



UNIVERZITET U NOVOM SADU
FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA
U NOVOM SADU



Aleksandra Čavić

**MODEL PROCENE UTICAJA
RASPODELE KATJONA TOKSIČNIH
METALA U HETEROGENOM SISTEMU
TEČNO/ČVRSTO NA KVALITET
POVRŠINSKIH VODA**
DOKTORSKA DISERTACIJA

Mentor
dr Mirjana Vojinović Miloradov, profesor emeritus

Novi Sad, 2018

*Ovaj rad posvećujem mom sinu Vladimiru,
da u svom akademskom putovanju mora da istraje.*

ZAHVALNICA

Dugo sam razmišljala, a moram priznati da je i bilo momenata kada nisam verovala da će se zaista ovaj momenat realizovati. U mislima je mnogo lakše nego krenuti da se piše. Pisanje daje posebno zadovoljstvo ali i težinu, jer ono ostaje. Napisati zahvalu svima, koji su me u ovom mom naučno-istraživačkom putovanju pratili, je jako puno.

Najvažnija je moja Zvezdana inspiracija, koja me je sve ovo vreme vodila davala mi snagu da izdržim, istrajem i ne odustanem. Moja Mentorka Prof. dr Mirjana Vojinović Miloradov je sve vreme osvetljavala moj zvezdani put, neizmerno me bodrila i hrabrila. To je bila amplificirajuća simbioza energije, u pojedinim momentima izuzetno iscrpljujuća, zahtevna i maksimalno odgovorna. Draga moja Mentorko, hvala Vam na Vašim nesebičnim, krajnje širokogrudim davanjima visoko akademskog znanja i iskustva i prepoznavanja mog istraživačkog duha, koje ovom radu daju poseban, iskren naučno-istaživački i inovativniji ton. Hvala Vam.

Zahvaljujem se profesorkinim mladim saradnicima (Maja, Boris, Miljan, Sonja) sa kojima sam uživala prilikom završinih pisanja moje teze, jer smo znanja i veštine razmenjivali i uživali uz veliko poštovanje prema Prof. dr Mirjani Vojinović Miloradov, koja ih uči budućoj profesionalnoj i ljudskoj odgovornosti, radosti i upornosti.

Zahvaljujem se mojim roditeljima, mami a posebno mom Miši na nesebičnoj pomoći i podršci, kao i mojoj porodici suprugu Đorđu, i mom sinu Vladimiru.

Hvala Vam svima, koji ste bili uz mene i najiskrenije me bodrili da istrajem, kada je bilo najpotrebnije. Neizmerno je bogatstvo imati iskrene prijatelje, sa kojima radost, zadovoljstvo i uspešnost mogu da podelim.

Dodala bih samo još jednu rečenicu, nisam verovala da će moje snažne i duboko potisnute pozitivne emocije biti izražene, bas sada, prilikom pisanja ove zahvalnice, što samo potvrđuje moju duboku iskrenost i da sam vam svima izuzetno zahvalna.

U Novom Sadu, Jun 2018.

Aleksandra



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ • ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА
21000 НОВИ САД, Трг Доситеја Обрадовића 6

КЉУЧНА ДОКУМЕНТАЦИЈСКА ИНФОРМАЦИЈА

Редни број, РБР:	
Идентификациони број, ИБР:	
Тип документације, ТД:	Монографска публикација
Тип записа, ТЗ:	Текстуални штампани материјал
Врста рада, ВР:	Докторска дисертација
Аутор, АУ:	М.Сц. Александра Чавић
Ментор, МН:	Др Мирјана Војиновић Милорадов, професор емеритус
Наслов рада, НР:	Модел процене утицаја расподеле катјона токсичних метала у хетерогеном систему течно/чврсто на квалитет површинских вода
Језик публикације, ЈП:	Српски
Језик извода, ЈИ:	Енглески/Српски
Земља публикавања, ЗП:	Република Србија
Уже географско подручје, УГП:	Аутономна Покрајина Војводина
Година, ГО:	2018
Издавач, ИЗ:	Ауторски репринт
Место и адреса, МА:	Нови Сад, Трг Доситеја Обрадовића 6
Физички опис рада, ФО: (поглавља/страна/ цитата/табела/слика/графика/прилога)	7/155/94/53/26/0/5
Научна област, НО:	Инжењерство заштите животне средине и заштите на раду
Научна дисциплина, НД:	Инжењерство заштите животне средине
Предметна одредница/Кључне речи, ПО:	Катјони метала, површинска вода и седимент, подеони коефицијенти, РСА, Кластер анализа, Хасови дијаграми и ДАРТ и ризици
УДК	
Чува се, ЧУ:	У библиотеци Факултета техничких наука у Новом Саду
Важна напомена, ВН:	
Извод, ИЗ:	<p>У докторској дисертацији евалуирани су интеркорелациони резултати односа кључних физичко-хемијских параметара и катјона метала у површинској води Дунава, Тисе (на по три селектована репрезентативна локалитета) и канала Дунав-Тиса-Дунав (на два локалитета). У Каналу Дунав-Тиса-Дунав праћене су и резидуалне катјонске концентрације метала у седименту. На основу података присутности катјона метала у хетерогеном систему течно/чврсто израчунате су по први пут константе подеоних процеса за испитиване катјоне метала. Применом мултиваријантних статистичких метода анализирани су корелациони односи између кључних физичко-хемијских параметара и концентрационих нивоа резидула катјона тешких, лаких и семиметала. Факторском анализом (ППЦА) и кластер анализом са дендограмима тумачени, анализирани и дискутовани су добијени резултати. За оптималног уочавања корелационих односа примењено је унапређено рангирање одређених скупова података (интеркорелације кључних физичко-хемијских параметара и резидуа катјона метала) и графички приказаних Хасових дијаграма применом ДАРТ софтвера (<i>Decision Analysis by Ranking Techniques</i>) за дефинисани модел процене утицаја расподеле катјона токсичних метала у хетерогеном систему течно/чврсто на квалитет површинских вода.</p>
Датум прихватања теме, ДП:	16.11.2017.
Датум одбране, ДО:	
Чланови комисије, КО:	Председник: Др Славко Ђурић, ред. проф. Члан: Др.Ања Јокић, ред. проф. Члан: Др Јелена Радонић, ван. проф. Члан: Др Миљана Прица, ван. проф. Члан ментор: Др Мирјана Војиновић Милорадов, проф. емеритус
	Потпис ментора



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ • ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА
21000 НОВИ САД, Трг Доситеја Обрадовића 6

КЉУЧНА ДОКУМЕНТАЦИЈСКА ИНФОРМАЦИЈА

Accession number, ANO :	
Identification number, INO :	
Document type, DT :	Monographic Publication
Type of record, TR :	Textual Printed Material
Contents code, CC :	Ph.D Dissertation
Author, AU :	Aleksandra Čavić, M.Sc
Mentor, MN :	Dr Mirjana Vojinović Miloradov, prof. Emeritus
Title, TI :	Impact assessment model of toxic metal cations partitioning in heterogeneous system liquid/solid sistem for surface water quality
Language of text, LT :	Serbian
Language of abstract, LA :	English/Serbian
Country of publication, CP :	Serbia
Locality of publication, LP :	Autonomus Province of Vojvodina
Publication year, PY :	2018
Publisher, PB :	Author's reprint
Publication place, PP :	Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 6
Physical description, PD : (chapters/pages/ref./tables/pictures/graphs/appendixes)	7/155/94/53/26/0/5
Scientific field, SF :	Environmental Engineering and Occupational Safety
Scientific discipline, SD :	Environmental Engineering
Subject/Key words, S/KW :	Metal cations, surface water and sediment, multicriteria analysis, PCA, Cluster, Hasse, DART, contamination, RA
UC	
Holding data, HD :	Library of Faculty of Technical Sciences, Novi Sad
Note, N :	
Abstract, AB :	<p>In the doctoral thesis are evaluated inter correlational results of key physicochemical parameters and metal cations in surface water of Danube, Tisa (on three selected representative sampling points) and canal Danube-Tisa-Danube (on two sampling sites). In the canal Danube-Tisa-Danube are also followed residual metal cations concentrations in sediment. Based on metal cations presence data in heterogeneous system liquid/solid for the first time partitioning processes constants are calculated for selected metal cations. Applying multivariate statistical methods correlations between key physicochemical parameters and concentration levels of residual heavy, light and semimetals cations are analysed. Using factorial analyse (PCA) and cluster analyse with dendograms obtained results were interpreted, analysed and discussed. For optimal comprehension of correlations, advanced method ranking of finite order sets is applied (inter correlations key physicochemical parameters and residual metal cations) and graphically shown Hasse diagrams obtained by DART software (<i>Decision Analysis by Ranking Techniques</i>) for defined impact assessment model of toxic metal cations partitioning in heterogeneous system liquid/solid for surface water quality.</p>
Accepted by the Scientific Board on, ASB :	
Defended on, DE :	
Defended Board, DB :	
President:	Dr Slavko Đurić, full prof.
Member:	Dr Ana Jokić, full. prof.
Member:	Dr Jelena Radonić, assoc. prof
Member:	Dr Miljana Prica, assoc. prof
Member, Mentor:	Dr Mirjana Vojinović Miloradov, prof. Emeritus
	Menthor's sign

SADRŽAJ

1. UVODNA RAZMATRANJA	1
1.1. Hipoteze i zadaci doktorske disertacije	4
2. TEORIJSKI DEO	5
2.1. Pregled literaturnih referenci sa stanjem u oblasti istraživanja	5
2.2. Fizičko-hemijske karakteristike selektovanih katjona emergentnih metala	15
2.2.1. Hrom - Cr	15
2.2.2. Mangan - Mn	16
2.2.3. Nikl - Ni	16
2.2.4. Cink - Zn	17
2.2.5. Kadmijum - Cd	17
2.2.6. Živa - Hg	18
2.2.7. Olovo - Pb	19
2.2.8. Bakar - Cu	19
2.2.9. Aluminijum - Al	20
2.2.10. Pirsonov koncept podele katjona i anjona	21
2.3. Procesi particije i difuzije katjona metala u višekomponentnom heterogenom sistemu životne sredine	23
2.3.1. Particioni koeficijent vazduh - voda, K_{AW} (eng. air - water)	24
2.3.2. Particioni koeficijent 1-oktanol-voda, K_{OW}	26
2.3.3. Koeficijent raspodele 1-oktanol-vazduh, K_{OA}	27
2.3.4. Particioni koeficijent zemljište-vazduh, K_p	27
2.3.5. Particioni koeficijent gasovita-čestična faza u atmosferi, K_p	29
2.3.6. Veza između particionih koeficijenata K_{oc} i K_{OW}	29
2.3.7. Particioni koeficijenti za sisteme lipidi-voda i ribe-voda	30
2.3.8. Particioni koeficijent vegetacija-vazduh (K_{fA})	30

2.4. Multivarijantne analize	31
2.4.1. Faktorska analiza	31
2.4.2. Klaster analiza	33
2.4.3. HASEOVI dijagrami i DART (Decision Analysis by Ranking Technics) softver	36
2.5. Procena ekološkog rizika katjona metala	37
3. EKSPERIMENTALNI DEO.....	38
3.1. Određivanje kvaliteta površinskih voda sa fokusom na toksične katjone teških metala....	38
3.2. Uzorkovanje	40
3.3. Analitičke laboratorijske analize	41
3.4. Multikriterijumski proračuni	43
4. REZULTATI I DISKUSIJA.....	44
4.1. Analiza glavnih komponenti.....	45
4.2. Evaluacija rezultata PCA analiza, dendograma i Haseovih dijagrama	47
4.2.1. Analiza rezultata reke Dunav	47
4.2.3. Analiza sedimenta.....	71
4.3. Izračunavanje masenog opterećenja katjonima metala	74
4.4. Procena rizika zagađenja Dunava.....	75
5. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA	79
6. LITERATURNE REFERENCE.....	81
7. PRILOZI.....	87

1. UVODNA RAZMATRANJA

Voda (H_2O)₂₅₄ je visoko kompleksni tečni medij sa više od 70 anomalne karakteristike, ikozaedarske klaster mrežne strukture. Voda je esencijalni i ključni uslov za život i opstanak života na Zemlji. Upotreba vode, je osim za javno snabdevanje stanovništva zdravstveno higijenski ispravnom vodom za piće, usmerena i na korišćenje u industriji, poljoprivredi, hidroenergetici, za plovību i transport, ribarstvo, turizam, rekreaciju i druge privredne i ljudske aktivnosti. Površinske vode su recipijenti različitog porekla zagađenja koja su najviše prouzrokovana antropogenom aktivnošću i nebrigom za vodene ekosisteme. Posledice nedomaćinskog odnosa zajednice kao i pojedinaca, doprinose kontaminaciji životne sredine, sa posebnim akcentom na vodene resurse sa linearno progresivnim pritiskom na akvatične medije koji za posledicu imaju degradaciju i nestanak akvatičnih staništa sa smanjenjem biološke raznovrsnosti, pogoršanje kvaliteta i smanjenju količine čistih površinskih i podzemnih voda.

Jedan od najaktuelnijih i najsloženijih problema današnjeg vremena je problem zaštite i unapređenja visokog kvaliteta prirodnih voda posebno površinskih, izazov za ekonomski i strateški razvoj društva uopšte. Voda nije komercijalni proizvod, već nasleđe koje mora biti zaštićeno, branjeno i tretirano kao takvo (Preambula Okvirne direktive o vodama Evropske unije (EU directive 2000/60/EC, 2000)).

Površinske vode obuhvataju vodne tokove na kopnu i spadaju u obnovljive resurse. Površinske vode su izuzetno važan i vitalni deo ekosistema na globalnom nivou i hidrosistema u regionalnom i lokalnom delu teritorije Republike Srbije. Na teritoriji AP Vojvodine površinske vode su osnova infrastrukturne mreže plovniĥ puteva koja doprinosi regionalnom razvoju, razvoju industrije, rećnog saobraćaja, turizma, zaštite životne sredine, ekonomskom, strateškom, privrednom i drugim tipovima i vrstama dinamićkog društvenog kretanja.

Prema geografskom i prostornom znaćaju vode se dele na vode I i II reda. Redna podela se odnosi na položaj vodotoka prema granićnoj teritoriji Republike Srbije, velićinu i karakter sliva, režim vodotoka sa aspektima korišćenja voda, zaštite voda i štetnog uticaja voda na bezbednost i zdravlje stanovništva. Vode se dele na tekuće i stajaće na površini kopna (Miloradov et al., 2008). Vodna tela se razvrstavaju u tipove na osnovu fizićko prostornih i geografskih vrednosnih parametara:

- nadmorske visine,
- geografske dućine i širine,
- velićine sliva površinske vode,
- i drugih hidroloških i fizićko-hemijskih parametara.

Manji rečni tokovi imaju izuzetan stratejski značaj, dobru reljefnu pogodnost razvoja, posebno relativno jednostavan i finansijski isplativ transport robe i sirovina vodenim putem do potrošača, što sa druge strane ukazuje na ozbiljan rastući problem zagađenja površinskih voda. Vojvodina se sastoji iz tri geografska regiona koje presecaju veće reke Tisa i Dunav. Južna granica Vojvodine je administrativna granica prema centralnoj Srbiji, koju većim delom čine reke Dunav i Sava. Pored Dunava, važna je i njena pritoka, reka Tisa (168 km). Za navodnjavanje useva tokom decenija je prokopan sistem kanala u srednjem i južnom Banatu, kao i srednjoj i južnoj Bačkoj, kanal Dunav-Tisa-Dunav sa sve ukupnom dužinom od 930 km.

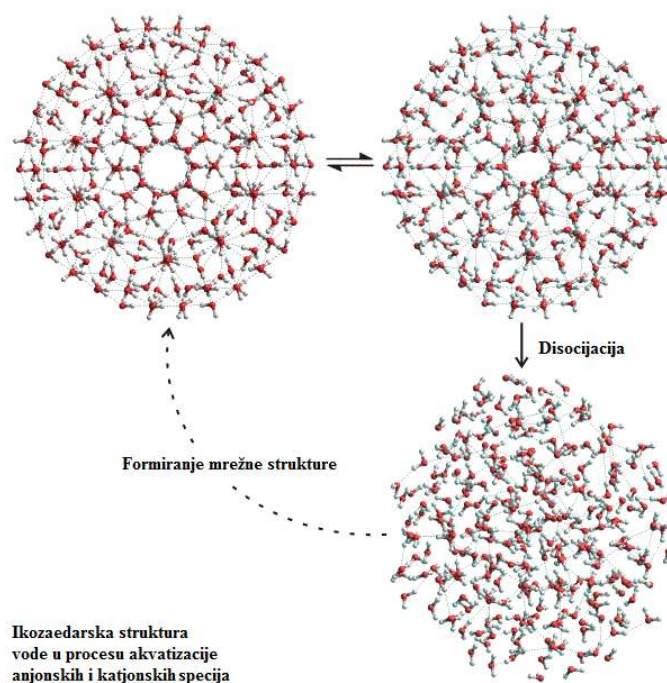
Usled tehnološkog razvoja i neprepoznavanja značajnosti i održivosti zaštite životne sredine kao i nedovoljne odgovornosti prema vrednostima životne sredine, remeti se prirodna dinamika i balans životne sredine i ozbiljno kontaminira akvatična sredina katjonima teških metala. Prisustvo emergentnih neorganskih metalnih katjonskih specija u multifaznom heterogenom prirodnom sistemu životne sredine su posledica razvoja industrije u zemljama sa brzim industrijskim razvojem. Preko otpadnih industrijskih voda koje se generišu u toku industrijskih procesa, opterećenih neorganskim i organskim sadržajem kontaminiraju se površinske vode prirodnih recipijenata. Najveći zagađivači voda katjonima teških metala su metalna i hemijska industrija, sagorevanje fosilnih goriva, prekomerna hemizacija poljoprivrede, urbani hazardni otpad, divlje deponije i drugo.

Voda je strateški resurs, esencijalni i ključni medij za život čija dostupnost i sanitarni kvalitet su sve siromašniji i u funkcionalnoj vezi sa stanjem životne sredine i ekonomskim statusom zemlje. Brojne bolesti su uzrokovane kontaminiranom vodom za javno snabdevanje stanovništva nekvalitetnom pijaćom vodom, dok sa javnog, zdravstvenog i sanitarnog aspekta predstavljaju veliki izazov i problem u svetu. Brojni polutanti univerzuma hemijskih polutanata i bogata raznovrsnost njihovog porekla (organskog i neorganskog), posebno katjonske specije toksičnih i hazardnih metala u akvatičnim vodotocima i vodnim telima su identifikovani kao izuzetno hazardni i opasni po životnu sredinu i zdravlje ljudi.

Jedinstvene karakteristike i preko 70 anomalija vode su rezultat brojnih dinamično vibrantnih vodoničnih veza u mrežnoj strukturi klastera vode. Za oblast inženjerstva zaštite životne sredine posebno akvatičnog medija, ikozaedarska klasterska mrežna struktura vode je od izuzetnog značaja za život, razvoj, toksičnost, ekonomiju i strategiju razvoja društva uopšte. Sve molekulske $Mol_{(aq)}$ i jonske specije katjoni $K^{n+}_{(aq)}$ i anjoni $A^{n-}_{(aq)}$ su u vodnom sistemu visoko akvatizovane. Skafander, zaštitni oblak molekula vode akvatizovanih hemijskih specija oko polarnih, nepolarnih, jonskih, organskih (šećeri, proteini, aminokiseline, nukleinske kiseline-DNK i RNK, i drugih jedinjenja) i neorganskih (katjoni metala) hemijskih jedinica protektuje posebno biomolekule od penetracije različitih hazardnih i toksičnih abiotskih i biotskih napada i stresora.

U doktorskoj tezi, u okviru naučno istraživačkih aktivnosti i eksperimentalnog dela rada determinisane su emergentne neorganske katjonske specije metala na ukupno osam reprezentativnih lokaliteta u petogodišnjem periodu od 2011. do 2015. godine. Tri selektovana reprezentativna lokaliteta su bila na reci Dunav pri čemu je ispitivano 180 uzoraka površinske vode. U rečnom bazenu Tise uzorkovana je površinska voda takođe su tri reprezentativna lokaliteta, dok je u kanalu Dunav-Tisa-Dunav određivanje katjona metala sprovedeno na dva lokaliteta. Osnovna komponenta heterogenog dvokomponentnog vodnog sistema je sediment, te su praćeni koncentracioni nivoi rezidualnih katjona metala istovremeno na istom lokalitetu u uzorcima vode i sedimenta Velikog Bačkog kanala. Praćene su i sezonske varijacije leto-zima ispitivanih fizičko-hemijskih parametara u korelaciji sa koncentracijama katjona teških metala. Na dobijene eksperimentalne rezultate primenjene su tri kompatibilne i komparativne multivarijantne statističke metode PCA (*Principal Component Analysis*), analiza osnovnih komponenti, CA (*Cluster Analysis*) klaster analiza sa odgovarajućim dendogramima i napredna grafička metoda Haseovih dijagrama primenom DART (*Decision Analysis by Ranking Technics*) softvera. Na osnovu seta podataka dobijenih PCA, evaluiranjem Klaster dendograma i Haseovih dijagrama definisane su Pirsonove korelacije između selektovanih fizičko-hemijskih zavisnih karakteristika T, pH, rastvorljivosti kiseonika, elektroprovodljivost i koncentracionih nivoa detektovanih emergentnih katjonsko metalnih specija.

Slika 1.1. Ikozaedarska struktura H₂O



Upravljački mehanizmi bazirani na fizičko-hemijskim parametrima kako eksternih tako i internih veličina, biotskih i abiotskih matriksa odnosno živih i neživih sistema, su osnova održivih, integralnih, optimalnih i holističkih funkcionisanja i upravljanja kvalitetom voda, i imperativ pomeraja u zaštiti akvatičnih sistema i konceptu unapređenih novih i budućih strategija uspešnog razvoja zaštite životne sredine.

1.1. Hipoteze i zadaci doktorske disertacije

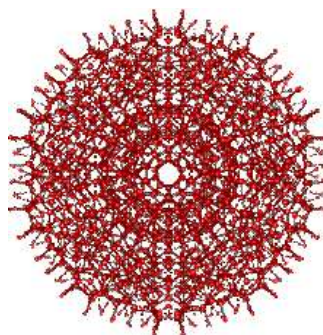
Cilj, zadatak i osnovna hipoteza doktorske teze je određivanje, analiza i procena rizika rezultata istraživačkog monitoringa u detekciji rezidualnih koncentracija katjonsko akvatizovanih metalnih specija $Mn^{n+}_{(aq)}$ u površinskim vodama rečnih tokova Dunava, Tise i kanala DTD (Dunav-Tise-Dunav). U heterogenom dvokomponentnom sistemu voda/čvrsto-sedimentna faza, hipoteza je bila i determinisanje rezidualnih koncentracionih nivoa katjona metala i provera mogućnosti proračuna konstanti particije metala za grupu katjona metala u uzorcima površinske vode i sedimenta na istom lokalitetu kanala DTD.

Pored zadatka definisanja modela podeonih procesa u heterogenom prirodnom vodnom sistemu na osnovu rezultata istraživačkog i kontrolnog monitoringa, zadatak je bio i definisanje Pirsonove korelacione funkcionalne veze visoko zavisnih selektovanih fizičko-hemijskih parametara i rezidualnih koncentracija katjona metala.

Kandidovana je i istraživačka hipoteza provere i potvrde procene u primeni komparativnih analiza multivarijantnih statističkih metoda Faktorske i Klaster analize sa odgovarajućim dendogramima i unapređene tehnike višeg hijerarhijskog nivoa Haseovih dijagrama primenom DART softvera.

Poseban motiv i izazov je bila i matematička procena rizika toksičnih hazardnih emergentnih katjona metala na životnu sredinu i zdravlje ljudske populacije determinisanoj u površinskoj vodi Dunava, Tise i kanala Dunav-Tisa-Dunav i sedimenta kanala DTD. Inženjersko tehničko tehnološki eko izazov je bio i proračun masene opterećenosti katjonima metala Dunava koji se talože i skladište u sedimentnom rezervoaru Crnog mora.

Slika 1.2. Ikozaedarska struktura vode



2. TEORIJSKI DEO

2.1. Pregled literaturnih referenci sa stanjem u oblasti istraživanja

Na našim prostorima površinske vode se kontinualno kontaminiraju ispuštima netretiranih otpadnih voda. Jedan od osnovnih najzastupljenijih izvora kontaminacije površinskih voda, reka i kanala, prirodnih recipijenata su otpadne vode brojnog raznovrsnog porekla koje se u Srbiji direktno ispuštaju u prirodne vodotokove, gotovo bez ikakvih tretmana prečišćavanja. Literaturni podaci i praksa navode 7 ključnih izvora porekla otpadnih voda. Poreklo otpadnih voda:

- industrijske otpadne vode,
- komunalne otpadne vode iz domaćinstva, ustanova, škola, bolnica, ugostiteljstva i sličnih izvora,
- otpadne vode iz svih poljoprivrednih aktivnosti,
- meteo-atmosferske otpadne vode koje se atmosferilijama sa površine gradskih i industrijskih terena, mostova, kolovoza spiraju i unose u prirodne recipijente,
- filtratne odnosno procedne otpadne vode sa deponija, posebno sa divljih deponija komunalnog, industrijskog, poljoprivrednog, farmaceutskog, toksičnog, hazardnog elektronskog i drugog otpada,
- otpadne i procedne vode sa nekontrolisanih deponija animalnog otpada,
- otpadne vode kontaminirane ambalažom poljoprivrednog i pesticidnog otpada.

Listing mogućeg porekla otpadnih voda razvojem novih unapređenih tehnologija je gotovo beskonačan, otvoren, dinamičan (nanootpad - nanomaterijali) sa teško prepoznatljivim i pravovremenim determinisanjem tipa i vrste porekla otpadnih voda (Tomašević-Pilipović et al., 2015).

Da bi se minimizirali ili eliminisali negativni uticaji otpadnih voda na akvatičnu i životnu sredinu uopšte, neophodno je pre ispuštanja otpadne vode primeniti procese mitigacije i određenih tretmana prečišćavanja otpadne vode. Cilj procesa mitigacije i prečišćavanja je da se maksimalno smanje koncentracije zagađujućih materija iz otpadne vode.

Relativno jednostavnom matematičkom relacijom definiše se stepen prečišćavanja otpadnih voda:

$$SP = \left(1 - \frac{C_{izl}}{C_{ul}}\right) \cdot 100\%$$

Gde je:

SP - stepen prečišćavanja (uklanjanja) određene materije iz otpadne vode (%),

C_{ul} - koncentracija materije pre prečišćavanja (ulazna koncentracija),

C_{izl} - koncentracija materije nakon prečišćavanja (izlazna koncentracija).

Površinske vode su opterećene organskim i neorganskim zagađenjem, no neorganska kontaminacija, posebno katjonima metala je skromnije i malobrojnije u literaturi obrađena. U gotovo svim tipovima otpadnih voda mogu se detektovati i katjoni teških metala kao što su: nikal, mangan, olovo, hrom, kadmijum, cink, bakar, gvožđe ili živa. U urbanim sredinama detektuje se prisustvo katjona teških metala i u atmosferskoj vodi. Da bi se minimizirali ili eliminisali negativni uticaji otpadnih voda na životnu sredinu, neophodno je pre ispuštanja otpadne vode u površinske vode i prirodne recipijente kao imperativ primeniti određeni i odgovarajući tretman otpadnih voda (Miloradov et al., 2008).

Prirodne vode karakteriše prisustvo raznovrsnih organskih i neorganskih hemijskih specija. Od neorganskog zagađenja najzastupljeniji su katjoni teških metala, semi ili metaloidnih metala, katjoni lakih metala i katjoni hazardnih toksičnih metala, odnosno tvrde kiseline malih katjona metala, slabo sklone polarizaciji, tvrde baze, meke kiseline većih metalnih jona, teški prelazni katjonski metali sklone polarizaciji, po pravilu vrlo toksični prema Ralf Pirson-ovom HSAB (*Hard/Soft Acide/Base*) principu (EPA, 2007). U vodenim sredinama detektuju se brojni katjoni iz familija i tvrdih i mekih kiselina i tvrdih i mekih baza. Sadržaj navedenih grupa katjona metala koji su po pravilu vrlo toksični i hazardni i pripadaju novo prepoznatoj grupi hazardnih emergentnih hemijskih specija sa relativno niskim i subniskim koncentracionim nivoima.

Najnovije ekotoksikološke studije ukazuju na novi fenomen toksikoloških pojava kao što su efekat niskih koncentracija u kontinuumu delovanja kao i ne monodozni odgovor (*Non Mono Doses Respons*) (Thompson, 2010; Vojinović Miloradov et al., 2013), što ukazuje da i vrlo niske koncentracije katjona metala mogu biti vrlo toksične u kontinuumu sa ozbiljnim hroničnim efektima. Još jedna fenomenološka pojava se zanemaruje u osvetljavanju negativnih efekata polutanata, a posebno katjona metala je realnost prirodne smeše takozvanog hemijskog koktela različitih hemijskih specija u životnoj sredini, gde se dešavaju brojne inter/intra međuspecijske hemijske i biohemijske reakcije po principu tvrde kiseline se vezuju sa tvrdim bazama a meke kiseline sa mekim bazama, uz amplificirajuće i sinergistične negativne konsekvence.

Katjoni teških metala, ukoliko su prisutni u vodama u koncentracijama iznad maksimalno dozvoljenih, direktno ugrožavaju zdravlje ljudi, životne sredine i biote. Ukoliko se za navodnjavanje poljoprivrednog zemljišta koristi voda koja je kontaminirana katjonima teških metala dolazi do kumulacionih procesa i efekata toksičnih katjona metala u poljoprivrednim proizvodima, što ima negativan impakt na ljudski organizam i životinje, koje koriste poljoprivredne proizvode za ishranu.

Ispitivanja prisustva katjona teških metala u akvatičnoj sredini su od dominantnog značaja za zaštitu životne sredine, kao i njihovog direktnog negativnog uticaja na živi svet. Dospevanje katjona teških metala u akvatičnu sredinu preko otpadnih voda, katališe na transformacione promene u akvatičnoj sredini koje su prvenstveno fokusirane na hemijske, fizičke, biološke, hidrološke i druge degradacione procese. Raspodela i migracija katjona teških metala u prirodnim vodama značajno zavise od kombinacije procesa distribucije particije i odgovarajućih hemijskih promena. Akumulacija katjona teških metala u sedimentima akvatičnih sistema javlja se usled vezivanja i sorbovanja katjona za suspendovane materije a potom sedimentacionim procesima do konačnog taloženja. Prirodni i sintetski ligandi i hlorni kompleksi metala se slabije sorbuju i povećavaju vreme nalaženja katjona u vodenom sloju. Oblici katjona teških metala u akvatičnoj sredini su u zavisnosti od fizičkih parametara, temperaturnog, acidifikujućeg faktora, mogućih inter reagovanja i drugih promena stanja akvatičnog ekosistema. Raspodela i migracija metala u vodenoj sredini se kontroliše prvenstveno karakterom sedimenta i vodene mase. Intenzitet dospevanja metala u tečnu-vodnu fazu iz sedimenta zavisi od dinamičke ravnoteže sorpciono desorpcionih fenomena i od fizičke strukture i hemijske prirode sedimenta, jer upravo ovi faktori opredeljuju silu sorbovanja (vezivanja) hemijskih jedinica. Prirodni i antropogeni faktori utiču na formiranje specifičnosti određenih delova sedimenta i vodene mase u kojoj katjoni teških metala učestvuju u podeonim i migracionim fenomenima. Visoke koncentracije katjona teških metala u sedimentu i vodi su uglavnom antropogenog porekla. Toksičnost katjona metala u vodi i sedimentu zavisi od oblika u kom se nalazi metalna specija. Postoji nekoliko različitih hemijskih oblika i oksidacionih stanja katjona metala: rastvoreni slobodni joni, rastvorni organski i neorganski teško rastvorni kompleksi, neorganski precipitati kao što su: hidroksidi, sulfidi, karbonati, sulfati, nerastvoreni organski kompleksi, metalni joni sorbovani na suspendovanim česticama i sedimentu. Rastvoreni slobodni katjoni najviše doprinose toksičnosti metala, dok teško rastvorene soli metala, zavise i od proizvoda rastvorljivosti, temperature i dejstva zajedničkog jona i pokazuju minimalnu toksičnost.

Nekontrolisana urbanizacija i urbane migracije (iz manjih naselja u veće gradove) tokom prethodnih dekada su izazvale značajnu zabrinutost za celokupno životno okruženje (hidrosfera, atmosfera i pedosfera) (Chen, 2007; Edokpayi et al., 2016; Reza & Singh, 2010). Voda kao esencijalni prirodni resurs ima jedinstveno svojstvo da rastvara i transportuje posebno u suspendovanom obliku, sorbovan veliki broj raznovrsnih hemikalija i katjona metala izazivajući visok rizik kontaminacije vode (Wasim Aktar et al., 2010). Površinske vode su najosetljiviji akvatični sistemi u pogledu zagađenja. Antropogene aktivnosti povećavaju eksploataciju vodenih resursa i degradiraju kvalitet površinsku vodu (Simeonov et al., 2003). Glavni izvor kontaminacije površinske vode je otpadna voda. U suštini, fabrike za preradu otpadnih voda i sanitarna infrastruktura nisu ispratile rast populacije i razvoj urbanizacionih procesa, što je posebno ozbiljno izraženo kod zemalja u razvoju kao što su balkanske zemlje poput Srbije koje karakteriše visoka zagađenost površinske vode. Kontaminacija toksičnim katjonima teških metala, $Me^{n+}_{(aq)}$, u površinskim rečnim vodama je jedan od glavnih neorganskih kontaminacionih, kvalitativnih i sigurnosnih problema vode. Katjoni teških metala posebno utiču na hlorofil, pH, elektroprovodljivost, zamućenost i toksičnost (Swain & Sahoo, 2017).

Dizajn i razvoj monitoringa kvaliteta vode je evoluirao fokusirajući se na uvek prisutne procese kao što su eutrofikacija, acidifikacija, mikrobiološka transformacija i kontaminacija katjonima teških metala, koji se moraju uzimati u obzir pri studijama kontaminacije akvatičnih sistema (Strobl & Robillard, 2008). Katjoni teških metala su „inertni“ u sedimentu i često su smatrani konzervativnim zagađujućim supstancama (Wilcock, 1999), koji se procesima desorpcije unose u vodne vertikalne stubove i predstavljaju potencijalni rizik na ekosistem (Chow et al., 2005). Literatura pokazuje da distribucija katjona teških metala u sedimentu može biti upotrebljena za ispitivanje antropogenih uticaja na ekosisteme i procenu rizika ispuštanja otpada (Bai et al., 2011). Katjoni metala su nerazgradive hemijske specije i akumuliraju se u akvatičnim organizmima i ljudskim organima izazivajući brojne štetne efekte od akutnih do hroničnih a po nekad i fatalnih. Većina rastvornih soli teških metala su veoma toksične, posebno kada su lako i dobro rastvorljive u vodi, te se mogu lako akumulirati ali i magnifikovati u biljno ili životinjsko tkivo. Postoje brojni putevi kojima katjoni teških metala mogu ući u organizam: konzumacijom hrane i pića, apsorpcijom putem kože ili inhalacijom. Pojava katjona teških metala u akvatičnom okruženju je visok rizik za akvatične organizme i veliku toksičnost s obzirom na to da je vodeni svet vrlo fragilan i nije prilagođen i adaptiran na visoke koncentracione nivoe katjona teških metala (Bhuvaneshwari et al., 2016). Autori Buvanšvari i Kristoforidis posebno ističu da kontaminacija površinskog sedimenta katjonima metala može direktno da utiče na kvalitet vode rezultujući potencijalnim negativnim konsekvencama na osetljive žive vrste nižih nivoa lanaca u trofičkoj piramidi i finalno na čoveka na vrhu piramide. Sediment se ponaša kao konstantan potencijalni izvor (*sink*) kontaminacije u akvatičnim sistemima (Bhuvaneshwari et al., 2016; Christoforidis et al., 2008).

Hazardni teški metali kao što su As, Cd, Pb, Cu, Cr, Ni, Zn, Al i Mn imaju produženi hazardni uticaj na životnu sredinu i mogu imati ozbiljne zdravstvene posledice na zdravlje ljudi (Karthik et al., 2017; Ullah et al., 2015). Ako akvatični organizmi konzumiraju suspendovane čvrste čestice sa sorbovanim katjonima metala, teški metali ulaze u lanac ishrane i značajno amplificiraju naknadno dejstvo kontaminacije. Ako su prisutni u lancu ishrane, katjoni teških metala se akumuliraju da bi rezultovali mnogim opasnostima po zdravlje kao što su oštećenje pluća, bubrega, jetre, pankreasa i nervnih poremećaja (Arivalagan et al., 2014; Kumar et al., 2017). Akumulacija Cr(VI) i redukovane forme Cr(III) u ćelijama je poznato da oštećuje DNK lanac. Štetni efekti po zdravlje su uočeni i za druge katjone teških metala, Američka Agencija za zaštitu životne sredine (EPA) i Svetska zdravstvena organizacija (WHO) su postavile maksimalne moguće limite za svaki teški metal u različitim sistemima (Jacob et al., 2018). Po EU Direktivi 1881/2006/EU maksimalne dozvoljene koncentracije (MPC) su Hg 0.50µg/L, Cd 5µg/L, Cr 0.50mg/L, Cu 0.50mg/L, Pb 0.50mg/L, Ni 0.50mg/L, Zn 50.0mg/L.

