil)-	5	0.0032413		499	1	0	1	0	2
108-88-3	Toluen	2	0.0043		380	1	0	1	0	2
498-81-7	Dihidroterpineol	12	0.004743		35	1	0	1	0	2
3658-80-8	Dimetil trisulfid	139	0.012714		9	0	2	0	0	2
1728-46-7	2-terc-butilcikloheksanon	38	0.0093245	2.320624856	209.230434	1	0	1	0	2
65-85-0	Benzoeye kiseline	15	0.009	1.623300624	42.00496471	1	0	1	0	2
2550-26-7	2-butanon, 4-fenil-	15	0.0078846	1.671682257	46.95504456	1	0	1	0	2
111-87-5	1-oktanol	9	0.0065	2.23980689	173.7028285	1	0	1	0	2
630-01-3	Heksakosan	15	2.1544E-10	1.020699296	10.48815981	0	0	1	0	1
646-31-1	Tetrakosan	15	1.3389E-09	1.180985022	15.16998049	0	0	1	0	1
6418-47-9	Heneikosan, 3-metil-	31	1.2029E-08		255	0	0	1	0	1
25117-37-7	Heneikosan, 5-metil-		0.000000012		1	0	0	1	0	1
83-47-6	Stigmast-5-en-3-ol		5.87E-08		1	0	0	1	0	1
27400-77-7	Nonadecen	17	3.8764E-07		624	0	0	1	0	1
1560-84-5	Eikosan, 2-metil-		1.216E-07		1	0	0	1	0	1
6418-45-7	Nonadekan, 3-metil-	20	2.9656E-07		359	0	0	1	0	1

54833-23-7	Eikosan, 10-metil-	32	1.2808E-07		300	0	0	1	0	1
601-53-6	Holestan-3-on		4.2425E-06		1	0	0	1	0	1
6418-44-6	Heptadekan, 3-metil-	19	1.5782E-06		1050	0	0	1	0	1
3055-98-9	Oktaetilen glikol monododecil etar	5	0.000032227		42	0	0	1	0	1
6418-43-5	Heksadekan, 3-metil-	17	3.6782E-06		1190	0	0	1	0	1
14933-08-5	3-(N,N-dimetillaurilamonio)propansulfonat	9	0.00038121		65	0	0	1	0	1
373-49-9	9-heksadecenska kiselina	5	0.000093829		62	0	0	1	0	1
110-34-9	Heksadecanska kiselina, 2-metilpropil estar	6	0.0000019		227	0	0	1	0	1
3055-95-6	Pentaetilen glikol monododecil etar	4	0.00016498		29	0	0	1	0	1
629-82-3	Oktan, 1,1'-oksibis-	4	0.00001944		757	0	0	1	0	1
6538-02-9	Ergostanol		5.6216E-06		1	0	0	1	0	1
2416-20-8	Heksadecenska kiselina, (11)-	5	0.00016001		94	0	0	1	0	1
5274-68-0	Tetraetilen glikol monododecil etar	4	0.0002932		35	0	0	1	0	1
641-85-0	Alopregnan		0.000003		1	0	0	1	0	1
102608-53-7	3,7,11,15-tetrametil-2-heksadecen-1-ol		0.00000706		1	0	0	1	0	1
1577-52-2	9,12-oktadekadien-1-ol		0.000010818		1	0	0	1	0	1
3055-94-5	Trietilen glikol monododecil etar	5	0.00055365		40	0	0	1	0	1
3055-97-8	Heptaetilen glikol monododecil etar	5	0.000071998		43	0	0	1	0	1
88-29-9	7-acetil-6-etil-1,1,4,4-tetrametil tetralin	8	0.00051401		911	0	0	1	0	1
3208-26-2	9-fenil-1-nonanol	4	0.00025968		537	0	0	1	0	1
28556-81-2	2,6-dimetilfenil izocijanat	38	0.0022154	3.023092247	1054.61088	0	0	1	0	1
1191-85-1	5,8,11,14-eikozatetrainska kiselina	4	0.000084667		68	0	0	1	0	1
486-56-6	2-pirolidinon, 1-metil-5-(3-piridinil)-	3	0.00066032		3	0	0	1	0	1
82304-66-3	7,9-di-terc-butil-1-oksaspiro[4.5]deka-6,9-dien-2,8-dion	5	0.00036568		38	0	0	1	0	1
13481-95-3	10-oktadecenoična kiselina, metil estar		0.00000886		1	0	0	1	0	1
2430-95-7	Z-7-tetradecenska kiselina	5	0.00052228		57	0	0	1	0	1
4612-63-9	9H-fluoren, 2,3-dimetil-	16	0.00035672		1320	0	0	1	0	1
1591-99-7	2,3-dimetilfenil izocijanat	4	0.0042097		4	0	0	1	0	1
98353-28-7	4-(2,6,6-trimetil-cikloheks-1-enil)-butan-2-ol		0.000395		1	0	0	1	0	1
4536-30-5	Etanol, 2-(dodeciloksi)-	6	0.00062555		946	0	0	1	0	1

15638-08-1	Fenantren, 3,6-dimetil-	4	0.0012037		171	0	0	1	0	1
2011-67-8	Elimicin	4	0.00050858		17	0	0	1	0	1
829-26-5	Naftalen, 1,3,6-trimetil-	19	0.00068173		796	0	0	1	0	1
527-35-5	Fenol, 2,3,5,6-tetrametil-	6	0.0029331		29	0	0	1	0	1
7384-80-7	Benzenpropanol, beta-metil-	4	0.0056549		27	0	0	1	0	1
941-81-1	4,6,8-trimetilazulen	7	0.0013008		796	0	0	1	0	1
74367-34-3	Propanoična kiselina, 2-metil-,3-hidroksi- 2,4,4-trimetilpentil estar	5	0.0010854		7	0	0	1	0	1
24851-98-7	Dihidro metil jasmonat	15	0.010392	2.377931404	238.743416	1	0	0	0	1
615-22-5	Benzotiazol, 2-(metiltio)-	28	0.00069271		23	0	0	1	0	1
1622-57-7	Benzimidazol, 2-amino-1-metil-	4	0.0088074		6	0	0	1	0	1
17851-53-5	1,2-benzendikarboksilna kiselina, butil 2- metilpropil estar	4	0.00041485		21	0	0	1	0	1
20170-32-5	3,5-di-terc-butil-4-hidroksifenilpropionska kiselina	6	0.00065442		73	0	0	1	0	1
776-35-2	Fenantren, 9,10-dihidro-	36	0.0020336		1002	0	0	1	0	1
53-42-9	Androstan-17-on, 3-hidroksi-		0.0068797		1		0	1	0	1
60-12-8	Benzenetanol	15	0.063505	1.474172708	29.79701143	1	0	0	0	1
2177-48-2	1H-inden, 1,3-dimetil-		0.0017148		1		0	1	0	1
59-48-3	2H-indol-2-on, 1,3-dihidro-	4	0.00050471		4	0	0	1	0	1
5129-56-6	Undekanska kiselina, 10-metil-, metil estar	5	0.00042197		272	0	0	1	0	1
4773-83-5	1,2,3-trimetilinden	3	0.001145		847	0	0	1	0	1
447-53-0	Naftalen, 1,2-dihidro-	7	0.0053572		239	0	0	1	0	1
91-10-1	Fenol, 2,6-dimetoksi-	15	0.010514	1.316618644	20.73092324	1	0	0	0	1
2363-88-4	2,4-dekadinol	15	0.0031552	2.690976668	490.8815037	0	0	1	0	1
122-99-6	Etanol, 2-fenoksi-	15	0.135	1.2958514	19.76293309	1	0	0	0	1
95908-33-1	1-naftalenol, 5,6,7,8-tetrahidro-2,5-dimetil- 8-(1-metiletil)-		0.00091226		1		0	1	0	1
91-56-5	1H-indol, 2,3-dion	15	0.071164	1.128576723	13.44549275	1	0	0	0	1
607-91-0	Miristicin	5	0.005226		37	0	0	1	0	1
39491-62-8	Benzen, 1,3-heksadienil-	4	0.0014091		410	0	0	1	0	1
98-52-2	Cikloheksanol, 4-(1,1-dimetiletil)-	15	0.029	2.768212777	586.4254054	1	0	0	0	1

81561-77-5	1-(4-terc-butilfenil)propan-2-on	4	0.0072881		850	0	0	1	0	1
108-11-2	2-pentanol, 4-metil-	15	0.034993	1.524260829	33.43958111	1	0	0	0	1
18479-59-9	Dihidromircenol	4	0.0048314		40	0	0	1	0	1
830-09-1	2-propenska kiselina, 3-(4-metoksifenil)-	15	0.0071919	1.780687606	60.35143573	0	0	1	0	1
54518-11-5	Benzenetanol, a-metil-3-(1-metiletil)-	3	0.0074508		32	0	0	1	0	1
74367-33-2	Propanoična kiselina, 2-metil-, 2,2-dimetil-1-(2-hidroksi-1-metiletil)propil estar	5	0.0011025		31	0	0	1	0	1
13417-43-1	2-buten, 1-hloro-2-metil-		0.0042485		1		0	1	0	1
77-93-0	1,2,3-propantrikarboksilna kiselina, 2-hidroksi-, trietil estar	15	0.2407	1.106264383	12.77216097	1	0	0	0	1
57706-88-4	3-oktanol, 3,7-dimetil-		0.0045662		1		0	1	0	1
507-45-9	Butan, 2,3-dihloro-2-metil-		0.0099895		1		0	1	0	1
1453-24-3	Cikloheksen, 1-etil-	4	0.001121		248	0	0	1	0	1
918-84-3	Pentan, 3-hloro-3-metil-	18	0.0026015		27	0	0	1	0	1
18675-24-6	1-dekanol, 2-metil-	6	0.0019595		43	0	0	1	0	1
90-05-1	Fenol, 2-metoksi-; Guaiacol	5	0.017763		10	1	0	0	0	1
1632-73-1	Fenčol	6	0.027687		120	1	0	0	0	1
124-76-5	Isoborneol	6	0.022471		38	1	0	0	0	1
470-82-6	1,8-cineol	38	0.015459	2.512972521	325.816085	1	0	0	0	1
5131-66-8	2-propanol,1-butoksi-	9	0.040562	1.259599802	18.18024793	1	0	0	0	1
100-86-7	Benzenetanol, α,α-dimetil-	38	0.023047	1.966615679	92.60100045	1	0	0	0	1
89-80-5	Cikloheksanon,5-metil-2-(1-metiletil)	15	0.013512	2.29140429	195.6159623	1	0	0	0	1
105-39-5	Sirćetna kiselina, hloro-etil estar	15	0.13	1.301749333	20.03315415	1	0	0	0	1
108-93-0	Ciclohekanol	15	0.062815	1.506108247	32.07068578	1	0	0	0	1
98-86-2	Acetofenon	15	0.158	1.52303457	33.34529548	1	0	0	0	1
62108-16-1	1H-indol, 2,3-dihidro-4-metil-	3	0.014978		7	0	0	0	0	0
130879-97-9	1-fenoksipropan-2-ol		0.04534		1		0	0	0	0
999320-37-2	N-metil-1H-benzimidazol-2-amin		0.063763		1		0	0	0	0
244074-78-0	Pentanska kiselina, 2,2,4-trimetil-3-hidroksi-, izobutil estar		0.010079		1		0	0	0	0
27417-37-4	6-metil-gama-jonon		0.016124		1		0	0	0	0
2396-61-4	1-propanol, 3,3'-oksibis-	4	0.24993		3	0	0	0	0	0

6781-42-6	Etanon, 1,1-(1,3-fenilen) bis-	5	0.021423		6	0	0	0	0	0
1569-50-2	3-penten-2-ol	4	0.034		5	0	0	0	0	0
1115-11-3	2-butenal, 2-metil-		0.013561		1		0	0	0	0
4675-87-0	2-buten-1-ol, 2-metil-	4	0.015402		5	0	0	0	0	0
37275-49-3	Diciklopentenil alkohol	6	0.030511		10	0	0	0	0	0
17455-13-9	1,4,7,10,13,16-heksaoksaciklooktadekan	15	0.56253		2	0	0	0	0	0
96346-76-8	4-heksen-3-ol, 2-metil-		0.018197		1		0	0	0	0
5989-33-3	Linalool oksid	38	0.035064	1.684264567	48.33531656	0	0	0	0	0
59121-24-3	Butannitril, 4-(metiltio)-	4	0.058069		7	0	0	0	0	0
6570-87-2	(S)-3,4-dimetilpentanol	4	0.017531		10	0	0	0	0	0
4230-32-4	2,5-bornanedion	4	0.038164		7	0	0	0	0	0
3320-90-9	Furan, 2,5-dietoksitetrahidro-	4	0.075055		2	0	0	0	0	0
542-28-9	2H-piran-2-on, tetrahidro-	4	0.251202		2	0	0	0	0	0

Od analiziranih 218 jedinjenja THV metodom prioritizacije utvrđeno je da 51 jedinjenja ima faktor rizika iznad 3, te predstavlja opasnost po životnu sredinu i žive organizme. (Tabela 15) Jedinjenja kao što su ftalati, benzo[e]piren i difenil eter, često povezana sa industrijskim aktivnostima, ukazuju na potencijalno zagađenje iz procesa proizvodnje i sagorevanja. S druge strane, prisustvo masnih kiselina, sterola i organskih kiselina, poput oktadekanske kiseline, stigmasterola i heksadekanske kiseline, može ukazivati na zagađenje od poljoprivrednih ispusta ili otpadnih voda, naglašavajući potrebu za unapređenjem upravljanja otpadom i poljoprivrednim praksama. Ugljovodonici poput pentadekana i heksadekana često su povezani sa naftnim proizvodima i mogu ukazivati na moguće izlivanje nafte ili kontaminaciju vozilima. Takođe, prisustvo fenolnih jedinjenja, poput fenola i 2,4-bis(1,1-dimetiletil)-fenola, ukazuje na ispuštanja iz industrije ili domaćinstava, ukazujući na potrebu tretmana komunalne i industrijske otpadne vode i kontroli zagađenja. Jedinjenja kao što su DEHP i ftalati mogu uticati na kvalitet vode zbog svoje prisutnosti u potrošačkim proizvodima, ističući važnost smanjenja njihove upotrebe i efikasnog upravljanja otpadom.

4.2.3 Metoda Indeks rangiranja

Broj jedinjenja detektovanih u okviru skrining analiza za koji je računat RI iznosi 210. Vrednosti indeksa rangiranja predstavljene se u tabeli 16.

Indeks rangiranja je skaliran od “0%” do “100%”, pri čemu dodeljena vrednost “100%” označava da vrednosti koncentracija imaju vrednosti više od 0 na svim lokacijama u uzorkovanom slivu. Prioritizacija jedinjenja koja su identifikovana na mernim mestima u vodenom slivu sa ostvarenim vrednostima indeksa rangiranja.

Za najrelevantnija jedinjenja sa ekotoksikološke tačke gledišta, postavljen je proizvoljni prag relativnih indeksa (RI) od 20% zato što ukazuje da su logaritmi tokisitičnih jedinica (TU) tih jedinjenja bili ili u opsegu od -2 do -1 ili su često prelazili taj opseg. Drugim rečima, pokazali su visoke toksične jedinice na mnogim mestima u reci.

Tabela 16. Rezultati prioritizacije metodom Indeks rangiranja

CAS	Jedinjenje	RI
473-03-0	Ambrein	100%
630-01-3	Heksakosan	100%
629-99-2	Pentakosan	100%
646-31-1	Tetrakosan	100%
593-49-7	Heptakosan	100%
629-97-0	Dokosan	100%
6418-47-9	Heneikosan, 3-metil-	100%
629-94-7	Heneikosan	100%
83-47-6	Stigmast-5-en-3-ol	100%
629-92-5	Nonadekan	100%
593-45-3	Oktadekan	100%
1560-84-5	Eikosan, 2-metil-	100%

6418-45-7	Nonadekan, 3-metil-	100%
57-11-4	Oktadekanska kiselina	100%
57-88-5	Holesterol	100%
142-91-6	Izopropil palmitat	100%
333-41-5	Diazinon	100%
83-46-5	Beta-sitosterol	100%
629-78-7	Heptadekan	100%
54833-23-7	Eikosan, 10-metil-	100%
123-95-5	Oktadekanska kiselina, butil ester	100%
112-80-1	9-oktadecenska kiselina	100%
112-88-9	Oktadecen	100%
60-33-3	9,12-oktadekadienska kiselina	100%
601-53-6	Holestan-3-on	100%
80-97-7	Holestanol	100%
111-06-8	Heksadekanska kiselina, butil ester	100%
538-23-8	Glicerol trikaprilat	100%
19466-47-8	Stigmastanol	100%
58-08-2	Kofein	100%
646-13-9	Oktadekanska kiselina, 2-metilpropil ester	100%
3055-98-9	Oktaetilen glikol monododecil etar	100%
1120-36-1	1-tetradecen	100%
1795-18-2	Cikloheksan, tetradecil-	100%
150-86-7	Fitol	100%
14933-08-5	3-(N,N-dimetillaurilamonio)propansulfonat	100%
373-49-9	9-heksadecenska kiselina	100%
112-61-8	Oktadekanska kiselina, metil ester	100%
110-34-9	Heksadekanska kiselina, 2-metilpropil ester	100%
3055-95-6	Pentaetilen glikol monododecil etar	100%
629-82-3	Oktan, 1,1'-oksibis-	100%
120-72-9	1H-indol	100%
6538-02-9	Ergostanol	100%
601-57-0	Holest-4-en-3-on	100%
629-96-9	1-eikozanol	100%
5333-42-6	1-dodekanol, 2-oktil-	100%
102608-53-7	3,7,11,15-tetrametil-2-heksadecen-1-ol	100%
1577-52-2	9,12-oktadekadien-1-ol	100%
3055-97-8	Heptaetilen glikol monododecil etar	100%
110-27-0	Tetradekanska kiselina, 1-metiletil ester	100%
1191-85-1	5,8,11,14-eikozatetrainska kiselina	100%
192-97-2	Benzo[e]piren	100%
13481-95-3	10-oktadecenoična kiselina, metil ester	100%
27554-26-3	1,2-benzendikarbonska kiselina, diizooktil ester	96%

57-10-3	Heksadekanska kiselina	94%
84-74-2	1,2-benzendikarbonska kiselina, dibutil estar	94%
5274-68-0	Tetraetilen glikol monododecil etar	88%
3208-26-2	9-fenil-1-nonanol	88%
544-63-8	Tetradekanska kiselina	86%
544-76-3	Heksadekan	82%
629-62-9	Pentadekan	81%
143-07-7	Dodekanska kiselina	79%
2416-20-8	Heksadecenska kiselina, (11)-	75%
872-05-9	1-decen	75%
198-55-0	Perilen	75%
2437-56-1	1-tridecen	75%
112-39-0	Heksadekanska kiselina, metil estar	73%
629-59-4	Tetradekan	72%
334-48-5	Dekanska kiselina	69%
3055-94-5	Trietilen glikol monododecil etar	67%
82304-66-3	7,9-di-terc-butil-1-oksaspiro[4.5]deka-6,9-dien-2,8-dion	67%
90-43-7	[1,1'-bifenil]-2-ol	67%
486-56-6	2-pirolidinon, 1-metil-5-(3-piridinil)-	63%
123-79-5	Heksandijeva kiselina, dioktil estar	58%
28556-81-2	2,6-dimetilfenil izocijanat	56%
629-50-5	Tridekan	53%
85-01-8	Fenantren	50%
88-29-9	7-acetil-6-etil-1,1,4,4-tetrametil tetralin	50%
2430-95-7	Z-7-tetradecenska kiselina	50%
4612-63-9	9H-fluoren, 2,3-dimetil-	50%
84-69-5	Di-metilpropil-ftalat	50%
54-11-5	Piridin, 3-(1-metil-2-pirolidinil)-	50%
100-42-5	Stiren	50%
638-53-9	Tridekanska kiselina	50%
1591-99-7	2,3-dimetilfenil izocijanat	50%
117-81-7	Di(2-etilheksil)ftalat (DEHP)	50%
91-20-3	Naftalen	50%
101-84-8	Difenil etar	50%
99-76-3	Benzojeva kiselina, 4-hidroksi-, metil estar	50%
98353-28-7	4-(2,6,6-trimetil-cikloheks-1-enil)-butan-2-ol	50%
92-52-4	1,1'-bifenil	50%
4536-30-5	Etanol, 2-(dodeciloksi)-	50%
620-17-7	Fenol, 3-etil-	50%
645-56-7	Fenol, 4-propil-	50%
7494-34-0	2,6-nor-5-holesten-3beta-ol-25-on	50%

15638-08-1	Fenantren, 3,6-dimetil-	50%
2011-67-8	Elimicin	50%
829-26-5	Naftalen, 1,3,6-trimetil-	50%
96-76-4	Fenol, 2,4-bis(1,1-dimetiletil)-	50%
112-31-2	Decanal	50%
124-07-2	Oktanoična kiselina	50%
527-35-5	Fenol, 2,3,5,6-tetrametil-	50%
544-64-9	9-tetradecenska kiselina	50%
941-81-1	4,6,8-trimetilazulen	50%
128-37-0	Fenol, 2,6-bis(1,1-dimetiletil)-4-metil-	46%
112-40-3	Dodekan	45%
62108-16-1	1H-indol, 2,3-dihidro-4-metil-	45%
106-22-9	Beta-citronelol	44%
10543-57-4	N,N,N',N'-tetraacetiletilendiamin	43%
641-85-0	Alopregnan	38%
91-57-6	Naftalen, 2-metil-	38%
1622-57-7	Benzimidazol, 2-amino-1-metil-	38%
106-25-2	Nerol	38%
20170-32-5	3,5-di-terc-butil-4-hidroksifenilpropionska kiselina	33%
74367-34-3	Propanoična kiselina, 2-metil-,3-hidroksi-2,4,4-trimetilpentil estar	31%
7384-80-7	Benzenpropanol, beta-metil-	30%
15356-70-4	Mentol	28%
106-44-5	p-Crezol	28%
98-55-5	Alfa-terpineol	28%
106-24-1	Geraniol	28%
17851-53-5	1,2-benzendikarboksilna kiselina, butil 2-metilpropil estar	25%
551-93-9	Etanon, 1-(2-aminofenil)-	25%
776-35-2	Fenantren, 9,10-dihidro-	25%
1506-02-1	Etanon, 1-(5,6,7,8-tetrahidro-3,5,5,6,8,8-heksametil-2-naftalenil)-	25%
53-42-9	Androstan-17-on, 3-hidroksi-	25%
115-86-6	Fosforna kiselina, trifenil estar	25%
51115-63-0	Benzojeva kiselina, 2-hidroksi-, 2-metilbutil estar	25%
5413-60-5	Verdil acetat	25%
629-73-2	1-heksadecen	25%
60-12-8	Benzenetanol	25%
2177-48-2	1H-inden, 1,3-dimetil-	25%
27137-33-3	4,7-metano-1H-indenol, heksahidro-	25%

599-64-4	Fenol, 4-(1-metil-1-feniletil)-	25%
59-48-3	2H-indol-2-on, 1,3-dihidro-	25%
5129-56-6	Undekanska kiselina, 10-metil-, metil estar	25%
138-86-3	Limonen	25%
4773-83-5	1,2,3-trimetilinden	25%
130879-97-9	1-fenoksipropan-2-ol	25%
91-10-1	Fenol, 2,6-dimetoksi-	25%
122-99-6	Etanol, 2-fenoksi-	25%
95908-33-1	1-naftalenol, 5,6,7,8-tetrahidro-2,5-dimetil-8-(1-metiletil)-	25%
87-66-1	Fenol	25%
91-56-5	1H-indol, 2,3-dion	25%
607-91-0	Miristicin	25%
482-89-3	Indigo	25%
39491-62-8	Benzen, 1,3-heksadienil-	25%
81561-77-5	1-(4-terc-butilfenil)propan-2-on	25%
999320-37-2	N-metil-1H-benzimidazol-2-amin	25%
84-66-2	1,2-benzendikarboksilna kiselina, dietil estar	23%
615-22-5	Benzotiazol, 2-(metiltio)-	22%
77-90-7	1,2,3-propantrikarboksilna kiselina, 2-(acetiloksi)-, tributil-(acetil tributil citrat)	19%
127-51-5	Alfa izometil jonon	19%
88-18-6	Fenol, 2-(1,1-dimetiletil)-	19%
24851-98-7	Dihidro metil jasmonat	18%
447-53-0	Naftalen, 1,2-dihidro-	17%
2363-88-4	2,4-dekadalinal	16%
98-52-2	Cikloheksanol, 4-(1,1-dimetiletil)-	13%
244074-78-0	Pentanska kiselina, 2,2,4-trimetil-3-hidroksi-, izobutil estar	13%
719-22-2	2,6-di-terc-butilhinon	13%
2078-54-8	Propofol	13%
830-09-1	2-propenska kiselina, 3-(4-metoksifenil)-	13%
100-41-4	Benzen, etil-	13%
74367-33-2	Propanoična kiselina, 2-metil-, 2,2-dimetil-1-(2-hidroksi-1-metiletil)propil estar	13%
13417-43-1	2-buten, 1-hloro-2-metil-	13%
2396-61-4	1-propanol, 3,3'-oksibis-	13%
54518-11-5	Benzenetanol, a-metil-3-(1-metiletil)-	12%
18479-59-9	Dihidromircenol	10%
104-76-7	1-heksanol, 2-etil-	9%
77-93-0	1,2,3-propantrikarboksilna kiselina, 2-hidroksi-, trietil estar	9%

108-11-2	2-pentanol, 4-metil-	8%
57706-88-4	3-oktanol, 3,7-dimetil-	6%
6781-42-6	Etanon, 1,1-(1,3-fenilen) bis-	6%
123-07-9	Fenol, 4-etil-	6%
507-45-9	Butan, 2,3-dihloro-2-metil-	6%
66-25-1	Hekanal	6%
79-92-5	Kamfen	6%
527-84-4	Benzen, 1-metil-2-(1-metiletil)-	6%
1453-24-3	Cikloheksen, 1-etil-	6%
918-84-3	Pentan, 3-hloro-3-metil-	6%
18675-24-6	1-dekanol, 2-metil-	6%
108-88-3	Toluen	6%
37275-49-3	Diciklopentenil alkohol	6%
498-81-7	Dihidroterpineol	6%
1632-73-1	Fenchil alkohol	6%
27417-37-4	6-metil-gama-jonon	5%
1115-11-3	2-butenal, 2-metil-	4%
90-05-1	Fenol, 2-metoksi-; Guaiacol	3%
4675-87-0	2-buten-1-ol, 2-metil-	2%
1569-50-2	3-penten-2-ol	2%
17455-13-9	1,4,7,10,13,16-heksaoksaciklooktadekan	0%
124-76-5	Isoborneol	0%
96346-76-8	4-heksen-3-ol, 2-metil-	0%
3658-80-8	Dimetil trisulfid	0%
1728-46-7	2-terc-butilcikloheksanon	0%
470-82-6	1,8-cineol	0%
5131-66-8	2-propanol, 1-butoksi-	0%
65-85-0	Benzoeve kiseline	0%
100-86-7	Benzenetanol, α,α -dimetil-	0%
2550-26-7	2-butanon, 4-fenil-	0%
5989-33-3	Linalool oksid	0%
111-87-5	1-oktanol	0%
59121-24-3	Butannitril, 4-(metiltio)-	0%
89-80-5	Cikloheksanon, 5-metil-2-(1-metiletil)	0%
105-39-5	Sirćetna kiselina, hloro-etil ester	0%
108-93-0	Ciclohekanol	0%
6570-87-2	(S)-3,4-dimetilpentanol	0%
4230-32-4	2,5-bornanedion	0%
98-86-2	Acetofenon	0%
3320-90-9	Furan, 2,5-dietoksitetrahidro-	0%
542-28-9	2H-piran-2-on, tetrahidro-	0%

Od analiziranih 210 jedinjenja ovom metodom prioritizacije utvrđeno je da 150 jedinjenja ima RI iznad 20%, te predstavlja opasnost po životnu sredinu i žive organizme.

Analizom su identifikovane koncentracije različitih klasa jedinjenja, na primer: pesticidi, lekovi, perfluorisana jedinjenja, industrijska jedinjenja, proizvodi za ličnu higijenu i mnogi drugi. U dobijenim rezultatima svojim koncentracionim vrednostima se posebno istakla grupa industrijskih organskih hemikalija koje su pronađene u najvećim koncentracijama.

Takođe, se u rezultatima moglo uočiti i prisustvo grupe jedinjenja koja su uključivala antikorozivna sredstva. Osim njih zabeležene su grupe: perfluorisanih jedinjenja (*eng. PFC – Perfluorinated compound*) odnosno perfluorobutanoična kiselina (*eng. PFBA – Perfluorobutanoic acid*) i perfluorooktansulfonat (*eng. PFOS – Perfluorooctane Sulfonate*) koje su najrasprostranjenija jedinjenja ove grupe.

Druga grupa jedinjenja čije prisustvo je uočeno je grupa farmaceutskih proizvoda, koji obuhvataju veliki broj jedinjenja podeljenih na različite klase u odnosu na namenu njihovog korišćenja i koje su direktno povezane sa njihovom upotrebom od strane stanovništva koje je obuhvaćeno slivom. Grupa jedinjenja koja potiče od proizvoda za ličnu negu detektovana je na nižim nivoima.

Za neka od jedinjenja, nisu bili dostupni podaci o toksičnosti, zato postoji potreba za uspostavljanjem standarda u kojem će biti definisane vrednosti hronične i akutne toksičnosti za identifikovana jedinjenja. Podaci hroničnih toksičnosti su od posebnog interesa za proučavana jedinjenja poput farmaceutika i proizvoda za ličnu negu. Oni se kontinuirano ispuštaju u životnu sredinu i identifikovani su u vodenim sistemima (Carmona et al, 2014; Gago-Ferrero et al, 2013; Kolpin et al, 2002; Scheurer et al, 2009). Dugoročni efekti (poput uticaja na reproduktivni sistem, mortalitet) koji nisu uočeni u standardnim testovima akutne toksičnosti (LeBlanc et al, 1997) mogu dovesti do promena u ekosistemu usled dugoročnog izlaganja čak i pri niskim koncentracijama stoga dalja istraživanja se razvijaju u smeru proučavanja i utvrđivanja nivoa toksičnih vrednosti (Brausch, 2011; Ginebreda et al, 2010; Minagh et al, 2009).

4.3 WRASTIC metoda

Primenom formule (7) i korišćenjem podataka iz tabele 8, izračunata je vrednost WRASTIC indeksa za sliv reke Dunav kroz grad Novi Sad.

Vrednost parametra „W“ za sliv toka reke Dunav nosi ocenu „5“, jer postoji veliki uticaj privatnih i javnih kanizacionih sistema, jer se reka Dunav eksploatiše za plovidbu, vodosnabdevanje, navodnjavanje, sport, rekreaciju i turizam (Milanković, 2016).

Vrednost parametra „R“ za proračun vrednosti WRASTIC indeksa za reku Dunav iznosi „5“. Ova vrednost objašnjava se činjenicom da je na vodama Dunava dozvoljeno obavljanje međunarodnog saobraćaja (Plovput, 2016).

Parametar „A“ koji opisuje poljoprivredne aktivnosti na zemljištu posmatranog sliva ima dodeljenu ocenu „3“, jer je jedna od mernih tačaka (RP') u poljoprivrednom delu u čijoj je blizini i koje prema WRASTIC metodi obuhvataju: primenu pesticida, postajanje obradivih velikih parcela i odgovarajućih aktivnosti, prisustvo divljih životinja.

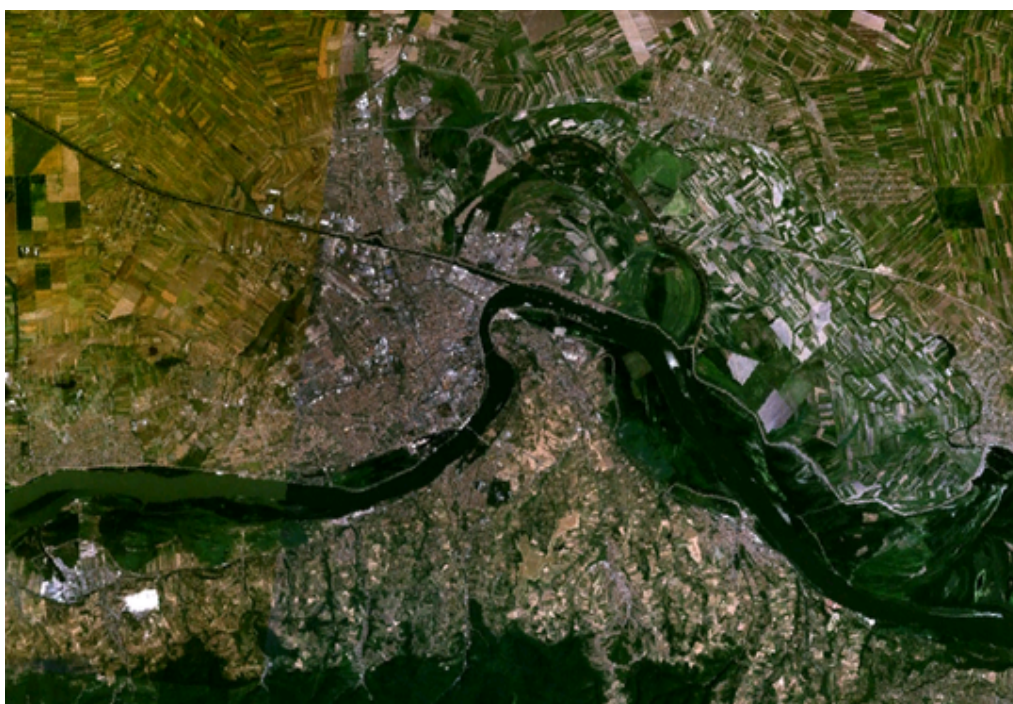
Parametar koji opisuje industrijsku aktivnost sa oznakom „I“ ima ocenu „4“ jer se na teritoriji sliva kroz Novi Sad odvijaju različite industrijske aktivnosti koje su između ostalog dovele do

akumulacija nekoliko različitih grupa polutanata kako u vodenom sistemom tako i sedimentu sliva toka reke Dunav.