Antropogeni izvori kontaminacije katjonima teških metala su raznovrsni. Zn, Ni, Cu, Pb, Cd i Mn su dominantno produkt industrijskog otpada, metalne industrije i aktivnosti rudnika (Karthik et al., 2017; Z. Li et al., 2014) katjonske specije As, Cd i Pb vode poreklo iz atmosferskih izvora i emisija (Wuana & Okieimen, 2011), dok Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni i Zn najčešće predstavljaju inpute poljoprivrednih đubriva i pesticida. Katjonske specije As, Cd, Cr, Pb, Hg, Ni, Se, Mo, Zn, Tl i Sb mogu da potiču iz kontaminiranog otpadnog mulja (Jacob et al., 2018).

Vrlo perspektivan i interesantan rad autora Rezanja et al. je primena fitoremedijacije za mitigaciju katjona teških metala u razvoju prijateljski orijentisane i efikasne tehnologije za tretman otpadnih voda opterećenih neorganskim opterećenjem. Istraživanja u okviru ovoga rada predstavljaju izuzetno atraktivnu istraživačku oblast uklanjanja katjona metala u sledećem redosledu Cu>Zn>Ni>Pb>Cd. Korišćena metodologija predstavlja budućnost fitotehnologije za uklanjanje pored organskog opterećenja i neorgansko opterećenje (katjoni teških metala) kao naprednu tehnologiju u tretmanu otpadnih voda i optimalnog upravljanja kvalitetom površinskih voda (Rezanja et al., 2015).

Autori Soleimanifar et al. su opisali tehnologiju uklanjanja rezidua koncentracionih nivoa katjona metala olova, cinka i bakra u kontaminiranoj spranoj kišnoj vodi posle olujnih atmosferilija u zagađenom urbanom okruženju. U radu je dat opis novog alternativnog sorbensa baziranog na drvenim opiljcima oplemenjenim aluminijum hidroksidom, što predstavlja novi eko pristup i postupak u tretiranju posebne vrste otpadnih voda (Soleimanifar et al., 2016).

Otansev et al. opisuju određivanje i analiziraju distribuciju sa negativnim uticajima katjona teških metala ali i radioaktivnosti u sedimentu i morskoj vodi Mramornog mora. Sledeća grupa katjona

teških metala Cr, Mn, Cu, Ni, Pb i Zn detektovani su u visokim koncentracionim nivoima u uzorcima sedimenta (Otansev et al., 2016).

Vredan navoda je i rad autora Tamim et al. distribucija katjona metala u sedimentu urbanih reka blizu industrijskih izvora efluenta u dalekom Bangladešu koji je poznat kao zemlja reka jer ima 700 reka uključujući i njihove pritoke. U sedimentu je detektovano 27 različitih katjona metala, od uobičajenih Na, K, Al, Ca, Mn, Fe, Co, Sn i Zn preko Sc, Ti i V do La, Hf, Th i U. Autori posebno napominju da antropogene aktivnosti, odnosno otpadne vode predstavljaju dominantne izvore kontaminacije rečnih slivova i drugih prirodnih recipijenata (Tamim et al., 2016).

Grupa autora iz Kine i Australije opisuje kontaminaciju vode iz zemljišta katjonima teških metala blizu izvora reciklaže elektronskog otpada sa značajnim implikacijama procesa diseminacije i transporta katjona teških metala kroz zemljište i vodu do udaljenih aerala. Voda i zemljište su visoko opterećeni katjonima kadmijuma i bakra. U radu se ističe da je neophodna trenutna remedijacija kontaminiranog zemljišta i vode da bi se preveniralo rasprostiranje i transport katjona metala i potencijalne ekološke katastrofe (Wu et al., 2015).

Autori iz Centra izvrsnosti za održive tehnologije tretmana voda predlažu obećavajuću tehnologiju anaerobnog „bioličinga“ katjona teških metala iz otpadnog aktiviranog mulja i navode da se prečišćavanje kontaminiranih medijuma katjonima teških metala može u nekim slučajevima dostići 99% uspešnosti primenjenih tehnologija prečišćavanja. Eksperimenti su rađeni sa sledećom grupom katjona metala Cu, Pb, Zn, Ni i Cd (Meulepas et al., 2015).

Grupa autora Li et al. opisala je istraživačku studiju fokusiranu na bioakumulaciju katjona teških metala u povrtarskim proizvodima i izloženosti ljudske populacije katjonima teških metala. Praćeni su koncentracioni nivoi Cr, Ni, Cu, Pb i Cd u zemljištu blizu insineratora otpada na jugu Kine. Najviše koncentracije teških metala su detektovane u lišću zelene salate. Procena rizika je pokazala da katjoni teških metala u uzorcima zemljišta predstavljaju najvažniji put izloženosti ljudske populacije katjonima teških metala (N. Li et al., 2015).

Autori Lim i Aris opisuju ekonomske nekonvencionalne apsorbense za prečišćavanje katjona teških metala iz vode i otpadne vode. Nisko budžetni apsorbensi dobijeni su najčešće iz otpadnog materijala hrane, poljoprivrednog otpada, otpada morskih plodova (kitozana) i drugih industrijskih nuzproizvoda. Komparativni rezultati pokazuju da je prečišćavanje i sorpcija katjona teških metala kroz alternativne adsorbense vrlo dobra, no u daljem istraživanju su neophodna poboljšanja i modifikacije za dobijanje maksimalnog adsorpcionog kapaciteta. Testiranim nekonvencionalnim niskobudžetnim i eko prijateljski orijentisanim alternativnim sorbentima uspešno su snižene koncentracije sledećih katjona metala As, Cr, Pb, Cd, Cu, Ni, Zn, Fe, Mn i Hg. pH vrednost je jedan od najvažnijih eksterno/internih parametara jer i vrlo male promene pH vrednosti utiču na kinetiku sorpcionih procesa (Lim & Aris, 2014).

Ihedioha i koautori su ispitivali ekološku i zdravstvenu procenu rizika teških metala u kontaminiranom zemljištu blizu komunalnog otpada u Nigeriji prateći kišnu i suve sezonske varijacije Ujo regiona (Nigerija). AAS analitičkom tehnikom određene su koncentracije katjona metala Pb, Cd, Zn, Mn, Cr, Ni i Fe. Za vreme kišne sezone koncentracije katjona ispitivanih metala bile su po pravilu niže, dok su za vreme sušnog perioda koncentracije katjona metala bile po nekoliko puta više i bile iznad maksimalno dozvoljenih koncentracija u zemljištu. Rezultati analize pokazuju da je vlažno zemljište 10-20m udaljeno od deponije komunalnog otpada bilo visoko kontaminirano, a visok ekološki rizik posebno se ističe za koncentracione nivoe kadmijuma. Procenom rizika na ljudsku populaciju pokazano je da je očekivano vunerabilnija grupa dece od odraslih (Ihedioha et al., 2017).

Istraživanja Redija i saradnika su prikazala da primenom biomase saća meda kao prehrambenog industrijskog otpadnog materijala mogu uspešno da se uklone joni Pb(II), Cd(II), Cu(II) i Ni(II) iz vodenih rastvora. U toku eksperimentalnog rada autori su odredili ravnotežne konstante adsorpcije u funkciji pH vrednosti, količini biomase, vremena kontakta i inicijalne početne koncentracije jona u šaržnoj biosorpcionoj tehnici. Afinitet ka biosorbentu za četiri praćena katjona teških metala imao je sledeći redosled Pb(II)>Cd(II)> Cu(II)>Ni(II), autori su pratili i termodinamičke parametre, slobodnu energiju, entalpiju i entropiju i pokazali da je biosorpcioni proces endoterman i spontan. Rezultati istraživanja pokazuju da je primena mednog saća, atraktivna opcija, ekološki čista za uklanjanje katjona teških metala iz površinskih voda ali i iz otpadnih voda (Reddy et al., 2012).

Lian et al. su određivali sadržaj katjona Al, Cu i Cr u uzorcima rečnih tokova i zemljištu primenom kombinovanih analitičkih tehnika tipa SMLR (*Stepwise Multiple Linear Regression*) kao posledicu zagađenja rudarskih aktivnosti. Rezultati određivanja ukazuju da je moguće predvideti tip i vrstu kontaminacije katjonima teških metala u površinskim vodama i zemljištu primenom brze i ekonomski isplatljive analitičke metode terenske spektroskopije (Lian et al., 2015).

Wang i autori opisali su selektivno uklanjanje katjona teških metala Pb²⁺, Cu²⁺ i Cd²⁺ iz otpadne vode primenom nove metode akvatičnog rastvora natrijumalginata za brzu i direktnu gel tehniku koja efektivno povlači i uklanja ispitivanu grupu katjona teških metala u površinskim vodama ali uspešno i u otpadnim vodama. Reakcija kompleksa gel-katjon metala pripada grupi pseudo reakcija drugog reda kinetičkih modela. Interesantan je redosled afiniteta u ispitivanom sistemu alginat-gel, najveći prema katjonu olova, zatim bakra i kadmijuma što omogućava selektivno uklanjanje katjona olova, posebno iz otpadnih voda u prisustvu jona bakra i kadmijuma (F. Wang et al., 2016).

Han et al. prikazuju problemsko rešavanje generisanja ogromnih količina otpada ljudske ishrane kroz studiju adsorpcionih karakteristika karbonizovanog otpada hrane (CFW- *Carbonised Food Waste*) u šaržnim testovima prateći različite koncentracije metalnih jona, kontaktnog vremena adsorpcije i pH vrednosti za puno definisanje adsorpcionih fenomena uklanjanja jona teških metala iz vodenih rastvora u koncentracijama od 50-800 mg/l. Rezultati mitigacije katjona u test vodenim rastvorima pokazali su da se ravnotežni adsorpcioni maksimum postiže u vremenu od 80 minuta pri čemu su maksimalne koncentracije za adsorpciju Cu^{2+} i Zn^{2+} 28,3 i 23,5 mg/g respektivno. Dobijene adsorpcione koncentracije ispitivanih katjona metala primenom CFW pokazuju daleko bolje performanse CFW-a nego drugih adsorbenata (Han et al., 2010).

Rai u eko održivom „zelenom“ konceptu i pristupu upravljanju katjona teških metala opisuje dve studije slučaja u zemljama u razvoju. Multidimenzionalna problematika odnosno paradigma održivog razvoja može biti na odgovarajući način tretirana i rešavana u okviru discipline upravljana procesima zaštite životne sredine. Kontaminacija biosfere toksičnim metalima je dramatično ubrzana posle industrijske revolucije. Autor Rai daje komparativnu procenu uspešnosti tradicionalnih hemijskih tehnologija i fitoremediacionih procesa za mitigaciju kontaminacije svih delova životne sredine, posebno u konceptu ekonomske opravdanosti i isplativosti primenjenih rešenja u akvatičnim sistemima (Rai, 2012).

Saha i autori su ispitivali tolerabilne koncentracije katjona olova i kadmijuma u poljoprivrednom zemljištu i kompostu sa premisom pristupa nultoj toleranciji za prehrambene proizvode. Katjoni kadmijuma i olova su visoko toksični polutanti u životnoj sredini, a posebno u zemljištu ili kompostu jer mogu da kontaminiraju putem lanaca ishrane najviše nivoe trofičke piramide. Autori su definisali i model izračunavanja unosa katjona olova i kadmijuma putem ishrane u čoveka (J. K. Saha et al., 2010) modifikovanom metodom Gomeza (Gomez & Gomez, 1984).

Grupa autora (Lofrano et al., 2016) je opisala efektivno uklanjanje katjona teških metala adsorpcionim materijalom polimernih funkcionalizovanih nanokompozita (PFNCs) koji sve više dobijaju na značaju i atraktivnosti. Kontaminacija jonima metala je jedan od najrasprostranjenijih problema u zaštiti životne sredine. Katjoni metala nisu biodegradabilni. Određene soli teških metala su visoko rastvorljive u vodi što olakšava njihovu pokretljivost, transport i različita interreagovanja sa abiotskim i biotskim komponentama putem procesa sorpcije na prirodne koloidne sisteme, posebno bioakumulacijom u živim organizmima delujući toksično i štetno na ljudsko zdravlje i sve ukupni eko sistem. Pomenuti novi nanočestični matriks materijali su od izuzetnog značaja za uklanjanje jona metala zahvaljujući različitim funkcionalnim grupama polimernog matriksa koji omogućava specifično „smart - pametnog“ vezivanje na targetni katjon. Ovaj vredan revijalni rad opisuje sintezu PFNCs, karakterizaciju i ključne performanse adsorpcionih procesa kao i moguće potencijalne rizike po životnu sredinu i buduće strategije i perspektive primene nanotehnologije u zaštiti životne sredine.

Procesi transporta i mobilnosti katjona metala u vodama a posebno u podzemnoj vodi su izuzetno kompleksni, više dimenzioni i uključuju brojne fizičko-hemijske i kinetičke mobilnosti hemikalija. Za pokušaj kvantitativnog opisa particije ili distribucije katjona metala u literaturi se daju opisi stepena do koga je transport u relaciji sa vodom umanjen i zadržan. Za kvantifikaciju mobilnosti koristi se zato takozvani retardacioni faktor R_f .

$$R_f = \frac{V_p}{V_c}$$

R_f - retardacioni faktor

V_p - brzina vode u kontrolnoj zapremini

V_c - brzina kontaminanta u kontrolnoj zapremini

Langmuir je primetio da je retardacioni faktor povezan sa distribucionim koeficijentom pomoću sledećeg izraza (Langmuir, 1997):

$$R_f = 1 + \frac{\rho_b}{n_e} K_d$$

ρ_b - specifična gustina poroznog medija

n_e - efektivna poroznost pri saturaciji izraženoj kao zapremina frakcije

Laboratorijske adsorpcione studije najčešće definišu da je u simplifikiranim sistemima ispitivanja vrednost $\log K_d$ za adsorpciju katjona metala linearno povećava sa pH. Langmuir je primetio da je adsorpcija praćena logaritamskom jednačinom:

$$\log K_d = -5,48 + 1,77 pH$$

Rad autora Saše Obradovića i saradnice opisuje procenu koncentracije teških metala na osnovu diskrepancionog (neusklađenog) faktora. Ukoliko suma ulaznog nivoa katjona metala je veća od zbira svih izlaza, diskrepancioni faktor je veći, što ukazuje na potencijalnu opasnost po životnu sredinu. Faktor omogućava utvrđivanje toksičnog prioriteta između različitih katjona metala (Obradović & Đekić, 2012).

$$Fd = \frac{A}{Uc + Lc}$$

Fd - diskrepancioni faktor,

A - zbir svih ulaza teških metala,

Uc - maksimalni prihvatljivi nivo iznošenja usevima,

Lc - maksimalni prihvatljivi nivo oticanja podzemnim vodama.

U slučaju ograničenog broja podataka o mobilnosti teških metala u čvrstoj i fazi za agroekosisteme, autori predlažu da se za procenu toksičnosti koristi faktor održivosti izračunat na osnovu relativno jednostavne linearne relacije:

$$Fc = \max(Fe + Fu + Fs)$$

Fc - faktor održivosti,

Fe - faktor ekološke toksičnosti,

Fu - usvajanje usevima,

Fs - oticanja podzemnim vodama.

Pri istraživačkim aktivnostima ispitivanja dinamičke ravnoteže katjona teških metala izuzetno je važna vremenska koordinata koja ozbiljno može da utiče na disbalans i ravnotežu agrosistema. Uzimajući u obzir vremensku koordinatu autori predlažu sledeću relaciju o početku i dužini trajanja toksičnog efekta teških metala na zemljište, vodu i useve:

$$Tc = \min(Te + Tu + Ts)$$

Tc - faktor vremenske održivosti,

Te - vreme početka narušavanja standarda agroekosistema,

Tu - vreme prekoračenja sadržaja metala u usevima,

Ts - vreme prekoračenja sadržaja metala u podzemnim vodama.

2.2. Fizičko-hemijske karakteristike selektovanih katjona emergentnih metala

Postoji funkcionalna veza i bliske interkorelacije između fizičko-hemijskih parametara i koncentracionih nivoa katjona metala. Korespondentnu funkcionalnost koncentracionih nivoa katjona teških metala i izabranih fizičko-hemijskih parametara u površinskoj vodi Dunava potrebno je kontrolisati i sprovesti nadzorni, operativni ali i istraživački monitoring. Katjoni metala ulaze u rečne sisteme putem raznih izvora koji mogu biti manje prirodni a više antropogeni. Glavni antropogeni izvori $Me^{n+}_{(aq)}$ zagađenja vode poreklo iz netretiranih ili delimično obrađenih otpadnih voda organskih i neorganskih kontaminanata, nastalih celokupnim antropogenim aktivnostima, agrikulturalnim, industrijskim ili svakodnevnim životnim aktivnostima. Tragovi kontaminacije katjonima metala su veoma opasni zbog potencijalne toksičnosti i reaktivnosti metalnih katjona u vodi, posebno u akvatičnoj sredini (biotičke i abiotičke matrice) kao i na ljudsku populaciju.

2.2.1. Hrom - Cr

Hrom je veoma tvrd metal srebrnasto bele boje sa plavičastim nijansama. Zbog izuzetne rezistencije na koroziju i postojanost visokog sjaja, hrom se koristi kao prevlaka drugih metala - elektrolitičkim putem u procesu hromiranja. Najpoznatija legura hroma je nerđajući čelik. Hrom je pedesetih godina prošlog veka prepoznat kao esencijalni metal a osamdesetih je označen kao mikro element. Najnovije kliničke studije pokazuju oprečne rezultate i sve više ukazuju da Cr^{3+} nije esencijalni elemenat, odnosno da ne učestvuje u metabolizmu glukoze. Na tržištu trenutno postoje dijetetski suplementi koji sadrže hrom u obliku hrom(III)-pikolinata ($Cr(C_6H_4NO_2)_3$), hrom(III)-polinikotinata i sl. a namenjeni su pacijentima koji žele da izgube telesnu masu. Efikasnost dijetetskih suplemenata nije klinički potvrđena, dok moguća toksičnost nije isključena.

Cr^{3+} u velikim dozama je toksičan i uzrokuje oštećenja genetskog materijala. Soli hrom(III), hromna stipsa i hrom(III) sulfat ($Cr_2(SO_4)_3$), koriste se za štavljenje kože, jer Cr^{3+} , stabilizuje kožu ukrštanjem vlakana kolagena. Cr^{6+} , je toksičan i u izuzetno niskim koncentracionim dozama. Cr^{6+} , u obliku hromata ulazi u ćelije koristeći transportne mehanizme sulfata i sekundarnih fosfata jer sa ovim anjonima ima slične dimenzije, stereochemiju i ukupno net naelektrisanje. Cr^{6+} , ima izuzetno visoka oksidaciona svojstva i usled lake oksidacije biološki značajnih struktura uzrokuje oštećenja vitalnih organa kao što su bubrezi, jetra i krvne ćelije. Hronična izloženost Cr^{6+} , dovodi do genotoksičnih efekata. S obzirom na to da se katjoni hroma koriste u slikarskim bojama, za farbanje, krečenje i štavljanje kože, a prevashodno u procesu hromiranja drugih metala, ova jedinjenja se često nalaze u zemljištu, površinskim i podzemnim vodama, napuštenih industrijskih lokacija (*Brownfield land*). Upotrebu hromata u industrijskoj proizvodnji, EU je dekretom 2002/95/EC EU ograničila. Hrom pripada grupi tvrdih kiselina.

2.2.2. Mangan - Mn

Mangan je industrijski ali i biološki važan katjon sa pet različitih oksidacionih stanja od +2 do +7. Kofaktor je mnogih enzima u ljudskom organizmu, nalazi se u hloroplastu biljaka i ima veoma važnu ulogu u procesu fotosinteze. Mangan je dobio ime po latinskoj reči „magnes“ što znači magnet jer manganovi minerali imaju paramagnetna svojstva. Mangan je zbog svoje elektronske konfiguracije izuzetno hemijski aktivan i reaguje sa velikim brojem različitih elemenata zbog čega su jedinjenja i legure mangana veoma zastupljene u svakodnevnom životu, i mangan ima izuzetno velik broj različitih primena u industriji (hemijska, industrija boja, metalna i drugi). Katjon mangan je mikroelement koji ima značajnu biološku i fiziološku funkciju u svim živim organizmima. Zdrava odrasla osoba ima 10-20 mg katjona mangana, uglavnom u jetri, bubrezima i kostima u obliku Mn^{2+} , vezanog u organskim molekulima. Katjon mangana je kofaktor brojnih enzima (oksidoreduktaze, hidrolaze, transferaze, ligaze). Jedan od najznačajnijih enzima čiji kofaktor katjon mangan je superoksid dismutaza koja ima značajnu antioksidativnu ulogu u odbrani ćelija od slobodnih kiseoničnih radikala i konverziji superoksida radikala u vodonik-peroksid i molekulski kiseonik, a prisutna je gotovo u svim živim ćelijama aerobnih organizama. Katjon mangana doprinosi normalnoj funkciji imunološkog i nervnog sistema. Dijetetski suplementi Mn^{2+} , u obliku glukonata, aspartata, citrata i sl. samostalno ili u kombinaciji sa hondroitin-sulfatom koriste se u terapiji osteoporoze i artritisa. Namirnice bogate sa katjonom mangana su morski plodovi, susam, bademi, lešnici, pistaći, semenke suncokreta, spanać, crni čaj. Hronična izloženost niskim koncentracijama katjona mangana izaziva ozbiljne neurološke poremećaje, a prisustvo u tragovima u vodi za piće, više od dozvoljenog, utiče na razvoj kognitivnih funkcija kod dece. Profesionalna izloženost manganu uzrokuje razvoj manganizma. U lancu ishrane mangan ima sposobnost da se biokumuluje i biomagnifikuje. Katjon mangana Mn^{2+} pripada grupi tvrdih kiselina.

2.2.3. Nikl - Ni

Nikl je feromagnetičan kovan i postojan na vazduhu u oksidacionom stanju 2+. Koristi se za izradu nerđajućeg čelika, sekundarnih (punjivih) baterija, legura za izradu kovanog novca, nakita i drugo. EU je 2006 godine izdala direktivu, o dozvoljenom sadržaju nikla u predmetima koji dolaze u direktni kontakt sa kožom. Katjon nikla je izuzetno jak alergen i zajedno sa kobaltom pripada grupi glavnih uzročnika kontaktnog dermatitisa jer se nalaze u legurama koje se koriste za izradu nakita i kovanog novca. Ni^{2+} hemijska katjonska specija situirana je na dijagonali između tvrdih i mekih kiselina.

2.2.4. Cink - Zn

Rude cinka su se koristile mnogo ranije nego što je sam element bio poznat. Cink se u Zemljinoj kori uglavnom nalazi u obliku sulfidnih ruda, zastupljen je oko sto puta više od bakra u obliku sulfidnog minerala sfalerit ((Zn)S). Cink je lak amfoteran mikroelement, metal oksidacionog katjonskog naelektrisanja +2 u kiselim sredinama ili u obliku cinkantnog anjona ZnO_2^{2-} (aq) u baznim sredinama i dobar provodnik električne struje. Na površini cinka formira se zaštitni sloj oksida ZnO koja štiti od dalje korozije, zbog čega se koristi za cinkovanje željeznih i čeličnih predmeta. Što se tiče biološko-fiziološke funkcije odrasla osoba ima 2 do 3 g u obliku Zn^{2+} . Metalni enzimi, koji sadrže katjon cinka, prisutni su u skoro svim ćelijama ljudskog organizma. Zn^{2+} je gradivni katjon koji učestvuje u sintezi različitih proteina, uključujući i kolagen. Katjon cinka u većim koncentracijama može da bude neurotoksičan, u manjim koncentracijama je neophodan za prenos nervnih signala. Katjon cinka Zn^{2+} pripada grupi kiselina na dijagonali između tvrdih i mekih kiselina.

2.2.5. Kadmijum - Cd

Kadmijum nema bioloških funkcija u organizmu, izuzetno je toksičan i akumulira se u ljudskom organizmu, pre svega u jetri i bubrezima i uzrokuje teška oštećenja. Rastvara se u kiselinama i slabije u bazama, što je u skladu sa Pirsonovom podelom kiselina i baza jer pripada mekim kiselinama (tabela 2.1.). Najveći broj jedinjenja kadmijuma pripada stepenu oksidacije +2. Po zastupljenosti u zemljinoj kori Cd se nalazi se na 67 mestu sa prosečnom koncentracijom od 0,1 mg/kg. Nezagađena zemljišta sadrže manje od 0,5mg/kg kadmijuma, a uobičajene vrednosti se kreću do 3 mg/kg u zavisnosti od podloge. Prosečna koncentracija kadmijuma u zemljinoj kori je između 0,1-0,5 mg/kg. Veće koncentracije Cd su u sedimentnim stenama, dok su u morskim fosfatima ima određene vrednosti iznad 500 mg/kg. U prirodi je Cd redovni pratilac ruda cinka, olova i bakra, u kojima se javlja kao sulfid i karbonat, a njegova količina u litosferi je oko hiljadu puta manja od količine cinka. Zahvaljujući specifičnim fizičkim i hemijskim osobinama, kadmijum ima široku upotrebu u proizvodnji boja, stabilizatora u plastici, legura, obloge za delove od aluminijuma ili čelika u cilju povećanja otpornosti prema koroziji, a u najvećoj meri se koristi u proizvodnji Ni-Cd baterija. U prirodnu sredinu Cd dospeva raspadanjem stena, erozijom, putem vetra, vulkanske emisije, šumskih požara, kao i iz antropogenih izvora iz industrije za preradu sirovina, saobraćaja, spaljivanjem fosilnih goriva, proizvodnjom cementa, komunalnog otpada i mulja i istrošenih baterija koje se odbacuju kao otpad. Godišnja količina otpada Cd iznosi 29190 t na globalnom nivou. U seoskim područjima kadmijum je u koncentracijama < 0,5 ng/m, a oko 50 ng/m u industrijskim zonama. U zapadnim zemljama fosfatna đubriva su najveći antropogeni izvor kadmijuma sa 58%, atmosferski gasovi sa 39-41% i kanalizacioni mulj sa 2-5%. Stajsko đubrivo sadrži 0,3-0,8 mg/kg Cd u suvoj materiji. U Evropi fosfatna đubriva

proizvode oko 300t Cd godišnje, a u Velikoj Britaniji unos Cd u zemljište preko fosfatnih đubriva iznosi 4,3 g/ha godišnje. U biosferi prosečna prirodna koncentracija kadmijuma je 0,01-2,5 µg/g, a kontaminirane materije 0,2-40 µg/g. Najčešće prisutna jedinjenja kadmijuma u sedimentu su sulfidi, oksidi, karbonati i joni kadmijuma koncentracije. Katjon kadmijuma je relativno mobilan i stabilan u prirodi u širokom opsegu pH vrednosti. Ima tendenciju da prati cink u geološkom materijalu, gde odnos Cd/Zn iznosi od 1/100 do 1/1000. U kostima Cd istiskuje Ca. Poluvreme boravka Cd u organizmu je 20 godina. Fenomen negativnog uticaja niskih doza katjona kadmijuma pri delovanju u kontinuumu, ispoljava se u obliku anemije i poremećaja funkcije jetre. Dim cigarete sadrži katjone kadmijuma, i izračunato je da jedna cigareta sadrži u proseku 1,8-2,5 µg kadmijuma i za razliku od oralno unetog kadmijuma čija je apsorpcija ograničena, inhalirani kadmijum se apsorbuje i do 50% u plućima. Čovek dnevno može da izluči 1-3 µg Cd, odnosno količinu koju pušač unese nakon jedne cigarete. Katjon kadmijuma Cd^{2+} pripada specijama mekih kiselina.

2.2.6. Živa - Hg

Živa je jedini tečni srebrnasto beli metal na temperaturi od 25°C, koji i isparava. Tečna živa rastvara mnoge metale, posebno one koji se ne odlikuju velikom tvrdoćom. Elementarna živa je inertna i nerastvorljiva u vodi. Rastvara se samo u oksidujućim kiselinama, kao što su nitratna (razblažena i koncentrovana) i vruća koncentrovana sulfatna kiselina. Živa gradi jedinjenja oksidacionog stanja +2 i +1, u organskoj i neorganskoj formi. Pojavljuje se najčešće kao jon Hg^{2+} u organskim molekulima (metil-živa, dimetil-živa). Rastvorne u vodi su soli žive(I) i žive(II). Metilživa i druga organska jedinjenja žive nastaju kao proizvod mikrobiološke aktivnosti (metanske bakterije) u vodenoj sredini i osnovni su oblici Hg u prirodi. Živa ne spada u grupu esencijalnih elemenata za ljudski organizam. Žive u prirodi ima dvadeset puta više nego kadmijuma, prisutna je i u elementarnom stanju, češće sjedinjena sa sumporom, u obliku HgS u mineralu cinabaritu. Izvor žive u životnoj sredini je i prirodno isparavanje iz zemljine kore. Najznačajniji izvori zagađenja životne sredine živom su proizvodnja i potrošnja žive, topljenje metalnih ruda i spaljivanje fosilnih goriva. Procenjuje se da oko 4% ukupne emisije žive dolazi iz baterija, 3% od instrumenata za merenje i kontrolu, 11% od električne opreme. Organska jedinjenja žive su toksičnija od neorganskih jedinjenja žive, zbog velike rastvorljivosti u vodi. Toksičnija su Hg^{2+} neorganska jedinjenja u odnosu na Hg^+ jedinjenja. Živa reaguje sa selenom iz seleno-proteina i blokira aktivnost proteina. Inhalacija pare žive izaziva tremor, glavobolju i gubitak pamćenja. Živa ima i teratogeni efekat. Živa ima sposobnost visoke bioakumulacije i biomagnifikacije, a kroz lance ishrane uzrokuje hronično trovanje ljudi. Detektabilne koncentracije katjona žive su indikator industrijskog i antropogenog zagađenja voda i ukazuju na nekontrolisano ispuštanje u životnu sredinu. Katjoni žive prema Pirsonovoj podeli pripadaju mekim kiselinama.

2.2.7. Olovo - Pb

Olovo je težak metal, meke konzistencije koji ne spada u grupu esencijalnih elemenata za žive organizme, jedan od metala koji je bio poznat još od Antičkog doba. Javlja se u dva oksidaciona stanja +2 i +4. Katjoni +4 olova se koriste za proizvodnju organskih jedinjenja olova kao što su, etil-olovo ($\text{Pb}(\text{CH}_3\text{CH}_2)_4$) i tetrametil-olovo, a decenijama su se dodavali u benzin kao dobri antidetonatori. Japan je prva zemlja koja je zabranila korišćenje olovnog benzina 1986. godine, dok je dve godine kasnije 1988. godine zabranu uvoza i prodaje olovnog benzina u Evropi prva uvela Nemačka. U Srbiji je tek 2010. godine prodaja i uvoz olovnog benzina zabranjen zakonom. Katjoni olova najlakše penetriraju u ljudski organizam: inhalacijom ili apsorpcijom per kutano. Kontaminacija katjonima olova kod čoveka izaziva saturnizam a kod životinja toksikozu, te je trovanje katjonima olova moguće i iz lanca ishrane. Katjoni olova pripadaju grupi kiselina na prelaznoj dijagonali između tvrdih i mekih kiselina.

2.2.8. Bakar - Cu

Bakar je metal crvenkaste boje vrlo rasprostranjen u prirodi. Bakar se koristio još u starom Egiptu 5000 g.p.n.e. Bakarno doba karakteriše istorijski period kada se bakar koristio u domaćinstvu, za nakit (prve minđuše su bile od bakra), za posuđe, kao ukrasni metal, lako se izvlači u duge žice i visok je elektroprovodnik. Spada u prelazne metale i ima dva karakteristična oksidaciona stanja +2 i +1. Bakar je mikro metalni element, nalazi se u tragovima i pripada grupi esencijalnih katjona neophodnih za normalno funkcionisanje ljudskog organizma. Biološka uloga je izuzetno važna na ćelijskom molekularnom nivou disanja kao elementa koji pospešuje oksidativno-redukcijsku fosforilizaciju, jer direktno sa Fe učestvuje u prenosu kiseonika. Izuzetna važnost bakra je u procesima odbrane organizma od oksidativnog stresa, kao i kofaktora enzima koji konvertuje posebne kiseoničke vrste, superoksida do vodonik-peroksida i kiseonika. Bakar učestvuje u apsorpciji Fe u sintezi hemoglobina i izgradnji eritrocita, kao i kod sinteze kolagena i elastina. Namirnice bogate bakrom su morski plodovi, školjke, goveđa džigerica, koštunjasti plodovi, brazilski orah, lešnik, badem, pistači, semenke bundeva i suncokreta, zelenih maslina i drugih. Ljudskom organizmu je potreban dnevni unos bakra od oko 2,4 mg koji pozitivno i katalitički deluje na organizam, dok veće količine imaju hazardno i toksično dejstvo, negativan efekat na jetru i mozak sa trajnim posledicama na psihičko i fizičko stanje organizma, izazivajući brojna patološka stanja (Bost et al., 2016). Simptomi prve intoksikacije sa bakrom se već javljaju u ranoj adolescenciji, dok kod nekih osoba i u srednjem životnom dobu. Koncentracije bakra veće od 5 mg/kg telesne mase čoveka su vrlo toksične i hazardne po čoveka, životnu sredinu i akvatičnu biotu.

Primena bakra u medicini i farmaciji je u obliku dijetetskih suplemenata kod osoba koje imaju deficit bakra, jer ga ne unose putem hrane. Suplementi bakra se nalaze u obliku glukonata, oksida, karbonata, sulfata i drugih soli. U farmaciji jedinjenja bakara se koriste i kao nehormonalno, mehaničko-kontraceptivno sredstvo. Mesing je dvokomponentna legura Cu i Zn i ima fungicidno i bakterostatsko dejstvo, a koristi se u zdravstvenim ustanovama kao obloga površina koje se izuzetno često koriste (rukohvati, kvake i slično). Izotopi bakra ^{64}Cu se koriste u dijagnostici kao radiokontrastni reagens, dok se izotop ^{62}Cu koristi u PET dijagnostici (pozitronska emisiona tomografija). Izuzetno je dobar provodnik toplote i električne struje. Katjon bakra Cu^{2+} pripada kiselinama na granici između tvrdih i mekih, dok katjon Cu^+ pripada grupi mekih kiselina.

2.2.9. *Aluminijum - Al*

Aluminijum je prema rasprostranjenosti u Zemljinoj kori treći element posle kiseonika i silicijuma. U prirodi se aluminijum ne nalazi u elementarnom stanju, a najčešće se nalazi u različitim alumosilikatima. Aluminijum je tipičan predstavnik amfoternih elemenata i u vodenim sredinama nalazi se kao katjon Al^{3+} ili kao AlO_3^{3-} , često se nalazi u obliku meta-aluminatnog anjona AlO_2^{-} . Al pripada grupi lakih metala sa gustinom $2,7 \text{ g/cm}^3$, dobro provodi električnu struju i lako se izvlači u tanke alufolije. Aluminijum sa mnogim metalima formira legure, jedna od najpoznatijih legura aluminijuma je dur-aluminijum koji se koristi u industriji automobila, brodova i elektrotehničkoj industriji. Aluminijumske folije su odličan izolacioni materijal jer reflektuju oko 95% toplotne energije sa svoje površine. Amfoterni elektrolit aluminijum-hidroksida može da reaguje na tri načina:

- kao kiselina formirajući nekoliko tipova aluminatnih anjona,
- kao baza formirajući Al^{3+} katjone,
- formira kovalentna jedinjenja u kojima su hidroksidne grupe zamenjene drugim atomima (bromom, jodom...).

Želatinozno voluminozni karakter aluminijum-hidroksida formiran hidrolizom aluminijum-sulfata omogućuje sistemu da se ponaša kao snažno sorpciono sredstvo i u procesu sedimentacije prečišćava vodene rastvore opterećene suspendovanim česticama i drugim nečistoćama uključujući i mikroorganizme. Katjoni aluminijuma pripadaju tvrdim kiselinama (Milić & Milošević, 2017).

2.2.10. Pirsonov koncept podele katjona i anjona

Kovalentni indeks za akvatizovane metalne jone je višedimenzioni parametar, definisan relacijom X_m^2r , gde je X_m elektronegativnost a r jonski poluprečnik (R. G. Pearson, 1963). Na osnovu princip tvrdih i mekih jona metala, joni se mogu svrstati u tri grupe (grupa A, grupa B i granične grupe) baziranih na osnovu konstanti formiranja kompleksa sa centralnim katjonom metala kao graditeljem kompleksne soli (Nieboer & Richardson, 1980). Prihvatljiva i korisna je klasifikacija koja razdvaja jone prema donorskom afinitetu prema kiseoniku, donorskom afinitetu prema sumporu/azotu i graničnu dijagonalnu grupu jona (Nieboer & Richardson, 1980).

Tabela 2.1. Podela jona, katjona i anjona na tvrde/meke baze, tvrde/meke kiseline i grupu graničnih jona (Langmuir, 1997).

Tvrde kiseline	Al^{3+} , Ba^{2+} , Be^{2+} , Co^{3+} , Cr^{3+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} , Sr^{2+} , U^{4+} , UO_2^{2+} , VO^{2+}
Kiseline na granici između tvrdih i mekih kiselina	Co^{2+} , Cu^{2+} , Fe^{2+} , Ni^{2+} , Pb^{2+} , Zn^{2+}
Meke kiseline	Ag^+ , Cd^{2+} , Cu^+ , Hg^{2+} , Hg^+ , CH_3Hg^+ , Tl^{3+} , Tl^+
Tvrde baze	F^- , H_2O , oksidni anjoni: OH^- , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , HCO_3^- , $C_2O_4^{2-}$, CrO_4^{2-} , MoO_4^{2-} , $HnPO_4^{n-3}$, $HnAsO_4^{n-3}$, SeO_4^{2-} , $H_2VO_4^-$, NH_3 , RNH_2 , N_2H_4 , ROH , RO^- , R_2O , CH_3COO^- , etc.
Baze na granici između tvrdih i mekih baza	Cl^- , Br^- , NO_2^- , SO_3^{2-} , $HnAsO_3^{n-3}$, $C_6H_5NH_2$, C_5H_5N , N_3^- , N_2
Meke baze	I^- , HS^- , S^{2-} , CN^- , SCN^- , Se^{2-} , $S_2O_3^{2-}$, $-SH$, $-SCH_3$, NH_2 , R^- , C_2H_4 , C_6H_6 , RNC , CO , R_3P , $(RO)_3P$, R_3As , R_2S , RSH , RS^-

Tvrđi metali (tvrde kiseline) koji su najmanje toksični, rado se vezuju sa tvrdim bazama koje sadrže kiseonik, formirajući slabije veze sa mekim azotnim i mekim sumpornim specijama. Mnogi od tvrdih metala su makronutrijenti. Meki metali (meke kiseline) se vezuju takođe rado sa mekim sumpornim ligandima formirajući slabije veze sa tvrdim baznim specijama kao što su hidroksidi i sulfati (EPA, 2007).

Noviji EPA regulacioni dokumenti (*Framework for Metals Risk Assessment*) (EPA, 2007) su definisali grupu metala i metaolida koji predstavljaju primarni interes jer pokazuju snažni potencijalni efekat i negativni su za ljudsko zdravlje i životnu sredinu a posebno za akvatične sisteme. Sledeća grupa katjonskih specija je navedena kao visoki metalni stresori za čoveka, biotu i životnu sredinu. Redosled metala se daje po azbučnom redosledu i ima ih 23: Aluminijum, Antimon, Arsen, Barijum, Berilijum, Bor, Kadmijum, Hrom, Kobalt, Bakar, Gvožđe, Olovo, Mangan, Živa (neorganska i organometalna), Molidben, Nikl, Selen, Srebro, Stroncijum, Kalaj, Talijum, Vanadijum i Cink.

Katjoni teških hazardnih metala prisutnih u vodi u koncentracijama iznad maksimalno dozvoljenih direktno ugrožavaju zdravlje ljudi, životinja, biljaka i životne sredine, što je biofunktionalno vezano za unošenje katjona teških metala u organizam čoveka preko lanaca ishrane, vode za piće ili eksterno perkutano, preko kontaminiranih akvatičnih sistema, vazduha pa i zemljišta. Živa je visoko hazardni katjon, i deponuje se u masnom tkivu vodenih organizama zbog procesa particije, visoke vrednosti konstante oktanol-voda i pomaka koncentracionog gradijenta heterogenog sistema voda- biota ka bioti, što rezultuje procesima bioakumulacije i višoj koncentraciji u masnom tkivu nego u vodi, kontaminirajući na taj način „morske plodove“, posebno masno tkivo ribe i druge akvatične mikroorganizme. Konzumiranjem ovakvih kontaminiranih prehrambenih proizvoda, procesima bioakumulacije i biomagnifikacije dolazi do ozbiljnih trovanja ljudske populacije. Ukoliko se za navodnjavanje poljoprivrednog zemljišta koristi voda koja je kontaminirana katjonima teških metala, bioakumuliraju se toksični metali $Mn^{n+}_{(aq)}$ u kultivisanim biljkama, što ima negativan impakt i efekat na ljudski organizam i životinje koje koriste ove biljke za ishranu.

Reziduali katjona teških metala uneti u površinska vodna tela preko netretiranih otpadnih voda, direktno kontaminiraju akvatičnu sredinu, sediment i akvatične organizme i uz znatno višu brzinu *inputa* od kinetike *outputa* izazivaju efekat novog fenomena pseudo perzistencije (Miloradov et al., 2008):

$$V_{input} > V_{output}.$$

Određeni katjoni teških metala su esencijalni, kako u ljudskom tako i u ostalim živim organizmima, kofaktori, aktivatori pojedinih enzima, koji regulišu značajne vitalne metaboličke procese. U slučaju deficita ili suficita esencijalnih katjona dolazi do poremećaja ćelijskog metabolizma, što se manifestuje akumulacijom slobodnih radikala i oštećenjem ćelijske membrane, blokadom enzimskih sistema, pojavom kardiovaskularnih oboljenja, nefropatije, modulacijom imunog sistema, genotoksičnim delovanjem sa posledicama na potomstvo, mutagenozom i kancerogenim uticajem na ljudski organizam.

2.3. Procesi particije i difuzije katjona metala u višekomponentnom heterogenom sistemu životne sredine

Poznavajući karakteristične i specifične fizičko-hemijske osobine hemijskih specija može da se pretpostavi sudbina kako će se hemikalija/zagađujuća supstanca odnosno katjoni metala distribuirati i raspodeliti u životnoj sredini. Da bi se opisao model procesa particije supstanci/katjon metala, potrebno je da se definiše distribucija i raspodela polutanata između različitih faza životne sredine u multikomponentnom višefaznom heterogenom prirodnom sistemu, kakva je životna sredina (Vojinović Miloradov et al., 2014).

Raspodela supstanci u najnižem dvokomponentnom sistemu, n-komponentnog heterogenog sistema definiše se jednostavno konstantama raspodele supstance, između gasne i tečne faze, gasne i čvrste faze, organske supstance i vode, organske supstance i zemljišta, lipida-voda, ribe-voda i vegetacija vazduh i drugim konstantama. Particioni koeficijenti su izuzetno korisni za izučavanje kompleksnih procesa u životnoj sredini (delovima životne sredine) jer je hidrofobnost/ hidrofilitnost jedinjenja izuzetno značajan i kvantitativan pokazatelj koliko se lako određena zagađujuća supstanca rastvara u akvatičnoj sredini i kontaminira vodotokove, površinsku vodu, podzemnu vodu i ima negativan impakt na akvatični živi svet. Brojne vrednosti konstanti raspodele, particionih koeficijenata mogu da definišu da li određena hemijska specija/katjon metala predstavlja potencijalni problem zagađenja životne sredine.

Koeficijent raspodele ili particije (K) predstavlja ravnotežnu raspodelu zagađujuće supstance između dve faze, koje se ne mešaju u heterogenom sistemu. K je definisan odnosom koncentracija odnosno rastvorljivosti posmatrane supstance, u obe faze. Koeficijent raspodele za supstancu/ katjon metala koja se raspodeljuje između faza 1 i faze 2 dat jednačinom:

$$K_{21} = \frac{C_2}{C_1} \cong \frac{S_2}{S_1}$$

gde su:

C_1, C_2 - ravnotežne koncentracije supstance/ katjona metala u fazama 1 i faza 2 (mol/m^3)

S_1, S_2 - rastvorljivosti supstance/ katjona metala u fazama 1 i faza 2 (mol/m^3).

Rastvorljivost supstance u vodi, S (mol/m^3) predstavlja koncentraciju vodenog rastvora koji je u ravnoteži sa čistom supstancom. Rastvorljivost supstance zavisi od promene temperature, tako da se i sam koeficijent raspodele može menjati sa temperaturom u zavisnosti od prirode hemijske supstance. Različite supstance imaju različite koeficijente particije.

Za supstance koje imaju karakteristiku isparljivosti izučava se osobina fugasnosti koja je karakteristična za bilo koji tip fluida (gasni ili tečni). Kako je:

$$C_2 = Z_2 \cdot f_2$$

i analogno

$$C_1 = Z_1 \cdot f_1$$

gde su:

Z_2, Z_1 - kapacitet fugasnosti za faze 2 i 1,

f_2, f_1 - fugasnosti supstance u fazama 2 i 1,

sledi da će u stanju ravnoteže fugasnosti supstance u obe faze biti jednake:

$$f_1 = f_2$$

i particioni koeficijent se definiše relacijom:

$$K_{21} = \frac{Z_2}{Z_1}$$

Particioni koeficijenti su široko aplikabilni i koriste se za sisteme kao što su vazduh-voda, aerosoli-vazduh, oktanol-voda, lipidi-voda, heksan-voda, organski ugljenik-voda i druge heterogene fazne kombinacije. U oblasti zaštite životne sredine izučavaju se procesi u vodenoj sredini, jer gotovo jedini rastvarač je voda kao visoko hidrofilni sistem faza, dok je druga faza hidrofobna faza, kao što je organska faza čiji je surogat n-oktanol. Particioni koeficijent, K , tj. raspodela supstance između organskog rastvarača i vode je kvantitativna mera hidrofilnosti/hidrofobnosti zagađujuće supstance.

2.3.1. Particioni koeficijent vazduh - voda, K_{AW} (eng. air - water)

Particioni koeficijenti mogu da se razvrstaju na dva sveobuhvatna prirodna heterogena ravnotežna sistema životne sredine, i to na sistem gasovito-tečno i sistem tečno-tečno. Kao primer sistema gasovito-tečno u okviru životne sredine može da se izučava sistem vazduh-voda. Particioni koeficijent vazduh-voda (K_{AW}) za komponentu/polutant određuje se prema sledećoj jednačini:

$$K_{AW} = \frac{C_A}{C_W} = \frac{S_A}{S_W} = \frac{Z_A}{Z_W}$$

Gde su:

S_A - rastvorljivost komponente u vazduhu (gasovita faza)

S_W - rastvorljivost komponente u vodi (tečna faza).

Jednačina pokazuje, da se particioni koeficijent za sistem vazduh-voda može predstaviti kao odnos kapaciteta fugasnosti između faza.

Koeficijent raspodele vazduh-voda, K_{AW} je indikator isparljivosti supstance iz vodenog rastvora i u funkciji je Henrijeve konstante. Henrijeva konstanta (H) igra ključnu ulogu u procesima raspodele između atmosfere i vode. U realnim sistemima u životnoj sredini maksimalne vrednosti pritiska zasićene pare gasne supstance u atmosferi i rastvorljivosti komponente u vodi, nisu, po pravilu, postignute. Prema Henrijevom zakonu, odnos parcijalnog pritiska P_A hemijske supstance u vazduhu (atmosferi) i koncentracije supstance u vodi, C_W , jednak je odnosu pritiska zasićene pare p^0 i rastvorljivosti S_w . Opisan odnos poznat je kao Henrijeva konstanta (H):

$$\frac{P_A}{C_W} = \frac{P^0}{S_W} = H$$

Napon pare na liniji zasićenja, p^0 (Pa) predstavlja tačku ključanja supstance, definisanu kao temperaturu na kojoj tečnost prelazi u gas pri normalnom pritisku. Proces ključanja se dešava kada se napon pare tečnosti izjednači sa spoljašnjim pritiskom. Napon pare je osnovni faktor koji određuje raspodelu supstance između gasovite i tečne faze.

Isparljivost gasnih polutanata zavisi od molekulske mase, strukture, stereochemije, voluminoznosti i drugih hemijskih osobina, a jedinjenja veće molekulske mase sa snažnim intermolekularnim silama imaju niži napon pare.

Isparljivost molekula zavisi od napona pare i rastvorljivosti supstance. Jedinjenja sa visokom Henrijevom konstantom ($>10^{-4}$ atm m³/mol) isparavaju u atmosferu i njih karakteriše transport na velike udaljenosti. Tako na primer, farmaceutici imaju nisku Henrijevu konstantu ($10^{-7} - 10^{-20}$ atm m³/mol) i zato se proces isparavanja ne razmatra kao signifikantan u sudbini ponašanja ove grupe supstanci u atmosferi. Međutim, poliaromatični ugljovodonici imaju relativno visoku Henrijevu konstantu, kao na primer benzen $5.5 \cdot 10^{-3}$ atm m³/mol i 1,1'- bifenil $3.0 \cdot 10^{-4}$ atm m³/mol su lako isparljiva jedinjenja. Henrijeva konstanta se obično izražava u Pa m³/mol, ali je još u literaturi i radovima zadržana jedinica atm m³/mol. Henrijeva konstanta se može predstaviti bezdimenzionim oblikom, K_H :

$$\frac{C_A}{C_W} = K_{AW} = K_H = \frac{H}{RT} = \frac{P^0}{S_W RT}$$

2.3.2. Particioni koeficijent 1-oktanol-voda, K_{OW}

Bezdimenzioni particioni koeficijent za oktanol-voda sistem (K_{OW}) je jedan od ključnih i najčešće korišćenih pokazatelja za predviđanje kojem tipu i vrsti hemijskih procesa i sudbine katjona metala u životnoj sredini. Monohidroksilni normalni - n-oktanol (normalni alkohol sa jednom hidroksilnom grupom i 8 C atoma u nizu) je izabran kao surogat za organsku lipidnu frakciju zato što ima približan odnos ugljenika i kiseonika kao lipidi, amfifiličan je, veoma se malo rastvara u vodi (4.5 mol/m^3) i lako je dostupan u čistoj formi. Koeficijent particije 1-oktanol-voda, K_{OW} opisuje raspodelu supstance između lipidne faze (organske supstance) i vode:

$$K_{OW} = \frac{C_o}{C_w} = \frac{S_o}{S_w}$$

Particioni koeficijent oktanol-voda, K_{OW} , se jednostavno i lako eksperimentalno određuje u uslovima ravnoteže rastvora u vodi i oktanolu, pripremajući rastvore niskih koncentracija supstance koja se rastvara u oktanolu i vodi. Vrednosti K_{OW} se obično mere na sobnoj temperaturi (25°C). Efekat temperature na K_{OW} nije signifikantan. Izmerene i određene vrednosti K_{OW} za organske hemijske supstance su reda veličine od 10^{-3} i 10^{-8} . Radi jednostavnosti izražavanja vrednosti K_{OW} u nauci i struci uveden je $\log K_{OW}$. Za mnoge hidrofilne supstance, K_{OW} je nizak i može biti ispod 1.0, što rezultuje negativnom vrednošću $\log K_{OW}$ (-1.16 za acetamid, -0.81 za metanol, -0.41 za mravlju kiselinu). $\log K_{OW}$ se kreće u opsegu od -2 do 10. Orijentaciono za procenu hidrofilnosti odnosno hidrofobnosti supstance prihvaćeno je da ako je $\log K_{OW} > 4.5$ supstanca je hidrofobna, a manje od 4.5 supstanca je hidrofilna.

K_{OW} odnosno $\log K_{OW}$ je relativna i jednostavna mera hidrofobnosti organske supstance. Uz logičan sled poznavanja osnovnih fizičko-hemijskih parametara supstance može se zaključiti da što je supstanca više hidrofobna, $\log K_{OW}$ je veće, supstanca je manje rastvorljiva u vodi, ali je veća verovatnoća da će se polutant sorbovati na partikule sa visokim sadržajem organskog ugljenika u zemljištu ili suspendovane čvrste čestice/partikule u vodi i vazduhu.

U kompleksnoj oblasti zaštite životne sredine, a posebno sorpcionim fenomenima, particioni koeficijent oktanol-voda (K_{OW}) se koristi za predviđanje i modelovanje migracije rastvorenih organskih i neorganskih hemijskih specija (neorganskih katjona metala) jedinjenja u vodnim telima i zemljištu. Particioni koeficijenti se koriste u farmaceutskoj, prehrambenoj, kozmetičkoj industriji, poljoprivredi, metalurgiji i drugim industrijskim granama i u nauci u modelovanju i migraciji, transportu različitih hemijskih specija, posebno u površinskim vodama, sedimentu, zemljištu kao i podzemnim vodama.

2.3.3. Koeficijent raspodele 1-oktanol-vazduh, K_{OA}

Koeficijent raspodele 1-oktanol-vazduh, K_{OA} , opisuje raspodelu supstance između organske faze (zemljište, biotski materijal, aerosol) i vazduha:

$$K_{OA} = \frac{S_O}{S_A} = \frac{S_O RT}{P_G}$$

Koeficijent raspodele 1-oktanol-vazduh se odnosi na raspodelu hemijskih jedinjenja između gasne faze i organske faze (površine čestica zemljišta, suspendovane čvrste faze u vodi i vazduhu, vegetacije). Koeficijent raspodele, K_{OA} , je vrlo koristan i značajan, ali je složeniji od koeficijenta K_{OW} . Raspodela je kontrolisana potencijalom supstance da se sorbuje na površinu dodirnih faza. Na osnovu odnosa H/RT (odnosno C_A/C_w , i K_{ow}) može se razviti relacija koeficijent raspodele oktanol-vazduh (K_{OA}) koji se može koristiti kao indikator raspodele supstance između atmosfere i organske materije:

$$K_{OA} = \frac{K_{ow} RT}{H}$$

Za isparljivost, kao protok vazduha, u realnim uslovima može da se koristi termin fluks. Prisutan je fluks od vazduha ka organskoj materiji, ili od organske materije ka vazduhu. Navedena raspodela (fluks) je veoma složena i zavisi od mnogih faktora, kao što su karakteristike jedinjenja (strukture jedinjenja), meteorološki uslovi (temperatura, pritisak, vlažnost), reljef, veličina površine i debljina graničnog sloja između faza životne sredine (atmosfera, hidrosfera, pedosfera) i drugih fizičko-hemijskih, meteoroloških i hidroloških parametara.

Particioni koeficijent oktanol-vazduh (K_{OA}) je teško predvideti za opseg raspodele supstance iz atmosfere u organski medijum uključujući zemljište, vegetaciju i čestice aerosola. K_{OA} može da se odredi i kao odnos partitionih koeficijenata za sisteme oktanol-voda i vazduh-voda:

$$K_{OA} = \frac{S_O}{S_A} = \frac{Z_O}{Z_A} = \frac{K_{OW}}{K_{AW}}$$

2.3.4. Particioni koeficijent zemljište-vazduh, K_p

Koeficijent raspodele polutanta između vazduha i zemljišta može da se koristi kao prostorni i vremenski pokazatelj atmosferskih koncentracionih nivoa organskih supstanci i koncentracija njihove depozicije na zemljište. Raspodela polutanta između atmosfere i zemljišta zavisi od koncentracije polutanta u obe sredine/faze, kao i od specifičnih fizičko-hemijskih karakteristika jedinjenja/polutanta. Faktori koji dominantno definišu transport supstanci iz atmosfere u zemljište, odnosno zadržavanje supstanci u zemljištu, su relativno visoka koncentracija supstanci

u vazduhu, niska ambijentalna temperatura, niske koncentracije supstanci u zemljištu i visok sadržaj organskog ugljenika u zemljištu. Raspodela polutanta između zemljišta i vazduha može da se definiše particionim koeficijentom zemljište-vazduh, K_p :

$$K_p = \frac{C_s}{C_A}$$

gde je:

C_s - koncentracija polutanta u zemljištu (mol/kg^3),.

C_A - koncentracija polutanta u atmosferi (mol/m^3).

Pri raspodeli polutanata između zemljišta i vazduha, dva složena procesa imaju ključnu ulogu: organski kontaminanti su u kinetičkoj kompeticiji sa molekulima vode za adheziju na neorganske sedimente, dok, u isto vreme, organski polutanti mogu da se sorbuju između organske i neorganske faze sedimenta. U sistemu zemljište/voda koji sadrži značajnu koncentraciju organskog ugljenika, organski ugljenik kao primarni sorbent i adsorpcioni koeficijent za zemljište, K_{OC} , može da se koristi za opis particije kontaminanata između vode i organskog ugljenika. K_{OC} vrednosti variraju u zavisnosti od tipa zemljišta, pH zemljišta, kiselo-baznih osobina kontaminanta i tipa organske materije u zemljištu.

Perzistencija određuje i definiše kinetiku brzine uklanjanja ili smanjenja zagađujuće supstance (proces mitigacije) fizičkim, biološko/mikrobiološkim ili hemijskim procesima. Perzistentnost i kretanje zagađujućih supstanci u prirodnim uslovima zavise od tendencije polutanta da se sorbuje na zemljište, odnosno koeficijenta adsorpcije za zemljište korigovanog za sadržaj organskog ugljenika (K_{OC}) i vremena poluživota polutanta u zemljištu $t_{1/2}$ (vremena koje je potrebno da se razgradi 50% od početne koncentracije supstance/polutanta). Koeficijent organskog ugljenika (K_{OC}) zavisi od adsorpcionog koeficijenta K_d i udela organskog ugljenika u zemljištu $w(OC)$:

$$K_{OC} = \frac{K_d}{w(OC)} \cdot 100$$

Adsorpcioni koeficijent K_d se definiše kao odnos koncentracije supstance adsorbovane za zemljište (C_s) i koncentracije u „zemljišnom rastvoru“ (C_e).

$$K_d = \frac{C_s}{C_e}$$

C_s i C_e se izražavaju u jedinicama ($\mu\text{g/g}$), a K_d , K_{OC} i $w(OC)$ su bezdimenzionalne veličine. Visoke vrednosti K_d ukazuju da je supstanca sorbovana na površinu zemljišta (Vojinović Miloradov et al., 2014).

2.3.5. Particioni koeficijent gasovita-čestična faza u atmosferi, K_p

Pri određivanju koeficijenta raspodele supstance između gasovite i čvrste čestične faze u atmosferi, stepen sorpcije molekula zagađujuće supstance na dispergovane čestice prisutne u atmosferi opisuje se relacijom:

$$K_p = \frac{C_p}{C_G}$$

C_G - koncentracija komponente/polutanta u gasovitoj fazi vazduha (mol/m^3 vazduha)

C_p - koncentracija komponente u čvrstoj (čestičnoj) fazi vazduha (mol/m^3 vazduha).

2.3.6. Veza između partitionih koeficijenata K_{oc} i K_{ow}

U životnoj sredini izuzetno je važno za razumevanje procesa distribucije, particije, mobilnosti i transporta polutanata da se definiše veza između partitionih koeficijenata koji se odnose na realne heterogene sisteme u životnoj sredini sa raspodelom koja se odnosi na oktanol. Particioni koeficijenti, odnosno vazduh- voda- oktanol raspodela se ne mogu direktno primeniti na medijume životne sredine, jer se koriste u slučajevima za vazduh i vodu kao čiste supstance. Na taj način istraživanja su usmerena da se povežu partitioni koeficijent za sistem oktanol-voda (K_{ow}) sa koeficijentom raspodele za sisteme zemlja-voda ili ribe-voda (Vojinović Miloradov et al., 2008).

Istraživanja iz oblasti poljoprivredne hemije potvrdila su da se hidrofobna organska jedinjenja sorbuju prvenstveno na organske materije prisutne u zemljištu. Slična zapažanja su registrovana i pri analiziranju sedimenata. Pokazano je da je organski ugljenik odgovoran za potencijal sorpcije sedimenta i da se partitioni koeficijenti između sedimenta i vode mogu da definišu preko partitionog koeficijenta organskog ugljenika (K_{oc}) koji je povezan sa oktanol - voda partitionim koeficijentom (K_{ow}). Utvrđena je relacija koja povezuje ova dva podeona koeficijenta.

Relacija je dobijena na osnovu brojnih eksperimenata, u kojima je partitioni koeficijent zemlja-voda meren za raznovrsne tipove zemljišta koja sadrže različite koncentracije organskog ugljenika i jedinjenja različitih brojnih vrednosti partitionih koeficijenata oktanol-voda. Koncentracija zemljišta je izražavana u $\mu\text{g}/\text{g}$ ili mg/kg a vode u $\mu\text{g}/\text{cm}^3$ ili mg/L . Odnos koncentracija polutanata u zemljištu i vodi imaće jedinicu L/kg , odnosno jedinicu recipročne gustine. Particioni koeficijent za organski ugljenik je povezan sa partitionim koeficijentom oktanol-voda. Kako je partitioni koeficijent za sistem oktanol-voda bezdimenziona veličina, sledi da će konstanta 0.41 imati jedinicu L/kg .

$$K_{oc} = 0,41 \cdot K_{ow}$$

Veza između K_{OW} i K_{OC} može biti promenljiva. Istraživački rezultati ukazuju da je optimalan raspon vrednosti, zavisno od prirode organskog ugljenika, opsega 0,9 K_{OW} i 0,14 K_{OW} . Ako je poznat sadržaj organskih materija, organski ugljenik se može odrediti kao 56% sadržaja organske materije:

$$K_{OC} = 0,56 \cdot K_{OM}$$

Ovaj odnos daje konvencionalnu metodu izračunavanja stepena sorpcije jedinjenja između zemljišta ili sedimenta i vode, određujući pri tom sadržaj organskog ugljenika u zemljištu ukoliko je poznat particioni koeficijent za sistem oktanol-voda.

2.3.7. Particioni koeficijenti za sisteme lipidi-voda i ribe-voda

Istraživačke studije raspodele za sistem ribe-voda pokazale su da se primarna sorpcija hidrofobnih organskih jedinjenja u ribama odvija u lipidnom ili masnom tkivu. Sličan pristup može da se primeni i za zemljište, uz realniju povezanost između particionih koeficijenata za sisteme oktanol-voda (K_{OW}) i lipidi-voda (K_{LW}). U većini slučajeva može da se pretpostavi da su koeficijenti jednaki, osim za visoko hidrofobne supstance i složene prirodne strukture lipidne faze. Može da se izračuna približna vrednost particionog koeficijenta ribe-voda, K_{FW} , ukoliko je poznat sadržaj lipida u masnom tkivu riba. Predložena je jednostavnu linearna veza između K_{OW} i K_{FW} :

$$K_{FW} = 0,048 \cdot K_{OW}$$

Sadržaj lipida u masnom tkivu ribe znatno varira i očigledno je da postoji sorpcija i nelipidnih materija, ali se prosečno može uzeti da se u ribama nalazi oko 4,8% lipidne materije čiji je surogat oktanol po zapremini ribe.

2.3.8. Particioni koeficijent vegetacija-vazduh (K_{fA})

U principu, particioni koeficijenti se mogu definisati za svaku fazu životne sredine, koja je u vezi sa vazduhom ili vodom. Na primer, particioni koeficijent vegetacija (lišće)-vazduh (K_{fA}) (eng. *foliage-air*) može da se meri i poveže sa particionim koeficijentom oktanol-vazduh (K_{OA}). Kako je:

$$K_{fA} = \frac{Z_f}{Z_A}; K_{OA} = \frac{Z_O}{Z_A}$$

Predloženo je da vrednost za K_{fA} približno iznosi:

$$K_{fA} = 0,01 \cdot K_{OA}$$

$$Z_f = 0,01 \cdot Z_O$$

2.4. Multivarijantne analize

2.4.1. Faktorska analiza

Faktorska analiza predstavlja jednu od najpopularnijih multivarijacionih tehnika koja ima dva cilja: identifikacija i razumevanje zajedničkih karakteristika za više varijabli i smanjivanje broja varijabli u analizi kada ih je previše, pri čemu se neke od njih „preklapaju“ jer imaju slično značenje i ponašanje. Faktorska analiza je tehnika međuzavisnosti, jer traži grupu varijabli koje su slične u smislu da se „zajedno pomeraju“ i zbog toga imaju veliku međuzavisnost.

Kod tehnika međuzavisnosti ne postoji podela na zavisne i nezavisne varijable, jer su sve zapravo nezavisne. Tehnikama međuzavisnosti se zapravo traži model odnosa između varijabli koji ima funkcionalnost sa aspekta problema istraživanja. Tehnike međuzavisnosti su zapravo heuristički, aproksimativni metod kojim se pružaju optimalna rešenja.

Za efikasnu primenu faktorske analize, pa i drugih multivarijacionih tehnika međuzavisnosti, potrebno je da postoji minimalna količina redundancije varijabli, odnosno da se varijable barem delimično preklapaju u svom značenju. Zahvaljujući redundantnosti moguće je otkriti matricu u ponašanju varijabli, odnosno osnovnu ideju (faktor) kojom su identifikovani faktori reprezentuju osnovne ideje odnosno komponente koje su važne za evaluaciju i istraživanje problemskih zadataka.

Kada se definiše grupisanje varijabli uz pomoć faktorske analize, moguće je uraditi jednu od sledećih intervencija:

- ❖ Eliminisanje jedne ili više varijabli u svakoj grupi,
- ❖ Kombinovanje dva ili više rezultata sa sličnim značenjem u jedan sumarni;
- ❖ Izbor po jedne varijable iz svake grupe koja najbolje karakteriše određeni faktor i koristiti je kao marker varijablu odnosno surogat;
- ❖ Korišćenje jednog faktor skora koji predstavlja prosek svih varijabli vezanih za dati faktor.

Bez obzira koji je krajnji cilj faktorske analize, mora se voditi računa o tome kakve se varijable koriste u postupku. Izbor varijabli i njihove karakteristike imaju direktnog uticaja na konačni ishod analize. Prilikom odabira varijabli problematična su dva ključna pristupa: „Koji tip varijabli može da se analizira?“ i „Koliko varijabli treba ukupno da bude?“ uz koeficijent korelacije. Metričke varijable se mogu lako izmeriti, dok su nemetričke problematične, jer ne može da se koristi isti tip korelacije kao kod metričkih. Što se tiče veličine uzorka, nije preporučljivo analizirati uzorak koji ima manje od 50 jedinica i poželjno je da uzorak ima barem 100 jedinica.

Generalno je pravilo da postoji barem pet puta više jedinica nego što ima varijabli u bazi, a najbolje bi bilo da je taj odnos 10:1.

Postoje dve vrste faktora u faktorskoj analizi: zajednički i specifični faktori. Zajednički faktori su oni čije varijacije su podeljene između dve ili više varijabli iz skupa varijabli. Specifični faktori su oni čije su varijacije vezane za pojedinačne varijable i te varijacije nisu obuhvaćene zajedničkim faktorima. Skoro svaka varijabla ima makar malu količinu specifične varijanse. Faktorska analiza identifikuje samo zajedničke faktore. Specifični faktori nekad mogu biti od većeg značaja u nekom istraživanju od zajedničkih. Varijable koje imaju malo zajedničkog sa drugim varijablama i imaju malo faktorsko opterećenje (manje od 0,30) prema svim zajedničkim faktorima nazivaju se često „nezavisnim varijablama“.

U osnovi postoje dva pristupa u otkrivanju faktora, putem analize glavnih komponenti i faktorskom analizom u užem smislu (*Common Factor Analysis*). Analiza glavnih komponenti identifikuje sve izvore varijacija u skupu varijabli, uključujući zajedničke i specifične faktore. Faktorska analiza pokušava da otkrije i objasni samo zajedničke varijacije koji su zastupljene kod dve ili više varijabli. Kod analize glavnih komponenti 40 varijabli koje se analiziraju biće zamenjene sa samo nekoliko glavnih komponenti koje će imati signifikantno prisustvo u varijabilitetu podataka. Analiza glavnih komponenti se smatra tehnikom za redukciju obima podataka u kojoj je cilj dobiti minimalni broj faktora koji imaju maksimalni udeo u ukupnoj varijansi originalnih varijabli. Faktorska analiza se koristi da se podstakne razumevanje i značenje posmatrane pojave. Osnovni cilj faktorske analize jeste da se smanji broj povezanih, preklapajućih varijabli na manji broj nepovezanih komponenti koje bi se mogle efikasnije koristiti u daljoj analizi. Pošto je faktorska analiza u užem smislu složenija, postoji tendencija u svetu da se mnogo više primenjuje analiza preko glavnih komponenti (Rice, 2007).

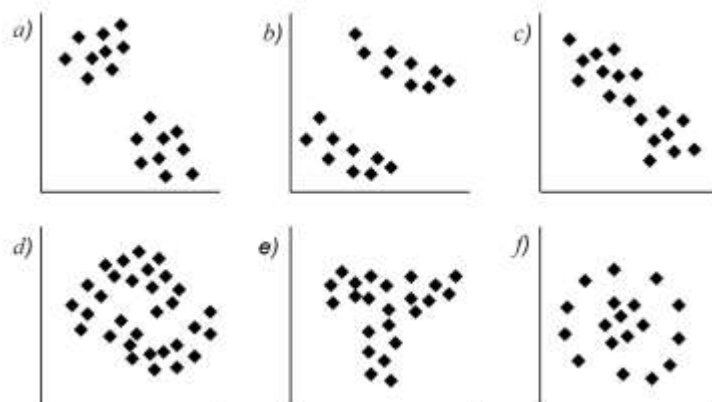
Pored navedenih podela, posmatra se još jedna podela i to na R faktorsku analizu i Q faktorsku analizu. R faktorska analiza podrazumeva otkrivanje latentnih dimenzija u skupu varijabli, odnosno služi za redukciju broja varijabli u modelu. Q faktorska analiza ima isti zadatak kao klaster analiza, a to je da grupiše jedinice posmatranja prema svojoj sličnosti u grupe ili klase. Razlika između klaster analize i Q analize je u tome što se u klaster analizi posmatraju stvarne udaljenosti između jedinica posmatranja i spajaju se najbliži parovi, dok kod se kod Q analize posmatraju slične strukture kovarijansi.

2.4.2. Klaster analiza

Klaster analiza je multivarijantna statistička metoda čiji je osnovni zadatak da grupiše objekte, fizičko-hemijske parametre, na osnovu specifičnih i jedinstvenih karakteristika. Klaster analiza klasifikuje fizičko-hemijske parametre tako da svaki parametar sličan drugim parametrima u klaster grupi na osnovu ranije definisanih kriterijuma selekcije. Specifikum klasterovanja parametara treba da doprinese unutrašnjoj homogenosti u klasteru i prepoznatljivoj heterogenosti između klastera. Hijerarhijsko aglomerativno klasterovanje obezbeđuje neposrednu i direktnu vezu i sličnosti između bilo kog uzorka i celokupnog skupa podataka. Rezultati hijerarhijskog klasterovanja predstavljaju se preko dendograma koji daju vizuelni prikaz grupisanja uz značajno smanjenje dimenzionalnosti originalnih podataka (koncentracije katjona metala). Primena Klaster analize traži definisanje mere sličnosti/različitosti među parametrima. Sličnosti definišu grupu pravila koja imaju ulogu kriterijuma za grupisanje ili razdvajanje parametara. Rastojanja ili sličnosti mogu biti bazirana na jednoj ili više dimenzija, gde svaka dimenzija je pravilo za grupisanje parametara. Najjednostavniji način za izračunavanje rastojanja između parametara u multidimenzionalnom prostoru je Euklidsko rastojanje koje predstavlja geometrijsko rastojanje između parametara u prostoru i može se prikazati određenom matematičkom relacijom. Što je Euklidsko rastojanje veće to je manja sličnost između objekata i *vice versa*. Pri primeni klaster analize neophodno je i definisanje metode povezivanja objekata u klaster. Klaster analiza grupiše jedinice (jedinke, faktore, karakteristike, performanse, hemijske specije) posmatranjem u grupe ili klase tako da se slične jedinice nađu u istoj klasi (klasteru). Grupisanje performansi sprovodi na osnovu rezultata (skora) koji se izračunava na osnovu vrednosti obeležja po svim varijablama, za svaku jedinicu posmatranja posebno. Metod koji se koristi za klasifikaciju mora biti potpuno numerički (Rice, 2007).

Mnogi algoritmi su korišćeni za klaster analizu. Ipak, dva pristupa su se izdvojila kao najbolja. Prvi je hijerarhijski metod koji kao krajnji rezultat ima dendogram. To je grafički prikaz klastera (grupa) u obliku stabla povezivanja. Prvo se realizuju izračunavanja udaljenosti svih performansi međusobno, a zatim se grupe formiraju putem tehnika spajanja ili razdvajanja. Tehnika spajanja (aglomerativni, hijerarhijski metod) polazi od toga da je svaka performansa sama u grupi od jednog člana. Bliske grupe se postepeno spajaju dok se na kraju ne nađu svi parametri u jednoj grupi. Kod tehnike razdvajanja ide se obrnutim redosledom, gde se od jedne grupe stvaraju dve, pa od te dve sledeće dve i tako sve dok ne bude svaki parametar posmatranja poseban. To je takozvani divizionni hijerarhijski metod koji se, ipak, primenjuje mnogo ređe nego aglomerativni. Aglomerativni, hijerarhijski metod kao početnu osnovu koristi matricu udaljenosti između parametara posmatranja. Svi parametri su u grupama veličine jedan, a zatim se vrši spajanje u veće grupe koje su blizu jedna druge. Drugi pristup, nehijerarhijski, je proces raščlanjivanja tako da parametri mogu da se kreću iz jedne u drugu grupu u različitim fazama analize.

Postoji mnogo varijacija u primeni ove tehnike, ali značajnost je da se prvo pronade tačka grupisanja oko koje se nalaze parametri, na više ili manje proizvoljan način, a zatim se izračunavaju nove tačke grupisanja na osnovu prosečne vrednosti parametra. Parametar posmatranja se tada pomera iz jedne u drugu grupu ukoliko je bliža novo izračunatoj tački grupisanja. Proces se odvija iterativno, sve do postizanja stabilnosti za unapred zadani broj grupa.



Slika 2.1. Mogući rasporedi originalnih podataka kad postoje dva klastera (grupe)

Nijedna od postojećih tehnika grupisanja podataka/parametra u klaster se nije izdvojila kao najbolja. Problem je u tome što različite tehnike mogu da daju sasvim različite rezultate. Veliki uticaj ima priroda originalnih podataka. Ukoliko postoji određeni stepen preklapanja između podataka, vrlo je moguće da će različite tehnike grupisanja dati i različite rezultate. Na slici 2.1. su prikazani neki od mogućih rasporeda originalnih podataka. U slučaju a) i b) sve tehnike će verovatno dati iste klastera. U slučaju c) neke tehnike možda neće uspeti da izdvoje dva klastera, dok u slučajevima d), e) i f) će većina tehnika imati teškoća u definisanju dva klastera. Veliku ulogu u grupisanju ima subjektivni faktor, odnosno sam pristup u određivanju varijabli na osnovu kojih će se sprovoditi analiza. Izabrane varijable moraju biti relevantne u odnosu na klasifikaciju koja se traži. Hijerarhijski metod gradi klastera korak po korak, sve dok se svi parametri posmatranja ne nađu na dendogramu. Tek nakon toga se pristupa određivanju broja klastera koji imaju značaja za istraživača. Nehijerarhijski metod ili metod raščlanjivanja polazi od unapred određenog broja klastera koje istraživač sam definiše na osnovu iskustva, ranijih analiza ili preporuke statističkog softvera. Nakon toga se pristupa razvrstavanju faktora posmatranja. Postoje dva načina za razvrstavanje faktora posmatranja. Prvi je da se privremeno, na slučajan način, odrede parametri koje predstavljaju tačke grupisanja, pa se na osnovu udaljenosti od tih jedinki svi ostali parametri smeštaju u odgovarajući klaster. Određuje se onoliko tačaka grupisanja koliko je unapred definisano klastera. Nakon toga računarski program premešta jedinke iz jednog u drugi klaster da bi bili što homogeniji. Taj postupak se ponavlja nekoliko puta. Drugi način raščlanjivanja je da se razvrstavanje odvija na osnovu nekog *a priori* zadatog kriterijuma.