Parametar veličine sliva „S“ ima ocenu „5“ jer veličina sliva reke Dunav kod Novog Sada iznosi oko 3000 km².

Parametar koji opisuje puteve saobraćaja „T“ ima dodeljenu ocenu „5“ jer duž sliva reke Dunav ima nekoliko drumskih puteva kao i nekoliko drumsko-železničkih mostova (most Slobode, Varadinski i drumsko-železnički most) koji se prostiru kroz slivno područje (Plovput, 2016).

Za parametar pokrivenosti zemljišta „C“ uzeta je vrednost „3“, pri čemu je pretpostavljeno da je pokrivenost zemljišta iznosi oko 30% (Slika 16). Čak i ukoliko pretpostavimo da je vrednost parametra između 20% i 30 %, to neće značajno uticati na rezultat jer je prema vrednostima WRASTIC indeksa prikazanim u tabeli 8. za ovaj opseg vrednosti parametra dodeljena ista vrednost.



Slika 16. Vegetativna pokrivenost sliva toka reke Dunav kroz grad Novi Sad
(www.wikiwand.com)

U tabeli 17. prikazane su vrednosti svih pojedinačnih parametara WRASTIC indeksa.

Tabela 17. Tabelarni prikaz vrednosti pojedinačnih parametara WRASTIC indeksa

Parametri	Dodeljene vrednosti parametrima
Otpadne vode (W)	5
Rekreativna upotreba zemljišta (R)	5
Poljoprivredna aktivnost (A)	3
Veličina sliva (S)	5
Putevi transporta (T)	5
Industrijski uticaj (I)	4
Pokrivenost zemljišta (C)	3

A proračun WRASTIC indeksa primenom formule (7) na osnovu podataka prikazanih u tabeli 18. je sledeći:

WRASTIC Index

$$\begin{aligned}
 &= WR * WW + RR * RW + AR * AW + SR * SW + TR * TW + IR \\
 &\quad * IW + CR * CW \\
 &= (5 * 3) + (5 * 2) + (3 * 2) + (5 * 1) + (5 * 1) + (4 * 4) \\
 &\quad + (3 * 1) = 15 + 10 + 6 + 5 + 5 + 16 + 3 = 60
 \end{aligned}$$

Proračunom je dobijena vrednost WRASTIC indeksa od 60, dok je u tabeli 18. prikazano kako je definisan kvalitet vode u zavisnosti od vrednosti indeksa koje su ostvarene.

Tabela 18. Kvalitet vode u zavisnosti od vrednosti indeksa (Diamantino et al, 2017)

Vrednost Indeksa	Kvalitet vode	Klasifikacija načina korišćenja vodnih resursa
90-100	Veoma loš	Nije prikladno ni za kakvu od gore navedenih upotreba, jedino se može koristiti u podržavanju ograničenog broja vodenih životinja.
70-90	Loš	Podrobno je korišćenju za navodnjavanje i poljoprivredne svrhe.
50-70	Dobar	Ako je namena upotrebe izvora za snabdevanje vodom za piće, potrebno je primeniti napredni tretman prečišćavanja voda. Prikladno je kao izvor pijaće vode za domaće životinje.
25-50	Veoma dobar	Ako se koristi kao izvor za snabdevanje vodom za piće, potrebno je primeniti konvencionalni tretman.
0-25	Odličan	Zbog prirodnog stanja kvaliteta vode, nema potrebe za tretmanom ako je namena koristi ovakve vode za snabdevanje naselja pijaćom vodom. Pogodna je i za uzgoj ribarskih vrsta.

Na osnovu proračuna i ostvarenih vrednosti indeksa koje su prikazane u tabeli 18, kvalitet vode reke Dunav kroz Novi Sad može se klasifikovati kao “dobar”, što označava da ukoliko je namena upotrebe izvora za snabdevanja vodom za piće, potrebno je primeniti napredni tretman prečišćavanja voda. (Tabela 18.)

Ovakav status kvaliteta vode može biti posledica prisustva mnogo različitih polutanata među kojima mogu biti i nitriti. Visok sadržaj nitrita povećava produktivnost, jer to zahtevaju alge za svoj rast. Međutim, visoke koncentracije takođe mogu dovesti do uništavanja životinjskih vrsta, čime se smanjuje produktivnost sistema. Visok nivo nitrata i nitrita povezan je sa visokom kontaminacijom koja potiče iz ispusta kanizacionih sistema (NMED, 2019).

Ostale grupe polutanata pripadaju grupi fekalnih koliformnih organizama. Bakteriološka analiza uzoraka vode uključuje ispitivanje fekalnih i ukupnih koliformnih organizama u uzorcima vode. Visoke vrednosti ukazuju na postojanje mikrobiološkog zagađenja (Sivaraja i Nagarajan, 2014). Koliformne bakterije izlučuju se fekalijama, i dospevaju u otpadne vode, a preko njih u prirodne vode to jest recipijente otpadnih voda. Ukoliko su u fekalijama prisutne i patogene bakterije, one će takođe dospeti zajedno s koliformnim bakterijama u otpadne i

prirodne vode. Dakle, ukoliko su prirodne vode (potoci, reke, jezera) opterećene fekalijama, patogene bakterije, virusi i paraziti takođe mogu biti prisutni, predstavljajući opasnost za zdravlje ljudi koji dolaze u kontakt s vodom.

4.4 Preporuke za unapređenje mehanizma zaštite površinskih i otpadnih voda

U okviru doktorske disertacije primenjene su tri različite metode prioritizacije polutanata u cilju unapređenja mehanizama za efikasnu zaštitu površinskih i otpadnih voda.

Optimizovana prioritizacija zasnovana na toksičnim efektima je sveobuhvatna metoda koja za određivanje liste specifičnih i relevantnih polutanata koristi indikatore toksičnosti i relevantnosti na osnovu određenih koncentracionih nivoa, kao i učestalosti detektovanja. Primenljiva je u svim rečnim basenima i lista prioritetnih polutanata se definiše za pojedinačne rečne tokove u zavisnosti od dostupnih podataka. Korišćenjem koncentracionih nivoa polutanata određenih target analizom dobija se lista prioritetnih polutanata visoke pouzdanosti. Nedostatak ove metode je potreba za velikim setom podataka dobijenih dugim i opsežnim monitoring programima, što podrazumeva veliki broj lokaliteta uzorkovanja i primenu osetljivih analitičkih uređaja koji mogu precizno da odrede veoma niske koncentracije specifičnih zagađujućih supstanci. Koncentracioni nivoi koji su ispod LOQ i LOD ne mogu se primeniti u okviru ove procedure prioritizacije.

THV metoda je razvijena kako bi uključila i supstance za koje postoji manji broj dostupnih podataka, poput emergentnih supstanci. Za formiranje liste relevantnih polutanata koriste se podaci dobijeni na osnovu procene rizika, toksičnosti, bioakumulacije i perzistentnosti polutanata uzimajući u obzir njihove fizičko-hemijske karakteristike. Ova metoda ne koristi podatke dobijene monitoring programima, već preliminarnu listu na koju se primenjuje metoda formirana na osnovu istraživanja regulative, sektorske analize, podataka iz proizvodnje i podataka o uvozu. Zbog ovih ograničenja, ova metoda nije pogodna za sve vodne tokove i nije u mogućnosti da precizno identifikuje specifične polutante za svaki pojedinačni rečni sliv. Umesto toga, rezultira generalnom listom prioritetnih polutanata koja se može koristiti kao osnova za planiranje nacionalnih monitoring programe.

Metoda indeks rangiranja za formiranje liste prioritetnih polutanata koristi indikatore toksičnosti, relevantnosti i učestalosti detektovanja i primenljiva je na sve rečne slivove, a uzima u obzir i rezultate koji su ispod LOD. Kao i za metodu optimizovane prioritizacije, potreban je veliki broj podataka o supstancama poput ekotoksičnosti i prisutnosti u životnoj sredini. Za razliku od metode optimizovane prioritizacije, indeks rangiranja nema precizno definisanu vrednost granice relevantnosti.

Generalni izazov sa kojim se suočavaju sve primenjene metode prioritizacije je nedostatak adekvatnih podataka o ekotoksičnosti za mnoge supstance. Ovo predstavlja ključni problem u razumevanju ekološkog rizika, jer nedostatak informacija o tome kako određene supstance utiču na životnu sredinu otežava preciznu identifikaciju prioriteta polutanata. Bez potpunog skupa podataka o ekotoksičnosti, teško je doneti odluke o tome koje supstance predstavljaju najveći rizik po ekosistem. Nedostatak ovih podataka može dovesti do nedovoljno preciznih procena i strategija upravljanja, što može ugroziti efikasnost i efektivnost mera zaštite životne sredine.

Stoga, neophodno je uložiti napore u dobijanje podataka o ekotoksičnosti što može uključivati sprovođenje dodatnih istraživanja o uticaju različitih supstanci na živi svet, kao i unapređenje sistema prikupljanja podataka i deljenja informacija između relevantnih institucija i istraživačkih grupa. Pored toga, važno je razviti standarde i smernice za prikupljanje, analizu i interpretaciju podataka o ekotoksičnosti kako bi se osigurala doslednost i pouzdanost rezultata. Ova poboljšanja u prikupljanju podataka mogla bi značajno unaprediti procese prioritizacije polutanata i omogućiti efikasnije upravljanje ekološkim rizikom vodnih ekosistema.

Važno je da metode prioritizacije polutanata uzmu u obzir regionalne i lokalne karakteristike, uključujući klimatske i geofizičke faktore. Na primer, ekstremni meteorološki događaji poput intenzivnih kiša neposredno pre kampanje uzorkovanja mogu imati značajan uticaj na akvatični ekosistem. Ova pojava može dovesti do oticanja pesticida sa poljoprivrednih zemljišta, što rezultuje njihovom relativno većom koncentracijom u vodi. Razumevanje lokalnih faktora ključno je za tačno identifikovanje potencijalnih rizika po ekosistem i usmeravanje prioriteta u procesima monitoringa i upravljanja. Posebno je važno sagledati ove faktore u kontekstu globalnih klimatskih promena, koje se očekuje da će dovesti do povećanja učestalosti i intenziteta ekstremnih vremenskih pojava.

S aspekta primenljivosti, efikasnosti i efektivnosti, metoda optimizovane prioritizacije zasnovane na toksičnim efektima se ističe kao najpogodnija za primenu u Republici Srbiji. Korišćenjem ove metode generiše se precizna lista relevantnih prioritetnih polutanata koji su specifični za svako pojedinačno vodno telo. Implementacija ove metode bi značajno doprinela usvajanju i sprovođenju adekvatnih nacionalnih monitoring programa, planova upravljanja slivom reka i programa mera koje zahteva Okvirna direktiva o vodama u cilju zaštite površinskih i otpadnih voda.

5. ZAKLJUČAK

Osnovni cilj doktorske teze je bio identifikacija, kvantifikacija i prioritizacija relevantnih specifičnih polutanata u površinskoj vodi reke Dunav, kao i otpadnoj vodi koja se direktno ispušta u Dunav bez prethodnog tretmana. Rezultati eksperimentalnih istraživanja emergentnih, prioritetnih i prioritetno hazardnih supstanci u vodama Republike Srbije su retki ili ih uopšte nema.

Istraživanje sprovedeno u okviru doktorske disertacije je od izuzetne važnosti na nacionalnom nivou s obzirom na to da se Novi Sad suočava sa jedinstvenim izazovom jer koristi vodu za piće iz nekoliko rezervoara podzemnih voda koji akumuliraju filtriranu površinsku vodu ili vodu iz zaleđa. Dodatno, mesto za zahvatanje vode za piće u reci Dunav alazi se samo nekoliko stotina metara nizvodno od lokacije za odvod otpadnih voda. Osim toga, postoji i nekoliko tačaka za zahvatanje podzemne vode u gusto naseljenim urbanim područjima. Ovo istraživanje ima širu relevantnost i za druge urbane sredine koje direktno ili indirektno koriste vodu za piće iz površinskih vodotokova. Razumevanje procesa i faktora koji utiču na kvalitet vode za piće izuzetno je važno za zaštitu zdravlja stanovništva i održavanje ekološke ravnoteže. Stoga, rezultati ovog istraživanja mogu pružiti dragocen uvid i smernice za upravljanje vodnim resursima u sličnim urbanim sredinama.

U cilju unapređenja mehanizama za upravljanje površinskim i otpadnim vodama i prevazilaženja izazova sprovedena je kampanja uzorkovanja površinske vode reke Dunav i komunalnih otpadnih voda grada Novog Sada na 9 lokaliteta, tokom tri kampanje uzorkovanja koje su obuhvatile sva godišnja doba. Skrining (kvalitativne) analize su sprovedene na Institutu za analitičku hemiju u Bratislavi, dok su target (kvantitativne) analize realizovane u laboratoriji AQ-BIOS iz Bratislave. Ista laboratorija je sprovedla i ekotoksikološku analizu selektovanih jedinjenja.

Rezultati prve skrining analize sprovedene u decembru ukazuju na najčešće detektovana jedinjenja u ispitivanim uzorcima vode, među kojima su ftalati, masne kiseline, terpeni i policiklični aromatični ugljovodonici. U svim uzorcima detektovani su dibutil ftalat, dietil ftalat, dioktil ftalat, koji su već prisutni na NORMAN listi emergentnih supstanci, kao i di(2-etiheksil) ftalat, koji se nalazi na listi prioritetnih supstanci prema Okvirnoj direktivi o vodama. Rezultati druge skrining analize iz jula pokazuju da su najčešće detektovana jedinjenja ftalati, fenoli, policiklični aromatični ugljovodonici i druga aromatična jedinjenja, estri masnih kiselina, alkani i alkeni. U okviru iste kampanje detektovani su i ftalati, zajedno sa dietil ftalom, diizobutilftalom, dibutil ftalom i diizooktil ftalom, koji su bili predmet target analize.

Rezultati treće skrining analize sprovedene u septembru ukazuju na najčešće detektovana jedinjenja u značajnim koncentracijama poput alkana i drugih organskih jedinjenja.

Od 69 prioritetnih jedinjenja selektovanih za prvu target analizu, 29 je bilo detektovano iznad nivoa detekcije tokom jula. Među ovim jedinjenjima su se nalazili policiklični aromatični ugljovodonici, 8 kongenera polihlorovanih bifenila, ftalati i organohlorni pesticidi.

Od 82 organska jedinjenja odabranih za drugu target analizu (na uzorcima iz septembra), 19 organskih jedinjenja je pronađeno u koncentracijama iznad LOD. Četiri od petnaest identifikovanih policikličnih aromatičnih ugljovodonika (fluoren, fenantren, antracen,

fluoranten) prisutni su u obe target analize. Sedam od petnaest detektovanih policikličnih aromatičnih ugljovodonika detektovano je samo u otpadnoj vodi u gradskom području Novog Sada (GC1, GC2 i RP).

Sprovedene su tri različite metode prioritizacije: metoda optimizovane prioritizacije zasnovane na toksičnim efektima, THV metoda i metoda indeks rangiranja, što je rezultovalo sastavljenom listom specifičnih polutanata u skladu sa aneksom VIII Okvirne direktive o vodama.

Finalne liste rangiraju sve relevantne organske polutante prema njihovom stepenu opasnosti, značaju i učestalosti detektovanja.

Za supstance identifikovane skrining analizama, ambrein i etanon, 1-(5,6,7,8-tetrahidro-3,5,5,6,8,8-heksametil-2-naftalenil)-, se izdvajaju kao najrelevantnije. Takođe, primećeno je da linearni i razgranati alkani predstavljaju najopasnija jedinjenja. Pored toga, značajne grupe jedinjenja obuhvataju hormone, pesticide poput heptahlor epoksida, DDT i DDD, industrijske hemikalije i policiklične aromatične ugljovodonike.

U okviru target analize, naglasak nije bio na emergentnim jedinjenjima, već isključivo na prioritetnim i prioritetno hazardnim supstancama. Među supstancama detektovanim u okviru target analiza, poseban značaj su imali pesticidi: heptahlor i heptahlor epoksid.

Upoređujući prednosti i nedostatke tri primenjene metode prioritizacije, metoda optimizovane prioritizacije zasnovane na toksičnim efektima izdvojena je kao najpogodnija za posmatrano područje. Ova metoda se može primeniti na sve rečne tokove, pružajući precizne i lako razumljive informacije za tumačenje i donošenje odluka u vezi sa prilagođavanjem nacionalnih programa praćenja, planova upravljanja rečnim slivovima i akcionih programa. Ipak, iako je sveobuhvatna, za njenu primenu neophodan je pristup obimnom setu informacija o ekotoksičnosti i prisustvu ispitivanih supstanci.

Nepravilno sproveden proces prioritizacije ili upotreba nedovoljno preciznih podataka o ekotoksičnosti ili prisustvu supstanci u vodenom okruženju može rezultovati uključivanjem nerelevantnih polutanata u monitoring programe. Ovo dovodi do nepotrebnog korišćenja resursa i smanjenja efikasnosti u upravljanju ekološkim rizicima.