Tipični algoritam za metod raščlanjivanja odvija se u više koraka. Prvi korak je proizvoljno određivanje privremenih tačaka grupisanja. Program pronalazi tačku u prostoru unutar svakog klastera tako da su udaljenosti jedinica svedene na minimum. Ova tačka se naziva klasterov centroid. Centroidi se uglavnom nalaze tamo gde je najveća gustina jedinica. Centroidi se koriste kao nove tačke grupisanja za nove klastere jer su mnogo relevantniji za formiranje klastera nego inicijalne, proizvoljne tačke. Sledeći korak je izračunavanje udaljenosti svih jedinica posmatranja u odnosu na centroide radi započinjanja nove iteracije, zatim sledi određivanje novih centroida unutar klastera. Iteracije se nastavljaju sve do situacije kada preseljavanje jedinica posmatranja iz jednog u drugi klaster više ne doprinosi poboljšanju homogenosti unutar klastera (Rice, 2007). Da bi se utvrdilo da li se dobijeni klasteri zaista međusobno razlikuju koriste se četiri tehnike:

- ❖ vizuelno posmatranje grafičkih prikaza (dendograma, različitih linijskih dijagrama itd.),
- ❖ testiranje statističke značajnosti razlika između klastera preko analize varijanse,
- ❖ upoređivanje dobijenih rezultata sa rezultatima diskriminacione analize nad istim podacima,
- ❖ posmatranje klastera u kontekstu karakteristika originalnih varijabli na osnovu kojih je sprovedena analiza.

Određivanje relevantnog broja klastera ima najveći značaja. Istraživač sam treba da prosudi, u kontekstu svog istraživanja, koji broj klastera i sa kakvim karakteristikama mu je potreban. Na donošenje odluke uticaj mogu da imaju sledeći faktori:

- statistička značajnost razlike između klastera,
- veličina klastera,
- veličina uzorka,
- dekompozicija klastera na nove klastere,
- osobine klastera koje imaju smisla u kontekstu karakteristika originalnih varijabli i samog istraživanja,
- karakteristike klastera koje su od interesa za istraživača,
- karakteristike klastera u kontekstu varijabli koje nisu uvrštene u analizu

2.4.3. HASEOVI dijagrami i DART (*Decision Analysis by Ranking Technics*) softver

Multivarijantna statistika zahvaljujući ubrzanom razvoju tehnologije ima veliku primenu u praksi, u istraživačkim, teorijskim, naučnim i aplikativnim aktivnostima za napredna tumačenja eksperimentalnih rezultata istraživanja. Polje donošenja multikriterijumskih odluka se generalno zasniva na rangiranju metodologija koje omogućavaju dobijanje jednostavnog rangiranja objekata iz skupova podataka koji sadrže nekoliko kriterijuma za svaki objekat. Na osnovu dobijenog novog seta podataka procesa rangiranja moguće je proceniti objekte i definisati nove zaključke, gde bi proces rangiranja bio vrlo komplikovan posmatrajući samo originalni skup podataka, zbog kompleksnosti tumačenja i razumevanja multivarijabilnih skupova. Metode rangiranja se generalno mogu podeliti na sveukupno i delimično rangiranje. Obe metode se baziraju na osnovama diskretne matematike. Glavna razlika je u uvođenju takozvanih „nekomparabilnih“ odnosa između parametara u statističkoj metodologiji delimičnog poretka, dok u metodi sveukupnog poretka svaki parametar ima svoju vrednost. Haseovi dijagrami predstavljaju grafički prikaz matematičkih rezultata metode delimičnog rangiranja, što omogućava lakše razumevanje odnosa između parametara. Za unapređenu i jasniju interpretaciju podataka koriste se grafičke geometrijske tehnike uz softver DART. Analiza donošenja odluka na osnovu tehnologije rangiranja olakšava razmatranje i definisanje funkcionalnih veza prostornih indikatora i rezidualnih koncentracionih nivoa katjona, koji izazivaju negativne impakte na akvatičnu životnu sredinu (Manganaro et al., 2008).

Da bi se uspostavile adekvatne matrice podataka, potrebna je prethodna obrada podataka da bi se dostigla korisna evaluaciona tehnika rangiranja. Opšte i dobro poznate statističke metode kao što su klasterovanje ili analiza glavnih komponenta (PCA) pružaju zadovoljavajući tip analiza podataka. DART program implementira nekoliko metoda rangiranja korisnih u procesu ekstrakcije informacija za namenu procene rizika raznovrsnih skupova podataka, izuzetno važnih u proceni stanja svih kompartimenata životne sredine, biotskog i abiotskog matriksa.

2.5. Procena ekološkog rizika katjona metala

Procena ekološkog rizika polutanta zahteva prethodna istraživanja emisije i transporta u životnoj sredini i procenu ekspozicije živih organizama. Rezultati dobijeni iz toksikoloških studija se koriste pri izračunavanju rizika realizacije negativnih uticaja na životnu sredinu usled korišćenja potencijalno toksične supstance. Procena rizika na životnu sredinu (Environmental Risk Assessment - ERA) je analiza koja proučava dva signifikantna segmenta rizika, ekspoziciju i efekte, kao i moguće međusobne veze i interakcije korišćenih supstanci i životne sredine. Za evaluaciju rizika najbitnija relacija za izučavanje je odnos stres-odgovor (EPA, 2007). Metoda korišćena za izračunavanje koeficijenta rizika (Risk Quotient (RQ)) pomoću relacije izmerene ili procenjene koncentracije u životnoj sredini (Measured Environmental Concentration - MEC i Predicted Environmental Concentration – PEC) i procenjene koncentracije bez efekta na životnu sredinu (Predicted No-Effect Concentration - PNEC) za svaku selektovanu supstancu (Milanović et al., 2016). PNEC vrednosti za selektovane analite su preuzeti iz literature a potom korišćeni za izračunavanje RQ preko jednačine.

$$RQ = \frac{MEC (PEC)}{PNEC}$$

RQ – koeficijent rizika

MEC – izmerena koncentracija u životnoj sredini

PEC – procenjena koncentracija u životnoj sredini

PNEC – procenjena koncentracija bez efekta na životnu sredinu

U slučaju da je RQ računat pomoću MEC vrednosti predstavlja realni rizik, dok PEC vrednosti omogućavaju proračun predviđenog rizika po životnu sredinu. Procena rizika danas se smatra neophodnim podatkom za donošenje odluka na bazi dobrog naučnog osnova. Da bi se izvršila procena rizika, važno je dobiti informacije o proceni hazarda/rizika i izloženosti (akutne, hronične), kvantitativne informacije o dozi-odgovoru i proceni potencijalne izloženosti ljudi.

3. EKSPERIMENTALNI DEO

3.1. Određivanje kvaliteta površinskih voda sa fokusom na toksične katjone teških metala

Vojvodina, je tipični poljoprivredni areal, gde protiče reka Dunav kroz južne i zapadne granice. Reke u urbanim sredinama su funkcionalno povezane sa kvalitetom voda, jer direktno ispuštanje netretiranih komunalnih i industrijskih otpadnih voda u prirodne vodne recipijente dovode do kontinualnog povećanja organskog i neorganskog zagađenja (povećanjem nivoa katjona metala).

Uzorci površinske vode su prikupljeni su na tri selektovane lokacije Dunava, tri ključna lokaliteta na Tisi i dva lokaliteta na kanalu DTD prikazano na slici 3.1.

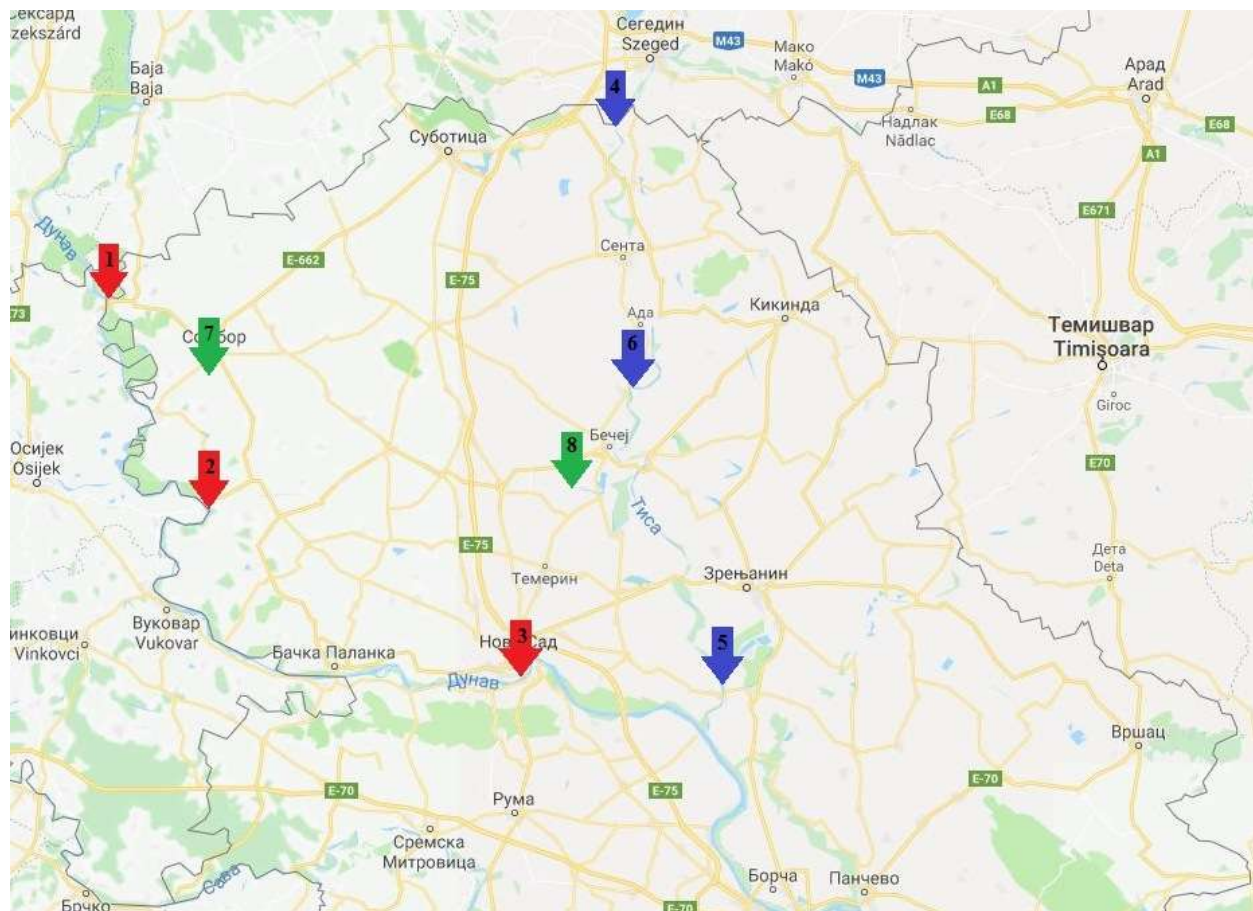
Dunav protiče kroz Srbiju dužinom od 585,5 kilometara, kao druga najveća reka u Evropi, sa ukupnom dužinom od 2857 kilometra. Posmatrane lokacije reke Dunava su lokacije na ulasku reke Dunav u Srbiju iz Republike Hrvatske i Mađarske, sve do Novog Sada i čine prvu četvrtinu (157km) od ukupnog protoka reke Dunav kroz Srbiju.

Tri reprezentativne lokacije uzorkovanja su ispitivana sa mernih mesta: Beždan gde Dunav ulazi iz Mađarske u Srbiju (stanica 42010, sa koordinatama 44°52'56"N, 25°26'29"E), Bogojevo na tački gde se Drava uliva u Dunav (stanica 42020, sa koordinatama 45°31'48"N i 19°04'54"E) i Novi Sad u blizini Novog Sada (stanica 42035, sa koordinatama 45°13'28"N i 19°50'31"E). Navedene tri lokacije su prve tri merne stanice na protoku Dunava kroz Srbiju.

Tisa, najveća pritoka Dunava, protiče u ukupnoj dužini od 965 km, izvire u Ukrajini i tokom svog toka prolazi kroz Rumuniju, Mađarsku i Srbiju gde se uliva u Dunav, sa leve kod Starog Slankamena i čini 13% vodnog toka reke Dunav. Na Tisi sa tri reprezentativna lokaliteta kolektovani su uzorci površinske vode i to na lokaciji: Martonoš gde Tisa ulazi iz Mađarske (stanica 94010, sa koordinatama 46°06'52"N, 20°05'13"E), Titel (stanica 44040, sa koordinatama 45°11'52"N, 20°19'07"E) i Novi Bečej (stanica 44030, sa koordinatama 45°35'06"N, 20°08'30"E).

Treći lokalitet određivanja rezidualnih koncentracija katjona metala je bio hidrosistem/kanal Dunav-Tisa-Dunav. Kanal Dunav-Tisa-Dunav je jedinstven hidrosistem koji povezuje reku Dunav i reku Tisu kroz Vojvodinu. Ukupna dužina kanala je 929km. Sistem DTD je plovna u svoje dve trećine dužine (plovna dužina 664km) i osnovna i najvažnija namena kanalske je upotreba za poljoprivredno navodnjavanje i odvodnjavanje zemljišta, prihvatanje upotrebljenih netretiranih voda, odbranu i zaštitu od poplavnih talasa, snabdevanje sa vodom, prihvatanje vode sa teritorija susednih zemalja, za nautički turizam, lov i ribolov, rekreaciju i druge moguće namene. Izgradnja Kanala na teritoriji Vojvodine, započeta je još davne 1718. godine, za vreme vladavine Austro-Ugarske.

U okviru lokaliteta DTD određivani su rezidualni koncentracioni nivoi katjona metala u uzorcima površinske vode i uzorcima sedimenta. Uzorci površinske vode su kolektovani na dva lokaliteta DTD i to: Sombor (stanica 92115, sa koordinatama 45°47'23"N, 19°02'06"E) i Bačko Gradište (stanica 92140, sa koordinatama 45°34'19" N, 20°01'40"E).



Slika 3.1. Kartografski prikaz mape lokacija uzorkovanja (Dunav-crveno, Tisa-plavo, DTD-zeleno).

3.2. Uzorkovanje

Uzorkovano je na ukupno 8 lokacija. Na Dunavu na tri odabrana lokaliteta: Bezdán, Bogojévo i Novi Sad, kao i na Tisi na lokalitetima: Martonoš, Novi Bečej i Titel, urađeno je 60 kampanja uzorkovanja, 12 za svaku godinu (svakog meseca po jedno merenje), tokom perioda od 2011-2015. godine, sa ukupno u 180 uzoraka površinske vode po reci. Na lokalitetu DTD uzorkovana je površinska voda na dva lokaliteta: Sombor i Veliko Gradište kao i sediment na lokalitetu Veliki Bački kanal. Određivani su koncentracioni nivoi katjona metala u čvrstoj fazi heterogenog sistema voda/muljni sediment. Ukupno je uzorkovano 66 uzorka sedimenta. Uzorkovanje je izvedeno u skladu sa akreditovanom metodom SRPS ISO 5667-12.

Protokol uzorkovanja površinskih voda sproveden je u skladu sa standardizovanim akreditovanim metodama. Svaki uzorak vode se uzorkuje sa dubine od 0,5 metara u staklene *Friedinger* posude od 5 litara za fizičko-hemijske analize. Uzorci za ispitivanje teških metala i kiseonika konzerviraju se odmah po zahvatanju uzorka vode. Za *in situ* merenja fizičko-hemijskih parametara uzorak je stabilizovan dodavanjem koncentrovane azotne kiseline, u svaku posudu za transport uzorka za analitičke laboratorijske analize. Uzorci površinske vode su čuvani na temperaturi od -15°C do +5°C pre daljih analiza.

Pored drugih fizičko-hemijskih parametara, u uzorcima površinske vode, određeni su i posebno analizirani karakteristični i specifični indikatori površinskih voda: temperatura vode, pH, rastvoreni kiseonik i elektroprovodljivost, koji su determinisani direktno na lokacijama uzorkovanja, pre stabilizacije uzoraka sa terenskim multiparametarskim uređajem Multi 340i.

Posle uzorkovanja sedimenta, uzorak se transportuje, skladišti i obrađuje u skladu sa protokolom laboratorijske procedure uz određivanje koncentracionih nivoa katjona metala u sedimentu.

3.3. Analitičke laboratorijske analize

Određena zapremina uzoraka površinske vode je digestirana nakon dodavanja 5ml smeše kiselina ($\text{HNO}_3:\text{HClO}_4$ -9:4) i filtrirana na *Whatman42* filter papiru u zapremini od 50ml sa redestilovanom vodom. Individualni metali su ispitivani sa atomskim apsorpcionim spektrofotometrom. Talasne dužine na kojima se očitavane analize metala: Fe, Mn, Zn, Cu, Ni, Cd, Cr i Pb na talasnim dužinama 248,0 nm, 279,5 nm, 213,9 nm, 324,8 nm, 232 nm, 228,8 nm, 357,9 nm i 217nm respektivno (Sremački et al., 2016).

Fizičko-hemijski parametri su analizirani u akreditovanoj laboratoriji prema standardnim EPA analitičkim eksperimentalnim metodama.

U eksperimentalnom delu rada određivane su rezidualne koncentracije katjona metala (Fe, Mn, Cr, Cu, Zn, Pb, Cd, Hg i Ni) u uzorcima površinske vode kolektovanim blizu ispusta uliva otpadne vode u ispitivane rečne tokove Dunava, Tise i kanala DTD. Prikupljanje uzoraka površinske vode sprovedeno je u skladu sa standardizovanim načinom uzorkovanja vode standardizovanim i preporučenim metodama laboratorije. Kvantifikacija koncentracionih nivoa rezidua katjona metala urađena je primenom validovanih metoda u skladu sa Uredbom o graničnim vrednostima zagađujućih materija u površinskim i podzemnim vodama i sedimentu i rokovima za njihovo dostizanje (Službeni glasnik RS, br. 50/2012) i Uredba o graničnim vrednostima prioriternih i prioriternih hazardnih supstanci koje zagađuju površinske vode i rokovima za njihovo dostizanje (Službeni glasnik RS, br. 35/2011).

U tabeli 3.1. prikazane su standardne metode ispitivanja po kojima su katjoni metala određivani. Za statističku evaluaciju eksperimentalnih rezultata koncentracionih nivoa katjona metala i selektovanih funkcionalno zavisnih fizičko-hemijskih parametara, rezultati analiza su obrađeni primenom multivarijantnih tehnika, PCA analizom, Klaster analizom sa odgovarajućim dendogramima softverskim paketom *IBM SPSS statistics20* i Haseovom grafičkom analizom primenom DART (*Decision Analysis by Ranking Techniques*) softvera (Sremački et al., 2017).

Tabela 3.1. Nacionalne standardne metode određivanja katjona metala sa MDK i klasama voda.

Pokazatelji katjoni metala	Metode ispitivanja	Standardna metoda Propis – nacionalni	Maksimalno dozvoljene koncentracije MDK ($\mu\text{g/l}$)
Gvožđe	AAS ICP-MS ICP-OES	APHA 3111B:2005 EPA 6020 A:2007	200 (klasa 1) 100 (klasa 2) 300 (klasa 3) 1000 (klasa 4) >1000 (klasa 5)
Mangan		APHA 3111B:2005 EPA 6020 A:2007	50 (klasa 1) 50 (klasa 2) 100 (klasa 3) 250 (klasa 4) >250 (klasa 5)
Ukupni hrom		EPA 218.2:1983 EPA 6020 A:2007	25 (klasa 1) 50 (klasa 2) 100 (klasa 3) 250 (klasa 4) >250 (klasa 5)
Bakar		EPA 220.2:1983 EPA 6020 A:2007	5 (klasa 1) 5 (klasa 2) 500 (klasa 3) 1000 (klasa 4) >1000 (klasa 5)
Cink		APHA 3111B:2005 EPA 6020 A:2007	30 (klasa 1) 300 (klasa 2) 2000 (klasa 3) 5000 (klasa 4) >5000 (klasa 5)
Olovo		EPA 239.2:1983 EPA 6020 A:2007	14
Kadmijum	AAS ICP-MS ICP-OES	EPA 213.2:1983 EPA 6020 A:2007	<0,45 (klasa 1) 0,45 (klasa 2) 0,6 (klasa 3) 0,9 (klasa 4) 1,5 (klasa 5)
Živa		EPA 245.1:1983	0,07
Nikl		EPA 249.2:1983	34
		EPA 6020 A:2007	

3.4. Multikriterijumski proračuni

Brojne hemijske i toksikološke karakteristike i podaci univerzuma hemikalija su dostupni, dobijeni iz eksperimentalnih analiza ili izračunatih na osnovu kvantitativne veze između hemijske strukture, toksičnosti i aktivnosti (*Quality Structure Activity Reacture*). Za korektno tumačenje velikog broja seta podataka postoji neophodna potreba za kompjuterskim alatima posebno dizajniranim da bi se olakšala interpretacija rezultata. Često je nemoguće da se shvati značenje kompleksnih multivarijantnih setova podataka i posledično da se izvedu kritičke analitičke odluke, što je posebno značajno za obradu podataka namenjenih ekološkoj proceni i proceni hazardnih posledica po čoveka. Aktuelno polje i pristup, kao novi pravni EU okvir, REACH (Registracija Evaluacija Autorizacija Hemikalija- *Registration Evaluation and Authorisation of Chemicals*) zahteva pouzdane metode evaluacije ključnih karakteristika hemikalija.

Polje multikriterijumskog donošenja odluka je zasnovano na rangirajućim metodologijama, koje dozvoljavaju da se odredi jednostavno rangiranje objekata iz setova podataka, koji sadrže nekoliko kriterijuma za svaki objekat, što omogućava evaluaciju objekata i donošenje odluka na osnovu njihovog rangiranja, tamo gde bi ovo bilo teško, uzimajući u obzir samo originalan set podataka, usled kompleksnosti tumačenja i razumevanja multivarijantnih setova. Rezultat je uvek rangirana vrednost za svaki objekat, što je unapređeno i objašnjeno u Haseovim dijagramima, grafičkom prezentacijom matematičkih rezultata metode parcijalnog reda, što omogućava lako razumevanje odnosa između objekata (Manganaro et al., 2008).

PCA pruža zadovoljavajuće rešenje i pomaže u izvođenju odgovarajuće i korisne analize rangiranja željenih podataka.

Haseovi geometrijski dijagrami razvijeni putem DART softvera mogu da unaprede kvalitet i potvrde rezultate PCA i CA (Manganaro et al., 2008). Haseovi dijagrami predstavljaju vizualizaciju delimično određenih relacija između objekata opisanih određenim brojem varijabli. Rangiranje objekata je izvedeno prema svim varijablama stvarajući time važan i jednostavan pregled celog skupa podataka (Voyslavov, Tsakovski, & Simeonov, 2013).

4. REZULTATI I DISKUSIJA

Na osnovu eksperimentalnih rezultata na tri reprezentativna lokaliteta uzorkovanja na Dunavu, Tisi i dva lokaliteta na DTD, mogu da se kandiduju 5 osnovnih izvora kontaminacije površinskih voda rečnog bazena Dunav, organskom i posebno neorganskom kontaminacijom (katjona metala). Na prvom mestu, je svakako izvor kontaminacije direktnim ispuštanjem otpadnih (komunalnih i industrijskih) voda bez ikakvog tretmana u prirodne rečne recipijente. Drugi izvor zagađenja su poljoprivredne aktivnosti (u Vojvodini poznatoj po bogatoj poljoprivrednoj proizvodnji) a posebno agro polja i dispergovana mala baštenska gazdinstva u blizini rečnih obala i kanala. Treći izvor kontaminacije su i atmosferske otpadne vode sa kolovoza i puteva kao i mostova preko reka (tri mosta u Novom Sadu). Četvrti ne manje važan uzrok zagađenja rečnih slivova je i prekogranični unos organskog i neorganskog opterećenja iz susednih zemalja. Poslednji nepredvidivi razlog je iznenadni nekontrolisani unos različitih zagađujućih supstanci organskog i neorganskog porekla, kao i mogući akcidentalni slučajevi pri rečnom transportu kao što su udesi, izlivi, eksplozije i drugi udesni slučajevi, pri čemu se generišu visoki nivoi kontaminacije.

Katjoni teških metala kao emergentne supstance izuzetno su značajni i provokativni kontaminanti koji mogu da katališu degradaciju kvaliteta zemljišta, sedimenta i stalan su izvor zagađenja površinskih voda i imaju direktan negativan impakt po zdravlje čoveka, akvatične i terestralne organizama. Agroekosistemi kao deo antropogene sfere su apostrofirani kao izvor procesa kontaminacije prirodnih recipijenata rezidualnog otpada različitim organskim i neorganskim supstancama. Kontinuirani unos neorganskog zagađenja, posebno katjona metala, sa povećanjem koncentracije rezultuje u procesima bioakumulacije i biomagnifikacije izazivajući ubikvitarnu kontaminaciju životne sredine uz niz zdravstvenih problema ljudske populacije. Input toksičnih supstanci, a posebno rezidua katjona teških metala iz poljoprivrednih aktivnosti katališe brojne lančane i biohemijske reakcije koje remete prirodni balans ekostanja kvaliteta hidrosfere, atmosfere i pedosfere. Katjoni teških metala koji ne potiču iz geohemijskih izvora, već su antropogenog porekla, snažno remete balans puferskog kapaciteta vode i zemljišta, distribuciju i particiju zagađujućih supstanci izazivajući trajnu kontaminaciju vode, sedimenta i okolnog zemljišta čak i ako ne pripadaju grupi neperzistentnih polutanata. Kako je dinamika i kinetika unosa zagađujućih supstanci u disbalansiranim uslovima okruženja, daleko viša od hemijskih, bioloških i fizičkih degradacionih procesa u vodnim telima, dolazi do pojave novog fenomena pseudo perzistencije koji rezultuje u kontinuiranoj povećanoj kontaminaciji/zagađenju svih kompartimenata životne sredine. Hemijske reakcije pseudo perzistencije pripadaju kinetici hemijskih reakcija prvoga reda, a kontaminanti dobijaju atributivna svojstva pseudo perzistentnih supstanci. Mobilnost katjona teških metala iz antropogenih izvora zagađenja zavisi od pH sredine, kiselo baznih reakcija, sadržaja tipa i vrste organskih materija, isparljivosti (Henrijevih

konstanti), hazardnih supstanci, konstanti Kow, rastvorljivosti u vodi, sorpcionih karakteristika sedimenta, temperaturi sistema, a kod čvrste faze (sedimentu) tipu i vrste sedimenta, granulaciji čvrste faze i drugo.

Katjoni teških metala u rečnim vodnim telima potiču i iz: metalne industrije, termoelektrana, pesticida, komunalnih i industrijskih otpadnih voda, nekontrolisanog sagorevanja, izduvnih gasova i pored navedenih poljoprivrednih aktivnosti organskih i mineralnih fosforih đubriva i drugih mogućih izvora.

Slobodni katjoni teških metala koji se kontinuirano gravitaciono sedimentiraju u prirodnom heterogenom sistemu akvatične sredine tečno/čvrsto involvirani su i u brojnim različitim fizičko-hemijskim reakcijama sorbovanja, formiranja teško rastvornih jedinjenja, stabilnih kompleksa i drugih interreacionih proizvoda, što zavisi od hemijskih komponenata u tečnoj fazi ali i u čvrstoj sedimentnoj sredini.

Svi joni, katjoni $Mn^{n+}_{(aq)}$ i anjoni $Au^{n-}_{(aq)}$ u vodnoj sredini su akvatizovani. Sve rastvorljive hemijske specije u vodi u molekulskom i jonskom obliku pripadaju grupi visoko akvatizovanih kompleksnih sistema.

Deponovanje katjona teških metala u tkivima ljudskoga organizma uzrokuje intoksikaciju organizma sa brojnim poznatim i nepoznatim posledicama po ljudsko zdravlje. Izloženost ljudskog organizma katjonima teških metala u kontinuumu izaziva bolesti centralnog nervnog sistema, hepatitisa, CA hepatocita, leukemije, obolenja kardiovaskularnog sistema i druge poremećaje ljudskog zdravlja, a u akutnom delovanju galopirajuće forme neurodegenerativne multiple skleroze. Kompleksne biohemijske reakcije katjona teških metala kao i nedostatak određenih katjona u moždanoj masi su jedan od riziko faktora i prekursora Parkinsonove bolesti, Alchajmerove bolesti i drugih ozbiljnih zdravstvenih poremećaja.

4.1. Analiza glavnih komponenti

Metode analize komponenti omogućavaju da se primeni klasična PCA analiza na sirove podatke. Analiza glavnih komponenti je dobro poznata proceduralna tehnika u multivarijantnim statistikama, pri čemu transformiše p -korelirane varijable u set ortogonalnih novih varijabli, koje reprodukuju originalnu varijansnu/kovarijansnu strukturu. To implicira rotiranje p -dimenzionog prostora da bi se postigla nezavisnost između varijabli. Nove varijable nazvane glavnim komponentama (PC), su linearne kombinacije originalnih varijabli zajedno sa pravcem maksimuma varijanse u multivarijantnom prostoru i svaka linearna kombinacija objašnjava deo ukupne varijanse podatka. PC se mogu koristiti da sumiraju, u nekoliko dimenzija, većinu varijabilnosti disperzione matrice velikog broja varijabli, pružajući meru količine varijanse objašnjene u nekoliko nezavisnih glavnih osa. Nakon izračunavanja PC moguće je odabrati samo

nekoliko rezultata i projektovati originalne elemente u novi prostor, uz dobijanje redukovanog skupa podataka.

U faktorskoj analizi traži se relacija odnosa između velikog broja varijabli, sa pregledom korelacionih odnosa originalnih varijabli. Najčešće se koristi Pirsonov koeficijent proste korelacije koji pokazuje jačinu i smer veze između dve varijable. Za izračunavanje Pirsonovog koeficijenta proste korelacije potrebno je da obe varijable imaju vrednosti sa intervalne ili racio skale, dok se u slučaju ordinarne skale primenjuje specijalna verzija faktorske analize (Nieboer & Richardson, 1980). MSA (*Measure of Sampling Adequacy*) je još jedan način da se kvantifikuje stepen korelacije između varijabli i opravdanost faktorske analize. Indeks se kreće u granicama od 0 do 1. Što je MSA bliži jedinici, to je lakše predvideti određenu varijablu uz pomoć ostalih varijabli. MSA se posmatra prema sledećoj skali:

- ❖ preko 0,80 – vrlo jaka korelacija
- ❖ između 0,70 i 0,80 –jaka
- ❖ između 0,60 i 0,70 –srednja
- ❖ između 0,50 i 0,60 –slaba
- ❖ ispod 0,50 –neprihvatljiva.

MSA se povećava u slučajevima povećanja veličine uzorka, porastom prosečne korelacije, povećanjem broja varijabli i smanjivanjem broja faktora. Opšti MSA mora da bude iznad 0,50 pre nego što se primeni faktorska analiza. Ako opšti MSA padne ispod 0,50 onda specifične MSA vrednosti varijabli mogu da ukažu na one varijable koje treba isključiti iz analize (Rice, 2007).

DART je softver koji predstavlja set alata dizajniranih da se tretiraju i pred procesiraju podaci uz određivanje rangiranja seta podataka. Mogućnost da se primeni nekoliko pred procesirajućih metoda je fundamentalno za dobijanje korisnih rezultata iz rangirajućih analiza. Svrha pred procesuirajuće metode produkcija optimalnog seta podataka, bez gubitka informacija (Manganaro et al., 2008).

4.2. Evaluacija rezultata PCA analiza, dendograma i Haseovih dijagrama

U diskusionom delu analize rezultata obrađenih multivarijantnim statističkim metodama PCA, klaster analizom, dendogramima i Haseovim dijagramima rezultati su statistički evaluirani u dva seta skupova podataka:

- Dunav sa tri praćena lokaliteta u tri grupe
- Kompilovani lokaliteti (5 lokacija) Tise i DTD sa rezultatima za sediment

Analiza glavne komponente je koristan matematički alat za prepoznavanje matematičkih relacija međusobno koreliranih promenljivih, transformišući ih u manji skup nezavisnih, nekoreliranih promenljivih glavnih komponenti (PC). Da bi se minimizirao broj promenljivih i olakšala interpretacija rezultata potrebno je pronaći kriterijume za isključenje manje značajnih glavnih komponenti. Softver DART kao metoda rangiranja dozvoljava izvođenje određenih predprocesnih radnji za statističku multivarijantnu obradu. Specifične MSA vrednosti varijabli, mogu da ukažu na one varijable koje treba isključiti iz analize. Multivarijantna statistika zahvaljujući ubrzanom razvoju tehnologije ima veliku primenu u praksi.

Multivarijantno statističko procesuiranje podataka je primenjeno na izmerene rezultate selektovanih fizičko-hemijskih parametara i selektovanih katjona metala. Cilj multivarijabilne analize je da odredi međuzavisnost između različitih varijabli, kao i da poveća količinu korisnih podataka koji mogu poslužiti kao izvor informacija posmatranih procesa. PCA se pokazala kao korisna alatka za procenu skupova podataka koji predstavljaju podatke i rezultate relevantne za životnu sredinu (Caeiro et al., 2005; N. Saha et al., 2017; Varol & Şen, 2012; Vega, Pardo, Barrado, & Debán, 1998; Zhang, Juying, & Mamat, 2016).

4.2.1. Analiza rezultata reke Dunav

Dobijeni analitički rezultati uzorkovani na tri lokaliteta Dunava su statistički obrađeni i evaluirani i prikazani u tabeli 4.1. Tabela 4.1. prikazuje opseg srednjih koncentracionih nivoa katjona teških metala kao i selektovanih korelaciono povezanih fizičko-hemijskih parametara (temperature vazduha, rastvoreni slobodan kiseonik, pH i elektroprovodljivost). U tabeli 4.1. date su i granice tolerabilnih vrednosti za fizičko-hemijske parametre i katjone metala.

Visoka Pirsonova korelacija između temperature i rastvorenog slobodnog kiseonika je logična posledica poznatog fenomena smanjenja rastvorljivosti sa promenom temperature tj. *escaping* rastvorenog kiseonika iz mrežne strukture akvatičnih sistema, sa posebnom lakoćom iz površinskih voda. U skladu sa osnovnim zakonitostima rastvorljivosti gasova u vodenom mediju, rastom temperature, rastvorljivost gasova se smanjuje a manjak kiseonika pomera ravnotežne koncentracije H^+ i OH^- jona ka baznoj sredini. Srednje prihvatljiva korelacija u matrici kvaliteta

vodnih parametara, korelacija temperature i pH vrednosti zavisi od specifičnosti i konstantnosti pH vrednosti koja je ključni fizičko hemijski faktor. Prema kinetičkim modelima, termodinamička temperature utiče na sve disocijabilnih (jonizacija i disocijacija) procesa. pH vrednost je u funkcionalnoj zavisnosti termodinamičke temperature i zato su u radu praćene sezonske varijacije selektovanih fizičko-hemijskih parametara. pH vrednost varira od 7,8 sa pomerajem ka baznoj vrednosti do 8,73. Eksterno temperatura utiče na intra i interna reagovanja povećavajući pH vrednost kao što i određeni eksterni ili interni inputi slobodnih H^+ jona, hemijska reakcija soli koje hidrolizuju, disocijacija kiselih jedinjenja ili druga interreagovanja mogu da smanjuju ili povećavaju H^+ ali i OH^- jona. Optimalno regulisanje koncentracije H^+ i OH^- jona se po pravilu reguliše prirodnim puferim sistemima (bikarbonatnim), ali katjoni metala indirektno remete delovanje prirodnih puferim sistema i prirodnu balansnu ravnotežu.

Elektroprovodljivost je visoko korelisana sa temperaturom vode tj. više temperature impliciraju veću provodljivost vodenog rastvora. Empirijska iskustva pokazuju da elektroprovodljivost raste između 3 do 4 % sa porastom temperature za $1^\circ C$ (Hayashi, 2004). Elektroprovodljivost je izuzetno vredna veličina kvaliteta vode jer pokazuje kroz provodljivost električne struje ukupan sastav jonizovanih supstanci a posebno rastvorljivih soli anjona i katjona. Iako važan pokazatelj elektrostanja vodnih sistema, elektroprovodljivost ne definiše kompozitni jonski sastav akvatične sredine. Korelacija između elektroprovodljivosti i rastvorenog kiseonika je veoma visoka i obrnuto proporcijalna.

Varijacija katjona mangana je u visokoj korelaciji i zavisi od temperature (sezonske varijacije), rastvorenog kiseonika (obrnuta proporcionalnost), pH (procesi rastvorljivosti, disocijacije rastu tokom leta a samim tim i koncentracija mangana) i od elektroprovodljivosti (porast broja katjona Mn izaziva porast elektroprovodljivosti).

Eksterni uslovi vodnog sistema katališu procese jonizacije odnosno disocijacije gde raste korelacija katjona metala relativno bliskih naelektrisanja. Katjoni koji po svojoj elektronskoj strukturi mogu da imaju različita oksidaciono/redukciona naelektrisanja, autori ih po prvi put nazivaju inkompatibilnim jonskim specijama zbog mesta u naponskom nizu oksido-redukcionog hemijskog potencijala. Zbog toga postoji visoka negativna korelacija između katjona metala (gvožđe-hrom, cink-kadmijum, bakar-kadmijum, hrom-aluminijum i olovo-kadmijum)

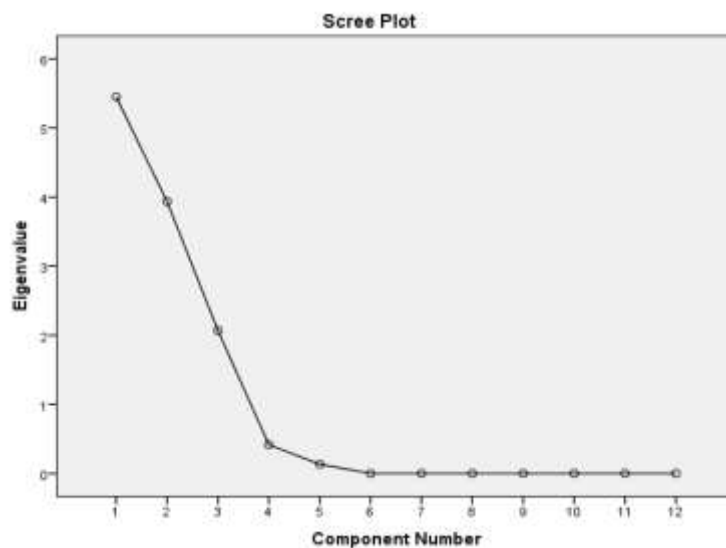
Tabela 4.1. Analizirani parametri i njihove vrednosti na selektovanim lokalitetima Dunava.

Lokacija	Parametar	Jedinica	Rang	Prosečna vrednost	Standardna devijacija	Granične vrednosti
Bogojevo	T	°C	2.0 – 27.8	13.0491	6.3743	-
	DO	µg/l	7.7 – 15.4	10.584	1.3191	>8.5
	pH	-	7.8 – 8.73	8.2266	0.0686	6.5-8.5
	EC	µS/cm	310 – 579	429.667	62.9602	<1000
	Fe	µg/l	<10 – 340	164.284	0.3065	<200
	Mn	µg/l	<10 – 50	14.155	0.0152	<50
	Zn	µg/l	6.2 – 284.2	43.008	0.0314	<200
	Cu	µg/l	1.2 – 35.5	14.617	0.0144	<22
	Cr	µg/l	<0.5 – 2.4	1.014	0.0018	<25
	Pb	µg/l	<0.5 – 7.6	0.7115	0.0008	<14
	Cd	µg/l	<0.02 – 0.22	0.01387	0.000004	<0.45
Al	µg/l	<10 – 246	105.137	0.1889	-	
Bezdan	T	°C	1.5 – 27.0	13.009	5.979999	-
	DO	µg/l	7.8 – 14.6	10.834	0.916566	>8.5
	pH	-	7.95 – 8.8	82.321	0.09462	6.5-8.5
	EC	µS/cm	313 – 603	436.98	58.24038	<1000
	Fe	µg/l	< 10 – 160	30.22	0.015498	<200
	Mn	µg/l	< 10 – 89	15.981	0.014717	<50
	Zn	µg/l	1.2 – 157.9	21.17	0.01402	<200
	Cu	µg/l	< 1 – 26.1	5.442	0.003316	<22
	Cr	µg/l	< 0.5 – 3.3	1.7333	0.002150833	<25
	Pb	µg/l	< 0.5 – 1.2	0.2774	0.0000668	<14
	Cd	µg/l	< 0.02 – 0.07	0.0183	0.00000671317	<0.45
Al	µg/l	<10 – 93.4	16.258	0.0081	-	
Novi Sad	T	°C	1.4-26.9	13.4503	7.01338	-
	DO	µg/l	6.6-13.1	9.9686	1.63363	>8.5
	pH	-	7.5-8.4	8.1542	0.08567	6.5-8.5
	EC	µS/cm	310-590	420.58	54.0166	<1000
	Fe	µg/l	<10-260	123.909	0.17058	<200
	Mn	µg/l	<10-170	14.716	0.01339	<50
	Zn	µg/l	4.2-229.2	21.321	0.01711	<200
	Cu	µg/l	<1-21.8	3.732	0.00288	<22
	Cr	µg/l	<0.5-33	0.581	0.00044765	<25
	Pb	µg/l	<0.5-2.7	0.5455	0.000298	<14
	Cd	µg/l	<0.02-0.13	0.01879	0.00000815413	<0.45
Al	µg/l	<10-267.5	73.5	0.10026	-	

Multivarijantne statističke tehnike su bile korišćene da identifikuju korelacione odnose fizičko-hemijskih parametara i determinisanih katjona metala u površinskoj vodi Dunava. PCA i Klaster analiza su bile primenjene za određivanje prostorno vremenskih varijacija u površinskoj vodi Dunava, monitoringom određenih 12 ključnih parametara na tri lokacije u periodu od 5 godina. Bazirajući se na selekciji parametara koji najviše doprinose procesima kontaminacije određena su tri lokaliteta uzorkovanja. Procesuiranje PCA komponenti sastoji se iz nekoliko faza. U prvoj fazi korelacioni koeficijenti između originalnih podataka su izračunati i prikazani u tabeli 4.2. i 4.3. kao i grafičkim prikazima (slika 4.1.) i dendogramima (slika 4.2.). 3D prikazi korelacionih odnosa tri ključna fizičko-hemijska parametara u vremenskoj koordinati po svakom drugom mesecu (zima-letno) korespondiraju sa koncentracionim nivoima detektovanih katjona metala (slika 4.3, 4.4. i 4.5.).

Tabela 4.2. Korelaciona matrica fizičko-hemijskih parametara kvaliteta površinske vode Dunava

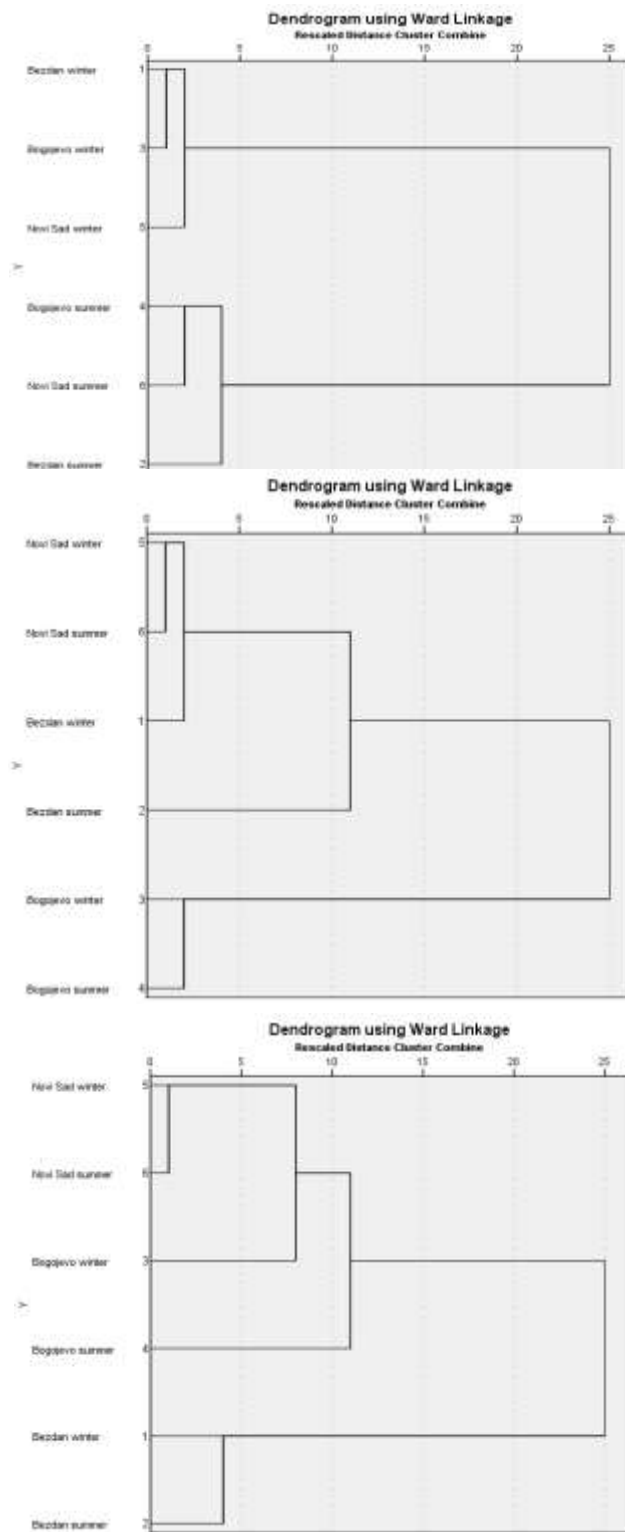
	T	DO	pH	EC	Fe	Mn	Zn	Cu	Cr	Pb	Cd	Al
T	1.00	-0.95	0.43	-0.99	0.26	0.88	0.18	0.29	-0.44	-0.01	0.27	0.36
DO	-0.95	1.00	-0.14	0.95	-0.36	-0.72	-0.11	-0.18	0.54	-0.12	-0.31	-0.42
pH	0.43	-0.14	1.00	-0.38	-0.15	0.62	0.45	0.54	0.21	-0.20	-0.20	-0.08
EC	-0.99	0.95	-0.38	1.00	-0.36	-0.88	-0.18	-0.29	0.58	-0.05	-0.29	-0.42
Fe	0.26	-0.36	-0.15	-0.36	1.00	0.01	0.63	0.65	-0.77	0.86	-0.50	0.99
Mn	0.88	-0.72	0.62	-0.88	0.01	1.00	-0.01	0.14	-0.37	-0.31	0.45	0.08
Zn	0.18	-0.11	0.45	-0.18	0.63	-0.01	1.00	0.95	-0.16	0.76	-0.87	0.67
Cu	0.29	-0.18	0.54	-0.29	0.65	0.14	0.95	1.00	-0.19	0.63	-0.81	0.70
Cr	-0.44	0.54	0.21	0.58	-0.77	-0.37	-0.16	-0.19	1.00	-0.49	0.12	-0.76
Pb	-0.01	-0.12	-0.20	-0.05	0.86	-0.31	0.76	0.63	-0.49	1.00	-0.72	0.84
Cd	0.27	-0.31	-0.20	-0.29	-0.50	0.45	-0.87	-0.81	0.12	-0.72	1.00	0.50
Al	0.36	-0.42	-0.08	-0.42	0.99	0.08	0.67	0.70	-0.76	0.84	-0.50	1.00



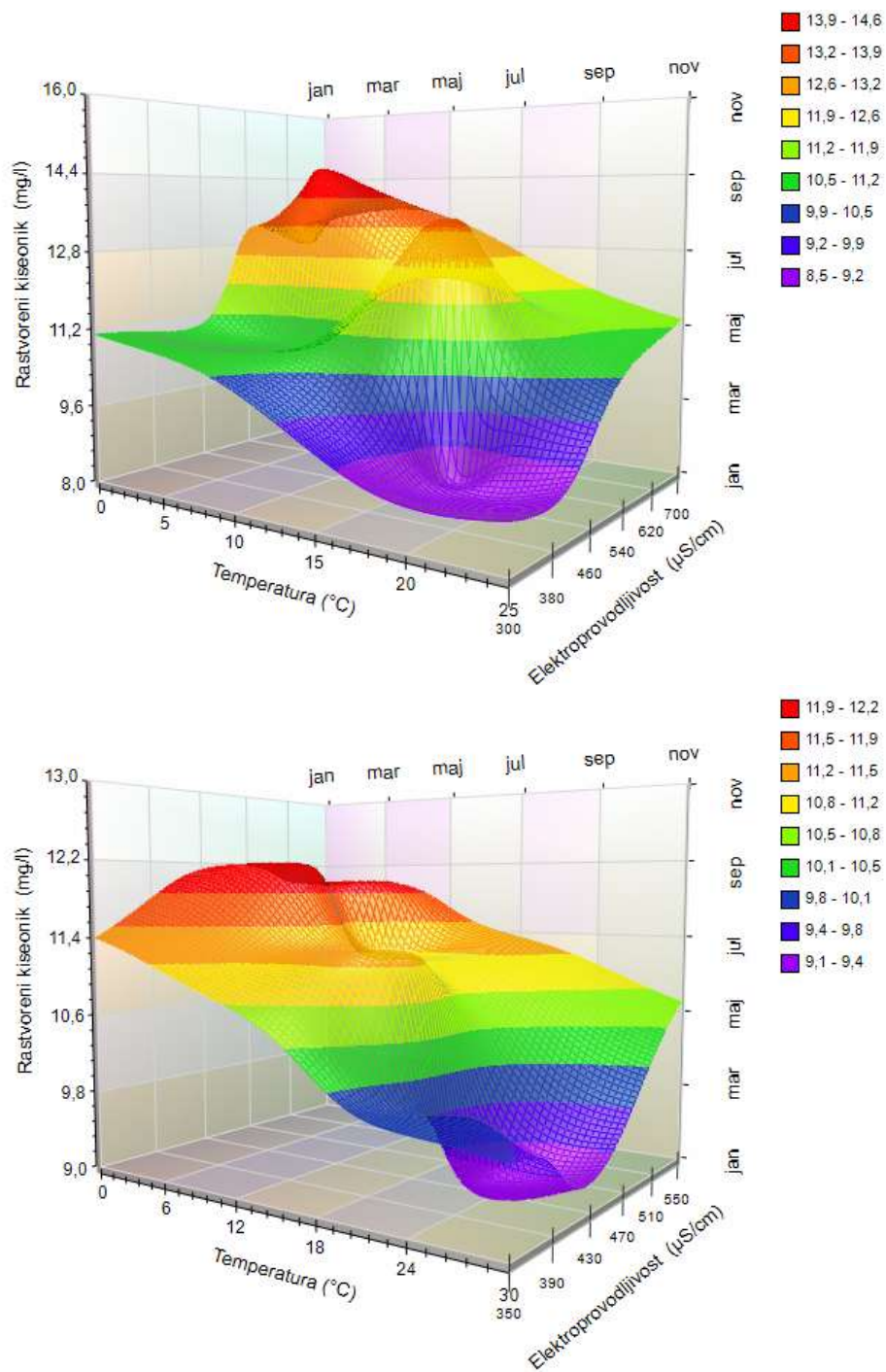
Slika 4.1. Grafički prikaz svojstvenih vrednosti

Tabela 4.3. Faktorsko opterećenje PCA analize

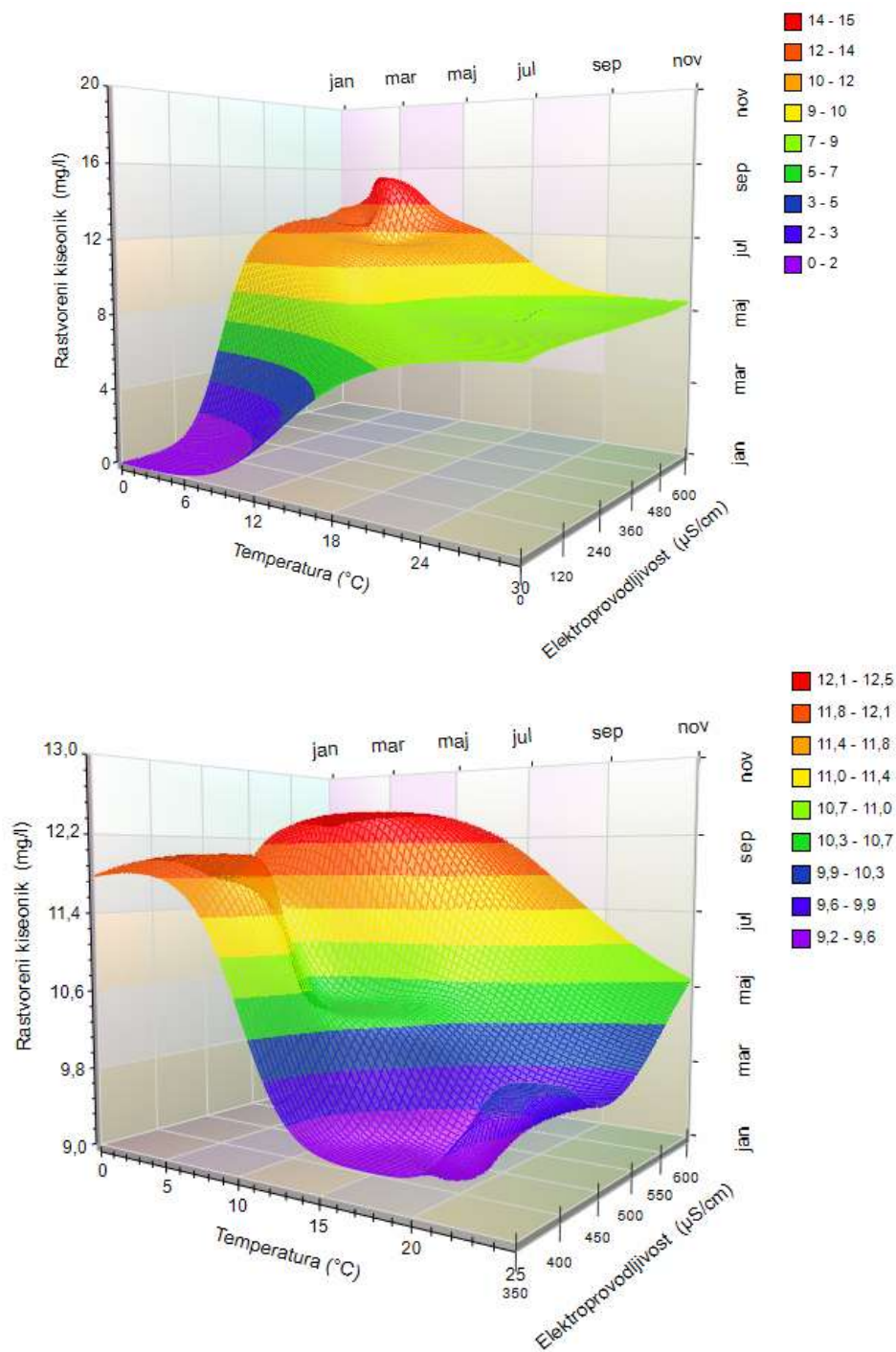
	Komponenta		
	PC 1	PC 2	PC 3
T	.971	.081	.118
DO	-.873	.065	-.342
pH	.510	.607	-.564
EC	-.968	-.050	-.234
Fe	.139	.427	.881
Mn	.966	-.015	-.155
Zn	.065	.948	.272
Cu	.196	.944	.229
Cr	-.432	.085	-.819
Pb	-.174	.555	.772
Cd	.396	-.890	-.201
Al	.213	.468	.845
Svojstvene vrednosti	4.318	3.681	3.453
% varijacije	35.984	30.675	28.776
Kumulativni %	35.984	66.659	95.435



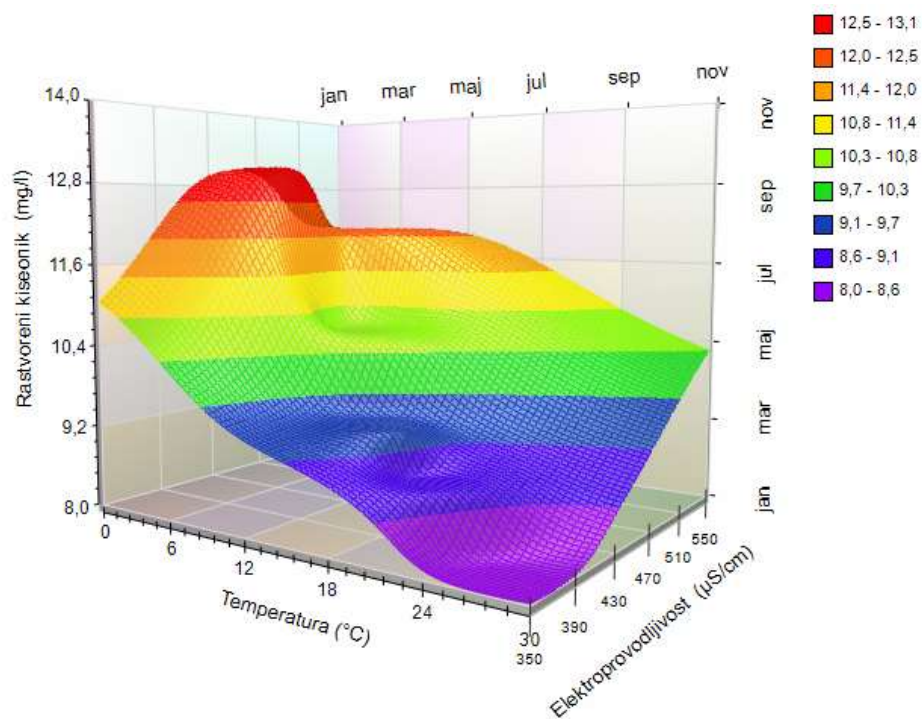
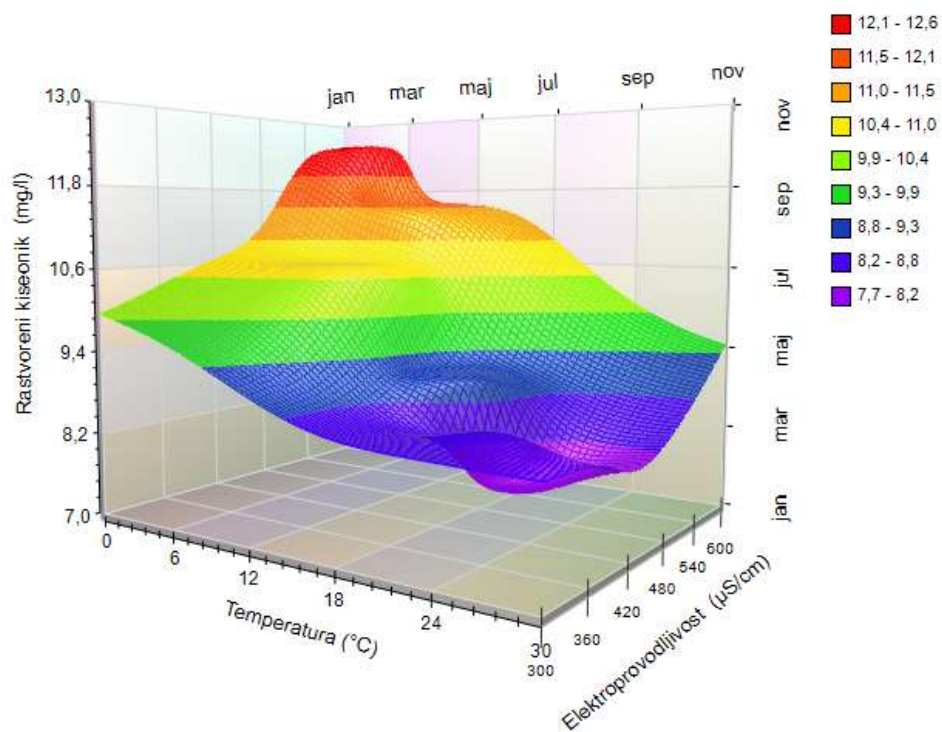
Slika 4.2. Dendrogram dobijen klaster analizom za faktorske komponente 1,2,3 respektivno.



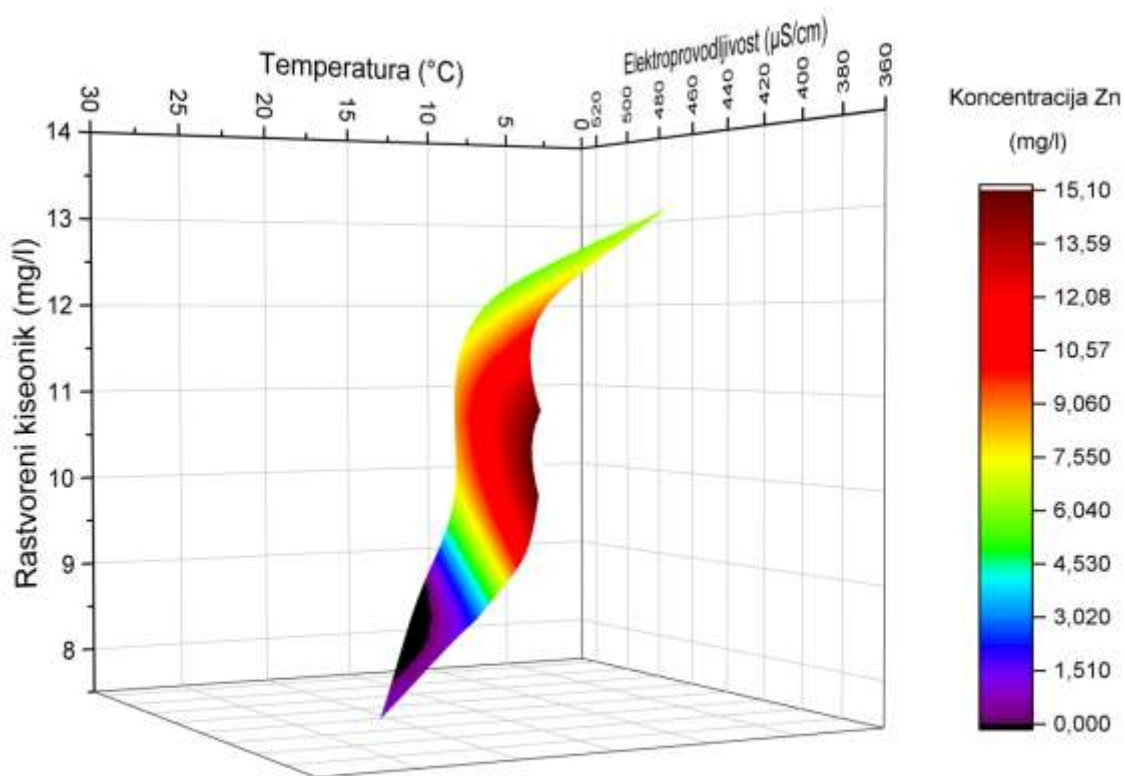
Slika 4.3. 3D prikaz korelacionih odnosa ključnih fizičko-hemijskih parametara prve i posljednje godine (2011 i 2015) praćenja rezultata za lokaciju uzorkovanja Beždan.



Slika 4.4 3D prikaz korelacionih odnosa ključnih fizičko-hemijskih parametara prve i posljednje godine (2011 i 2015) praćenja rezultata za lokaciju uzorkovanja Bogojevo.



Slika 4.5. 3D prikaz korelacionih odnosa ključnih fizičko-hemijskih parametara prve i posljednje godine (2011 i 2015) praćenja rezultata za lokaciju uzorkovanja Novi Sad.



Slika 4.6. 4D prikaz korelacionih odnosa ključnih fizičko-hemijskih parametara i koncentracije katjona Zn u 2015. godini na reci Dunav (merno mesto Novi Sad).

4D prikaz korelacionih odnosa glavnih fizičko-hemijskih parametara: rastvorenog kiseonika, temperature i elektroprovodljivosti i koncentracije katjona metala cinka u površinskoj vodi Dunava kod Novog Sada, prikazan je kao reprezentativni primer (slika 4.6.). Ostali 4D prikazi korelacionih odnosa glavnih fizičko-hemijskih parametara sa selektovanim katjonima metala dati su u prilogu 3.

4.2.2. Analiza rezultata reke Tisa i kanala DTD

Ispitivanja reke Tisa i kanala DTD, u zbirnom pregledu uzorkovano je na pet lokaliteta:

- ❖ Titel Zima/Leto,
- ❖ Novi Bečej Zima/Leto,
- ❖ Martonoš Zima/Leto,
- ❖ Bačko Gradište Zima/Leto,
- ❖ Sombor Zima/Leto.

Na selektovanim lokalitetima u površinskoj vodi Tise i kanala DTD detektovana je sledeća grupa katjona metala Fe, Mn, Zn, Cu, Cr, Pb, Cd i Al, pored ključnih fizičko-hemijskih parametara, uz praćenje interkorelacionih odnosa ključnih fizičko-hemijskih parametara i koncentracija katjona metala i sezonskih varijacija.

Analiza glavnih komponenti (PCA) je multivarijantna statistička metoda koja može da filtrira i selektuje osnovne komponente, koje definišu prisustvo, toksičnost i korelacione veze između selektovanih parametara. Klaster analiza (CA) se primenjuje da grupiše lokacije uzorkovanja sa praćenim parametrima - vezanih za koncentracione nivoe katjona ispitivanih metala. Klaster analiza je vrlo pogodna hemometrijska, matematičko-statistička alatka, koja može relativno jednostavno kvantitativno i grafički ilustrativno, da povezuje interkorelirane izabrane faktore, izabrane fizičko-hemijske karakteristike: temperaturu, rastvorljivi i slobodni O₂, pH vrednost i elektroprovodljivost, sa koncentracionim nivoima detektovanih katjona metala.

Analitički određeni i detektovani koncentracioni nivoi katjona gvožđa, mangana, cinka, bakra, hroma, olova, kadmijuma i aluminijuma na tri reprezentativna lokaliteta na Tisi i dva lokaliteta na kanalu DTD obrađeni su multivarijantnim statističkim metodama PCA, klaster analizom sa grafički dobijenim dendogramima, primenom odgovarajućih softverskih paketa (*IBM® SPSS® Statistics 20*). Korelacioni odnosi između koncentracije navedenih katjona definisani su u funkcionalnoj zavisnosti od osnovnih ključnih fizičko-hemijskih parametara temperature vode, rastvorenog kiseonika, pH i elektroprovodljivosti, a prikazani su u tabeli za deskriptivnu statistiku (Trajković et al., 2016). U tumačenju korelacionih odnosa, koristio se Pirsonov koeficijent proste korelacije koji definiše jačinu i smer interkorelacione veze između dve varijable. Kvantifikacija stepena korelacije varijabli i korektnost primene faktorske analize kvantifikuje se indeksom MSA u granicama od 0 do 1. Ako je MSA bliže 1, optimalnije je predvideti određenu varijablu uz pomoć ostalih varijabli.

Tabela 4.4. Analizirani parametri i njihove vrednosti na selektovanim lokalitetima Tise

Lokacija	Parametar	Jedinica	Rang	Prosečna vrednost	Standardna devijacija	Granične vrednosti
Martonoš	T	°C	1.0 – 28.2	13.9268	8.8729	-
	DO	µg/l	5.6 – 13.2	9.6792	2.1009	>8.5
	pH	-	7.6 – 8.59	8.0542	0.1955	6.5-8.5
	EC	µS/cm	269 – 746	438.9409	87.0357	<1000
	Fe	µg/l	< 10 – 1240	85.84733	121.5584	<200
	Mn	µg/l	< 10 – 230	16.0480	18.3113	<50
	Zn	µg/l	< 1 – 95.8	15.2717	16.4628	<200
	Cu	µg/l	< 1 – 16.5	3.2426	2.0071	<22
	Cr	µg/l	< 0.5 – 10.3	1.4419	1.2933	<25
	Pb	µg/l	< 0.5 – 6.8	0.4976	0.6168	<14
	Cd	µg/l	< 0.02 – 0.28	0.03015	0.0268	<0.45
Al	µg/l	< 10 – 768.1	47.5026	64.9530	-	
Novi Bečej	T	°C	0.6 – 28.0	13.9836	9.2504	-
	DO	µg/l	5.2 – 13.1	9.1727	2.4736	>8.5
	pH	-	7.6 – 8.67	7.9842	0.1551	6.5-8.5
	EC	µS/cm	265 – 675	444.3848	78.4602	<1000
	Fe	µg/l	< 10 – 6479	299.5132	443.528	<200
	Mn	µg/l	< 10 – 208.5	25.0998	23.8039	<50
	Zn	µg/l	2.1 – 341	45.4073	47.1013	<200
	Cu	µg/l	< 1 – 71.9	9.5625	8.4273	<22
	Cr	µg/l	< 0.5 – 25.8	1.5853	2.1212	<25
	Pb	µg/l	< 0.5 – 12.7	0.9517	1.2188	<14
	Cd	µg/l	< 0.02 – 0.37	0.0384	0.0384	<0.45
Al	µg/l	<10 – 3786	186.2838	289.6886	-	
Titel	T	°C	1.2 - 30	14.3917	9.4675	-
	DO	µg/l	5.4 - 13.6	9.5809	2.3437	>8.5
	pH	-	7.7 - 8.5	8.0541	0.1624	6.5-8.5
	EC	µS/cm	282 - 664	448.004	80.8517	<1000
	Fe	µg/l	<10 - 4887	296.712	379.019	<200
	Mn	µg/l	<10 - 157.4	30.9341	23.7311	<50
	Zn	µg/l	<1 - 186.1	42.5663	33.6393	<200
	Cu	µg/l	1.6 – 138.2	14.2156	13.8965	<22
	Cr	µg/l	<0.5 – 43.9	2.0352	3.8906	<25
	Pb	µg/l	<0.5 - 9.5	0.9755	1.2492	<14
	Cd	µg/l	<0.02 - 0.23	0.0354	0.0290	<0.45
Al	µg/l	<10 - 2864	170.621	224.931	-	

Tabela 4.5. Analizirani parametri i njihove vrednosti na selektovanim lokalitetima DTD

Lokacija	Parametar	Jedinica	Rang	Prosečna vrednost	Standardna devijacija	Granične vrednosti
Sombor	T	°C	0.4 – 28.2	14.4744	9.1241	-
	DO	µg/l	4.7 – 16.4	10.1658	3.0738	>8.5
	pH	-	7.6 – 8.46	8.1293	0.1875	6.5-8.5
	EC	µS/cm	333 – 1128	573.6242	161.3901	<1000
	Fe	µg/l	< 10 – 263.5	53.0896	54.4602	<200
	Mn	µg/l	< 10 – 36.6	8.9368	7.0534	<50
	Zn	µg/l	2.3 – 206.1	38.433	23.3823	<200
	Cu	µg/l	<1 – 148	15.5071	15.2695	<22
	Cr	µg/l	< 0.5 – 4.3	0.4484	0.3343	<25
	Pb	µg/l	< 0.5 – 1.1	0.3821	0.1471	<14
	Cd	µg/l	< 0.02 – 0.06	0.0151	0.0096	<0.45
	Al	µg/l	< 10 – 133.1	19.2873	11.3873	-
Bačko Gradište	T	°C	1.3 – 29.2	14.9662	8.8047	-
	DO	µg/l	2.2 – 20.0	11.0612	3.6554	>8.5
	pH	-	7.6 – 9.1	8.3585	0.3481	6.5-8.5
	EC	µS/cm	349 – 1292	622.2073	174.5264	<1000
	Fe	µg/l	< 10 – 276.7	49.2195	32.8689	<200
	Mn	µg/l	< 10 – 72.3	17.6167	13.3371	<50
	Zn	µg/l	3.5 – 1166	77.1926	112.4132	<200
	Cu	µg/l	< 1 – 649.8	27.7190	54.5311	<22
	Cr	µg/l	< 0.1 – 1.9	0.3568	0.1573	<25
	Pb	µg/l	< 0.5 – 1.0	0.3581	0.1320	<14
	Cd	µg/l	< 0.02 – 5.57	0.1745	0.4209	<0.45
	Al	µg/l	<10 – 187.4	27.7295	19.3767	-

Tabela 4.6. Korelaciona matrica fizičko-hemijskih parametara kvaliteta površinske vode Dunava

	T	DO	pH	EC	Fe	Mn	Zn	Cu	Cr	Pb	Cd	Al
T	1,000	-,787	,032	-,439	-,398	-,169	-,205	-,253	,211	-,608	,375	,095
DO	-,787	1,000	,382	,588	,278	,199	,290	,347	-,392	,501	-,039	-,255
pH	,032	,382	1,000	,787	-,346	-,156	,707	,677	-,417	-,370	,514	-,639
EC	-,439	,588	,787	1,000	-,226	-,345	,737	,758	-,617	-,131	,085	-,732
Fe	-,398	,278	-,346	-,226	1,000	,712	-,186	-,223	-,017	,709	-,147	,173
Mn	-,169	,199	-,156	-,345	,712	1,000	-,155	-,290	,217	,683	,332	,285
Zn	-,205	,290	,707	,737	-,186	-,155	1,000	,974	-,372	-,156	,008	-,447
Cu	-,253	,347	,677	,758	-,223	-,290	,974	1,000	-,350	-,203	-,149	-,471
Cr	,211	-,392	-,417	-,617	-,017	,217	-,372	-,350	1,000	-,145	-,201	,262
Pb	-,608	,501	-,370	-,131	,709	,683	-,156	-,203	-,145	1,000	-,175	,353
Cd	,375	-,039	,514	,085	-,147	,332	,008	-,149	-,201	-,175	1,000	-,128
Al	,095	-,255	-,639	-,732	,173	,285	-,447	-,471	,262	,353	-,128	1,000

Na osnovu obrađenih podataka PCA-analizom, detektovane su svojstvene vrednosti koje su veće od 1, prikazano na slici 4.7. i u *Scree* plotu izdiferencirana su 3 značajna faktora sa vrednostima iznad 1.