Istraživanje u okviru doktorske disertacije takođe ukazuje na izazove u sprovođenju monitoringa i prioritizaciji polutanata, uključujući nedostatak lokalnih podataka i ograničenja u kapacitetima laboratorija. U kontekstu pristupanja Srbije Evropskoj uniji, istraživanje ukazuje na potrebu za modernizacijom mreže lokaliteta za uzorkovanje, ulaganjem u opremu i tehnologije za analizu, kao i obukom osoblja za sprovođenje mera upravljanja vodnim resursima.

Doktorska disertacija doprinela je ciljevima održivog razvoja pružajući ključne informacije i smernice za unapređenje mehanizama upravljanja površinskim i otpadnim vodama i unapređenje performansi životne sredine u urbanim sredinama, što je od vitalnog značaja za održivi razvoj zajednica i očuvanje ekosistema.

6. LITERATURA

Agencija za zaštitu životne sredine. Rezultati ispitivanja kvaliteta površinskih i podzemnih voda za 2022. godinu (2023.)

Agunbiade, F.O. and Moodley, B. Pharmaceuticals as emerging organic contaminants in Umgeni River water system, KwaZulu-Natal, South Africa. *Environ Monit Assess* (2014).

Ahmed F. E. "Toxicology and human health effects following exposure to oxygenated or reformulated gasoline," *Toxicology Letters*, vol. 123, no. 2-3, pp. 89–113, 2001.

Alavipoor F.S., Ghorbaninia Z., Karimi S., Jafari H., Surface Water Contamination Risk Assessment Modeled by Fuzzy-WRASTIC. *Water Environment Research* 88(7), pp: 589 – 601, 2016.

Ansorge, Libor, Stejskalova, Lada, Soldán, Přemysl. Emerging contaminants in wastewater - results of Joint Danube Survey 4 evaluated via the grey water footprint. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*. 66. 38-45, 2024.

Arvaniti O. S. and A. S. Stasinakis, "Review on the occurrence, fate and removal of perfluorinated compounds during wastewater treatment," *The Science of The Total Environment*, vol. 524- 525, pp. 81–92, 2015.

Bade, R., Bijlsma, L., Sancho, J. V., & Hernández, F. Critical evaluation of a simple retention time predictor based on LogKow as a complementary tool in the identification of emerging contaminants in water. *Talanta*, 139, 143–149, 2015.

Bao, L.-J.; Wei, Y.-L.; Yao, Y.; Ruan, Q.-Q.; Zeng, E.Y. Global trends of research on emerging contaminants in the environment and humans: A literature assimilation. *Environ. Sci. Pollut. Res*, 22, 1635–1643, 2015.

Barra Caracciolo, A.; Grenni, P.; Rauseo, J.; Ademollo, N.; Cardoni, M.; Rolando, L.; Patrolecco, L. Degradation of a fluoroquinolone antibiotic in an urbanized stretch of the River Tiber. *Microchem. J.* 136, 43–48. 2018

Bergé, A., Gasperi, J., Rocher, V., Gras, L., Coursimault, A., Moilleron, R. Phthalates and alkylphenols in industrial and domestic effluents: case of Paris conurbation (France). *Sci. Total Environ.* 488–489, 26–35, 2014.

Bi, R., Zhou, C., Jia, Y., Wang, S., Li, P., Reichwaldt, E.S., Liu, W. Giving waterbodies the treatment they need: a critical review of the application of constructed floating wetlands. *J. Environ. Manag.* 238, 484–498, 2019.

Brack W, Altenburger R, Schüürmann G, Krauss M, López Herráez D, Van Gils J, Slobodnik J, Munthe J, Gawlik B, Van Wenzel A, Schriks M, Hollender J, Tollefsen K, Mekenyan O, Dimitrov S, Bunke D, Cousins I, Posthuma L, Van Den Brink P, López De Alda M, Barceló D, Faust M, Kortenkamp A, Scrimshaw M, Ignatova S, Engelen G, Massmann G, Lemkine G, Teodorovic I, Walz K, Dulio V, Jonker M, Jäger F, Chipman K, Falciani F, Liska I, Rooke D, Zhang X, Hollert H, Vrana B, Hilscherova K, Kramer K, Neumann S, Hammersbacher R, Backhaus T, Mack J, Segner H, Escher B, De Aragão Umbuzeiro G. The SOLUTIONS project: Challenges and responses for present and future emerging pollutants in land and water resources management. *Science of the Total Environment*. 503-504, p. 22-31, 2015.

Brausch J.M., Rand G.M. A review of personal care products in the aquatic environment: environmental concentrations and toxicity. *Chemosphere* (82), pp: 1518 – 1532, 2011.

- Bradley, P.M., Barber, L.B., Kolpin, D.W., McMahon, P.B., Chapelle, F.H. Potential for 4-n-nonylphenol biodegradation in stream sediments. *Environ. Toxicol. Chem.* 27, 260–265. 2008
- Caliman, F.A., Gavrilescu, M., Pharmaceuticals, personal care products and endocrine disrupting agents in the environment—a review. *Clean - Soil, Air, Water* 37, 277–303, 2009.
- Carmona E., Andreu V., Picó Y. Occurrence of acidic pharmaceuticals and personal care products in Turia River Basin: from waste to drinking water. *The Science of Total Environment* (484), pp: 53 – 63, 2014.
- Chapman, D. V., Bradley, C., Gettel, G. M., Hatvani, I. G., Hein, T., Kovács, J., Liska, I., Oliver, D. M., Tanos, P., Trásy, B., & Várbiro, G. Developments in water quality monitoring and management in large river catchments using the Danube River as an example. In *Environmental Science & Policy* (Vol. 64, pp. 141–154), 2016.
- Chapin RE, Adams J, Boekelheide K et al NTP-Cerhr expert panel report on the reproductive and developmental toxicity of bisphenol a. *Birth Defects Res B Dev Reprod Toxicol* 83(3):157–395, 2008.
- Corrales J, Kristofco LA, Steele WB et al Global assessment of bisphenol a in the environment: review and analysis of its occurrence and bioaccumulation. *Dose-Response Publ Int Hormesis Soc* 13(3), 2015.
- Council Directive 67/548/EEC on the approximation of laws, regulations and administrative provisions relating to the classification, packaging and labeling of dangerous substances, 1967.
- Costantini M. G, “Health effects of oxygenated fuels,” *Environmental Health Perspectives*, vol. 101, supplement 6, pp. 151–160, 1993
- Crinnion WJ The CDC fourth national report on human exposure to environmental chemicals: what it tells us about our toxic burden and how it assists environmental medicine physicians[J]. *Altern Med Rev* 15(2):101–108, 2010.
- Daginnus K., Gottardo S., Payá-Pérez A., Whitehouse P., Wilkinson H., Zaldívar J.M., A modelling approach for the prioritisation of chemicals under the Water Framework Directive. *JRC Scientific and Technical Reports* (8), pp: 435 – 45, 2011.
- Dalmacija, B., Ivančev Tumbas, I., Bikit, I., Vesković, M., Đurendić, M., Miladinov Mikov, M., Baltić, V. V., Čonkić, L., & Bečelić, M. Environmental pollution of Novi Sad and its surroundings and health risks. *Archive of Oncology*, 8(3), 113-117, 2000.
- Daughton, C.G. and Ternes, T.A. Pharmaceuticals and personal care products in the environment: agents of subtle change. *Environ Health Perspect*, 107(suppl 6); 907-938, 1999.
- Deshayes, S., Eudes, V., Droguet, C., Bigourie, M., Gasperi, J., Moilleron, R., Alkylphenols and phthalates in greywater from showers and washing machines. *Water Air Soil Pollut.* 226 (11) 12 pp, 2015.
- Diamanti-Kandarakis E, Bourguignon JP, Giudice LC et al Endocrine-disrupting chemicals: an endocrine society scientific statement[J]. *Endocr Rev* 30(4):293–342, 2009.
- Diamantino C., Henriques M.J., Oliveira M.M., Ferreira J.P.L., 2017. Methodologies for pollution risk assessment of water resources systems. *Water in Celtic Countries: Quantity, Quality and Climate Variability* (Proceedings of the Fourth InterCeltic Colloquium on Hydrology and Management of Water Resources, Guimarães, Portugal, July 2005).
- Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council establishing a framework for Community action in the field of water policy, 23th October 2000.

Directive 2008/105/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2008 on environmental quality standards in the field of water policy, amending and subsequently repealing Directives 82/176/EEC, 83/513/EEC, 84/156/EEC, 84/491/EEC, 86/280/EEC and amending Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council (<https://eur-lex.europa.eu> pristupljeno 09.03.2024)

Directive 1907/2006/EC of the European Parliament and of the Council of 18 December 2006 concerning the Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (REACH), establishing a European Chemicals Agency, amending Directive 1999/45/EC and repealing Council Regulation (EEC) No 793/93 and Commission Regulation (EC) No 1488/94 as well as Council Directive 76/769/EEC and Commission Directives 91/155/EEC, 93/67/EEC, 93/105/EC and 2000/21/EC (Text with EEA relevance), 2006.

Directive (EU) 2020/2184 of the European Parliament and of the Council of 16 December 2020 on the quality of water intended for human consumption (recast) (Text with EEA relevance), 2020.

Djogo M. Nivoi koncentracija i upravljanja perzistentnim organskim polutantima u heterogenom sistemu deponija komunalnog otpada. Doktorska disertacija, Fakultet tehničkih nauka Novi Sad

Dris, R., Gasperi, J., Rocher, V., Saad, M., Renault, N., Tassin, B., 2015. Microplastic contamination in an urban area: A case study in Greater Paris. *Environ. Chem.* 12, 592–599, 2017.

Dreher K. L, “Health and environmental impact of nanotechnology: toxicological assessment of manufactured nanoparticles,” *Toxicological Sciences*, vol. 77, no. 1, pp. 3–5, 2004

Dulio V, van Bavel B, Brorström-Lundén E, Harmsen J, Hollender J, Schlabach M, Slobodnik J, Thomas K, Koschorreck J Emerging pollutants in the EU: 10 years of NORMAN in support of environmental policies and regulations. *Environ Sci Eur* 30:5, 2018.

Ebele AJ, Abdallah MAE, Harrad S Pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) in the freshwater aquatic environment. *Emerg Contamin* 3:1–16, 2017.

El-Ansaray A., S. Al-Daihan, A. B. Bacha, and M. Kotb, “Toxicity of novel nanosized formulations used in medicine,” *Methods in Molecular Biology*, vol. 1028, pp. 47–74, 2013.

Environment Agency. (2010). The Environment Agency’s position on Metaldehyde. <http://www.environmentagency.gov.uk/> (pristupljeno 09.03.2023.)

EPA – OGWDW (2008) - Regulatory Determinations Support Document for Selected Contaminants from the Second Drinking Water Contaminant Candidate List (CCL 2) EPA Report 815-R-08-012, www.epa.gov (pristupljen o 13.03. 2024.)

European Commission, Directorate-General for Environment. Monitoring under the water framework directive. Guidance document No 7, Publications Office, 2003.

Fantuzzi G., G. Aggazzotti, E. Righi et al., “Exposure to organic halogen compounds in drinking water of 9 Italian regions: exposure to chlorites, chlorates, trihalomethanes, trichloroethylene and tetrachloroethylene,” *Annali di Igiene: Medicina Preventiva e di Comunità*, vol. 19, no. 4, pp. 345–354, 2007.

Food and Drug Administration, “Sunscreen drug products for over-the-counter human use; final monograph. Food and Drug Administration, HHS. Final rule,” *Federal Register*, vol. 64, no. 98, pp. 27666–27693, 1999.

Frederiksen H. T. K. Jensen, N. Jørgensen et al., “Human urinary excretion of non-persistent environmental chemicals: an overview of Danish data collected between 2006 and 2012,” *Reproduction*, vol. 147, no. 4, pp. 555–565, 2014

Gago-Ferrero P., Mastroianni N., Díaz-Cruz M.S., Barceló D. Fully automated determination of nine ultraviolet filters and transformation products in natural waters and wastewaters by on-line solid phase extraction-liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *Journal of Chromatography* (1294), pp: 106 – 116, 2013.

Gavrilescu, M. Fate of pesticides in the environment and its bioremediation. *Eng. Life Sci.* 5, 497–526, 2005.

Gavrilescu M. K. Demnerova, J. Aamand, S. Agathos, and F. Fava, “Emerging pollutants in the environment: present and future challenges in biomonitoring, ecological risks and bioremediation,” *New Biotechnology*, vol. 32, no. 1, pp. 147–156, 2015.

Gavrilescu, M.; Demnerová, K.; Aamand, J.; Agathos, S.; Fava, F. Emerging pollutants in the environment: Present and future challenges in biomonitoring, ecological risks and bioremediation. *N Biotechnol*, 32, 147–156, 2015.

Geissen, V., Mol, H., Klumpp, E., Umlauf, G., Nadal, M., van der Ploeg, M., van de Zee, S. E. A., Ginebreda A., Muñoz I., de Alda M.L., Brix R., López-Doval J., Barceló D. Environmental risk assessment of pharmaceuticals in rivers: relationships between hazard indexes and aquatic macroinvertebrate diversity indexes in the Llobregat River (NE Spain). *Environ* ; 36:153–62, 2010.

Gilber E., F. Pirot, V. Bertholle, L. Roussel, F. Falson, and K. Padois, “Commonly used UV filter toxicity on biological functions: review of last decade studies,” *International Journal of Cosmetic Science*, vol. 35, no. 3, pp. 208–219, 2013.

Gomes, A. R., Justino, C., Rocha-Santos, T., Freitas, A. C., Duarte, A. C., & Pereira, R. Review of the ecotoxicological effects of emerging contaminants to soil biota. In *Journal of Environmental Science and Health, Part A* (Vol. 52, Issue 10, pp. 992–1007). Informa UK Limited, 2017.

Grujic Letic N., Milanovic M., Milic N., Vojinovic Miloradov M., Radonic J., Mihajlovic I., Turk Sekulic M. Determination of Emerging Substances in the Danube and Potential Risk Evaluation. *Clean (Weinh)*. 43, 731-738. 2015

Gunten Von U., “Ozonation of drinking water: part II. Disinfection and by-product formation in presence of bromide, iodide or chlorine,” *Water Research*, vol. 37, no. 7, pp. 1469–1487, 2003.

Hansen P.D. Risk assesment of emerging contaminants in aquatic system. *Trends in Analitical Chemistry* 26 (11), 2007.

Heurung A. R., S. I. Raju, and E. M. Warshaw, “Adverse reactions to sunscreen agents: epidemiology, responsible irritants and allergens, clinical characteristics, and management,” *Dermatitis*, vol. 25, no. 6, pp. 289–326, 2014

Hrubik J, Glisic B, Tubic A, Ivancev-Tumbas I, Kovacevic R, Samardzija D, Andric N, Kaisarevic S. Toxicological and chemical investigation of untreated municipal wastewater: fraction- and species-specific toxicity. *Ecotoxicology And Environmental Safety*, 127: 153-162c, 2016.

Hua G and D. A. Reckhow, “Comparison of disinfection byproduct formation from chlorine and alternative disinfectants,” *Water Research*, vol. 41, no. 8, pp. 1667–1678, 2007.

James A, Bonnomet V, Morin A, Fribourg-Blanc B. Implementation of requirements on priority substances within the context of the Water Framework Directive. Prioritization process: Monitoring-based ranking, 2009.

Kane E. V and R. Newton, "Occupational exposure to gasoline and the risk of non-Hodgkin lymphoma: a review and metaanalysis of the literature," *Cancer Epidemiology*, vol. 34, no. 5, pp. 516–522, 2010

Karahan Ozgun O., Basak B., Eropak C., Abat S., Kirim G., Girgin E., Hanedar A., Gunes E., Citil E., Gorgun E., Yangin Gomec C., Germirli Babuna F., Ovez S., Tanik A., Ozturk I., Kinaci C., Karaaslan Y., Mine Gucver S., Siltu E., Koc Orhon A. Prioritization methodology of dangerous substances for water quality monitoring with scarce data. *Clean Technologies and Environmental Policy* (1/2017), 2016.

Kim G. Y.-E. K. Lee, and R. Kopelman, "Hydrogen peroxide (H₂O₂) detection with nanoprobe for biological applications: a mini-review," *Methods in Molecular Biology*, vol. 1028, pp. 101–114, 2013.

Klatte, S., Schaefer, H.-Ch, Hempel, M. Pharmaceuticals in the environment: a short review on options to minimize the exposure of humans, animals and ecosystems. *Sustain. Chem. Pharm.* 5, 61–66, 2017.

Klein W, Denzer S, Herrchen M, Lepper P, Müller M, Sehr R, et al. Revised proposal for a list of priority substances in the context of the water framework directive (COMMPS procedure). Fraunhofer-Institut, Umweltchemie und Ökotoxikologie, Schmallenberg, Germany, 1999.

Kuhne R, Ebert RU, Schuurmann G. Estimation of compartmental half-lives of organic compounds —structural similarity versus EPI-Suite. *QSAR Comb Sci* 26: 542–9, 2007.

Kolpin D.W., Furlong E.T., Meyer M.T., Thurman E.M., Zaugg S.D., Barber L.B., Buxton H.T. Pharmaceuticals, hormones, and other organic wastewater contaminants in U.S. streams, 1999 - 2000: a national reconnaissance. *Environment Science and Technology* (36), pp: 1202 – 1211, 2000.