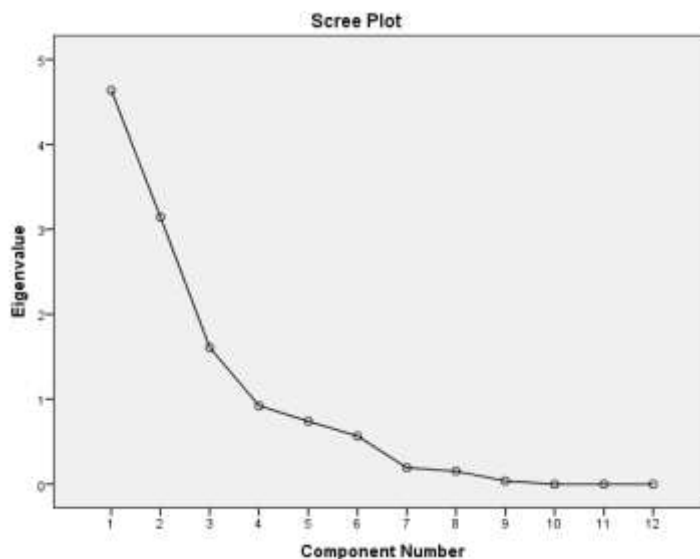
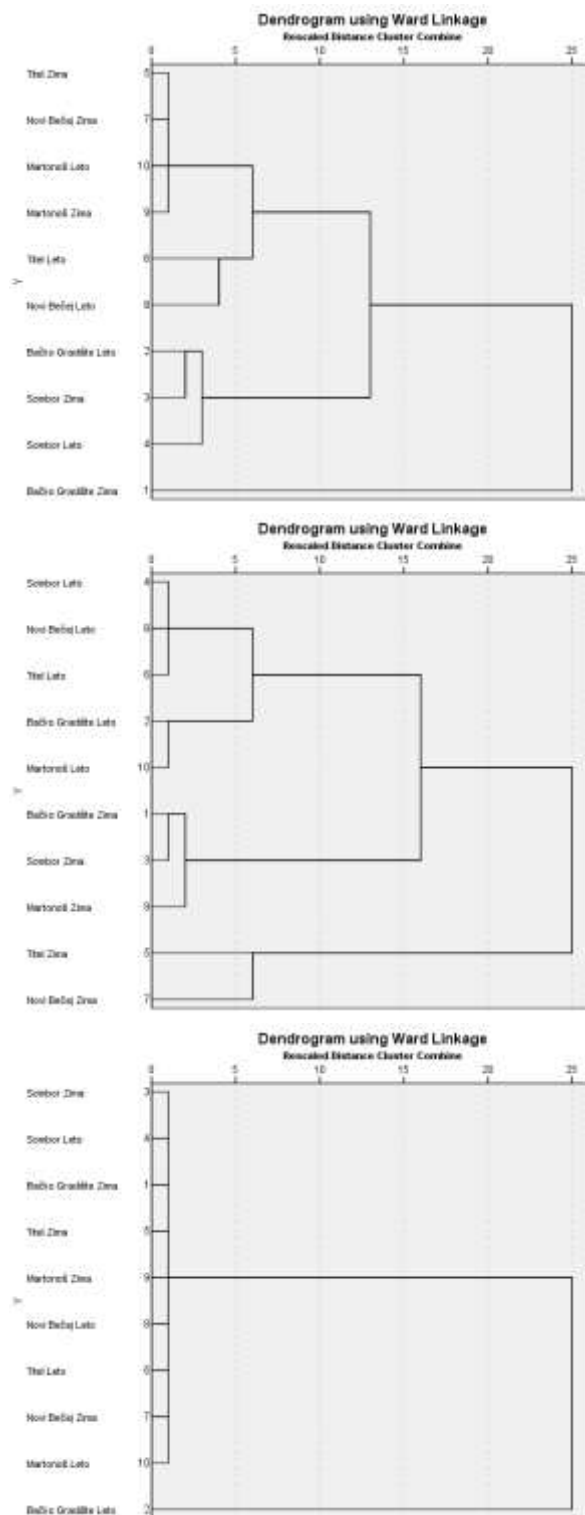
Slika 4.7. Grafčki prikaz svojstvenih vrednosti u *Scree* Plotu

Tabela 4.7. Faktorsko opterećenje PCA analize

	Komponenta		
	PC 1	PC 2	PC 3
T	-,373	-,692	,488
DO	,592	,644	-,128
pH	,851	-,197	,426
EC	,973	-,007	-,069
Fe	-,207	,821	,002
Mn	-,267	,754	,463
Zn	,838	-,086	-,064
Cu	,850	-,131	-,225
Cr	-,605	-,161	-,097
Pb	-,137	,931	-,117
Cd	,131	-,046	,960
Al	-,698	,205	-,088
Svojevredne vrednosti	4,587	3,138	1,662
% varijacije	38,229	26,150	13,846
Kumulativni %	38,229	64,379	78,225

Značajni faktori se opisuju u 78,2% ukupne varijanse i podeljeni su u tri faktora (PC1, PC2 i PC3). Prvi značajni faktor se opisuje u 38,2% ukupne varijanse. U prvom faktoru su detektovane vrednosti sa indeksom iznad 1. kod sledeći parametri: rastvoreni kiseonik, pH, elektroprovodljivost, katjoni aluminijuma, cinka, bakra i hroma. Drugi faktor se opisuje u 26,15% ukupne varijanse, gde se detektuju temperatura, rastvoreni kiseonik, katjoni olova, gvožđa i mangana, čije su vrednosti indeksa u *Scree plotu* veće od 1. Poslednji značajan faktor je PC3 vrednosti 13,85% od ukupne varijanse detektuje prisutnost samo katjona kadmijuma, što ukazuje na već poznatu toksičnost katjona Cd i u visokoj je korelaciji sa izračunatim koeficijentom rizika RQ.



Slika 4.8. Dendrogram dobijen klaster analizom za faktorske komponente 1,2,3 respektivno.

Korelacioni odnos između temperature površinske vode Tise i ponašanja slobodnog, nevezanog O_2 , je u skladu sa Henrijevim zakonom i logično pokazuje smanjenje slobodnog kiseonika u vodi reke Tisa. Porast elektroprovodljivosti sa temperaturom raste kod gotovo svih katjona metala, a posebno je izražena kod katjona Pb, što je direktna posledica disocijabilnih procesa rastvornih soli metala. pH vrednost korelaciono najviše utiče na Al, jer je aluminijum amfoterni element i u zavisnosti od pH sredine nalazi se ili u obliku Al katjona oksidacionog stanja +3, kada je sredina kisela ili u vidu dva aluminatna anjona kada je sredina bazna AlO_3^{3-} , normalni ili ortoaluminatni anjon i metaaluminatni anjon, AlO_2^- koji se formira gubitkom jednog molekula H_2O iz aluminijumove kiseline i u reakcijama kompeticije je favorizovan. Ista korelaciona vrednost je kvantifikovana kod katjona Zn, tipičnog lakog amfoternog metala koji u zavisnosti od pH sredine, figurira ili kao Zn^{2+} katjon ili cinkatni anjon ZnO_2^{2-} . Uzimajući u obzir samo oksidaciono stanje katjonskog oblika za Zn i Al, niži oksidacioni oblik katjonske specije asistira pojavu verovatnoću Zn^{2+} . Pearsonovi korelacioni koeficijenti između elektroprovodljivosti i odgovarajućih katjona su izuzetno visoki u opsegu od 0,758 do 0,617 preko 0,737- 0,732, što je najverovatnije posledica disocijabilnosti i visoke rastvorljivosti soli Zn, Cu, Cr i Al u kombinaciji nitratnog, hloridnog ili sulfatnog anjona. Korelacija između rastvorljivosti O_2 je najsignifikantnija za katjon Pb zatim Fe, Cd i Cu, što ukazuje da su niže vrednosti pH sredine povezane sa vrednostima rastvorljivog slobodnog O_2 i utiču na povećanje koncentracionih nivoa katjona metala, što je u skladu sa hemijskim karakteristikama i odgovarajućim jedinjenjima navedenih katjona, posebno kao rastvornih soli hlorida i nitrata. Više pH vrednosti sa većom koncentracijom hidroksidnih anjona utiču na smanjenje rastvorljivosti odgovarajućih soli i smanjuju toksičnost jer se formiraju teško rastvorne soli a smanjuju slobodne katjonske specije odgovorne za štetnost i hazardnost. pH vrednost, temperaturni parametar i sezonske varijacije, pokazuju da je za vreme letnjeg perioda površinska voda (reka) blago kiselija, a za vreme nižih temperatura vode pomera se ka pH vrednosti bazne skale. Primenom metode analize glavnih komponenti, tri glavne značajne komponente/faktori su detektovane, kojima se objašnjava 78,22 % ukupne varijanse. Prvom faktoru analize pripada 38,22% , drugom 26,15% i trećem 13,84% što je prikazano na *Scree Plot*-u (slika 4.6.), odnosno sa tri ključne komponente iznad 1.

Prvom faktoru u rotirajućoj matrici (tabela 4.7.) pripada 38,22% od ukupne varijanse. U prvom faktoru detektovane su vrednosti indeksa sledećih fizičko-hemijskih parametara: rastvorljivost O_2 , pH, elektroprovodljivost i katjoni Al, Zn, Cu, Cr. Drugi faktor se opisuje sa 26,15 % od ukupne varijanse 78.22% sa detektovanim faktorima temperature, rastvorenim O_2 , katjonima Pb, Fe i Mn čije su vrednosti indeksa veće od 1, što je prikazano u tabeli 4.7. Dendogram 1. (slika 4.7.) koji je obrađen za prvi faktor karakteristična su dva klastera i dva podklastera. Prvi klaster je Titel-zima i Sombor-letno, i drugi klaster je Bačko Gradište-zima. Prvi podklaster je Martonoš-letno i Novi Bečej-letno, dok je drugi podklaster Bačko Gradište-letno i Sombor-letno.

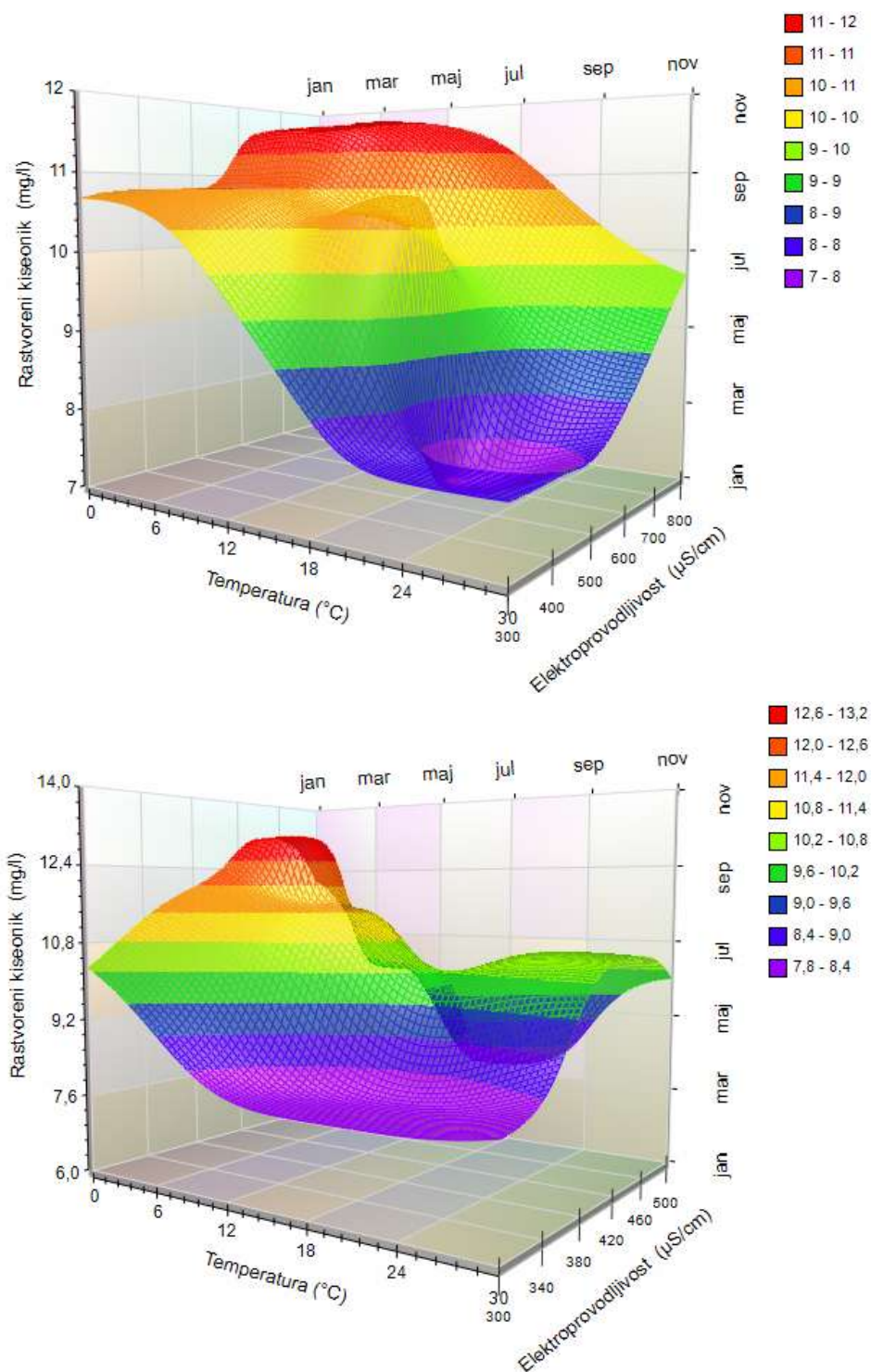
U okviru drugog faktora i Dendograma 2. (tabela 4.7. i slika 4.7.) takođe su prisutna dva klastera Sombor-letno i Martonoš-zima i drugi klaster je Titel-zima i Novi Bečej-zima, kao i dva podklastera, prvi podklaster je Novi Bečej-letno i Martonoš-letno, a drugi je Bačko Gradište-zima i Martonoš-zima. Pirsonov korelacioni faktor pokazuje izuzetno visoku korelacionu zavisnost između temperature i slobodnog O₂ i katjona Pb, odnosno ukazuje na visoke koncentracione nivoe katjona koji potiče iz širokog opsega proizvodnje i primene različitih jedinjenja olova kao: pigmenta za bojenje guma, plastike, porcelana, premaza, inicijatora detonacije i pirotehničkih sredstava kao detonatora u civilnoj upotrebi, za oblaganje elektronskih komponenti kao što su štampane ploče, u proizvodnji olovnih akumulatora, vulkanizaciji gume, specijalizovanim cementima, kao katalizatora u proizvodnji linearnih poliestara, kao i u drugim industrijama i primenama. (Prilog br. 3) Treći faktor i Dendogram 3. (tabela 4.7. i slika 4.7.) se definiše samo sa po jednim dominantnim klasterom Bačko Gradište-letno i sa drugim ne tipičnim klasterom sa relativno ujednačenim korelacionim Pirsonovim odnosima za lokalitete Sombor-zima i Martonoš-letno. Svojstvena komponenta detektovana je sa 13,84% ukupne varijanse, što pokazuje povećanu koncentraciju prisutnost odnosno visoke koncentracione nivoa katjona kadmijuma.

Analizom Dendograma 1. i Dendograma 3. (slika 4.7.) može se zaključiti da je u oba slučaja prisutan klaster Bačko Gradište samo u razlitenim sezonskim periodima, Dendogram 1. Bačko Gradište-zima i Dendogram 3. Bačko Gradište-letno. Oba klastera povezuje reprezentativni lokalitet na površinskoj vodi kanala DTD. Analizom ekstrahovane metode PCA analize zaključuje se da ova dva klastera na lokalitetu Bačko Gradište-zima/letno povezuje detektovana povećana koncentracija katjona metala koja je u direktnoj korelacionoj vezi sa povećanjem rastvorljivosti kiseonika, pH vrednostima i elektroprovodljivosti detektovanih katjona Zn, Cu, Cr, i Al u prvom dendogramu. Treći dendogram klastera Bačko Gradište-letno evidentno detektuje povećanu koncentraciju katjona kadmijuma koji je u korelacionoj vezi sa gotovo graničnom vrednošću između maksimalne i minimalne vrednosti i koeficijenta rizika (RQ) nivoa prihvatljivosti rizika za temperature (0,48) i pH vrednosti (0,42), ispod vrednosti 0,5 indeks MSA Pirsonovih korelacionih faktora, za analizirane uzorke u letnjoj sezoni. Na osnovu analiziranih uzoraka, sa mernog mesta Bačko Gradište na kanalu DTD, zaključuje se da je koncentraciono povećana prisutnost katjona kadmijuma, posledica direktnog ispusta netretiranih otpadnih voda koje se generišu industrijskom proizvodnjom i poljoprivrednim aktivnostima koje su vrlo dominantne na ovoj lokaciji. Na osnovu izračunatog izrazito visokog koeficijenta rizika RQ za lokaciju Bačko Gradište-letno za katjon kadmijuma u vrednosti 0,96 zaključuje se da je rizik za katjon Cd neprihvatljiv i da su potrebne hitne mere za umanjenje rizika sa povećanim nadzorom i mnogo frekventnijom kontrolom potencijalnih zagađivača nadzornim, operativnim ali i istraživačkim monitoringom, uz maksimalnu podršku državnih institucija, kao veoma važnog faktora u aktivnostima smanjenja svih vrsta rizika, a sa posebnim akcentom na rizike koji direktno utiču na zdravlje ljudi, životnu sredinu i akvatičnu biotu.

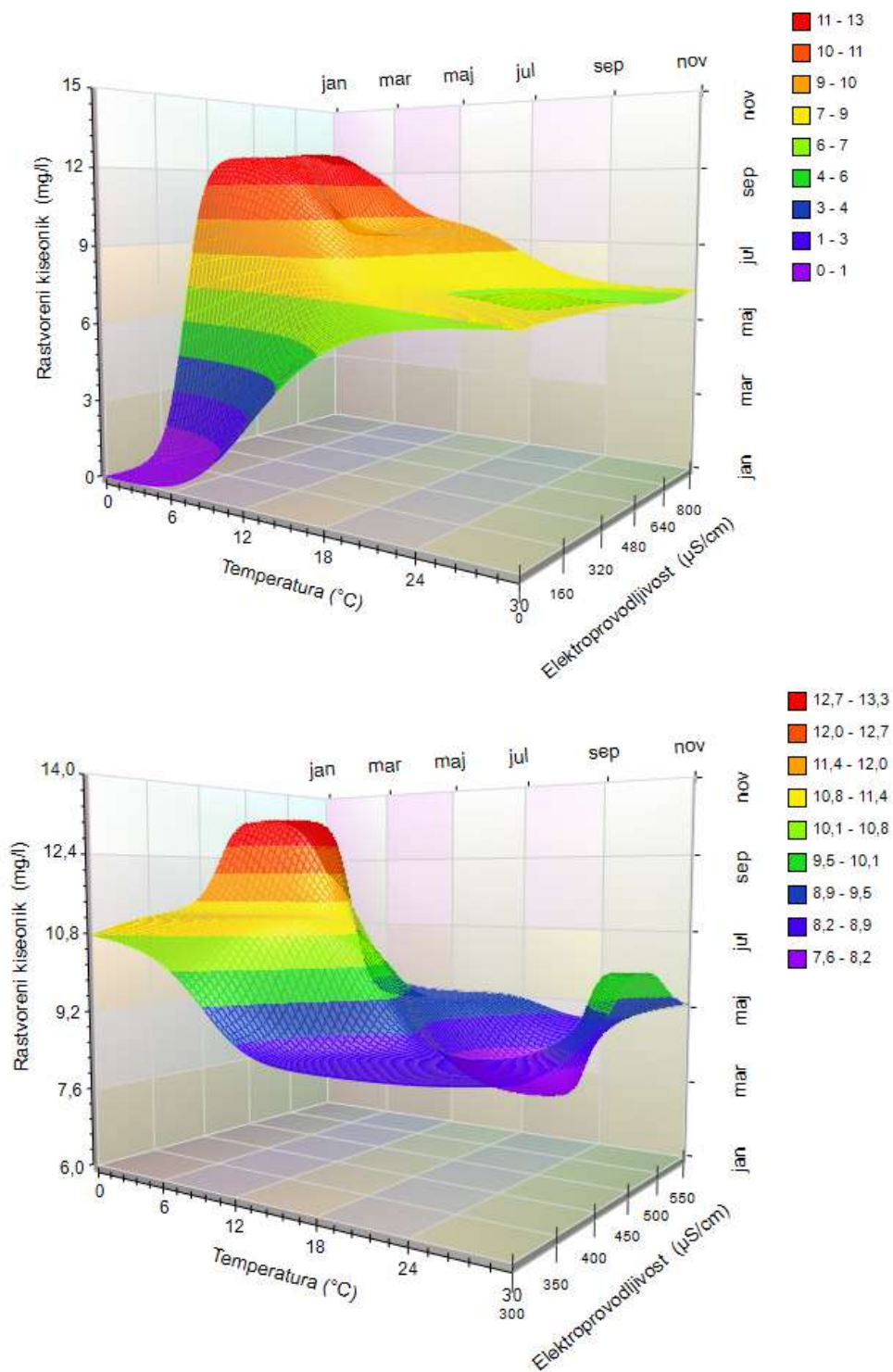
Na osnovu dobijenih koncentracionih nivoa katjona metala i korelacije pH vrednosti kao jednog od hemijski najznačajnijih faktora od četiri ključna praćena parametra, može se zaključiti da je površinska voda Dunava i Tise blago kisela do alkalna, sa gornjom granicom od pH 8. Pri razmatranju sezonskih varijacija rezultati pokazuju opseg pH vrednosti 7,2 do 7,8 za vreme zime, dok je opseg pH vrednosti površinske vode za letnji period blago kiseli sa vrednošću ispod 7,2. Visoka vrednost pH izaziva smanjenje toksičnosti akvatičnog sistema katjonima metala, jer je bazna sredina funkcionalno povezana sa formiranjem teško rastvorljivih jedinjenja tipa hidroksida, karbonata, sulfata i drugih teško rastvornih soli sa proizvodom rastvorljivosti manjim od 10^{-8} i sniženom koncentracijom slobodnih katjona. Sezonske varijacije koncentracionih nivoa ispitivanih katjona jona su argumentovane posebno sa višim nivoima koncentracije Fe u letnjem periodu nego u zimskom. Dok, katjon olova ima ujednačene koncentracione nivoe i u letnjem i zimskom periodu, što je verovatno posledica funkcionalne veze temperature i pH sredine i formiranja teško rastvornih soli olova u baznoj sredini u zimskom periodu. Kumulativno posmatrano sve soli različitih katjona teških metala pokazuju više koncentracione nivoe za vreme letnjeg perioda, nego za vreme zimske sezone. Pored karakterističnih hemijskih osobina rastvorljivosti soli metala, temperaturnog faktora i pH vrednosti, mora se pri nekontrolisanom, akcidentalnom i neočekivanom povećanju koncentracionih nivoa određenih katjona, voditi računa o eksternim unosima katjona metala u površinske vode (akcidentalni slučajevi, nekontrolisano ispuštanje otpadnih voda, velike atmosferske padavine). Koncentracije katjona cinka još jednom potvrđuje navedenu pretpostavku visokih koncentracija za vreme leta i nižim u toku zime, jer se u letnjem periodu katjoni cinka unose nekontrolisanom primenom fertilizatora, bogatih cink sulfatom.

Korelacioni funkcionalni odnos između ključnih fizičko-hemijskih faktora i koncentracionih nivoa katjona vremenske raspoređenosti po mesecima u jednoj godini, grafički vrlo korektno može da se prikaže 3D dijagramima. Istovremenost promena temperature vode, slobodnog kiseonika i elektroprovodljivosti, kao izabrana tri ključna fizičko-hemijska parametra, koja su u funkcionalnoj vezi sa koncentracionim nivoima katjona metala u akvatičnoj sredini, olakšavaju tumačenje rezultata istovremenog prikaza sadržaja slobodnog nezvanog kiseonika sa temperaturom (Henrijev zakon), disocijabilnih procesa rastvornih soli ispitivanih metala i temperature, kao i funkcionalne veze elektroprovodljivosti i temperature ali i prisutnog slobodnog kiseonika karakterističnih za posmatranu katjonsku speciju.

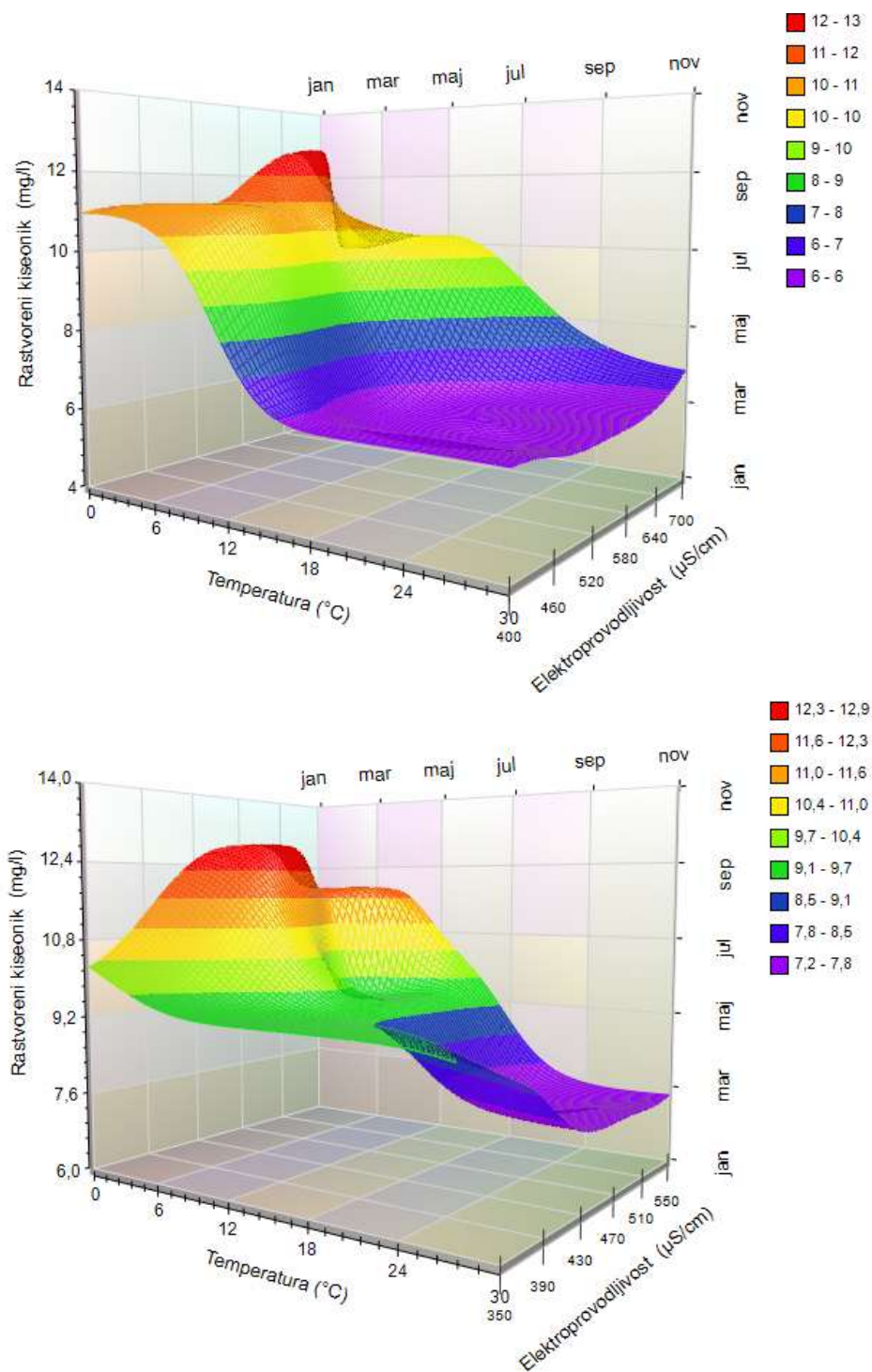
3-D grafički „pojasevi” (grafičke zone), predstavljaju površine preseka funkcionalnih zavisnosti temperature, slobodnog kiseonika i elektroprovodljivosti, koji korespondiraju sa koncentracionim nivoima ispitivanih katjona metala, merenih na mesečnom nivou u toku jedne godine (Slike 4.8, 4.9, 4.10, 4.11. i 4.12.).



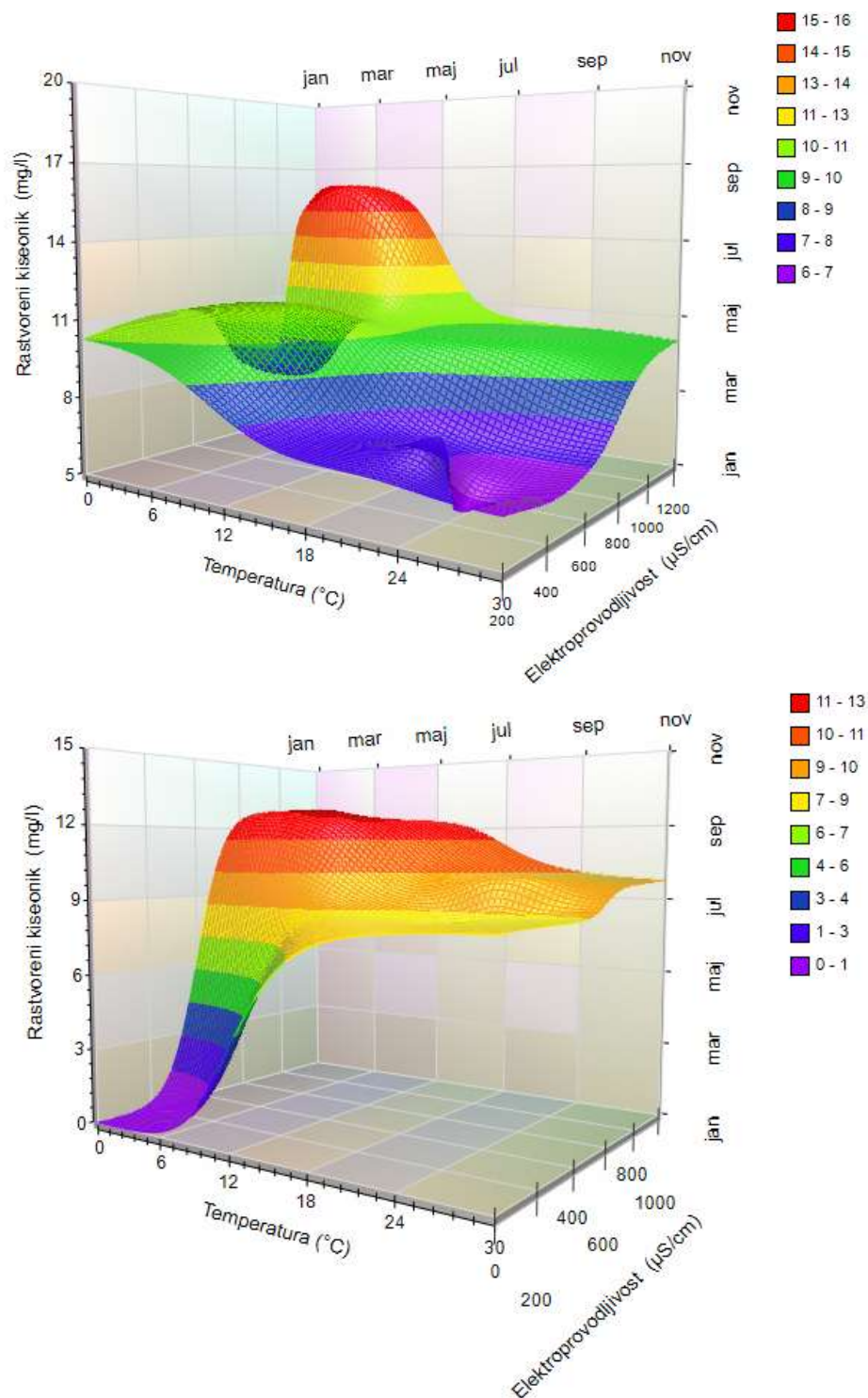
Slika 4.9. 3D prikaz korelacionih odnosa ključnih fizičko-hemijskih parametara prve i poslednje godine (2011 i 2015) praćenja rezultata za lokaciju uzorkovanja Martonoš.



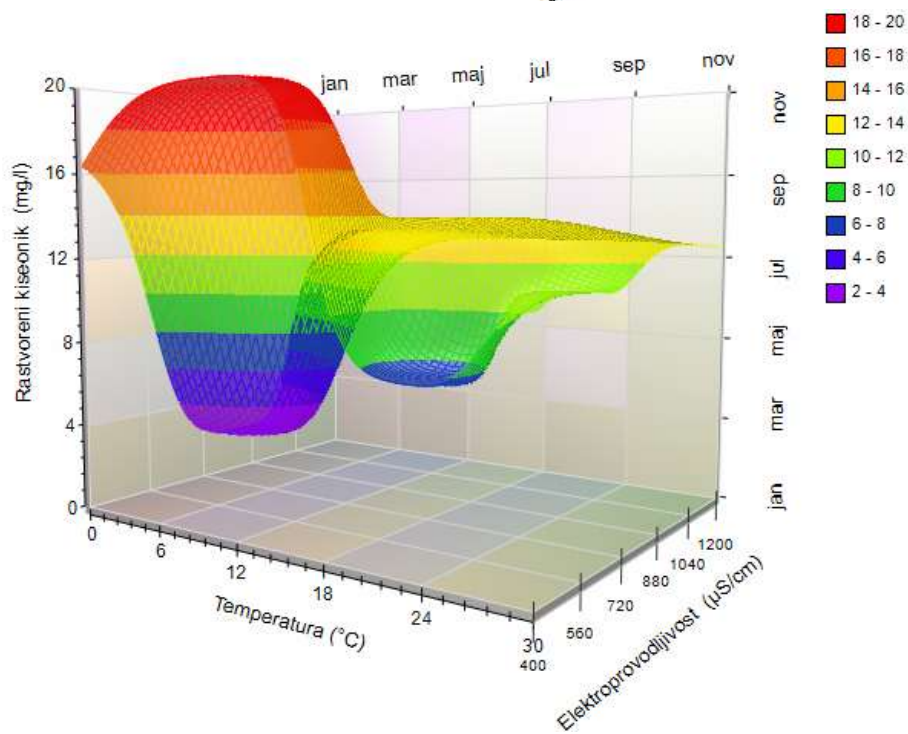
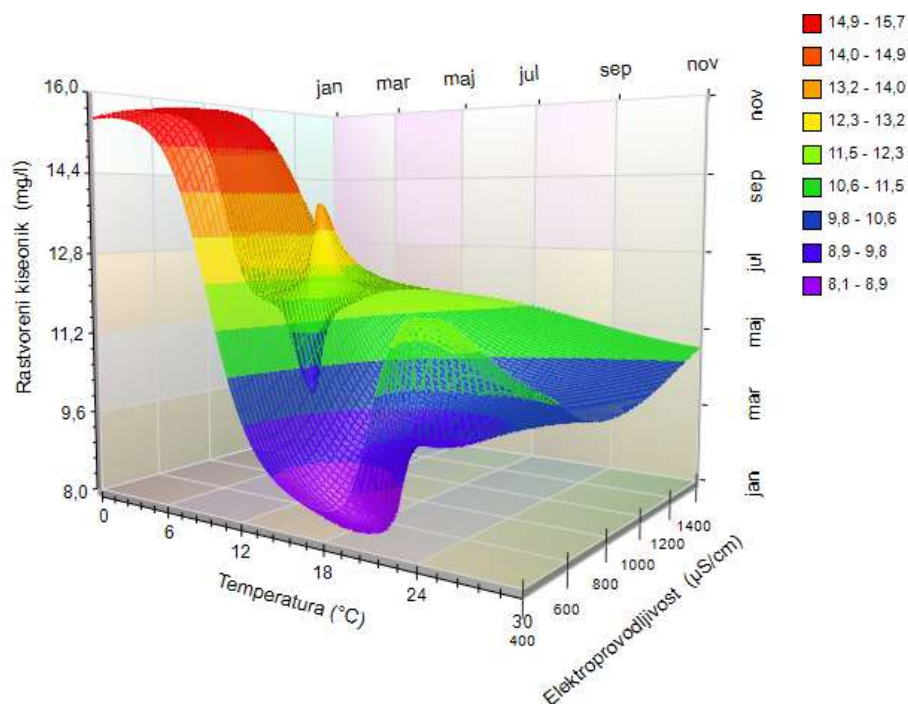
Slika 4.10. 3D prikaz korelacionih odnosa ključnih fizičko-hemijskih parametara prve i posljednje godine (2011 i 2015) praćenja rezultata za lokaciju uzorkovanja Titel.



Slika 4.11. 3D prikaz korelacionih odnosa ključnih fizičko-hemijskih parametara prve i posljednje godine (2011 i 2015) praćenja rezultata za lokaciju uzorkovanja Novi Bečej.



Slika 4.12. 3D prikaz korelacionih odnosa ključnih fizičko-hemijskih parametara prve i poslednje godine (2011 i 2015) praćenja rezultata za lokaciju uzorkovanja Sombor.



Slika 4.13. 3D prikaz korelacionih odnosa ključnih fizičko-hemijskih parametara prve i posljednje godine (2011 i 2015) praćenja rezultata za lokaciju uzorkovanja Bačko Gradište.

4.2.3. Analiza sedimenta

Analizom dobijenih koncentracionih nivoa katjona metala primenom multivarijantnih statističkih metoda, klaster analize i analize glavne komponente, praćena je dinamika vremenske promene koncentracije ispitivanih katjona metala kao i interrelacija mesta lokacije uzorkovanja reke Dunava i Tise i kanala DTD. Multivarijantne statističke metode među kojima su posebno afirmisane i istaknute klaster analiza i analiza glavnih komponenti koriste se u cilju klasifikacije modelovanja i interpretacije većih skupova rezultata analize i doprinose smanjenju dimenzija broja podataka uz izdvajanje korisnih informacija za procenu kvaliteta ispitivanih površinskih voda (reke Dunav i Tise i kanala DTD).