Kovacic P. and R. Somanathan, "Nanoparticles: toxicity, radicals, electron transfer, and antioxidants," in *Oxidative Stress and Nanotechnology*, vol. 1028 of *Methods in Molecular Biology*, pp. 15–35, Springer, 2013

Krause M. Klit, M. B. Jensen et al., "Sunscreens: are they beneficial for health? An overview of endocrine disrupting properties of UV-filters," *International Journal of Andrology*, vol. 35, no. 3, pp. 424–436, 2012

Kuzmanović M., Ginebreda A., Petrović M., Barcelo D. Risk assessment based prioritization of 200 organic micropollutants in 4 Iberian rivers. *Science of the Total Environment* (289), pp: 503 – 504, 2015.

Kroll A., D. Kuhnelt, and K. Schirmer, "Testing nanomaterial toxicity in unicellular eukaryotic algae and fish cell lines," *Methods in Molecular Biology*, vol. 1028, pp. 165–195, 2013.

Labadie, P., Cundy, A.B., Stone, K., Andrews, M., Valbonesi, S. and Hill, E.M. Evidence for the migration of steroidal estrogens through river bed sediments. *Environ Sci Technol*, 41(12); 4299- 304, 2007.

LeBlanc G.A., Bain L.J. Chronic toxicity of environmental contaminants: sentinels and biomarkers. *Environmental Health Perspective* (105), pp: 65 – 80, 1997.

- Lei, M., Zhang, L., Lei, J., Zong, L., Li, J., Wu, Z., & Wang, Z. Overview of Emerging Contaminants and Associated Human Health Effects. In *BioMed Research International* (Vol. 2015, pp. 1–12). Hindawi Limited. <https://doi.org/10.1155/2015/404796>, 2015.
- Letić, N. N. G., Milanović, M. Lj., Milić, N. B., Miloradov, M. B. V., Radonić, J. R., Mihajlović, I. J., & Sekulić, M. M. T. Determination of Emerging Substances in the Danube and Potential Risk Evaluation. In *CLEAN – Soil, Air, Water* (Vol. 43, Issue 5, pp. 731–738), 2014.
- Lindim, C., van Gils, J., Cousins, I.T., Europe-wide estuarine export and surface water concentrations of PFOS and PFOA. *Water Res.* 103, 124–132, 2016.
- Liska I, Slobodnik J, Wagner F. Joint Danube Survey 2. Final Scientific Report. International Commission for the Protection of the Danube River, 2008.
- Loos R, Tavazzi S, Mariani G, Suurkuusk G, Paracchini B, Umlauf G. Analysis of emerging organic contaminants in water, fish and suspended particulate matter (SPM) in the Joint Danube Survey using solid-phase extraction followed by UHPLC-MS-MS and GC-MS analysis. *Sci Total Environ.* 607-608:1201-1212, 2017 Dec 31.
- Mahmoud, M. A. M., Kärman, A., Oono, S., Harada, K. H., & Koizumi, A. Polyfluorinated telomers in precipitation and surface water in an urban area of Japan. In *Chemosphere* (Vol. 74, Issue 3, pp. 467–472). Elsevier BV, 2009.
- Malkoske, T., Tang, Y., Xu, W., Yu, S., Wang, H. A review of the environmental distribution, fate, and control of tetrabromobisphenol A released from sources. *Sci. Total Environ.* 569–570, 1608–1617, 2016.
- Manickum, T.; John, W. Occurrence, fate and environmental risk assessment of endocrine disrupting compounds at the wastewater treatment works in Pietermaritzburg (South Africa). *Sci. Total Environ.* 468–469, 584–597, 2014.
- Mao, F., He, Y., Gin, K.Y.H. Occurrence and fate of benzophenone-type UV filters in aquatic environments: a review. *Environ. Sci. Water Res. Technol.* 5, 209–223, 2019.
- McGregor D., “Methyl tertiary-butyl ether: studies for potential human health hazards,” *Critical Reviews in Toxicology*, vol. 36, no. 4, pp. 319–358, 2006.
- Meeker JD, Sathyanarayana S, Swan SH Phthalates and other additives in plastics: human exposure and associated health outcomes[J]. *Philos Trans R Soc B Biol Sci* 364(1526):2097–2113
- Melymuk, L., Robson, M., Csiszar, S.A., Helm, P.A., Kaltenecker, G., Backus, S., Bradley, L., Gilbert, B., Blanchard, P., Jantunen, L., Diamond, M.L., 2014. From the city to the lake: loadings of PCBs, PBDEs, PAHs and PCMs from Toronto to Lake Ontario. *Environ. Sci. Technol.* 48, 3732–3741, 2009.
- Menear J. H, “Carcinogenicity studies on MTBE: critical review and interpretation,” *Risk Analysis*, vol. 17, no. 6, pp. 673– 681, 1997.
- Mihajlovic I., Sabolec P., Sremacki M., Bbrboric M., Babunski D., Djogo M. Comparison of Spectrolyser Device Measurements with Standard Analysis of Wastewater Samples in Novi Sad, Serbia. *Bull Environ Contam Toxicol.* 93, 354–359. 2014
- Miloradov M., Dimkić M., Stupavski M., Jokanović S., Beronja B., Tot B., Stošić M. Emerging substances of concern and their occurrence in surface water and groundwater, Časta, Papirnička, Slovak Republic, *Proceedings.* pp: 277 – 288, 2011.

- Miloradov M., Turk Sekulić M., Radonić J., Kiurski J., Milovanović D., Spanik I., Mihajlović I. Pseudopersistent pollutant in the environment: Emerging substances. XVII International Symposium on Analytical and Environmental Problems, Szeged, Hungary, Proceedings. pp.180 – 184, 2011.
- Miloradov M., Turk Sekulić M., Radonić J., Milić N., Grujić Letić N., Mihajlović I., Milanović M. Industrijske emergentne hemikalije u životnom okruženju, Stručni rad, Hemijska Industrija 68 (1). pp: 51 – 62, 2014.
- Miloradov V. M., Mihajlović I., Vyvirska O., Cacho F., Radonić J., Minić N., Spanik I. Impact od wastewater discharges to Danube surface water pollution by emerging and priority pollutants in the vicinity of Novi Sad. *Fresenius environmental bulletin* 23(9), pp: 2137 – 2145, 2014.
- Minagh E., Hernan R., O'Rourke K., Lyng F.M., Davoren M. Aquatic ecotoxicity of the selective serotonin reuptake inhibitor sertraline hydrochloride in a battery of freshwater test species. *Ecotoxicology Environmental Safety* (72), pp: 434 – 440, 2009.
- Mishra, R. K., Mentha, S. S., Misra, Y., & Dwivedi, N. Emerging pollutants of severe environmental concern in water and wastewater: A comprehensive review on current developments and future research. In *Water-Energy Nexus* (Vol. 6, pp. 74–95), 2023.
- Miralles-Marco A. and S. Harrad, “Perfluorooctane sulfonate: a review of human exposure, biomonitoring and the environmental forensics utility of its chirality and isomer distribution,” *Environment International*, vol. 77, pp. 148–159, 2015.
- Mijangos L, Ziarrusta H, Ros O, Kortazar L, Fernández L. A, Olivares M, Zuloaga O, Prieto A, Etxebarria N. Occurrence of Emerging Pollutants in Estuaries of the Basque Country: Analysis of Sources and Distribution, and Assessment of the Environmental Risk. *Water Research*, 147: 152-163, 2018.
- Milanković J. Dunav kao saobraćajna arterija i osovina razvoja u Republici Srbiji, Doktorska disertacija, Univerzitet u Novom Sadu, Prirodno-matematički Fakultet, Novi Sad, 2015.
- Mompelat S, LeBot B, Thomas O. Occurrence and fate of pharmaceutical products and by-products, from resource to drinking water. *Environ Int* 35:803–14, 2009.
- Morin-Crini, N., Lichtfouse, E., & Crini, G. (Eds.). *Emerging Contaminants Vol. 1. Environmental Chemistry for a Sustainable World*, 2021.
- Morimoto Y. N. Kobayashi, N. Shinohara, T. Myojo, I. Tanaka, and J. Nakanishi, “Hazard assessments of manufactured nanomaterials,” *Journal of Occupational Health*, vol. 52, no. 6, pp. 325–334, 2010
- Moriwaki, H., Takata, Y., & Arakawa, R. Concentrations of perfluorooctane sulfonate (PFOS) and perfluorooctanoic acid (PFOA) in vacuum cleaner dust collected in Japanese homes. In *Journal of Environmental Monitoring* (Vol. 5, Issue 5, p. 753). Royal Society of Chemistry (RSC), 2003.
- Mueller, A., Oesterlund, H., Marsalek, J., Viklander, M. The pollution conveyed by urban runoff: a review of sources. *Sci. Total Environ.* 709, 136125, 2020.
- Murnyak G. J. Vandenberg, P. J. Yaroshak, L. Williams, K. Prabhakaran, and J. Hinz, “Emerging contaminants: presentations at the 2009 Toxicology and Risk Assessment Conference,” *Toxicology and Applied Pharmacology*, vol. 254, no. 2, pp. 167–169, 2011.
- National Association of Clean Water Agencies, 2012. Pharmaceuticals in the water environment [Homepage of national Association of clean water Agencies] [Online]. Available:

<http://www.dewater.com/waterquality/PharmaceuticalsNACWA.pdf>. (Accessed 10 June 2013).

National Institute of Standards and Technology (NIST), "Mass Spectral Library (NIST08)", (Gaithersburg, MD: NIST), <https://chemdata.nist.gov>, 2008.

Nemeno J. G. E, S. Lee, W. Yang, K. M. Lee, and J. I. Lee, "Applications and implications of heparin and protamine in tissue engineering and regenerative medicine," *BioMed Research International*, vol. 2014, Article ID 936196, 10 pages, 2014.

NMED/DWB or Gillentine, J., 2000. State of New Mexico - Source water assessment and protection program. NMED/DWB (Appendix E - WRASTIC index: Watershed vulnerability estimation using WRASTIC (edited by: Gallegos P.E.D., Lowance P.E.J., Thomas C.). Environment Finance Center Network, 2019.

Norman Network. (n.d.). Norman Network. Retrieved from <https://www.norman-network.com> in March 2023

Palmquist, H., & Hanæus, J. Hazardous substances in separately collected grey- and blackwater from ordinary Swedish households. In *Science of The Total Environment*. Vol. 348, Issues 1–3, pp. 151–163). 2005.

Kumar, R., Kishor, K., Mlsna, T., Pittman, C.U., Mohan, D. Pharmaceuticals of emerging concern in aquatic systems: chemistry, occurrence, effects, and removal methods. *Chem. Rev.* 119, 3510–3673, 2019.

Paxeus, N. Organic pollutants in the effluents in large wastewater treatment plants in Sweden. *Water Res.* 30 (5), 1115–1122, 1996.

Paxéus, N., Robinson, P., Balmer, P. Study of organic pollutants in municipal wastewater in Goteborg, Sweden. *Water Sci. Technol.* 25 (11), 249–256, 1992.

Petrović M., Škrbić B., Živančev J., Ferrando-Climent L., Barcelo D. Determination of 81 pharmaceutical drugs by high performance liquid chromatography coupled to mass spectrometry with hybrid triple quadrupole–linear ion trap in different types of water in Serbia, *Science of the Total Environment* 468–469, pp. 415–428, 2014.

Pravilnik o higijenskoj ispravnosti vode za piće - "Sl. list SRJ", br. 42/98 i 44/99 i "Sl. glasnik RS", br. 28, 2019

Prow T. W. D. Sundh, and G. A. Luty, "Nanoscale biosensor for detection of reactive oxygen species," *Methods in Molecular Biology*, vol. 1028, pp. 3–14, 2013.

Pizzol L., Zabeo A., Critto A., Giubilato E. Risk-based prioritization methodology for the classification of groundwater pollution sources. *The Science of Total Environment*, pp: 506 - 507; pp: 505 – 517, 2015.

Plovput - Direkcija za vodne puteve „Plovput“. Plovidbene karte, reka Dunav. 2016. Beograd 2016.

Puri, M., Gandhi, K., Kumar, M.S. A global overview of endocrine disrupting chemicals in the environment: occurrence , effects , and treatment methods. *Int. J. Environ. Sci. Technol.* <https://doi.org/10.1007/s13762-022-04636-4>, 2022.

Puri, M., Gandhi, K., & Kumar, M. S. Emerging environmental contaminants: A global perspective on policies and regulations. In *Journal of Environmental Management* (Vol. 332, p. 117344). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.11734>, 2023.

Ramírez-Malule, H., Quiñones-Murillo, D. H., & Manotas-Duque, D. Emerging contaminants as global environmental hazards. A bibliometric analysis. In *Emerging Contaminants* (Vol. 6, pp. 179–193). Elsevier BV, 2020.

Reference Materials for Residue Analysis, Dr. Ehrenstorfer. www.lgcstandards.com/drehrenstorfer Republički hidrometeorološki zavod (RHMZ) - <https://www.hidmet.gov.rs>

Richardson S. D, “Water analysis: emerging contaminants and current issues,” *Analytical Chemistry*, vol. 79, no. 12, pp. 4295–4323, 2007.

Richardson S. D, and T. A. Ternes, “Water analysis: emerging contaminants and current issues,” *Analytical Chemistry*, vol. 86, no. 6, pp. 2813–2848, 2014.

Richardson S. D, M. J. Plewa, E. D. Wagner, R. Schoeny, and D. M. DeMarini, “Occurrence, genotoxicity, and carcinogenicity of regulated and emerging disinfection by-products in drinking water: a review and roadmap for research,” *Mutation Research/Reviews in Mutation Research*, vol. 636, no. 1–3, pp. 178–242, 2007

Richardson S. D, S. Y. Kimura. *Water Analysis: Emerging Contaminants and Current Issues*. In *Analytical Chemistry* (Vol. 92, Issue 1, pp. 473–505). American Chemical Society (ACS). 2019

Ritsema T.M & C. J. Emerging pollutants in the environment: A challenge for water resource management. In *International Soil and Water Conservation Research* (Vol. 3, Issue 1, pp. 57–65). Elsevier BV, 2015.

Sabin, L.D., Jeong, H.L., Stolzenbach, K.D., Schiff, K.C. Contribution of trace metals from atmospheric deposition to stormwater runoff in a small impervious urban catchment. *Water Res.* 39, 3929–393, 2005.

Sanganyado, E., Lu, Z., Fu, Q., Schlenk, D., Gan, J. Chiral pharmaceuticals: a review on their environmental occurrence and fate processes. *Water Res.* 124, 527–542, 2017.

Sanganyado, E., & Kajau, T. A. The fate of emerging pollutants in aquatic systems: An overview. In *Emerging Freshwater Pollutants* (pp. 119–135). Elsevier. 2022.

Sambandan D. R. and D. Ratner, “Sunscreens: an overview and update,” *Journal of the American Academy of Dermatology*, vol. 64, no. 4, pp. 748–758, 2011.

Scheurer M., Sacher F., Brauch H.J. Occurrence of the antidiabetic drug metformin in sewage and surface waters in Germany. *Journal of Environmental Monitoring* (11), pp: 1608 – 1613, 2009.

Schlumpf M, P. Schmid, S. Durrer et al., “Endocrine activity and developmental toxicity of cosmetic UV filters—an update,” *Toxicology*, vol. 205, no. 1-2, pp. 113–122, 2004.

Schoeters G, Antignac JP, Koppen G, Bessems J, Debrauwer L, Covaci A, Prioritised substance group: Emerging Chemicals, <https://www.hbm4eu.eu> pristupljeno 04.03.2024.

Skrbic B., Ji Y., Djurisić-Mladenović N., Zhao J. Occurrence of the phthalate esters in soil and street dust samples from the Novi Sad city area, Serbia, and the influence on the children’s and adults’ exposure. *J. Hazard. Mater.* 312, 272-279. 2016

Skrbic B., Marinković V., Antić I., Petrović Gegić A. Seasonal variation and health risk assessment of organochlorine compounds in urban soils of Novi Sad, Serbia. *Chemosphere*. 181, 101-110. 2017

- Slobodnik J, Mrafkova L, von der Ohe P.C, Carere M, Ferrara F, Pennelli B. Identification of river-basin-specific pollutants and derivation of environmental quality standards, with a case study in the Slovak Republic. *Trends in Analytical Chemistry*, 41: 133-145, 2012.
- Sremacki M., Milanovic M., Mihajlovic I., Spanik I., Radonic J., Turk Sekulic M., Milic N., Vojinovic Miloradov M. Adaptation of screening analysis method for key pollutants in wastewater of meat industry. *Fresenius Environmental Bulletin*. 25, 5008-5013. 2016
- Stefanakis, A. I., & Becker, J. A. (2020). A Review of Emerging Contaminants in Water. In *Waste Management* (pp. 177–202). IGI Global. 2020
- Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants, Adopted 22 May 2001, 2256 UNTS 119, 2001
- Swartz, C.H., Reddy, S., Benotti, M.J., Yin, H., Barber, L.B., Brownawell, B.J. and Rudel, R.A. Steroid estrogens, nonylphenol ethoxylate metabolites, and other wastewater contaminants in groundwater affected by a residential septic system on Cape Cod, MA. *Environ Sci Technol*, 40(16); 4894-4902, 2006.
- The European Environment & Health Action Plan 2004-2010" [[COM\(2004\) 416](https://eur-lex.europa.eu) final (<https://eur-lex.europa.eu> pristupljeno 09.03.2024)]
- Thomas T. K. Thomas, N. Sadrieh, N. Savage, P. Adair, and R. Bronaugh, "Research strategies for safety evaluation of nanomaterials, part VII: evaluating consumer exposure to nanoscale materials," *Toxicological Sciences*, vol. 91, no. 1, pp. 14–19, 2006.
- Tijani, J. O., Fatoba, O. O., Babajide, O. O., & Petrik, L. F. Pharmaceuticals, endocrine disruptors, personal care products, nanomaterials and perfluorinated pollutants: a review. In *Environmental Chemistry Letters* (Vol. 14, Issue 1, pp. 27–49). Springer Science and Business Media LLC, 2015.
- Urban Wastewater Treatment Directive – UWWTD, Council Directive 91/271/EEC of 21 May 1991 concerning urban waste-water treatment
- Vieno NM, Hrkki H, Tuhkanen T, Kronberg L. Occurrence of pharmaceuticals in river water and their elimination in a pilot-scale drinking water treatment plant. *Environ Sci Technol*;41:5077–84, 2007.
- Von der Ohe P.C., Dulio V., Slobodnik J., De Deckere E., Kühne R., Ebert R.U., Ginebreda A., De Cooman W., Schüürmann G., Brack W. A new risk assessment approach for the prioritization of 500 classical and emerging organic microcontaminants as potential river basin specific pollutants under the European Water Framework Directive. *Scientific Total Environment* 409(11), pp: 2064 – 2077, 2011.
- Wiley 7N Edition (Agilent Part No. G1035B): Wiley Registry of Mass Spectral Data, 7th Edition Williams K. Source Water Assessment and Protection Program. United States Environmental Protection Agency, 2000.
- Willis, G.H., McDowell, L.L. Pesticides in agricultural runoff and their effects on downstream water quality. *Environ. Toxicol. Chem.* 1, 267–279, 1982.
- Wilkinson, J., Hooda, P. S., Barker, J., Barton, S., & Swinden, J. Occurrence, fate and transformation of emerging contaminants in water: An overarching review of the field. In *Environmental Pollution* (Vol. 231, pp. 954–970). Elsevier BV. 2017
- Yamamoto H, Nakamura Y, Nakamura Y, Kitani C, Imari T, Sekizawa J, et al. Initial ecological risk assessment of eight selected human pharmaceuticals in Japan. *Environ Sci*;14:177–93, 2007.

Yang, Y., Ok, Y. S., Kim, K.-H., Kwon, E. E., & Tsang, Y. F. Occurrences and removal of pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) in drinking water and water/sewage treatment plants: A review. In *Science of The Total Environment* (Vols. 596–597, pp. 303–320). Elsevier BV, 2017.

Zakon o bezbednosti hrane - "Sl. glasnik RS", br. 41/2009 i 17/2019

Zhang, Y. Introduction: Emerging Chemicals of Concern. In: Zhang, Y. (eds) *Emerging Chemicals and Human Health*. Springer, Singapore, 2019.

Zhao, H., Cui, J., Wang, S., Lindley, S. Customizing the coefficients of urban domestic pollutant discharge and their driving mechanisms: evidence from the Taihu Basin. *China J. Environ. Manage.* 213, 247–254, 2018.

7. PRILOZI

Prilog 1.

Tabela 19. Rezultati skrining analize vode uzorkovane na lokalitetima GC1, GC1', GC2, GC2', RP, RP', RO, RO'

CAS	Naziv jedinjenja	GC1	GC1'	GC2	GC2'	RP	RP'	RO	RO'
473-03-0	Ambrein			X					
83-47-6	Stigmast-5-en-3-ol			X		X		X	
57-11-4	Oktadekanska kiselina	X	X	X		X	X	X	
57-88-5	Holesterol		X	X	X	X	X	X	X
142-91-6	Izopropil palmitat		X		X		X		
333-41-5	Diazinon					X			
83-46-5	Beta-sitosterol		X		X		X		
60-33-3	9,12-oktadekadienska kiselina		X	X	X			X	
601-53-6	Holestan-3-on							X	
629-78-7	Heptadekan		X		X		X		
57-10-3	Heksadekanska kiselina	X	X	X		X	X	X	X
112-80-1	9-oktadecenska kiselina	X		X		X		X	X
19466-47-8	Stigmastanol	X		X		X		X	
58-08-2	Kofein	X	X	X	X	X	X	X	X
3055-98-9	Oktaetilen glikol monododecil etar							X	
1120-36-1	1-tetradecen		X		X		X		
14933-08-5	3-(N,N-dimetillaurilamonio)propansulfonat	X				X		X	X
373-49-9	9-heksadecenska kiselina	X			X	X		X	

112-61-8	Oktadekanska kiselina, metil estar				X				
544-76-3	Heksadekan		X		X				X
3055-95-6	Pentaetilen glikol monododecil etar	X		X		X		X	
120-72-9	1H-indol	X		X		X		X	X
6538-02-9	Ergostanol				X				
601-57-0	Holest-4-en-3-on				X				
1577-52-2	9,12-oktadekadien-1-ol				X				
3055-97-8	Heptaetilen glikol monododecil etar	X						X	
1191-85-1	5,8,11,14-eikozatetrainska kiselina								X
192-97-2	Benzo[e]piren		X						
13481-95-3	10-oktadecenoična kiselina, metil estar				X				
629-62-9	Pentadekan								X
80-97-7	Holestanol	X	X	X	X	X	X	X	X
629-59-4	Tetradekan						X		
27554-26-3	1,2-benzendikarbonska kiselina, diizooktil estar		X		X		X		X
84-74-2	1,2-benzendikarbonska kiselina, dibutil estar	X	X	X		X	X	X	X
5274-68-0	Tetraetilen glikol monododecil etar	X		X		X		X	
3208-26-2	9-fenil-1-nonanol	X		X		X		X	
544-63-8	Tetradekanska kiselina	X	X	X	X	X	X	X	
143-07-7	Dodekanska kiselina	X		X	X	X		X	X
112-39-0	Heksadekanska kiselina, metil estar		X		X				
2416-20-8	Heksadecenska kiselina, (11)-		X		X				
872-05-9	1-decen	X		X		X		X	
334-48-5	Dekanska kiselina	X		X	X			X	
85-01-8	Fenantren						X		

3055-94-5	Trietilen glikol monododecil etar	X				X		X	
198-55-0	Perilen		X				X		
90-43-7	[1,1'-bifenil]-2-ol	X		X		X			
28556-81-2	2,6-dimetilfenil izocijanat	X		X		X		X	
486-56-6	2-pirolidinon, 1-metil-5-(3-piridinil)-	X		X		X		X	
2437-56-1	1-tridecen		X				X		
82304-66-3	7,9-di-terc-butil-1-oksaspiro[4.5]deka-6,9-dien-2,8-dion		X		X		X		
117-81-7	Di(2-etilheksil)ftalat (DEHP)	X		X		X		X	
88-29-9	7-acetil-6-etil-1,1,4,4-tetrametil tetralin	X	X	X	X	X	X	X	
10543-57-4	N,N,N',N'-tetraacetiletilendiamin	X	X	X	X	X	X	X	X
2430-95-7	Z-7-tetradecenska kiselina							X	
128-37-0	Fenol, 2,6-bis(1,1-dimetiletil)-4-metil-	X		X		X		X	
4612-63-9	9H-fluoren, 2,3-dimetil-								X
91-57-6	Naftalen, 2-metil-						X	X	
84-69-5	Di-metilpropil-ftalat	X	X	X	X	X			X
54-11-5	Piridin, 3-(1-metil-2-pirolidinil)-	X		X		X		X	X
15356-70-4	Mentol	X		X		X		X	X
638-53-9	Tridekanska kiselina			X					
1591-99-7	2,3-dimetilfenil izocijanat			X					
91-20-3	Naftalen							X	
101-84-8	Difenil etar			X				X	
99-76-3	Benzojeva kiselina, 4-hidroksi-, metil estar	X							

98353-28-7	4-(2,6,6-trimetil-cikloheks-1-enil)-butan-2-ol	X		X		X		X	
92-52-4	1,1'-bifenil		X		X		X		
62108-16-1	1H-indol, 2,3-dihidro-4-metil-	X		X		X		X	X
4536-30-5	Etanol, 2-(dodeciloksi)-					X			
620-17-7	Fenol, 3-etil-	X		X		X		X	
645-56-7	Fenol, 4-propil-			X					
7494-34-0	2,6-nor-5-holesten-3beta-ol-25-on	X							
15638-08-1	Fenantren, 3,6-dimetil-								X
2011-67-8	Elimicin		X						
829-26-5	Naftalen, 1,3,6-trimetil-								X
84-66-2	1,2-benzendikarboksilna kiselina, dietil estar	X	X	X	X	X	X	X	X
112-31-2	Decanal				X				
124-07-2	Oktanoična kiselina			X					
527-35-5	Fenol, 2,3,5,6-tetrametil-			X				X	
7384-80-7	Benzenpropanol, beta-metil-	X		X		X		X	X
106-22-9	Beta-citronelol	X		X		X		X	
544-64-9	9-tetradecenska kiselina					X			
941-81-1	4,6,8-trimetilazulen								X
24851-98-7	Dihidro metil jasmonat	X	X	X	X	X	X		
615-22-5	Benzotiazol, 2-(metiltio)-		X		X		X		
1622-57-7	Benzimidazol, 2-amino-1-metil-					X		X	
20170-32-5	3,5-di-terc-butil-4-hidroksifenilpropionska kiselina		X		X		X		

98-55-5	Alfa-terpineol	X							
106-24-1	Geraniol	X							
106-25-2	Nerol					X		X	
551-93-9	Etanon, 1-(2-aminofenil)-			X					
776-35-2	Fenantren, 9,10-dihidro-								X
1506-02-1	Etanon, 1-(5,6,7,8-tetrahidro-3,5,5,6,8,8-heksametil-2-naftalenil)-				X				
53-42-9	Androstan-17-on, 3-hidroksi-	X		X		X		X	
115-86-6	Fosforna kiselina, trifenil estar						X		
51115-63-0	Benzojeva kiselina, 2-hidroksi-, 2-metilbutil estar	X							
5413-60-5	Verdil acetat	X							
77-90-7	1,2,3-propantrikarboksilna kiselina, 2-(acetiloksi)-, tributil-(acetil tributil citrat)		X				X		
60-12-8	Benzenetanol	X		X		X		X	
2177-48-2	1H-inden, 1,3-dimetil-		X		X		X		
27137-33-3	4,7-metano-1H-indenol, heksahidro-	X		X		X		X	X
4773-83-5	1,2,3-trimetilinden		X						
130879-97-9	1-fenoksipropan-2-ol	X				X			
447-53-0	Naftalen, 1,2-dihidro-		X		X		X		
91-10-1	Fenol, 2,6-dimetoksi-							X	
2363-88-4	2,4-dekadinal				X				
122-99-6	Etanol, 2-fenoksi-	X		X		X		X	
91-56-5	1H-indol, 2,3-dion							X	
607-91-0	Miristicin		X						

482-89-3	Indigo							X	
39491-62-8	Benzen, 1,3-heksadienil-		X				X		
127-51-5	Alfa izometil jonon	X		X		X		X	X
98-52-2	Cikloheksanol, 4-(1,1-dimetiletil)-	X		X		X		X	X
81561-77-5	1-(4-terc-butilfenil)propan-2-on	X							
999320-37-2	N-metil-lH-benzimidazol-2-amin							X	
2078-54-8	Propofol						X		
27417-37-4	6-metil-gama-jonon		X		X				
2396-61-4	1-propanol, 3,3'-oksibis-			X					
77-93-0	1,2,3-propantrikarboksilna kiselina, 2-hidroksi-, trietil estar	X				X			
17455-13-9	1,4,7,10,13,16-heksaoksaciklooktadekan					X			
999030-70-4	1-(4-izopropilfenil)-2-metilpropil acetat	X	X	X	X	X		X	

Prilog 2.

Tabela 20. Rezultati skrining analize vode uzorkovane na lokalitetima GC1, GC1', GC2, GC2', RP, RP', RO, RO', RI

CAS	Naziv jedinjenja	GC1	GC1'	GC2	GC2'	RP	RP'	RO	RO'	RI
630-01-3	Heksakosan		X		X		X		X	X
629-99-2	Pentakosan				X	X	X			X
646-31-1	Tetrakosan		X		X		X		X	
629-97-0	Dokosan	X	X		X	X	X	X	X	
629-94-7	Heneikosan								X	
83-47-6	Stigmast-5-en-3-ol					X				
593-45-3	Oktadekan	X	X	X	X	X	X	X	X	X
629-92-5	Nonadekan	X	X	X	X	X		X	X	X
57-88-5	Holesterol	X	X	X	X	X	X	X		X
142-91-6	Izopropil palmitat	X	X	X	X	X	X	X	X	X
112-88-9	Oktadecen		X				X		X	
629-78-7	Heptadekan	X	X	X	X	X	X	X	X	X
123-95-5	Oktadekanska kiselina, butil estar	X	X	X	X		X	X	X	X
111-06-8	Heksadekanska kiselina, butil estar	X	X		X		X	X	X	
538-23-8	Glicerol trikaprilat		X	X	X	X	X	X	X	X
646-13-9	Oktadekanska kiselina, 2-metilpropil estar				X				X	
1120-36-1	1-tetradecen	X	X	X	X	X	X	X	X	X
150-86-7	Fitol	X	X	X	X	X	X	X	X	X
110-34-9	Heksadekanska kiselina, 2-metilpropil estar	X			X		X		X	
544-76-3	Heksadekan	X	X	X	X	X	X	X	X	X
629-82-3	Oktan, 1,1'-oksibis-	X	X	X	X	X	X		X	X

102608-53-7	3,7,11,15-tetrametil-2-heksadecen-1-ol		X				X			
629-62-9	Pentadekan	X	X	X	X	X	X	X	X	X
629-59-4	Tetradekan	X	X	X	X		X	X	X	X
27554-26-3	1,2-benzendikarbonska kiselina, diizooktil estar	X	X	X	X	X	X	X	X	X
84-74-2	1,2-benzendikarbonska kiselina, dibutil estar	X	X	X	X	X	X	X	X	X
112-39-0	Heksadekanska kiselina, metil estar	X	X		X	X	X	X	X	
110-27-0	Tetradekanska kiselina, 1-metiletil estar					X				
85-01-8	Fenantren	X	X	X	X	X				X
112-40-3	Dodekan		X					X		
629-50-5	Tridekan	X	X	X	X	X	X	X	X	X
84-69-5	Di-metilpropil-ftalat	X	X	X	X		X	X	X	X
96-76-4	Fenol, 2,4-bis(1,1-dimetiletil)-		X							
84-66-2	1,2-benzendikarboksilna kiselina, dietil estar	X	X	X	X	X	X	X	X	X
74367-34-3	Propanoična kiselina, 2-metil-,3-hidroksi-2,4,4-trimetilpentil estar	X	X			X			X	
24851-98-7	Dihidro metil jasmonat	X	X	X				X	X	X
615-22-5	Benzotiazol, 2-(metiltio)-	X	X	X	X	X	X	X	X	X
599-64-4	Fenol, 4-(1-metil-1-feniletil)-	X	X	X	X	X	X	X	X	X
5129-56-6	Undekanska kiselina, 10-metil-, metil estar	X				X				
95908-33-1	1-naftalenol, 5,6,7,8-tetrahidro-2,5-dimetil-8-(1-metiletil)-						X			
244074-78-0	Pentanska kiselina, 2,2,4-trimetil-3-hidroksi-, izobutil estar	X	X	X	X	X	X	X	X	X
88-18-6	Fenol, 2-(1,1-dimetiletil)-		X				X			

719-22-2	2,6-di-terc-butilhinon									X
830-09-1	2-propenska kiselina, 3-(4-metoksifenil)-					X		X		
54518-11-5	Benzenetanol, a-metil-3-(1-metiletil)-	X	X	X	X		X	X	X	X
6781-42-6	Etanon, 1,1-(1,3-fenilen) bis-	X	X	X	X		X	X	X	X

Prilog 3.