Uvođenjem multivarijantnih statističkih metoda doprinelo se unapređenju analiza rezultata eksperimentalnih podataka za procenu i definisanje modela procene uticaja raspodele rezidua katjona teških metala na kvalitet površinske vode recipijenta. Ključna faza u okviru istraživačkih aktivnosti je razvoj modela procene particije zagađujućih supstanci između osnovnih delova životne sredine, koja je funkcionalno povezana sa fazom istraživačkog i kontrolnog monitoringa zagađujućih supstanci.

Sediment u svetlosti dinamičko ravnotežnih procesa i sorpcije i desorpcije kao i procesa rastvorljivosti i taloženja je kontinualni izvor kontaminacije metalnim katjonima. Za procenu koncentracionih nivoa katjonskih specija u vodi i sedimentu korišćen je proces procene rizika životne sredine (ERA) merenjem koncentracionih nivoa polutanata (MEC) i prediktovanom koncentracijom koja nema negativnog efekta (PNEC) u površinskoj vodi na definisanim lokalitetima.

U doktorskoj disertaciji su po prvi put na osnovu definisanih particionih koeficijenata raspodele toksičnih supstanci u slučaju katjona ispitivanih metala izračunate konstante fenomena raspodele u heterogenom sistemu čvrsto/voda odnosno prirodnom akvatičnom sistemu voda muljni sediment, koeficijenti raspodele K_{SedW} za katjonske specije metala. U osnovnoj relaciji konstante oktanol-voda, monohidroksilni alkohol sa 8 ugljenikovih atoma, oktanol kao surogat organske faze, supstituiran je sadržajem muljnog sedimenta pri izračunavanju particije katjona metala u sedimentu i vodi.

Particioni koeficijent K_{SedW} je korišćen kao ključni pokazatelj hemijskih procesa i sudbine raspodele katjona metala u sedimentu kanala DTD (Vojinović Miloradov et al., 2008).

U tabeli 4.8. prikazane su izračunate vrednosti particionih koeficijenata u maksimalnim i minimalno detektovanim koncentracionim vrednostima. Particioni koeficijent za K_{min} katjona metala Cu, Ni, Zn, Cd, Pb, i Hg pokazuje da soli ispoljavaju hidrofilne karakteristike, dok soli Cr karakteriše pomeraj ka hidrofobnosti.

U scenariju izračunatih maksimalnih koncentracija u sedimentu, particioni koeficijent za K_{\max} katjona teških metala Ni i Zn pokazuje se hidrofilno ponašaju, dok se katjonske specije Cu, Cr, Cd, Pb i Hg pojavljuju sa hidrofobnom sposobnošću. Na osnovu matematički izračunatih vrednosti koeficijenta raspodele katjona teških metala u sedimentu kanala DTD, može se predvideti i modelirati migracija rastvorenih neorganskih hemijskih specija katjona teških metala u vodotokovima kanala DTD kao i ostalim vodnim telima sa kojima se hidrosistem direktno i indirektno povezuje, kao i zemljištu.

Tabela 4.8. Particioni koeficijent sediment-voda, KSW.

Katjon metala	Minimalna/maksimalna vrednost katjona u sedimentu		Minimalna/maksimalna koncentracija u površinskoj vodi DTD		Opseg partitionih koeficijenta K_{\min}/K_{\max} .	
Cu	25,00	570,00	1,00	6,40	3,40	4,95
Cr	40,00	1900,00	0,60	0,60	4,82	6,50
Ni	30,00	220,00	2,00	31,10	4,18	3,85
Zn	60,00	1200,00	10,00	58,00	3,78	4,31
Ca	0,03	4,60	0,02	0,03	3,18	5,18
Pb	10,00	170,00	0,50	1,00	4,30	5,23
Hg	0,10	3,60	0,10	0,10	3,00	4,56

*Koncentracioni nivoi katjona izraženi su u jedinicama $\mu\text{g/L}$

Konstante particije su specifičan fizičko-hemijski parametar opisa hidrofilnosti, odnosno hidrofobnosti zagađujućih supstanci/hemikalija uopšte, sa mogućom primenom na rastvorljive soli, odnosno akvatizovane katjone metala u čvrstoj fazi heterogenog sistema sedimenta. Poznavanje konstanti particije neorganskih soli može da prediktuje koncentracioni nivo metala u sedimentu ako je poznata koncentracija katjona metala u vodi i korespondentni koeficijent particije (Vojinović Miloradov et al., 2008). Na osnovu empirijskih iskustava za particioni koeficijent oktanol-voda predložen je semi kvantitativni kriterijum za supstance koje se raspodeljuju u organskoj i vodenoj fazi da vrednost K_{OW} koja je veća od 4,5 do 14 okvirno pripadaju grupi hidrofobnih supstanci, dok supstance čija K_{OW} je manja ili negativna od 4,5 pripadaju grupi hidrofilnih supstanci. U slučaju supstitucije organskog surogata sa muljnim sedimentom, predloženo je da opseg vrednosti za K_{SedW} od 4,5 do 7 definiše hidrofilnost/hidrofobnost kao međuraspon prihvaćenih vrednosti $4,5 \leq$ za konstante particije.

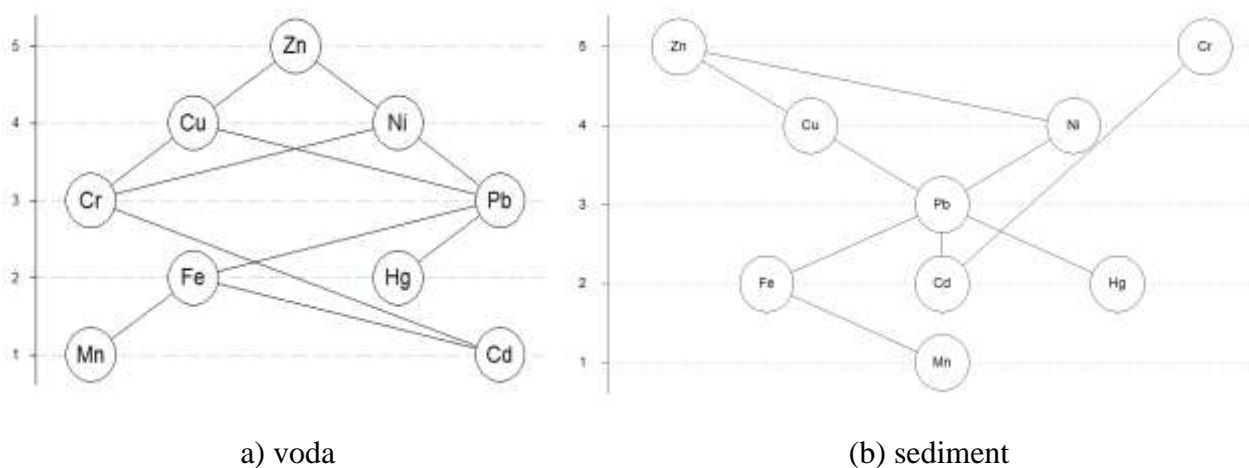
$$K_{SedW} = \frac{C_{Sed}}{C_W}$$

$$K_{SedW} > 4,5 - \text{hidrofoban}$$

$$K_{SedW} < 4,5 - \text{hidrofilan}$$

Primenom DART softvera red odnosa u matrici vizualizovan je putem Haseovih dijagrama. U Haseovim dijagramima objekti su prikazani kao krugovi sa identifikatorom grupe u nivoima (Brüggemann et al., 1995; Sørensen et al., 2003). Linija koja povezuje dva ili više objekata u Haseovim dijagramima indikuje i potvrđuje da su objekti komparabilni. Položaji objekata u zavisnosti u kojoj se zoni Haseovog diagramanalaze indikuju kontaminacioni potencijal ili nivo toksičnosti ispitivanih metalnih katjona (sa rastom nivoa raste i potencijal).

Objekti situirani u najvišim nivoima Haseovog dijagrama su maksimalni objekti, dok su objekti u najnižim zonama minimalni objekti (Tsakovski et al., 2012). Na slici 4.3. prikazani su Haseovi dijagrami za vodu i sediment sa rangiranjem katjona metala u pet nivoa. U dijagramu voda i sediment su komparirani i dobijeni očekivani, različiti rezultati. U vodi postoji samo jedan maksimalni objekat (Zn) i dva submaksimalna (Cu i Ni), dok su se u sedimentu izdvojila dva (Cr i Zn), pri čemu su submaksimalni objekti ostali nepromenjeni (Cu i Ni). Kao minimalni objekti u vodi su se dva izdvojila dva elementa (Mn i Cd) dok se u sedimentu pojavljuje samo jedan minimalni objekat (Mn) (Sremački et al., 2017).



Slika 4.14. Haseovi dijagrami metalnih katjona u vodi (a) i sedimentu (b)

4.3. Izračunavanje masenog opterećenja katjonima metala

Provokativna „inženjersko-industrijska“ karakteristika katjona metala u funkciji fluksa protoka rečnih tokova, transport, migraciju i mobilnost katjona do mesta krajnjeg unosa, odnosno skladištenja metala u Crnom moru je okvirni kvantitativni maseni bilans soli metala.

Podaci i istraživanja o masenom opterećenju katjonima metala u Dunavu i unosa u Crno more su veoma izazovni i pružaju korisne informacije o transportu, akumulaciji i sedimentacionim procesima u Dunavu na putu do Crnog mora. Poznavajući koncentracione nivoe katjona metala u Dunavu i prosečne protoke reke Q (m^3/s), može se na osnovu jednostavnih proračuna doći do masenog opterećenja katjonima metala koji se inputuju u Crno more (kg/dan ili t/god). Koncentracije katjona metala u normalnim situacijama se mogu smatrati relativno konstantnim jer je ispuštanje i unos otpadnih voda (industrijskih i komunalnih) u prirodne recipijente kontinualan, što praktično potvrđuje fenomen pseudo perzistentnosti. Fenomen pseudo perzistentnosti omogućava predviđanje koncentracionih nivoa gde nisu direktno sprovedena određivanja ali i mogućnost proračuna unosa u Crno more uzimajući u obzir poznate protoke vodnog tela. Proračun i procena masenog opterećenja katjonima metala deponovanih u Crnom moru karakteriše određeni procentualni nivo nesigurnosti do 30% (Loos et al., 2010; Vojinović Miloradov et al., 2013). Maseno opterećenje katjonima metala u Dunavu unetih u Crno more izračunato je na osnovu uprosečenog protoka reke Dunav od $6420 m^3/s$ (Loos et al., 2010) i protoka Dunava od $3000 m^3/s$ izmerenog na 1255 km kod Novog Sada, jednom od lokaliteta na kome je urađeno uzorkovanje uz determinisanje koncentracionih nivoa katjona metala u uzorcima površinske vode.

Tabela 4.9. Maseno opterećenje katjonima metala u Dunavu unetih u Crno more sa prosečnim protokom duž Dunava od $6420 m^3/s$ i protokom od $3000 m^3/s$ kod Novog Sada.

Katjon metala	Srednja koncentracija katjona metala na Dunavu kod Novog Sada [ng/L]	Maseno opterećenje [t/god]	Maseno opterećenje za protok od $3000 m^3/s$ [t/god]
Gvožđe	123909	25086.8	11722.8
Mangan	14716	2979.4	1392.3
Cink	21321	4316.7	2017.1
Bakar	3732	755.6	353.1
Hrom	581	117.6	55
Olovo	545	110.3	51.6
Kadmijum	19	3.8	1.8
Aluminijum	73500	14800.9	6953.7

U tabeli 4.9. su prikazani rezultati proračuna masenog opterećenja, odnosno depozicije katjona metala (Fe, Mn, Zn, Cu, Cr, Pb, Cd, Al) u rezervoar Crnog mora ukazujući na visoke vrednosti deponovanja okvirno za gvožđe 11700 t/god, cinka 2000 t/god ali i 55 t/god hroma, odnosno 2 tone za kadmijum.

4.4. Procena rizika zagađenja Dunava

Procena rizika životne sredine - ERA (*Environmental Risk Assessment*) ima za cilj da asistira pri proceni i izveštavanju stanja životne sredine. ERA je metod za određivanje mogućnosti štetnih ishoda ili događaja zbog kontaminacionih pritisaka ili eksternih promena uslova životne sredine, kao rezultat antropogenih aktivnosti. ERA je komplementarna sa metodama SOE (*State of Environment Reporting*), EIA (*Environmental Impact Assessment*) i menadžmentom rizika. Pristup uključuje identifikaciju, analizu i prezentaciju informacija u pogledu rizika na markere životne sredine i njihovo izveštavanje u procesima planiranja i odlučivanja. ERA ne pretpostavlja i ne pruža sve ekonomske i upravljačke informacije relevantne za donošenje odluka, niti ima kao cilj da zameni procese planiranja i upravljanja. Kao fleksibilna alatka, ERA može biti primenjena na raznovrsne i brojne probleme životne sredine različitih skala i nivoa detaljnosti, izrade različitih tipova i vrsta opsega studija na kratkim, srednjim ili dugim vremenskim skalama. U osnovi ERA je procena interakcije između upravljačkih režima i vrednosti životne sredine, te kao takva može biti upotrebljena i za identifikovanje strategija za smanjenje rizika. (Melp, 2000)

Prihvaćen pristup metode procene rizika se bazira na tehnici Koeficijenta Rizika (*RQ-Risk Quotient*), koji determiniše da li su izmereni koncentracioni nivoi selektovanih parametara sa hazardnim potencijalom prema okruženju i/ili ljudima. RQ je dobijen u proračunu odnosa izmerenih ili predviđenih koncentracija (MEC ili PEC) sa definisanim graničnim vrednostima ili predviđenim koncentracijama bez efekta (PNEC) (J. Wang, Chen, & Xia, 2010).

U svrhu procene rizika izabran je indirektan pristup, izvođenjem proračuna RQ koristeći podatke (MEC i PNEC) iz literature. Metod procene rizika životne sredine (ERA) definisana je dokumentima i pravilnicima EU direktiva. PNEC vrednosti korišćene u doktorskoj disertaciji su za Cd, Cu, Mn, Cr, Pb i Zn u µg/L su 0.02, 0.64, 1.53, 2.49, 0.2, 0.47, 0.6 i 3.07 respektivno (Bhuvaneshwari et al., 2016).

Procena rizika je sastavni deo kompleksnog procesa identifikacije opasnosti ili hazarda, sa verovatnoćom i uticajem svakog rizika u istraživanjima uz mogućnost predlaganja mitigacionih mera da do rizika ne dođe. Procena rizika je kvantitativni parametar vrednosti rizika koji se odnosi na izučavane kontaminacione fenomene i u direktnoj vezi je sa negativnim konsekvencama koje rizik izaziva. Najjednostavnija kvantitativna procena rizika zahteva proračun dve osnovne komponente rizika, veličinu potencijalne kontaminacije i verovatnoće da će do negativnog efekta doći. U proceni rizika uticaja određene toksične komponente, prva faza

predstavlja identifikaciju određene toksičnosti ili hazarda, na osnovu eksperimentalnih podataka i literaturnih referenci, zatim obima ekspozicije odnosno izloženosti biosistema ili sistema uopšte. Treći deo procene rizika je praćenje i definisanje kauzalne veze doza-odgovor, kao izuzetno važnog segmenta istraživačkih aktivnosti i monitoringa u okviru procene rizika (Sremački, 2017).

Dobijeni analitički rezultati određivanja katjona metala za sve odabrane lokacije uzorkovanja i svi setovi podataka korišćeni za statističku evaluaciju su prikazani u tabeli 4.10. U tabeli su prikazani rang, prosečne i dozvoljene vrednosti prema nacionalnom zakonodavstvu i zakonskim regulativama (Službeni glasnik RS br. 22/2018, n.d.; Službeni glasnik RS br. 50/2012, n.d.; Službeni glasnik RS br. 58/2016, n.d.) za sve selektovane parametre: fizičko-hemijske parametre (temperatura vode, rastvoreni kiseonik, pH i elektroprovodljivost) i katjone metala (Fe, Mn, Zn, Cu, Cr, Pb, Cd i Al).

U tabeli 4.10. su prikazane izračunati koeficijenti rizika, RQ za minimalne, maksimalne i prosečne koncentracije metalnih katjona na lokacijama Bogojevo, Beždan i Novi Sad. Ako je dobijeni koeficijent rizika veći od 1 postoji neprihvatljiv nivo rizika i hitne mere za umanjene rizika moraju biti preduzete, a ako je RQ manji od 1 rizik se smatra prihvatljivim (Hernando, Mezcuca, Fern, & Barcel, 2006). Dodatni segment u tumačenju rezultata uključuje posmatranje koeficijenta rizika većeg od 0,85 kao ozbiljne pretnje koja zahteva dalji nadzor i kontrolu. Maksimalni i minimalni MEC prikazani su kao najbolji i najgori mogući scenario.

Koncept za procenu rizika katjona metala je izuzetno važan faktor za determinaciju toksičnosti katjona metala po zdravlje ljudi i akvatičnog sistema u kome su detektovani koncentracioni nivoi katjona metala čiji se rizik matematički izračunava. Na osnovu RQ vrednosti mogu da se prediktuju kvalitativni podaci o toksičnosti katjona metala kao preliminarne skrining metodologije.

Na osnovu procene koeficijenta rizika QR zaključeno je da kadmijum pokazuje najveću respektabilnu vrednost i dodatno se u diskusionom delu apostrofira visoka primena i rasprostranjenost kadmijumovog katjona. Faktorskom analizom, takođe je u sedimentu kao glavni faktor potvrđen kadmijumov katjon. Glavni antropogeni izvori Cd u životnoj sredini su i prerada obojenih metala, proizvodnja i primena fosfatnih đubriva i pojedinih fungicida, sagorevanje fosilnih goriva, nekontrolisano odlaganje elektronskoga otpada i drugo. Na taj način Cd^{2+} katjon kontaminira zemljište, vodu, sediment, a zatim preko korenog sistema biljaka, ulazi u lanac ishrane. Kadmijum je metal koji se nalazi prirodno u zemljištu i okruženju, potiče od odgovarajućeg matičnog minerala. Vulkanske erupcije, šumski požari, aerosoli morske soli i drugi fenomeni su emiteri prirodnih emisija kadmijuma. Upotreba i proizvodnja Cd konstantno raste. Cd se koristi za proizvodnju punjivih alkalnih baterija i akumulatora, različitih legura metala, za proizvodnju plastike, stakla i pigmenta, kao i u elektronskoj opremi, u Ni-Cd

baterijama, a detektuje se u starim katodnim monitorima, televizorima, tonerima, ketridžima, štampačima i fotokopir mašinama, kao i u nakitu, tekstu, odeći, a posebno staroj plastici. Cd se nalazi i u duvanskom dimu. Veći broj namirnica sadrži niske koncentracione nivoe Cd, frekventnije se detektuje u školjkama, gljivama, iznutricama kao i nekim biljkama koje mogu da biokoncentrišu Cd, kao što su pirinač i kakao. Cd katjon se u organizmu vezuje za protein metalotionin, a u ljudskom organizmu najviše se kumuluje u jetri, bubrezima i kostima sa poluvremenom života od 20 godina. S obzirom na to da se Cd nalazi na listi supstanci kandidata koje izazivaju zabrinutost SVHC (*Substances of Very High Concern*) (Službeni glasnik RS, br. 58/2016) definisana je i proširena nova lista (Službeni glasnik RS, br. 22/2018) sa opisima određenih jedinjenja katjona kadmijuma koji se koriste u savremenim industrijskim procesima. Navode se karakteristična jedinjenja kadmijuma (prilog br.5) koja se koriste kao novi proizvodi iako ih karakteriše kancerogenost i teratogenost. Sledeće vrste jedinjenja Cd se koriste:

- kadmijum-oksidi u proizvodnji elektroda za baterije, legura, za prevlačenje metala, pigmenata, solarnih ćelija, katalizatora, za lemljenje i keramičke glazure,
- kadmijum-fluorid kao sirovina za fluorescentne agense, u proizvodnji stakla, solarnih ćelija i proizvodnje optičke elektronike,
- kadmijum-hlorid kao sirovina za proizvodnju drugih kadmijumovih jedinjenja, i pri proizvodnji visoko lumescentnih CdTe (kadmijum-telur) nanomaterijala, u kozmetičkoj industriji i za proizvodnju sredstava za održavanje lične higijene, proizvodnju esencija i mirisnih materija, u proizvodnji metala i industriji poluprovodnika, za procese tretmana metalnih površina, kao regulator pH vrednosti, sredstvo za tretman voda,
- kadmijum-sulfid kao sirovina za proizvodnju organskih jedinjenja kadmijuma, neorganskih pigmenata, za keramičke glazure, katalizatore, solarne ćelije, elektronsku opremu,
- kadmijum karbonat kao regulator pH vrednosti i u sredstvima za prečišćavanje vode, kao laboratorijska hemikalija, u kozmetičkim proizvodima i proizvodima za održavanje lične higijene.

U vazduhu je katjon Cd sorbovan na suspendovane čvrste čestice i transportnim fenomenima može da se prenosi na daljinu LRT (*Long Range Transport*).

Table 4.10. Izračunate vrednosti parametara za procenu rizika na lokacijama Bogojevo, Bezdani i Novi Sad

Lokacija	Parametar	Jedinica	Min	Max	Prosečna vrednost	RQ _{min}	RQ _{max}	RQ _{avg}	PNEC
Bogojevo	Mn	µg/l	9	50	14.155	5.882	32.680	9.252	1.53
	Zn	µg/l	6.2	284.2	43.008	2.020	92.573	14.009	3.07
	Cu	µg/l	1.2	35.5	14.617	1.875	55.469	22.839	0.64
	Cr	µg/l	0.4	2.4	1.014	0.161	0.964	0.407	2.49
	Pb	µg/l	0.3	7.6	0.7115	0.500	12.667	1.186	0.6
	Cd	µg/l	0.01	0.22	0.014	0.500	11.000	0.694	0.02
Bezdani	Mn	µg/l	8	89	15.981	5.229	58.170	10.445	1.53
	Zn	µg/l	1.2	157.9	21.17	0.391	51.433	6.896	3.07
	Cu	µg/l	0.9	26.1	5.442	1.406	40.781	8.503	0.64
	Cr	µg/l	0.3	3.3	1.7333	0.120	1.325	0.696	2.49
	Pb	µg/l	0.4	1.2	0.277	0.667	2.000	0.462	0.6
	Cd	µg/l	0.01	0.07	0.018	0.5	3.5	0.915	0.02
Novi Sad	Mn	µg/l	7	170	14.716	4.575	111.111	9.618	1.53
	Zn	µg/l	4.2	229.2	21.321	1.368	74.658	6.945	3.07
	Cu	µg/l	0.9	21.8	3.732	1.406	34.063	5.831	0.64
	Cr	µg/l	0.5	33	0.581	0.201	13.253	0.233	2.49
	Pb	µg/l	0.4	2.7	0.546	0.667	4.5	0.909	0.6
	Cd	µg/l	0.01	0.13	0.019	0.5	6.5	0.94	0.02

5. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Determinisani su katjoni metala Fe, Mn, Zn, Cu, Cr, Pb, Cd i Al, u Dunavu i Tisi na po tri reprezentativna lokaliteta, kao i na dva reprezentativna lokaliteta kanala DTD u površinskoj vodi. U heterogenom sistemu akvatičnog sistema voda-sedimentacioni mulj na kanalu Dunav-Tisa-Dunav, određeni su i detektovani katjoni metala Fe, Mn, Zn, Cu, Cr, Pb i Cd.

Na osnovu evaluiranih, diskutovanih i analiziranih korelacionih odnosa između ključnih fizičko-hemijskih parametara i rezidualnih koncentracija katjona teških, lakih i semi metala, potvrđena je visoka Pirsonova funkcionalna veza. Uspešno su primenjene multivarijantne metode PCA i Klaster analize kao i unapređene grafičke tehnike Haseovih dijagrama dobijenih primenom DART (*Decision Analysis by Ranking Technics*) softvera koje su potvrdile visoke korelacione veze između selektovanih fizičko-hemijskih parametara, pH, termodinamičke temperature, rastvorenog slobodnog kiseonika i električne konduktivnosti i koncentracionih nivoa ispitivanih katjona metala. Po prvi put su u tezi primenjeni Haseovi dijagrami dobijeni DART softverom koji su pokazali visoku usaglašenost i potvrdili rezultate dobijene PCA tehnikom i Klaster analizom. Sve tri primenjene multivarijabilne tehnike PCA, CA i Haseovi dijagrami, potvrđuju međusobnu korelaciju odnosa ispitivanih fizičko-hemijskih parametara i determinisanih katjona metala, što pojednostavljuje proces donošenja optimalnih, integralnih, održivih i holističkih odluka pri upravljanju rečnim basenima Dunava.

U doktorskom radu su po prvi put izračunate particione konstante fenomena raspodele katjona metala u heterogenom prirodnom sistemu čvrsto-voda odnosno muljni sediment-voda, gde je organski surogat jednohidroksilni n-oktanol supstituiran muljevitom organskom fazom u sedimentu Bačkog kanala DTD. Dobijene vrednosti potvrđuju hidrofilnost, odnosno rastvorljivost soli teških metala koji su odgovorni za visoku eko toksičnost.

U radu su izračunati koeficijenti rizika RQ, za determinisane katjone metala u rečnoj vodi i sedimentu za minimalne, maksimalne i prosečne koncentracije metalnih katjona. Dobijeni koeficijenti viši od jedinice (1) determinišu da postoji neprihvatljiv nivo rizika i da hitne mere za umanjenje rizika moraju biti preduzete (Cd i Cr), a ako je RQ manji od 1 rizik se smatra prihvatljivim (Hernando et al., 2006). Drugi segment pristupa je opservacija koeficijenta rizika većeg od 0,85 kao ozbiljne pretnje koja zahteva dalji nadzor i kontrolu. Maksimalni i minimalni MEC prikazani su kao najbolji i najgori mogući scenario. Koncept za procenu rizika katjona metala je izuzetno važan faktor za determinaciju toksičnosti katjona metala na životnu sredinu i zdravlje ljudi.

Po prvi put se u radu prikazuje eko izazov proračuna masene opterećenosti katjonima metala Dunava koji se talože i skladište u sedimentnom rezervoaru Crnog mora, kao tehničko tehnološki pristup u inženjerstvu zaštite životne sredine.

Iako se pri proceni rizika dobijaju i nesigifikantni faktori, odnosno koncentracioni nivoi katjona metala koji su niski (ppt i niže), prema najnovijim eko toksikološkim premisama i studijama efekat niskih koncentracija, ne monodoznih odgovora (NMDR) (Vojinović Miloradov et al., 2013), sudbine nepoznatih sinergizama i amplificirajući negativnih efekata interreagovanja hemijskih komponenti u hemijskom koktelu u prirodnoj sredini u kontinuumu delovanja imaju vrlo ozbiljne toksične, hazardne i hronične efekte po zdravlje čoveka, životnu sredinu i biote.

3D i 4D grafički „pojasevi” (grafičke zone), predstavljaju površine preseka funkcionalnih zavisnosti temperature, slobodnog kiseonika i elektroprovodljivosti, koji korespondiraju sa koncentracionim nivoima ispitivanih katjona metala, merenih na mesečnom nivou u toku jedne godine (slike 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.9, 4.10, 4.11, 4.12, 4.13 i prilog 3.).

Programski ciljevi, zadaci i postavljene hipoteze uspešno su realizovane i potvrđene u istraživačkim aktivnostima doktorske teze.

6. LITERATURNE REFERENCE:

- Arivalagan, P., Singaraj, D., Haridass, V., & Kaliannan, T. (2014). Removal of cadmium from aqueous solution by batch studies using *Bacillus cereus*. *Ecological Engineering*, *71*, 728–735. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2014.08.005>
- Bai, J., Cui, B., Chen, B., Zhang, K., Deng, W., Gao, H., & Xiao, R. (2011). Spatial distribution and ecological risk assessment of heavy metals in surface sediments from a typical plateau lake wetland, China. *Ecological Modelling*, *222*, 301–306. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2009.12.002>
- Bhuvaneshwari, R., Selvam, A. P., Srimurali, S., Padmanaban, K., & Rajendran, R. B. (2016). Human and Ecological Risk evaluation of Toxic Metals in the Water and Sediment of River Cauvery. *International Journal of Scientific and Research Publications*, *6*(3), 415–2250. Retrieved from www.ijsrp.org
- Bost, M., Houdart, S., Oberli, M., Kalonji, E., Huneau, J. F., & Margaritis, I. (2016). Dietary copper and human health: Current evidence and unresolved issues. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, *35*, 107–115. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2016.02.006>
- Brüggemann, R., Schwaiger, J., & Negele, R. D. (1995). Applying Hasse diagram technique for the evaluation of toxicological fish tests. *Chemosphere*, *30*(9), 1767–1780. [https://doi.org/10.1016/0045-6535\(95\)00061-C](https://doi.org/10.1016/0045-6535(95)00061-C)
- Caeiro, S., Costa, M. H., Ramos, T. B., Fernandes, F., Silveira, N., Coimbra, A., ... Painho, M. (2005). Assessing heavy metal contamination in Sado Estuary sediment: An index analysis approach. *Ecological Indicators*, *5*(2), 151–169. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2005.02.001>
- Chen, J. (2007). Rapid urbanization in China: A real challenge to soil protection and food security. *Catena*, *69*(1), 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2006.04.019>
- Chow, T. E., Gaines, K. F., & Hodgson, M. E. (2005). Habitat and exposure modelling for ecological risk assessment: A case study for the raccoon on the Savannah River Site, (January). <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.04.001>
- Christoforidis, A., Stamatis, N., Schmieder, K., & Tsachalidis, E. (2008). Organochlorine and mercury contamination in fish tissues from the River Nestos, Greece. *Chemosphere*, *70*(4), 694–702. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2007.06.060>
- Edokpayi, J., Odiyo, J., Popoola, O., & Msagati, T. (2016). Assessment of Trace Metals Contamination of Surface Water and Sediment: A Case Study of Mvudi River, South Africa. *Sustainability*, *8*(2), 135. <https://doi.org/10.3390/su8020135>
- EPA (Environmental Protection Agency). (2007). Framework for Metals Risk Assessment. *U.S. EPA (Environmental Protection Agency)*, (March).
- European Community. (2000). Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. *Official Journal of the European Parliament*, *L327*(September 1996), 1–82. <https://doi.org/10.1039/ap9842100196>
- Gomez, A. a, & Gomez, K. a. (1984). Statistical procedures for agricultural research. *Statistical Procedures for Agricultural Research*, *6*, 680.

- Han, J.-G., Lee, J.-Y., Hong, K.-K., Lee, J.-Y., Kim, Y.-W., & Hong, S.-M. (2010). Adsorption characteristics of Cu²⁺ and Zn²⁺ from aqueous solution using carbonized food waste. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 12(3), 227–234. <https://doi.org/10.1007/s10163-010-0292-y>
- Hayashi, M. (2004). Temperature-Electrical Conductivity Relation of Water for Environmental Monitoring and Geophysical Data Inversion. *Environmental Monitoring and Assessment*, 96(1–3), 119–128. <https://doi.org/10.1023/B:EMAS.0000031719.83065.68>
- Hernando, M. D., Mezcua, M., Fern, A. R., & Barcel, D. (2006). Environmental risk assessment of pharmaceutical residues in wastewater effluents, surface waters and sediments, 69, 334–342. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2005.09.037>
- Ihedioha, J. N., Ukoha, P. O., & Ekere, N. R. (2017). Ecological and human health risk assessment of heavy metal contamination in soil of a municipal solid waste dump in Uyo, Nigeria. *Environmental Geochemistry and Health*, 39(3), 497–515. <https://doi.org/10.1007/s10653-016-9830-4>
- Jacob, J. M., Karthik, C., Saratale, R. G., Kumar, S. S., Prabakar, D., Kadirvelu, K., & Pugazhendhi, A. (2018). Biological approaches to tackle heavy metal pollution: A survey of literature. *Journal of Environmental Management*, 217, 56–70. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.03.077>
- Karthik, C., Barathi, S., Pugazhendhi, A., Ramkumar, V. S., Thi, N. B. D., & Arulselvi, P. I. (2017). Evaluation of Cr(VI) reduction mechanism and removal by *Cellulosimicrobium funkei* strain AR8, a novel haloalkaliphilic bacterium. *Journal of Hazardous Materials*, 333, 42–53. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2017.03.037>
- Kumar, P., Kim, K. H., Bansal, V., Lazarides, T., & Kumar, N. (2017). Progress in the sensing techniques for heavy metal ions using nanomaterials. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 54, 30–43. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2017.06.010>
- Langmuir, D. (1997). *Aqueous environmental chemistry*. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall. Retrieved from <http://www.prenhall.com>
- Li, N., Kang, Y., Pan, W., Zeng, L., Zhang, Q., & Luo, J. (2015). Concentration and transportation of heavy metals in vegetables and risk assessment of human exposure to bioaccessible heavy metals in soil near a waste-incinerator site, South China. *Science of the Total Environment*, 521–522, 144–151. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.03.081>
- Li, Z., Ma, Z., van der Kuijp, T. J., Yuan, Z., & Huang, L. (2014). A review of soil heavy metal pollution from mines in China: Pollution and health risk assessment. *Science of the Total Environment*. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.08.090>
- Lian, S., Ji, J., De-Jun, T., Hong-Bing, X., Zhen-Fu, L., & Bo, G. (2015). Estimate of heavy metals in soil and streams using combined geochemistry and field spectroscopy in Wan-sheng mining area, Chongqing, China. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 34(1), 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2014.06.013>
- Lim, A. P., & Aris, A. Z. (2014). A review on economically adsorbents on heavy metals removal in water and wastewater. *Reviews in Environmental Science and Biotechnology*, 13(2), 163–181. <https://doi.org/10.1007/s11157-013-9330-2>

- Lofrano, G., Carotenuto, M., Libralato, G., Domingos, R. F., Markus, A., Dini, L., ... Meric, S. (2016). Polymer functionalized nanocomposites for metals removal from water and wastewater: An overview. *Water Research*, *92*, 22–37. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2016.01.033>
- Loos, R., Locoro, G., & Contini, S. (2010). Occurrence of polar organic contaminants in the dissolved water phase of the Danube River and its major tributaries using SPE-LC-MS2 analysis. *Water Research*, *44*(7), 2325–2335. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2009.12.035>
- Manganaro, A., Ballabio, D., Consonni, V., Mauri, A., Pavan, M., & Todeschini, R. (2008). Chapter 9 The DART (Decision Analysis by Ranking Techniques) Software. In *Data Handling in Science and Technology* (Vol. 27, pp. 193–207). [https://doi.org/10.1016/S0922-3487\(08\)10009-0](https://doi.org/10.1016/S0922-3487(08)10009-0)
- Melp. (2000). *Environmental Risk Assessment (ERA): An Approach for Assessing and Reporting Environmental Conditions. Technical Bulletin 1*.
- Meulepas, R. J. W., Gonzalez-Gil, G., Teshager, F. M., Witharana, A., Saikaly, P. E., & Lens, P. N. L. (2015). Anaerobic bioleaching of metals from waste activated sludge. *Science of the Total Environment*, *514*, 60–67. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.12.073>
- Milanović, M., Sudji, J., Letić, N. G., Radonić, J., Sekulić, M. T., Miloradov, M. V., & Milić, N. (2016). Seasonal variations of bisphenol A in the Danube River by the municipality of Novi Sad, Serbia. *Journal of the Serbian Chemical Society*, *81*(3), 333–345. <https://doi.org/10.2298/JSC150721095M>
- Milić, N., & Milošević, N. (2017). *Neorganska hemija*. Novi Sad: Medicinski Fakultet, UNS.
- Miloradov, M., Prohaska, S., & Soro, A. (2008). Water resource management balance - optimum management and sustainable development. In *Planning and management of water resources systems* (pp. 9–24).
- Nieboer, E., & Richardson, D. H. S. (1980). The replacement of the nondescript term “heavy metals” by a biologically and chemically significant classification of metal ions. *Environmental Pollution. Series B, Chemical and Physical*, *1*(1), 3–26. [https://doi.org/10.1016/0143-148X\(80\)90017-8](https://doi.org/10.1016/0143-148X(80)90017-8)
- Obradović, S., & Đekić, V. (2012). Ekološki Menadžment Teških Metala U Agroekosistemu. *International Scientific Conference*, (april), 20–21.
- Otansev, P., Taşkin, H., Başsari, A., & Varinlioğlu, A. (2016). Distribution and environmental impacts of heavy metals and radioactivity in sediment and seawater samples of the Marmara Sea. *Chemosphere*, *154*, 266–275. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.03.122>
- R. G. Pearson. (1963). Hard and soft acids and bases. *Journal of the American Chemical Society*, *85*, 3533–3543.
- Rai, P. K. (2012). An eco-sustainable green approach for heavy metals management: Two case studies of developing industrial region. *Environmental Monitoring and Assessment*, *184*(1), 421–448. <https://doi.org/10.1007/s10661-011-1978-x>
- Reddy, D. H. K., Lee, S.-M., & Sessaiah, K. (2012). Biosorption of Toxic Heavy Metal Ions from Water Environment Using Honeycomb Biomass—An Industrial Waste Material. *Water, Air, & Soil Pollution*, *223*(9), 5967–5982. <https://doi.org/10.1007/s11270-012-1332-0>

- Reza, R., & Singh, G. (2010). Heavy metal contamination and its indexing approach for river water. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 7(4), 785–792. <https://doi.org/10.1007/BF03326187>
- Rezania, S., Ponraj, M., Talaiekhosani, A., Mohamad, S. E., Md Din, M. F., Taib, S. M., ... Sairan, F. M. (2015). Perspectives of phytoremediation using water hyacinth for removal of heavy metals, organic and inorganic pollutants in wastewater. *Journal of Environmental Management*, 163, 125–133. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.08.018>
- Rice, J. (2007). *Mathematical Statistics and Data Analysis*. Belmont, CA, USA: Brooks/Cole Cengage Learning.
- Saha, J. K., Panwar, N. R., & Singh, M. V. (2010). Determination of lead and cadmium concentration limits in agricultural soil and municipal solid waste compost through an approach of zero tolerance to food contamination. *Environmental Monitoring and Assessment*, 168(1–4), 397–406. <https://doi.org/10.1007/s10661-009-1122-3>
- Saha, N., Rahman, M. S., Ahmed, M. B., Zhou, J. L., Ngo, H. H., & Guo, W. (2017). Industrial metal pollution in water and probabilistic assessment of human health risk. *Journal of Environmental Management*, 185, 70–78. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.10.023>
- Simeonov, V., Stratis, J. A., Samara, C., Zachariadis, G., Voutsas, D., Anthemidis, A., ... Kouimtzis, T. (2003). Assessment of the surface water quality in Northern Greece. *Water Research*, 37(17), 4119–4124. [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(03\)00398-1](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(03)00398-1)
- Službeni glasnik RS br. 22/2018. Lista o dopunama liste supstanci kandidata za listu supstanci koje izazivaju zabrinutost.
- Službeni glasnik RS br. 35/2011. Uredba o graničnim vrednostima prioriternih i prioriternih hazardnih supstanci koje zagađuju površinske vode i rokovima za njihovo dostizanje. Republic of Serbia.
- Službeni glasnik RS br. 50/2012. Uredba o graničnim vrednostima zagađujućih materija u površinskim i podzemnim vodama i sedimentu i rokovima za njihovo dostizanje, Pub. L. No. 50/2012. Republic of Serbia: www.slglasnik.com.
- Službeni glasnik RS br. 58/2016. Lista supstanci kandidata za listu supstanci koje izazivaju zabrinutost.
- Soleimanifar, H., Deng, Y., Wu, L., & Sarkar, D. (2016). Water treatment residual (WTR)-coated wood mulch for alleviation of toxic metals and phosphorus from polluted urban stormwater runoff. *Chemosphere*, 154, 289–292. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.03.101>
- Sørensen, P. B., Brüggemann, R., Lerche, D. B., Voigt, K., Welzl, G., Simon, U., ... Kronvang, B. (2003). *Order Theory in*.
- Sremački, M. (2017). *Modules of emerging xenobiotics detection in mixed urban wastewater*. University of Novi Sad.
- Sremački, M., Mihajlović, I., Đogo, M., Pap, S., Nogo, I., Vujić, G., & Vojinović Miloradov, M. (2016). Biorazgradivost mešovitog urbanog efluenta – Spectro::lyser on-line monitoring otpadne vode Novog Sada. *Voda i Sanitarna Tehnika*, 5–6, 63–68.