Tabela 21. Rezultati skrining analize vode uzorkovane na lokalitetima RI, GC1, GC1', GC2, GC2', RP, RP', RO, RO', RI

CAS	Naziv jedinjenja	GC1	GC1'	GC2	GC2'	RP	RP'	RO	RO'	RI
630-01-3	Heksakosan	X	X	X	X	X	X	X		X
629-99-2	Pentakosan	X	X	X	X	X	X	X		X
646-31-1	Tetrakosan	X	X	X	X	X	X	X	X	X
593-49-7	Heptakosan	X	X	X	X	X	X	X		X
629-97-0	Dokosan	X	X				X	X	X	X
6418-47-9	Heneikosan, 3-metil-			X	X	X				
629-94-7	Heneikosan	X	X	X	X	X	X	X		X
593-45-3	Oktadekan	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1560-84-5	Eikosan, 2-metil-		X		X		X	X		X
6418-45-7	Nonadekan, 3-metil-		X		X					
629-92-5	Nonadekan	X	X	X	X	X	X	X		X
57-11-4	Oktadekanska kiselina			X						
54833-23-7	Eikosan, 10-metil-	X				X				X
629-78-7	Heptadekan	X	X	X	X	X		X		X
57-10-3	Heksadekanska kiselina					X			X	
112-80-1	9-oktadecenska kiselina			X						
1795-18-2	Cikloheksan, tetradecil-	X	X		X		X			X
544-76-3	Heksadekan	X	X	X	X	X	X			X
629-96-9	1-eikozanol				X					
5333-42-6	1-dodekanol, 2-oktil-				X					

629-62-9	Pentadekan	X	X	X	X	X	X	X		X
629-59-4	Tetradekan	X	X	X	X		X	X	X	X
112-39-0	Heksadekanska kiselina, metil estar					X				
108-88-3	Toluen									X
641-85-0	Alopregnan		X	X						
112-40-3	Dodekan	X			X				X	
123-79-5	Heksandijeva kiselina, dioktil estar	X	X	X	X	X				X
10543-57-4	N,N,N',N'-tetraacetiletilendiamin			X						
128-37-0	Fenol, 2,6-bis(1,1-dimetiletil)-4-metil-	X			X					
100-42-5	Stiren				X					
15356-70-4	Mentol	X		X		X			X	
106-44-5	p-Crezol						X		X	
17851-53-5	1,2-benzendikarboksilna kiselina, butil 2-metilpropil estar	X	X	X	X	X	X	X	X	X
98-55-5	Alfa-terpineol								X	
106-24-1	Geraniol		X							
629-73-2	1-heksadecen		X							
59-48-3	2H-indol-2-on, 1,3-dihidro-								X	
138-86-3	Limonen			X			X			X
2363-88-4	2,4-dekadinal							X		
87-66-1	Fenol								X	
127-51-5	Alfa izometil jonon			X						
98-52-2	Cikloheksanol, 4-(1,1-dimetiletil)-			X	X	X			X	
104-76-7	1-heksanol, 2-etil-			X					X	
108-11-2	2-pentanol, 4-metil-	X	X	X	X	X	X	X	X	X

18479-59-9	Dihidromircenol			X		X			X	
100-41-4	Benzen, etil-				X				X	
27417-37-4	6-metil-gama-jonon					X			X	
74367-33-2	Propanoična kiselina, 2-metil-, 2,2-dimetil-1-(2-hidroksi-1-metiletil)propil estar			X						
13417-43-1	2-buten, 1-hloro-2-metil-								X	
57706-88-4	3-oktanol, 3,7-dimetil-				X	X			X	
123-07-9	Fenol, 4-etil-							X		
507-45-9	Butan, 2,3-dihloro-2-metil-	X			X				X	
66-25-1	Hekanal							X		
79-92-5	Kamfen					X				
527-84-4	Benzen, 1-metil-2-(1-metiletil)-								X	
1569-50-2	3-penten-2-ol	X	X	X		X	X	X	X	X
1453-24-3	Cikloheksen, 1-etil-							X		
918-84-3	Pentan, 3-hloro-3-metil-	X			X					
18675-24-6	1-dekanol, 2-metil-			X						
90-05-1	Fenol, 2-metoksi-; Guaiacol	X			X					
1115-11-3	2-butenal, 2-metil-	X			X				X	
4675-87-0	2-buten-1-ol, 2-metil-	X			X				X	
37275-49-3	Diciklopentenil alkohol			X		X				
498-81-7	Dihidroterpineol								X	

1632-73-1	Fenchil alkohol					X				
124-76-5	Isoborneol					X			X	
96346-76-8	4-heksen-3-ol, 2-metil-	X			X					
3658-80-8	Dimetil trisulfid			X		X				
1728-46-7	2-terc-butilcikloheksanon			X						
470-82-6	1,8-cineol			X		X			X	
5131-66-8	2-propanol, 1-butoksi-			X	X	X			X	
65-85-0	Benzoeeve kiseline					X				
100-86-7	Benzenetanol, α,α -dimetil-			X		X				
2550-26-7	2-butanon, 4-fenil-			X						
5989-33-3	Linalool oksid	X							X	
111-87-5	1-oktanol		X	X						X
59121-24-3	Butannitril, 4-(metiltio)-			X						
89-80-5	Cikloheksanon, 5-metil-2-(1-metiletil)					X			X	
105-39-5	Sirćetna kiselina, hloro-etil ester				X				X	
108-93-0	Ciclohekanol					X				
6570-87-2	(S)-3,4-dimetilpentanol							X		
4230-32-4	2,5-bornanedion			X						
98-86-2	Acetofenon			X		X				
3320-90-9	Furan, 2,5-dietoksitetrahidro-		X							
542-28-9	2H-piran-2-on, tetrahidro-					X				

Prilog 4.

Tabela 22. Prva skrining analiza

CAS	Naziv jedinjenja	Maksimalna koncentracija (ng/l)	Lokalitet
473-03-0	Ambrein	100,59	GC2
83-47-6	Stigmast-5-en-3-ol	402,05	RO
57-11-4	Oktadekanska kiselina	1094,29	GC2
57-88-5	Holesterol	424,50	RO
142-91-6	Izopropil palmitat	33,79	RP'
333-41-5	Diazinon	146,06	RP
83-46-5	Beta-sitosterol	40,14	RP'
60-33-3	9,12-oktadekadienska kiselina	69,18	GC2'
601-53-6	Holestan-3-on	8,68	RP'
629-78-7	Heptadekan	3273,90	GC2
57-10-3	Heksadekanska kiselina	375,94	RO'
112-80-1	9-oktadecenska kiselina	3317,34	GC2
19466-47-8	Stigmastanol	3713,77	RO
58-08-2	Kofein	377,14	RO'
3055-98-9	Oktaetilen glikol monododecil etar	436,49	RO
1120-36-1	1-tetradecen	1215,18	GC2
14933-08-5	3-(N,N-dimetillaurilamonio)propansulfonat	251,97	RO
373-49-9	9-heksadecenska kiselina	4600,14	RO
112-61-8	Oktadekanska kiselina, metil estar	1130,50	RO
544-76-3	Heksadekan	2057,13	GC2
3055-95-6	Pentaetilen glikol monododecil etar	52,39	RP'
120-72-9	1H-indol	5718,55	RO
6538-02-9	Ergostanol	1274,56	RO
601-57-0	Holest-4-en-3-on	32,27	GC2'
1577-52-2	9,12-oktadekadien-1-ol	18,79	GC2'
3055-97-8	Heptaetilen glikol monododecil etar	1477,17	RO
1191-85-1	5,8,11,14-eikozatetrainska kiselina	7153,71	RO
192-97-2	Benzo[e]piren	470,80	RO'
13481-95-3	10-oktadecenoična kiselina, metil estar	33,33	GC2'
629-62-9	Pentadekan	821,70	GC2'
80-97-7	Holestanol	6606,79	RO
629-59-4	Tetradekan	1406,21	RO
27554-26-3	1,2-benzendikarbonska kiselina, diizooktil estar	21,80	GC2'
84-74-2	1,2-benzendikarbonska kiselina, dibutil estar	2158,58	GC1
5274-68-0	Tetraetilen glikol monododecil etar	30,10	GC2'
3208-26-2	9-fenil-1-nonanol	5336,87	GC2

544-63-8	Tetradekanska kiselina	1173,61	RO
143-07-7	Dodekanska kiselina	3,21	RP'
112-39-0	Heksadekanska kiselina, metil estar	1150,44	RO
2416-20-8	Heksadecenska kiselina, (11)-	146,76	RO
872-05-9	1-decen	1023,74	GC2
334-48-5	Dekanska kiselina	40,80	GC1'
85-01-8	Fenantren	430,33	GC2
3055-94-5	Trietilen glikol monododecil etar	3076,65	GC2
198-55-0	Perilen	116,69	RO'
90-43-7	[1,1'-bifenil]-2-ol	907,02	RO
28556-81-2	2,6-dimetilfenil izocijanat	60,47	RP'
486-56-6	2-pirolidinon, 1-metil-5-(3-piridinil)-	20,47	GC1'
2437-56-1	1-tridecen	416,11	RP'
82304-66-3	7,9-di-terc-butil-1-oksaspiro[4.5]deka-6,9-dien-2,8-dion	9,79	GC2'
117-81-7	Di(2-etilheksil)ftalat (DEHP)	389,82	GC2
88-29-9	7-acetil-6-etil-1,1,4,4-tetrametil tetralin	1397,06	RO
10543-57-4	N,N,N',N'-tetraacetiletilendiamin	472,64	RO
2430-95-7	Z-7-tetradecenska kiselina	244,47	GC2
128-37-0	Fenol, 2,6-bis(1,1-dimetiletil)-4-metil-	302,91	RO'
4612-63-9	9H-fluoren, 2,3-dimetil-	481,78	RO
91-57-6	Naftalen, 2-metil-	629,37	GC1
84-69-5	Di-metilpropil-ftalat	2579,63	RO
54-11-5	Piridin, 3-(1-metil-2-pirolidinil)-	2799,96	RO
15356-70-4	Mentol	176,92	GC2
638-53-9	Tridekanska kiselina	2063,05	GC2
1591-99-7	2,3-dimetilfenil izocijanat	630,02	RO
91-20-3	Naftalen	883,12	RO
101-84-8	Difenil etar	288,53	GC2
99-76-3	Benzojeva kiselina, 4-hidroksi-, metil estar	531,79	GC1
98353-28-7	4-(2,6,6-trimetil-cikloheks-1-enil)-butan-2-ol	152,83	GC2
92-52-4	1,1'-bifenil	137,82	RP'
62108-16-1	1H-indol, 2,3-dihidro-4-metil-	5682,80	GC2
4536-30-5	Etanol, 2-(dodeciloksi)-	225,49	RP
620-17-7	Fenol, 3-etil-	1752,29	RO
645-56-7	Fenol, 4-propil-	507,11	GC2
7494-34-0	2,6-nor-5-holesten-3beta-ol-25-on	67,57	GC1
15638-08-1	Fenantren, 3,6-dimetil-	306,35	RO'
2011-67-8	Elimicin	127,74	GC1'
829-26-5	Naftalen, 1,3,6-trimetil-	167,20	RO'
84-66-2	1,2-benzendikarboksilna kiselina, dietil estar	1484,35	RO
112-31-2	Decanal	51,64	GC2'
124-07-2	Oktanoična kiselina	1421,95	GC2

527-35-5	Fenol, 2,3,5,6-tetrametil-	632,07	RO
7384-80-7	Benzenpropanol, beta-metil-	1098,88	RO
106-22-9	Beta-citronelol	923,39	RO
544-64-9	9-tetradecenska kiselina	74,84	RP
941-81-1	4,6,8-trimetilazulen	187,94	RO'
24851-98-7	Dihidro metil jasmonat	1409,42	RP
615-22-5	Benzotiazol, 2-(metiltio)-	85,36	GC2'
1622-57-7	Benzimidazol, 2-amino-1-metil-	1063,81	RO
20170-32-5	3,5-di-terc-butil-4-hidroksifenilpropionska kiselina	74,35	GC2'
98-55-5	Alfa-terpineol	708,08	GC1
106-24-1	Geraniol	290,84	GC1
106-25-2	Nerol	857,00	RO
551-93-9	Etanon, 1-(2-aminofenil)-	406,33	GC2
776-35-2	Fenantren, 9,10-dihidro-	190,99	RO'
1506-02-1	Etanon, 1-(5,6,7,8-tetrahidro-3,5,5,6,8,8-heksametil-2-naftalenil)-	12,87	GC2'
53-42-9	Androstan-17-on, 3-hidroksi-	589,15	RP
115-86-6	Fosforna kiselina, trifenil estar	20,56	RP'
51115-63-0	Benzojeva kiselina, 2-hidroksi-, 2-metilbutil estar	57,80	GC1
5413-60-5	Verdil acetat	90,41	GC1
77-90-7	1,2,3-propantrikarboksilna kiselina, 2-(acetiloksi)-, tributil-(acetil tributil citrat)	41,72	RP'
60-12-8	Benzenetanol	4235,43	RO
2177-48-2	1H-inden, 1,3-dimetil-	113,06	GC1'
27137-33-3	4,7-metano-1H-indenol, heksahidro-	1842,27	RO
4773-83-5	1,2,3-trimetilinden	44,12	GC1'
130879-97-9	1-fenoksipropan-2-ol	1771,05	GC1
447-53-0	Naftalen, 1,2-dihidro-	205,27	RP'
91-10-1	Fenol, 2,6-dimetoksi-	398,59	RO
2363-88-4	2,4-dekadalinal	104,55	GC2'
122-99-6	Etanol, 2-fenoksi-	4221,16	RO
91-56-5	1H-indol, 2,3-dion	1861,19	RO
607-91-0	Miristicin	131,87	GC1'
482-89-3	Indigo	219,94	RO
39491-62-8	Benzen, 1,3-heksadienil-	34,51	RP'
127-51-5	Alfa izometil jonon	311,55	RO
98-52-2	Cikloheksanol, 4-(1,1-dimetiletil)-	598,29	GC2
81561-77-5	1-(4-terc-butilfenil)propan-2-on	106,63	GC1
999320-37-2	N-metil-1H-benzimidazol-2-amin	726,02	RO
2078-54-8	Propofol	11,37	RP'
27417-37-4	6-metil-gama-jonon	28,53	GC2'
2396-61-4	1-propanol, 3,3'-oksibis-	319,28	GC2
77-93-0	1,2,3-propantrikarboksilna kiselina, 2-hidroksi-, trietil estar	252,59	RP
17455-13-9	1,4,7,10,13,16-heksaoksaciklooktadekan	48,97	RP
999030-70-4	1-(4-izopropilfenil)-2-metilpropil acetat	333,45	GC2

Prilog 5.

Tabela 23. Druga skrining analiza

CAS	Naziv jedinjenja	Max koncentracija (ng/l)	Lokalitet
630-01-3	Heksakosan	781,56	GC1'
629-99-2	Pentakosan	956,51	RP'
646-31-1	Tetrakosan	662,10	GC1'
629-97-0	Dokosan	235,85	RO
629-94-7	Heneikosan	73,05	RO'
83-47-6	Stigmast-5-en-3-ol	45,23	RP
593-45-3	Oktadekan	1227,21	RO
629-92-5	Nonadekan	217,33	GC1
57-88-5	Holesterol	68,42	RO
142-91-6	Izopropil palmitat	95,20	RO
112-88-9	Oktadecen	131,15	RO'
629-78-7	Heptadekan	389,46	RO
123-95-5	Oktadekanska kiselina, butil estar	74,63	GC1
111-06-8	Heksadekanska kiselina, butil estar	66,82	GC1
538-23-8	Glicerol trikaprilat	111,51	RO
646-13-9	Oktadekanska kiselina, 2-metilpropil estar	15,63	RO'
1120-36-1	1-tetradecen	54,81	RO
150-86-7	Fitol	112,95	RP'
110-34-9	Heksadekanska kiselina, 2-metilpropil estar	19,38	GC1
544-76-3	Heksadekan	1160,33	RO
629-82-3	Oktan, 1,1'-oksibis-	158,87	RP
102608-53-7	3,7,11,15-tetrametil-2-heksadecen-1-ol	23,39	GC1'
629-62-9	Pentadekan	134,92	RO
629-59-4	Tetradekan	1096,47	RO
27554-26-3	1,2-benzendikarbonska kiselina, diizooktil estar	878,56	RO
84-74-2	1,2-benzendikarbonska kiselina, dibutil estar	1267,81	RP'
112-39-0	Heksadekanska kiselina, metil estar	43,99	RP
110-27-0	Tetradekanska kiselina, 1-metiletil estar	36,83	RP
85-01-8	Fenantren	29,62	GC1
112-40-3	Dodekan	211,53	RO
629-50-5	Tridekan	86,20	RO
84-69-5	Di-metilpropil-ftalat	290,73	RO
96-76-4	Fenol, 2,4-bis(1,1-dimetiletil)-	100,09	GC1'
84-66-2	1,2-benzendikarboksilna kiselina, dietil estar	39,98	RO

74367-34-3	Propanoična kiselina, 2-metil-,3-hidroksi-2,4,4-trimetilpentil estar	151,98	GC1
24851-98-7	Dihidro metil jasmonat	29,81	RO
615-22-5	Benzotiazol, 2-(metiltio)-	7,28	GC1
599-64-4	Fenol, 4-(1-metil-1-feniletil)-	62,23	RO
5129-56-6	Undekanska kiselina, 10-metil-, metil estar	10,76	GC1
95908-33-1	1-naftalenol, 5,6,7,8-tetrahidro-2,5-dimetil-8-(1-metiletil)-	26,93	RP'
244074-78-0	Pentanska kiselina, 2,2,4-trimetil-3-hidroksi-, izobutil estar	111,07	GC1
88-18-6	Fenol, 2-(1,1-dimetiletil)-	24,18	GC1'
719-22-2	2,6-di-terc-butilhinon	3,15	RI
830-09-1	2-propenska kiselina, 3-(4-metoksifenil)-	23,26	RO
54518-11-5	Benzenetanol, a-metil-3-(1-metiletil)-	16,48	RO
6781-42-6	Etanon, 1,1-(1,3-fenilen) bis-	13,92	GC1

Tabela 24. Treća skrining analiza

CAS	Naziv jedinjenja	Max koncentracija (ng/l)	Lokalitet
630-01-3	Heksakosan	72,75	GC1
629-99-2	Pentakosan	110,56	GC1
646-31-1	Tetrakosan	180,64	GC1
593-49-7	Heptakosan	38,16	GC1
629-97-0	Dokosan	216,56	GC1
6418-47-9	Heneikosan, 3-metil-	22,45	GC2'
629-94-7	Heneikosan	188,94	GC1
593-45-3	Oktadekan	33,83	GC1
1560-84-5	Eikosan, 2-metil-	18,72	GC2'
6418-45-7	Nonadekan, 3-metil-	3,48	GC2'
629-92-5	Nonadekan	63,00	GC1
57-11-4	Oktadekanska kiselina	20,65	GC2
54833-23-7	Eikosan, 10-metil-	54,55	GC1
629-78-7	Heptadekan	21,63	GC1
57-10-3	Heksadekanska kiselina	47,92	RP
112-80-1	9-oktadecenska kiselina	37,20	GC2
1795-18-2	Cikloheksan, tetradecil-	13,89	GC1
544-76-3	Heksadekan	12,24	GC1
629-96-9	1-eikozanol	3,91	GC2'
5333-42-6	1-dodekanol, 2-oktil-	6,28	GC2'
629-62-9	Pentadekan	4,29	GC1
629-59-4	Tetradekan	2,68	GC1
112-39-0	Heksadekanska kiselina, metil estar	1,09	RP
108-88-3	Toluen	0,92	RI
641-85-0	Alopregnan	0,34	GC2
112-40-3	Dodekan	0,99	GC1
123-79-5	Heksandijeva kiselina, dioktil estar	14,78	GC1
10543-57-4	N,N,N',N'-tetraacetilendiamin	3,10	GC2
128-37-0	Fenol, 2,6-bis(1,1-dimetiletil)-4-metil-	44,42	GC1
100-42-5	Stiren	0,72	GC2'
15356-70-4	Mentol	6,83	RO'
106-44-5	p-Crezol	413,71	RO'
17851-53-5	1,2-benzendikarboksilna kiselina, butil 2-metilpropil estar	47,23	GC1
98-55-5	Alfa-terpineol	2,39	RO'
106-24-1	Geraniol	0,63	GC1'
629-73-2	1-heksadecen	0,31	GC1'

59-48-3	2H-indol-2-on, 1,3-dihidro-	21,34	RO'
138-86-3	Limonen	1,29	RP'
2363-88-4	2,4-dekadinal	1,92	RO
87-66-1	Fenol	39,37	RO'
127-51-5	Alfa izometil jonon	0,62	GC2
98-52-2	Cikloheksanol, 4-(1,1-dimetiletil)-	2,39	GC2
104-76-7	1-heksanol, 2-etil-	11,76	RO'
108-11-2	2-pentanol, 4-metil-	250,52	GC1
18479-59-9	Dihidromircenol	17,21	RP
100-41-4	Benzen, etil-	1,19	GC2'
27417-37-4	6-metil-gama-jonon	0,63	RO'
74367-33-2	Propanoična kiselina, 2-metil-, 2,2-dimetil-1-(2-hidroksi-1-metiletil)propil ester	1,85	GC2
13417-43-1	2-buten, 1-hloro-2-metil-	5,72	RO'
57706-88-4	3-oktanol, 3,7-dimetil-	3,32	RO'
123-07-9	Fenol, 4-etil-	1,78	RO
507-45-9	Butan, 2,3-dihloro-2-metil-	5,22	GC1
66-25-1	Hekanal	1,43	RO
79-92-5	Kamfen	0,57	RP
527-84-4	Benzen, 1-metil-2-(1-metiletil)-	1,26	RO'
1569-50-2	3-penten-2-ol	12,27	GC1
1453-24-3	Cikloheksen, 1-etil-	0,40	RO
918-84-3	Pentan, 3-hloro-3-metil-	0,92	GC1
18675-24-6	1-dekanol, 2-metil-	0,59	GC2
90-05-1	Fenol, 2-metoksi-; Guaiacol	3,52	GC1
1115-11-3	2-butenal, 2-metil-	1,95	GC1
4675-87-0	2-buten-1-ol, 2-metil-	1,95	GC1
37275-49-3	Diciklopentenil alkohol	3,75	RP
498-81-7	Dihidroterpineol	0,54	RO'
1632-73-1	Fenchil alkohol	3,16	RP
124-76-5	Isoborneol	1,93	RO'
96346-76-8	4-heksen-3-ol, 2-metil-	1,23	GC1
3658-80-8	Dimetil trisulfid	0,60	RP
1728-46-7	2-terc-butilcikloheksanon	0,37	GC2
470-82-6	1,8-cineol	0,59	RO'
5131-66-8	2-propanol, 1-butoksi-	1,51	RO'
65-85-0	Benzojeve kiseline	0,32	RP
100-86-7	benzenetanol, α,α -dimetil-	0,74	GC2
2550-26-7	2-butanon, 4-fenil-	0,25	GC2
5989-33-3	Linalool oksid	1,10	GC1
111-87-5	1-oktanol	0,19	RI
59121-24-3	Butannitril, 4-(metiltio)-	1,13	GC2
89-80-5	Cikloheksanon, 5-metil-2-(1-metiletil)	0,23	RP
105-39-5	Sirćetna kiselina, hloro-etil ester	2,01	GC2'

108-93-0	Ciclohekanol	0,62	RP
6570-87-2	(S)-3,4-dimetilpentanol	0,16	RO
4230-32-4	2,5-bornanedion	0,30	GC2
98-86-2	Acetofenon	1,09	RP
3320-90-9	Furan, 2,5-dietoksitetrahidro-	0,18	GC1'
542-28-9	2H-piran-2-on, tetrahidro-	0,83	RP

Prilog 7.

Tabela 25. Rezultati target analize za jedinjenja izmerena iznad LOD

Jedinjenja	AA-EQS Površinske vode	Koncentracija (ng/l)								
		GC1'	GC1	GC2'	GC2	RI	RO'	RO	RP'	RP
Fluoren	100	<10	<10	<10	17.34	<10	<10	<10	<10	<10
Fenantren	100	<10	<10	<10	44.21	<10	<10	<10	<10	16.87
Antracen	100	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	24.51
Fluoranten	6.3	<2	3.25	<2	5.64	<2	<2	<2	<2	<2
PCB-28	10	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
PCB-52	10	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
PCB-101	10	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
PCB-118	10	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
PCB-153	10	<1	<1	<1	<1	<1	1.01	<1	<1	<1
PCB-138	10	<1	<1	<1	<1	<1	1.06	<1	<1	<1
PCB-180	10	<1	<1	<1	<1	<1	1.08	<1	<1	<1
PCB-194	10	<1	<1	<1	<1	<1	1.04	<1	<1	<1
Pentahlorobenzen	7	40	<7	<7	<7	<7	<7	30	<7	<7
Trifluralin	30	<30	<30	<30	<30	30	30	30	<30	<30
Heksahlorcikloheksan gama	20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	30	<20	<20
Heksahlorobenzen	10	50	10	30	<10	<0.10	<0.10	30	<10	<10
Heptahlor		420	<50	<50	<50	<50	<50	70	<50	<50

Dieldrin	10	270	<10	100	<10	<10	30	70	<10	<10
Endrin	10		<10		<10	<10	100	20	<10	<10
hlorpirifos (hlorpirifos-etil)	30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	40	<30	<30
4-(1,1,3,3-tetrametilbutil)-fenol	10	<10	<10	<10	40	50	50	50	<10	40
Endosulfan alfa	5	230	<5	<5	<5	<5		60	<5	<5
Endosulfan beta	5		<5	<5	<5	<5	40	80	<5	<5
p,p`-DDD	25	400	230	<25	240		220	620	<25	220
p,p`-DDE		25	80		80	80	80	110		80
p,p`-DDT	10	310	260	<10	<10	<10	<10	500	<10	<10
Di-n-butyl ftalat		426								
Di-(etilheksil)-ftalat (DEHP)	1300	2170	150	220	670	152	270	646	117	530
1,2-benzotiazol		<100	170	<100	370	130	270	500	100	190

Prilog 8.

Tabela 26. Rezultati jesenje target analize za organska jedinjenja izmerena iznad LOD u (mg/L)

Jedinjenja	AA-EQS	Vrednosti parametara	GC1'	GC1	GC'	GC2'	RI	RO'	RO	RP'	RP
Fluoren			<0.10	0.14	<0.10	0.12	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	0.11
Fenantren			<0.10	0.36	<0.10	0.16	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	0.17
Antracen	0.1		<0.01	0.28	<0.01	0.12	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.11
Fluoranten	0.1		<0.01	0.51	<0.01	0.35	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.29
Piren			<0.01	0.49	<0.01	0.21	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.26
Benzo(a)antracen			<0.01	0.21	<0.01	0.11	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.11
Hrizen			<0.01	0.13	<0.01	0.10	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.09
Trihlorometan	2.5	100	<0.5	1.50	<0.5	1.21	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Trihloretilen	10	10 ^a	<0.1	<0.1	<0.1	6.14	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Toluen	100*		<1	2.45	<1	4.41	<1	<1	<1	<1	<1
Tetrahloretilen	10	10 ^a	<0.1	0.31	<0.1	9.18	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Heksahlorobenzen	0.01		<0.003	0.007	<0.003	0.008	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0.008
(4-(1,1',3,3'-tetrametilbutil)-fenol	0.1		<0.01	0.09	0.02	0.08	0.02	0.02	0.03	<0.01	0.11
Nonilfenoli (tehnološka mešavina)			0.21	0.82	0.15	0.89	0.11	0.16	0.12	0.13	1.15
Oktilfenoli (tehnološka mešavina)			<0.01	<0.01	<0.01	0.54	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.12
4-nonilfenol	0.3		<0.01	<0.01	<0.01	1.14	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.7
Dibutil ftalat	10*		0.86	2.15	1.22	1.25	0.92	1.16	1.04	1.16	1.84
Di(2-etilheksil)ftalat	1.3		0.76	1.34	0.83	2.63	0.75	0.39	0.55	0.77	1.67
C10-13 Hloroalkani	0.4		<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1

* Specifični polutanti rečnog basena u Slovačkoj - TrAC Vol. 41 (2012), p. 133-145, ^a Suma koncentracija specifičnih jedinjenja

Овај Образац чини саставни део докторске дисертације, односно докторског уметничког пројекта који се брани на Универзитету у Новом Саду. Попуњен Образац укоричити иза текста докторске дисертације, односно докторског уметничког пројекта.

План третмана података

Назив пројекта/истраживања
Идентификација специфичних полутаната и развој методологије приоритизације у циљу унапређења механизма заштите површинских и отпадних вода
Назив институције/институција у оквиру којих се спроводи истраживање
а) Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Департман за инжењерство заштите животне средине и заштите на раду б) Slovak university of Technology in Bratislava
Назив програма у оквиру ког се реализује истраживање
Докторске академске студије: Доктор наука – Инжењерство заштите животне средине
1. Опис података
1.1 Врста студије Укратко описати тип студије у оквиру које се подаци прикупљају <u>Докторска дисертација</u> 1.2 Врсте података а) квантитативни б) квалитативни 1.3. Начин прикупљања података а) анкете, упитници, тестови б) клиничке процене, медицински записи, електронски здравствени записи в) генотипови: навести врсту _____ г) административни подаци: навести врсту _____ д) узорци ткива: навести врсту _____ ђ) снимци, фотографије: навести врсту _____ е) текст, навести врсту <u>Литературни извори</u> ж) мапа, навести врсту _____ з) остало: описати <u>Узорци воде узорковане за потребе анализа у оквиру докторске дисертације</u> 1.3 Формат података, употребљене скале, количина података 1.3.1 Употребљени софтвер и формат датотеке: а) Excel фајл, датотека <u>.xlsx</u> б) SPSS фајл, датотека _____ в) PDF фајл, датотека <u>.pdf</u> г) Текст фајл, датотека <u>.docx</u> д) JPG фајл, датотека <u>.jpg</u> е) Остало, датотека _____ 1.3.2. Број записа (код квантитативних података) а) број варијабли <u>2 (отпадна и површинска вода)</u> б) број мерења (испитаника, процена, снимака и сл.) <u>45</u> 1.3.3. Поновљена мерења а) да б) не Уколико је одговор да, одговорити на следећа питања: а) временски размак измедју поновљених мера је _____ б) варијабле које се више пута мере односе се на _____

в) нове верзије фајлова који садрже поновљена мерења су именоване као _____

Напомене:

Да ли формати и софтвер омогућавају дељење и дугорочну валидност података?

☒ а) Да

☐ б) Не

Ако је одговор не, образложити _____

2. Прикупљање података

2.1 Методологија за прикупљање/генерисање података

2.1.1. У оквиру ког истраживачког нацрта су подаци прикупљени?

а) експеримент, навести тип **Узорковање и лабораторијска анализа узорака воде применом стандардних и нестандардних метода**

б) корелационо истраживање, навести тип _____

ц) анализа текста, навести тип **Прикупљање података анализом доступне литературе**

д) остало, навести шта _____

2.1.2 Навести врсте мерних инструмената или стандарде података специфичних за одређену научну дисциплину (ако постоје).

2.2 Квалитет података и стандарди

2.2.1. Третман недостајућих података

а) Да ли матрица садржи недостајуће податке? Да ☒ Не

Ако је одговор да, одговорити на следећа питања:

а) Колики је број недостајућих података? _____

б) Да ли се кориснику матрице препоручује замена недостајућих података? Да Не

в) Ако је одговор да, навести сугестије за третман замене недостајућих података

2.2.2. На који начин је контролисан квалитет података? Описати

Квалитет података је контролисан поређењем резултата са доступним подацима других истраживања.

2.2.3. На који начин је извршена контрола уноса података у матрицу?

-

3. Третман података и пратећа документација

3.1. Третман и чување података

3.1.1. Подаци ће бити депоновани у **Репозиторијум докторских дисертација на Универзитету у Новом Саду.**

3.1.2. URL адреса <https://www.cris.uns.ac.rs/searchDissertations.jsf>

3.1.3. DOI _____

3.1.4. Да ли ће подаци бити у отвореном приступу?

☒ а) Да

☐ б) Да, али после ембарга који ће трајати до _____

☐ в) Не

Ако је одговор не, навести разлог _____

3.1.5. Подаци неће бити депоновани у репозиторијум, али ће бити чувани.

Образложење

3.2 Метаподаци и документација података

3.2.1. Који стандард за метаподатке ће бити примењен? _____

3.2.1. Навести метаподатке на основу којих су подаци депоновани у репозиторијум.

Ако је потребно, навести методе које се користе за преузимање података, аналитичке и процедуралне информације, њихово кодирање, детаљне описе варијабли, записа итд.

3.3 Стратегија и стандарди за чување података

3.3.1. До ког периода ће подаци бити чувани у репозиторијуму? _____

3.3.2. Да ли ће подаци бити депоновани под шифром? Да ☒ Не

3.3.3. Да ли ће шифра бити доступна одређеном кругу истраживача? Да ☒ Не

3.3.4. Да ли се подаци морају уклонити из отвореног приступа после извесног времена?

Да ☒ Не

Образложити

4. Безбедност података и заштита поверљивих информација

Овај одељак МОРА бити попуњен ако ваши подаци укључују личне податке који се односе на учеснике у истраживању. За друга истраживања треба такође размотрити заштиту и сигурност података.

4.1 Формални стандарди за сигурност информација/података

Истраживачи који спроводе испитивања с људима морају да се придржавају Закона о заштити података о личности (https://www.paragraf.rs/propisi/zakon_o_zastiti_podataka_o_licnosti.html) и одговарајућег институционалног кодекса о академском интегритету.

4.1.2. Да ли је истраживање одобрено од стране етичке комисије? Да Не

Ако је одговор Да, навести датум и назив етичке комисије која је одобрила истраживање

4.1.2. Да ли подаци укључују личне податке учесника у истраживању? Да Не

Ако је одговор да, наведите на који начин сте осигурали поверљивост и сигурност информација везаних за испитанике:

- а) Подаци нису у отвореном приступу
- б) Подаци су анонимизирани
- ц) Остало, навести шта

5. Доступност података

5.1. Подаци ће бити

☒ а) јавно доступни

б) доступни само уском кругу истраживача у одређеној научној области

ц) затворени

Ако су подаци доступни само уском кругу истраживача, навести под којим условима могу да их користе:

Ако су подаци доступни само уском кругу истраживача, навести на који начин могу приступити подацима:

5.4. Навести лиценцу под којом ће прикупљени подаци бити архивирани.

Ауторство – некомерцијално – без прераде

6. Улоге и одговорност

6.1. Навести име и презиме и мејл адресу власника (аутора) података

Душан Миловановић, dusanmilovanovic@uns.ac.rs

6.2. Навести име и презиме и мејл адресу особе која одржава матрицу с подацима

6.3. Навести име и презиме и мејл адресу особе која омогућује приступ подацима другим истраживачима