- Sremački, M., Obrovski, B., Mihajlović, I., Petrović, M., Vojinović Miloradov, M., & Ubavin, D. (2017). Detekcija i procena rizika na životnu sredinu ftalata u deponijskom filtratu, površinskoj i otpadnoj vodi. *Voda i Sanitarna Tehnika*, 5–6, 11–18.
- Strobl, R. O., & Robillard, P. D. (2008). Network design for water quality monitoring of surface freshwaters: A review. *Journal of Environmental Management*, 87(4), 639–648. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2007.03.001>
- Swain, R., & Sahoo, B. (2017). Mapping of heavy metal pollution in river water at daily time-scale using spatio-temporal fusion of MODIS-aqua and Landsat satellite imageries. *Journal of Environmental Management*, 192, 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.01.034>
- Tamim, U., Khan, R., Jolly, Y. N., Fatema, K., Das, S., Naher, K., Hossain, S. M. (2016). Elemental distribution of metals in urban river sediments near an industrial effluent source. *Chemosphere*, 155, 509–518. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.04.099>
- Thompson, K. H. (2010). Medicinal Inorganic Chemistry: Continuum of Dose versus Response-From Deficiency through Optimal Intake to Toxicity. In *Encyclopedia of Inorganic Chemistry*. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/0470862106.ia471>
- Tomašević-Pilipović, D., Dalmacija, B., Došić, A., Kerkez, Đ., Slijepčević, N., & Bečelić-Tomin, M. (2015). Potential application of nanomaterials in the treatment of contaminated sediment. *Zaštita Materijala*, 452(56), 289–296. <https://doi.org/10.5937/ZasMat1503289T>
- Trajković, F., Stošić, I., Krstić, M., & Đogo Mračević, S. (2016). Determination of chemical quality parameters in surface water samples from rivers Sava, Danube, and Topčiderka. *Medicinski Podmladak*, 67(3), 81–87. <https://doi.org/10.5937/mp67-12781>
- Tsakovski, S., Kudlak, B., Simeonov, V., Wolska, L., Garcia, G., & Namiešnik, J. (2012). Relationship between heavy metal distribution in sediment samples and their ecotoxicity by the use of the Hasse diagram technique. *Analytica Chimica Acta*. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2011.12.052>
- Ullah, A., Heng, S., Farooq, M., Munis, H., Fahad, S., & Yang, X. (2015). Phytoremediation of heavy metals assisted by plant growth promoting (PGP) bacteria : A review. *Environmental and Experimental Botany*, 117, 28–40. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2015.05.001>
- Varol, M., & Şen, B. (2012). Assessment of nutrient and heavy metal contamination in surface water and sediments of the upper Tigris River, Turkey. *Catena*, 92, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2011.11.011>
- Vega, M., Pardo, R., Barrado, E., & Debán, L. (1998). Assessment of seasonal and polluting effects on the quality of river water by exploratory data analysis. *Water Research*, 32(12), 3581–3592. [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(98\)00138-9](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(98)00138-9)
- Vojinović Miloradov, M., Radonić, J., Turk Sekulić, M., Pucarević, M., & Đogo, M. (2008). Partition processes of POPs in the system - sediment, water and air. In *Planning and management of water resources systems* (pp. 217–225).
- Vojinović Miloradov, M., Španik, I., Mihajlović, I., Miloradov, M., Radonić, J., Turk Sekulić, M., Stošić, M. (2013). Pseudopersistency, Low Doses Effect and Mass Load for the Emerging Substances. In *UNESCO Conference on Emerging Pollutants in Water* (pp. 53–58). Belgrade, Republic of Serbia.

- Vojinović Miloradov, M., Španik, I., Turk Sekulić, M., Radonić, J., Vivurska, O., & Mihajlović, I. (2014). *Occurrence, Physico-chemical Characteristics and Analytical Determination of Emerging Substances*. Faculty of Technical Sciences, Novi Sad.
- Voyslavov, T., Tsakovski, S., & Simeonov, V. (2013). Hasse diagram technique as a tool for water quality assessment. *Analytica Chimica Acta*, 770, 29–35. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2013.01.063>
- Wang, F., Lu, X., & Li, X. Y. (2016). Selective removals of heavy metals (Pb²⁺, Cu²⁺, and Cd²⁺) from wastewater by gelation with alginate for effective metal recovery. *Journal of Hazardous Materials*, 308, 75–83. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2016.01.021>
- Wang, J., Chen, S., & Xia, T. (2010). Environmental risk assessment of heavy metals in Bohai Sea, North China, 2(5), 1632–1642. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2010.10.174>
- Wasim Aktar, M., Paramasivam, M., Ganguly, M., Purkait, S., & Sengupta, D. (2010). Assessment and occurrence of various heavy metals in surface water of Ganga river around Kolkata: A study for toxicity and ecological impact. *Environmental Monitoring and Assessment*, 160(1–4), 207–213. <https://doi.org/10.1007/s10661-008-0688-5>
- Wilcock, A. A. (1999). Feature Article OA 174 EN Reflections on doing, being and becoming. *Australian Occupational Therapy Journal*, 46(October 1998), 1–11. <https://doi.org/10.1046/j.1440-1630.1999.00174.x>
- Wu, Q., Leung, J. Y. S., Geng, X., Chen, S., Huang, X., Li, H., ... Lu, Y. (2015). Heavy metal contamination of soil and water in the vicinity of an abandoned e-waste recycling site: Implications for dissemination of heavy metals. *Science of the Total Environment*, 506–507, 217–225. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.10.121>
- Wuana, R. A., & Okieimen, F. E. (2011). Heavy Metals in Contaminated Soils: A Review of Sources, Chemistry, Risks and Best Available Strategies for Remediation. *ISRN Ecology*, 2011, 1–20. <https://doi.org/10.5402/2011/402647>
- Zhang, Z., Juying, L., & Mamat, Z. (2016). Sources identification and pollution evaluation of heavy metals in the surface sediments of Bortala River, Northwest China. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 126, 94–101. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2015.12.025>

7. PRILOZI

- Prilog I** Selektovane tabele prosečnih vrednosti detektovanih rezidua katjona metala na reprezentativnim lokacijama uzorkovanim na površinskim vodama Dunava (Bezdan, Bogojevo i Novi Sad) , Tise (Martonoš, Novi Bečej i Titel) i DTD (Sombor i Bačko Gradište).
- Prilog II** Lista supstanci koje izazivaju zabrinutost
- Prilog III** 4D prikazi korelacionih odnosa ključnih fizičko-hemijskih parametara i selektovanih katjona metala
- Prilog IV** Lista slika
- Prilog V** Lista tabela

PRILOG I

Lokalitet uzorkovanja: Bezdan		Rastojanje od ušća [km]:											
Šifra stanice: 42010		Geografska širina[s.m.s]: 44 52 56						Godina kontrole kvaliteta vode: 2011					
Reka: Dunav		Geografska dužina[s.m.s]: 25 26 29						Prosečan višegodišnji proticaj:					
Sliv: Crno more		Mesto uzorkovanja u profilu: L						Merodavna mala voda Q ₉₅ :					
Naziv grupe parametara/ naziv parametra	Jedinica	Redni broj uzorkovanja											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Datum uzorkovanja	-	Januar	Februar	Mart	April	Maj	Jun	Jul	Avgust	Septembar	Oktobar	Novembar	Decembar
Temperatura vode	°C	2.4	1.5	3.8	13.0	17.2	22.6	20.3	20.0	20.3	18.5	9.9	4.9
Suspendovane materije	mg/l	15	14	20	12	20	22	15	13	7	10	12	20
Rastvoreni kiseonik	mg/l	12.8	12.5	14.6	13.7	13.5	12.3	8.5	8.4	8.5	8.9	10.6	12.1
Zasićenost vode kiseonikom	%	93	89	111	130	141	143	94	93	94	95	94	94
Alkalitet	mmol/l	4.2	3.9	4.3	3.8	3.2	3.0	3.2	3.0	3.0	3.2	3.3	3.7
pH	-	8.1	8.1	8.4	8.7	8.4	8.8	8.1	8.1	8.0	8.1	8.1	8.1
Elektroprovodljivost	µS/cm	603	546	597	523	459	403	384	370	429	420	470	533
Ukupne rastvorene soli	mg/l	359	333	358	352	267	249	245	232	266	265	281	302
Natrijum (Na ⁺)	mg/l	20.1	20.5	22.1	19.3	13.6		15.2	12.5	11.3	12.9	15.6	20.7
Kalijum (K ⁺)	mg/l	3.2	2.0	2.9	2.9	3.2		2.5	2.0	2.3	3.1	2.4	3.4
Kalcijum (Ca ⁺⁺)	mg/l	71	57	55	65	54	51	48	48	56	56	66	68
Magnezijum (Mg ⁺⁺)	mg/l	22	25	31	23	22	14	12	11	17	13	9	17
Gvožđe (Fe)-rastvoreno	mg/l	0.14	0.11	0.09	0.16	<0.01	<0.01	0.03	0.04	0.02	0.01	0.01	0.02
Mangan (Mn)-rastvoreni	mg/l	0.02	0.03	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01
Cink(Zn)-rastvoreni	µg/l	20.1	29.4	1.4	5.7	2.5	1.8	12.5	13.6	10.7	11.0	3.2	4.3
Bakar(Cu)-rastvoreni	µg/l	4.5	4.8	1.0	7.9	3.6	5.1	3.1	2.6	14.1	1.7	1.8	2.2
Hrom ukupni(Cr) rastvoreni	µg/l	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Olovo (Pb)-rastvoreni	µg/l	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Kadmijum (Cd)-rastvoreni	µg/l	0.070	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Živa (Hg)-rastvorena	µg/l	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	0.1	<0.1
Nikal (Ni)-rastvoreni	µg/l	3.2	4.4	0.9	1.8	1.4	1.0	3.0	1.2	2.9	7.3	1.3	1.6
Aluminijum (Al)-rastvoreni	µg/l	17.3	13.4	<10	17.9	<10	<10	28.3	27.9	14.6	12.7	<10	<10
Arsen (As)-rastvoreni	µg/l	1.4	1.0	0.8	1.4	0.9	1.4	1.2	1.2	2.1	1.4	1.1	1.2

Lokacija uzorkovanja: Bogojevo		Rastojanje od ušća [km]:		1367.4									
Šifra stanice: 42020		Geografska širina[s.m.s]:		45 31 48		Godina kontrole kvaliteta vode:		2011					
Reka: Dunav		Geografska dužina[s.m.s]:		19 04 54		Prosečan višegodišnji proticaj:							
Sliv: Crno more		Mesto uzorkovanja u profilu:		L		Merodavna mala voda Q ₉₅ :							
Naziv grupe parametara/ naziv parametra	Jedinica	Redni broj uzorkovanja											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Datum uzorkovanja	-	Januar	Februar	Mart	April	Maj	Jun	Jul	Avgust	Septembar	Oktoibar	Novembar	Decembar
Temperatura vode	°C	3.8	2.4	4.9	23.3	21.0	24.0	23.6	14.8	8.0	3.8		
Suspendovane materije	mg/l	21	14	10	31	52	27	19	24	9	7		
Rastvoreni kiseonik	mg/l	12.2	12.7	15.4	10.9	7.7	8.4	8.3	9.2	11.2	12.1		
Zasićenost vode kiseonikom	%	93	92	120	129	87	101	98	91	95	91		
Alkalitet	mmol/l	4.0	4.0	4.3	2.9	2.9	3.1	3.2	3.2	3.3	3.6		
pH	-	8.1	8.1	8.5	8.3	7.8	8.2	8.3	8.2	8.2	8.1		
Elektroprovodljivost	µS/cm	551	572	579	404	385	384	401	421	500	502		
Ukupne rastvorene soli	mg/l	338	342	346	244	237	243	222	249	302	281		
Natrijum (Na ⁺)	mg/l	20.1	22.8	21.1	17.7	12.6		12.6	14.7	15.9	21.3		
Kalijum (K ⁺)	mg/l	1.9	2.1	2.6	2.8	2.5		2.4	3.0	2.0	2.6		
Kalcijum (Ca ⁺⁺)	mg/l	71	47	66	47	49	53	52	54	61	61		
Magnezijum (Mg ⁺⁺)	mg/l	19	32	25	12	13	12	14	14	17	17		
Gvožđe (Fe)-rastvoreno	mg/l	0.11	0.34	0.10	0.05	0.04	<0.01	0.02	0.01	0.02	0.02		
Mangan (Mn)-rastvoreni	mg/l	0.01	0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01		
Cink(Zn)-rastvoreni	µg/l	34.5	284.2	6.2	10.5	9.8	9.2	9.9	13.5	52.0	14.7		
Bakar(Cu)-rastvoreni	µg/l	16.6	35.5	2.6	19.2	3.4	1.8	19.6	3.8	8.5	3.1		
Hrom ukupni(Cr) rastvoreni	µg/l	<0.5	2.4	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5		
Olovo (Pb)-rastvoreni	µg/l	0.5	7.6	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5		
Kadmijum (Cd)-rastvoreni	µg/l	<0.025	0.220	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02		
Živa (Hg)-rastvorena	µg/l	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1		
Nikal (Ni)-rastvoreni	µg/l	4.3	10.2	1.4	2.1	1.2	5.4	2.4	4.2	61.9	1.7		
Aluminijum (Al)-rastvoreni	µg/l	16.7	246.0	<10	41.0	31.7	10.0	13.3	<10	11.0	10.8		
Arsen (As)-rastvoreni	µg/l	1.0	1.5	1.0	1.8	1.2	1.2	1.6	1.6	1.2	1.0		

Lokacija uzorkovanja: Novi Sad		Rastojanje od ušća [km]:											
Šifra stanice: 42035		Geografska širina[s.m.s]: 45 13 28						Godina kontrole kvaliteta vode: 2011					
Reka: Dunav		Geografska dužina[s.m.s]: 19 50 31						Prosečan višegodišnji proticaj:					
Sliv: Crno more		Mesto uzorkovanja u profilu: D						Merodavna mala voda Q ₉₅ :					
Naziv grupe parametara/ naziv parametra	Jednica	Redni broj uzorkovanja											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Datum uzorkovanja	-	Januar	Februar	Mart	April	Maj	Jun	Jul	Avgust	Septembar	Oktoabar	Novembar	Decembar
Temperatura vode	°C	2.9	1.5	8.0	15.6	18.5	23.2	23.6	23.9	23.0	9.8	9.2	5.1
Suspendovane materije	mg/l	15	28	10	13	27	11	24	26	15	16	5	11
Rastvoreni kiseonik	mg/l	12.6	12.8	11.5	8.7	9.1	7.5	8.6	7.3	7.7	10.2	10.6	11.4
Zasićenost vode kiseonikom	%	93	91	97	88	98	88	102	88	90	90	92	90
Alkalitet	mmol/l	4.2	3.7	3.9	3.4	3.0	2.5	2.9	3.2	3.1	3.0	3.2	3.6
pH	-	7.5	8.1	8.2	7.9	8.0	8.2	7.9	8.1	8.1	8.0	8.3	8.1
Elektroprovodljivost	µS/cm	587	547	566	486	445	373	379	390	417	412	467	488
Ukupne rastvorene soli	mg/l	355	336	335	290	244	232	218	231	251	220	286	305
Natrijum (Na ⁺)	mg/l	20.5	23.4	19.9	16.9	18.3	15.3	11.7	11.1	14.4	12.8	18.6	20.7
Kalijum (K ⁺)	mg/l	2.3	2.0	2.0	3.2	2.8	2.6	2.4	2.3	2.7	2.4	2.9	2.6
Kalcijum (Ca ⁺⁺)	mg/l	68	64	64	57	47	44	46	51	52	54	57	63
Magnezijum (Mg ⁺⁺)	mg/l	23	17	21	17	17	13	11	13	13	12	15	16
Gvožđe (Fe)-rastvoreno	mg/l	0.11	0.15	0.09	0.26	0.01	0.01	0.08	0.02	<0.01	0.01	0.02	0.05
Mangan (Mn)-rastvoreni	mg/l	0.01	0.02	<0.01	0.03	<0.01	0.17	0.03	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.02
Cink(Zn)-rastvoreni	µg/l	24.3	18.2	8.3	122.1	4.2	11.7	229.2	16.8	14.7	9.2	36.1	19.3
Bakar(Cu)-rastvoreni	µg/l	3.7	3.5	3.0	13.6	2.0	4.2	17.9	2.5	21.8	4.0	2.1	3.0
Hrom ukupni(Cr) rastvoreni	µg/l	<0.5	<0.5	0.5	1.7	<0.5	<0.5	1.2	<0.5	0.8	<0.5	<0.5	<0.5
Olovo (Pb)-rastvoreni	µg/l	<0.5	<0.5	<0.5	2.1	<0.5	<0.5	2.7	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.6
Kadmijum (Cd)-rastvoreni	µg/l	<0.025	<0.025	<0.025	0.050	<0.025	<0.025	0.130	<0.025	<0.02	<0.02	<0.02	0.020
Živa (Hg)-rastvorena	µg/l	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Nikal (Ni)-rastvoreni	µg/l	4.7	3.6	1.4	88.5	1.0	2.0	11.9	4.4	3.0	2.5	2.8	2.4
Aluminijum (Al)-rastvoreni	µg/l	12.8	19.5	<10	267.5	<10	10.3	182.3	15.0	<10	<10	<10	25.2
Arsen (As)-rastvoreni	µg/l	1.3	1.2	0.8	2.0	1.2	1.2	1.6	1.2	1.8	1.2	1.3	1.2

Lokalitet uzorkovanja: Martonoš		Rastojanje od ušća [km]:											
Šifra stanice: 94010		Geografska širina[s.m.s]: 46 06 52						Godina kontrole kvaliteta vode: 2011					
Reka: Tisa		Geografska dužina[s.m.s]: 20 05 13						Prosečan višegodišnji proticaj:					
Sliv: Dunava		Mesto uzorkovanja u profilu: D						Merodavna mala voda Q ₉₅ :					
Naziv grupe parametara/ naziv parametra	Jedinica	Redni broj uzorkovanja											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Datum uzorkovanja	-	Januar	Februar	Mart	April	Maj	Jun	Jul	Avgust	Septembar	Oktoibar	Novembar	Decembar
Temperatura vode	°C	3.2	2.0	6.6	12.3	17.8	25.3	25.8	23.8	22.3	16.5	4.2	4.4
Suspendovane materije	mg/l	26	30	41	225	35	20	48	50	23	18	7	9
Rastvoreni kiseonik	mg/l	10.8	12.7	11.8	93.0	10.7	7.5	7.8	7.9	7.3	9.0	11.7	11.8
Zasićenost vode kiseonikom	%	81	92	96	93	114	93	97	94	84	92	90	91
Alkalitet	mmol/l	3.0	4.1	4.6	2.6	3.1	3.1	2.2	2.3	2.8	3.2	3.7	3.7
pH	-	7.9	7.9	8.1	8.0	8.4	8.1	8.3	8.0	8.0	8.0	8.1	7.9
Elektroprovodljivost	µS/cm	465	656	746	419	492	519	343	357	480	558	708	620
Ukupne rastvorene soli	mg/l	287	402	442	237	301	308	190	190	290	309	392	369
Natrijum (Na ⁺)	mg/l	28.1	43.6	54.6	23.8	30.8		22.5	20.7	33.5	37.1	49.0	46.0
Kalijum (K ⁺)	mg/l	3.1	4.3	4.5	2.7	3.7		3.0	3.2	4.0	4.8	4.9	4.4
Kalcijum (Ca ⁺⁺)	mg/l	43	65	73	44	53	52	38	39	51	54	63	68
Magnezijum (Mg ⁺⁺)	mg/l	18	17	20	11	10	13	9	8	10	13	15	11
Gvožđe (Fe)-rastvoreno	mg/l	0.22	1.03	0.08	1.24	0.03	<0.01	0.07	0.03	<0.01	0.02	0.01	0.05
Mangan (Mn)-rastvoreni	mg/l	0.01	0.10	0.06	0.23	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.04	0.03
Cink(Zn)-rastvoreni	µg/l	19.8	25.3	3.3	95.8	15.2	3.6	11.2	12.0	2.3	3.2	3.7	19.8
Bakar(Cu)-rastvoreni	µg/l	16.0	6.0	1.6	16.5	3.9	4.7	2.4	3.9	11.3	1.8	2.2	3.4
Hrom ukupni(Cr) rastvoreni	µg/l	1.3	2.3	1.0	2.0	1.3	1.6	1.6	0.8	0.6	0.5	1.2	1.4
Olovo (Pb)-rastvoreni	µg/l	0.6	2.6	<0.5	6.8	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Kadmijum (Cd)-rastvoreni	µg/l	0.030	0.080	<0.025	0.280	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	0.040	<0.02	<0.02	0.040
Živa (Hg)-rastvorena	µg/l	1.4	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Nikal (Ni)-rastvoreni	µg/l	2.4	3.4	1.4	3.7	1.4	1.0	0.8	5.0	1.3	2.5	1.4	2.2
Aluminijum (Al)-rastvoreni	µg/l	68.2	294.8	<10	768.1	17.5	11.6	59.1	31.8	10.0	10.0	<10	10.9
Arsen (As)-rastvoreni	µg/l	1.8	2.0	2.0	2.6	1.5	2.0	1.5	1.8	2.3	2.1	1.4	1.4

Lokalitet uzorkovanja: Novi Bečej		Rastojanje od ušća [km]: 65											
Šifra stanice: 44030		Geografska širina[s.m.s]: 45 35 06		Godina kontrole kvaliteta vode: 2011									
Reka: Tisa		Geografska dužina[s.m.s]: 20 08 30		Prosečan višegodišnji proticaj:									
Sliv: Dunava		Mesto uzorkovanja u profilu: L		Merodavna mala voda Q ₉₅ :									
Naziv grupe parametara/ naziv parametra	Jedinica	Redni broj uzorkovanja											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Datum uzorkovanja	-	Januar	Februar	Mart	April	Maj	Jun	Jul	Avgust	Septembar	Oktoibar	Novembar	Decembar
Temperatura vode	°C	3.1	1.9	1.8	18.4	23.6	25.5	23.1	24.9	21.2	9.5	4.5	
Suspendovane materije	mg/l	27	53	35	14	24	30	100	9	5	3	6	
Rastvoreni kiseonik	mg/l	11.2	12.6	12.8	8.8	6.0	6.2	6.3	6.7	5.7	9.2	9.8	
Zasićenost vode kiseonikom	%	83	91	92	95	71	76	75	82	65	81	75	
Alkalitet	mmol/l	3.1	4.1	4.4	3.3	3.4	2.5	2.6	2.5	3.0	3.3	3.8	
pH	-	7.9	7.9	7.9	8.2	7.9	8.0	7.9	7.9	7.8	8.2	8.1	
Elektroprovodljivost	µS/cm	484	658	661	527	549	388	400	375	515	599	675	
Ukupne rastvorene soli	mg/l	300	399	394	307	318	217	218	223	290	357	378	
Natrijum (Na ⁺)	mg/l	29.9	42.2	49.2	31.3	39.7	23.6	24.0	22.8	36.2	41.3	48.8	
Kalijum (K ⁺)	mg/l	3.5	4.0	4.1	4.0	4.5	3.3	3.6	3.3	4.3	4.0	4.3	
Kalcijum (Ca ⁺⁺)	mg/l	50	66	62	55	53	43	43	44	52	61	63	
Magnezijum (Mg ⁺⁺)	mg/l	16	17	21	14	13	7	9	7	11	14	15	
Gvožđe (Fe)-rastvoreno	mg/l	0.22		0.35	0.02	0.08	0.06	0.07	<0.01	0.04	0.01	0.02	
Mangan (Mn)-rastvoreni	mg/l	0.02		0.09	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	
Cink(Zn)-rastvoreni	µg/l	25.8	44.9	253.1	2.1	10.8	16.4	11.7	21.0	6.0	16.4	23.2	
Bakar(Cu)-rastvoreni	µg/l	13.3	13.7	17.0	2.9	3.4	4.6	3.8	26.0	2.3	3.6	3.7	
Hrom ukupni(Cr) rastvoreni	µg/l	0.6	3.4	2.0	<0.5	<0.5	0.6	1.1	0.9	<0.5	0.7	1.5	
Olovo (Pb)-rastvoreni	µg/l	0.6	3.8	3.0	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	
Kadmijum (Cd)-rastvoreni	µg/l	0.030	0.100	0.130	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.02	0.020	<0.02	0.020	
Živa (Hg)-rastvorena	µg/l	<0.1	0.2	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.2	
Nikal (Ni)-rastvoreni	µg/l	2.9	12.1	4.5	1.3	4.7	1.4	1.3	26.5	1.8	13.2	2.8	
Aluminijum (Al)-rastvoreni	µg/l	83.0	505.2	178.2	14.3	62.0	60.7	51.1	<10	23.1	<10	<10	
Arsen (As)-rastvoreni	µg/l	1.7	2.3	2.1	1.7	2.6	1.8	2.0	2.4	3.0	2.3	1.5	

Lokalitet uzorkovanja: Titel		Rastojanje od ušća [km]:											
Šifra stanice: 44040		Geografska širina[s.m.s]: 45 11 52					Godina kontrole kvaliteta vode: 2011						
Reka: Tisa		Geografska dužina[s.m.s]: 20 19 07					Prosečan višegodišnji proticaj:						
Sliv: Dunava		Mesto uzorkovanja u profilu: S					Merodavna mala voda Q ₉₅ :						
Naziv grupe parametara/ naziv parametra	Jednica	Redni broj uzorkovanja											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Datum uzorkovanja	-	Januar	Februar	Mart	April	Maj	Jun	Jul	Avgust	Septembar	Oktoibar	Novembar	Decembar
Temperatura vode	°C	1.2	1.8	1.9	25.0	22.5	22.6	23.4	15.7	8.4	3.6		
Suspendovane materije	mg/l	23	60	48	32	21	65	21	7	25	34		
Rastvoreni kiseonik	mg/l	12.6	12.9	12.8	5.4	6.6	6.9	7.4	8.2	9.2	11.6		
Zasićenost vode kiseonikom	%	89	93	92	51	77	81	88	83	79	87		
Alkalitet	mmol/l	3.2	4.2	3.9	3.4	3.1	2.3	2.8	3.2	3.5	3.3		
pH	-	8.0	8.0	8.0	7.9	8.3	7.9	8.0	8.0	8.2	7.9		
Elektroprovodljivost	µS/cm	491	664	646	549	521	329	460	544	615	618		
Ukupne rastvorene soli	mg/l	315	396	376	315	323	203	273	304	351	352		
Natrijum (Na ⁺)	mg/l	32.2	45.6	48.0	34.5	36.5	17.4	25.7	36.8	41.6	42.8		
Kalijum (K ⁺)	mg/l	3.0	3.4	4.0	4.9	4.6	3.1	4.0	4.6	4.0	3.4		
Kalcijum (Ca ⁺⁺)	mg/l	53	67	63	55	53	39	53	54	58	62		
Magnezijum (Mg ⁺⁺)	mg/l	15	17	14	15	10	8	10	14	15	12		
Gvožđe (Fe)-rastvoreno	mg/l	0.16	0.17	0.14	0.05	0.16	0.08	0.01	0.01	0.02	<0.01		
Mangan (Mn)-rastvoreni	mg/l	0.02	0.06	0.07	0.02	0.03	0.01	0.01	0.01	0.02	<0.01		
Cink(Zn)-rastvoreni	µg/l	35.2	12.7	13.4	13.6	18.6	13.4	13.8	7.2	20.2	<1		
Bakar(Cu)-rastvoreni	µg/l	6.1	4.1	7.6	3.1	5.0	5.8	17.9	2.5	4.0	1.6		
Hrom ukupni(Cr) rastvoreni	µg/l	<0.5	1.8	1.2	1.4	1.3	<0.5	<0.5	<0.5	0.7	1.0		
Olovo (Pb)-rastvoreni	µg/l	1.2	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5		
Kadmijum (Cd)-rastvoreni	µg/l	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	0.030	<0.025	<0.02	0.020	<0.02	<0.02		
Živa (Hg)-rastvorena	µg/l	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1		
Nikal (Ni)-rastvoreni	µg/l	11.4	2.8	3.4	4.9	7.3	1.3	1.3	8.9	6.9	0.7		
Aluminijum (Al)-rastvoreni	µg/l	53.6	32.5	42.8	31.4	115.1	45.5	12.3	<10	<10	<10		
Arsen (As)-rastvoreni	µg/l	1.5	1.6	1.5	2.4	2.1	1.6	2.6	2.6	2.4	0.7		

Lokalitet uzorkovanja: Sombor	Rastojanje od ušća [km]:	61												
Šifra stanice: 92115	Geografska širina[s.m.s]:	45 47 23										Godina kontrole kvaliteta vode:		2011
Reka: kanal DTD	Geografska dužina[s.m.s]:	19 02 06										Prosečan višegodišnji proticaj:		
Sliv: Dunava	Mesto uzorkovanja u profilu:	L										Merodavna mala voda Q ₉₅ :		
Naziv grupe parametara/ naziv parametra	Jedinica	Redni broj uzorkovanja												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Datum uzorkovanja	-	Januar	Februar	Mart	April	Maj	Jun	Jul	Avgust	Septembar	Oktobar	Novembar	Decembar	
Temperatura vode	°C	2.9	0.7	4.4	16.4	18.4	25.6	23.7	25.2	24.7	19.4	6.1	4.2	
Suspendovane materije	mg/l	10	68	6	10	20	41	19	16	4	10	7	7	
Rastvoreni kiseonik	mg/l	7.7	11.7	16.2	13.3	10.2	6.9	7.9	6.6	5.5	9.4	11.3	12.6	
Zasićenost vode kiseonikom	%	57	82	125	136	109	86	95	81	67	102	91	96	
Alkalitet	mmol/l	8.0	7.6	9.9	8.5	8.4	3.2	2.8	5.2	3.1	3.1	4.6	4.4	
pH	-	7.6	8.1	8.3	8.3	8.3	7.8	7.9	8.0	7.8	8.0	8.2	8.2	
Elektroprovodljivost	µS/cm	921	1041	1128	913	986	435	388	591	404	431	659	627	
Ukupne rastvorene soli	mg/l	562	597	693	567	594	249	220	333	217	242	374	367	
Natrijum (Na ⁺)	mg/l		70.2		40.5	70.2	21.6		32.6		14.7		31.4	
Kalijum (K ⁺)	mg/l		7.1		4.0	9.2	3.0		3.4		3.1		5.1	
Kalcijum (Ca ⁺⁺)	mg/l	108	59		107	79	46		48		54		65	
Magnezijum (Mg ⁺⁺)	mg/l	39	47		42	50	14		30		13		24	
Gvožđe (Fe)-rastvoreno	mg/l				0.26		0.02		0.01					
Mangan (Mn)-rastvoreni	mg/l				0.01		<0.01		<0.01					
Cink(Zn)-rastvoreni	µg/l				12.2		15.4		12.6					
Bakar(Cu)-rastvoreni	µg/l				8.5		3.2		1.6					
Hrom ukupni(Cr) rastvoreni	µg/l				<0.5		<0.5		<0.5					
Olovo (Pb)-rastvoreni	µg/l				<0.5		<0.5		<0.5					
Kadmijum (Cd)-rastvoreni	µg/l				<0.025		<0.025		<0.025					
Živa (Hg)-rastvorena	µg/l				<0.1		<0.1		<0.1					
Nikal (Ni)-rastvoreni	µg/l				2.2		1.5		0.8					
Aluminijum (Al)-rastvoreni	µg/l				11.4		13.7		<10					
Arsen (As)-rastvoreni	µg/l				6.0		3.5		3.7					

Lokacija uzorkovanja: Bačko Gradište		Rastojanje od ušća [km]:											
Šifra stanice: 92140		Geografska širina[s.m.s]: 45 34 19					Godina kontrole kvaliteta vode: 2011						
Reka: kanal DTD		Geografska dužina[s.m.s]: 20 01 40					Prosečan višegodišnji proticaj:						
Sliv: Dunava		Mesto uzorkovanja u profilu: D					Merodavna mala voda Q ₉₅ :						
Naziv grupe parametara/ naziv parametra	Jedinica	Redni broj uzorkovanja											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Datum uzorkovanja	-	Januar	Februar	Mart	April	Maj	Jun	Jul	Avgust	Septembar	Oktobar	Novembar	Decembar
Temperatura vode	°C	1.3	3.1	2.1	24.6	22.4	21.2	23.2	23.6	19.5	9.2	2.5	
Suspendovane materije	mg/l	17	16	19	19	58	35	62	80	11	23		
Rastvoreni kiseonik	mg/l	9.1	9.1	13.8	7.3	9.6	12.5	11.9	7.4	8.1	18.8	15.7	
Zasićenost vode kiseonikom	%	65	68	100	89	111	142	140	88	89	164	115	
Alkalitet	mmol/l	10.1	10.3	9.4	9.4	4.6	4.3	3.7	3.2	3.7	3.7	4.5	
pH	-	8.1	8.0	8.2	8.4	8.5	8.5	8.5	7.9	8.0	9.0	8.7	
Elektroprovodljivost	µS/cm	1222	1292	1213	1077	591	551	477	433	497	489	613	
Ukupne rastvorene soli	mg/l	806	770	733	670	317	316	305	252	282	315	350	
Natrijum (Na ⁺)	mg/l		136.0		115.0	51.5		30.8		27.5		40.4	
Kalijum (K ⁺)	mg/l		6.5		7.2	4.3		3.7		4.3		5.5	
Kalcijum (Ca ⁺⁺)	mg/l		82		72	45		43		52		52	
Magnezijum (Mg ⁺⁺)	mg/l		53		44	25		18		18		26	
Gvožđe (Fe)-rastvoreno	mg/l				0.02	0.11		0.01		<0.01			
Mangan (Mn)-rastvoreni	mg/l				<0.01	0.06		<0.01		<0.01			
Cink(Zn)-rastvoreni	µg/l				8.4	14.2		10.5		3.5			
Bakar(Cu)-rastvoreni	µg/l				2.2	3.4		1.9		1.1			
Hrom ukupni(Cr) rastvoreni	µg/l				<0.5	<0.5		<0.5		<0.5			
Olovo (Pb)-rastvoreni	µg/l				<0.5	<0.5		<0.5		<0.5			
Kadmijum (Cd)-rastvoreni	µg/l				<0.025	<0.025		<0.025		<0.02			
Živa (Hg)-rastvorena	µg/l				<0.1	<0.1		<0.1		<0.1			
Nikal (Ni)-rastvoreni	µg/l				1.7	4.0		1.4		2.0			
Aluminijum (Al)-rastvoreni	µg/l				10.6	66.8		10.0		<10			
Arsen (As)-rastvoreni	µg/l				10.6	5.9		3.2		3.1			

Lokalitet uzorkovanja: Bezdan		Rastojanje od ušća [km]:											
Šifra stanice: 42010		Geografska širina[s.m.s]: 44 52 56						Godina kontrole kvaliteta vode: 2012					
Reka: Dunav		Geografska dužina[s.m.s]: 25 26 29						Prosečan višegodišnji proticaj:					
Sliv: Crno more		Mesto uzorkovanja u profilu: L						Merodavna mala voda Q ₉₅ :					
Naziv grupe parametara/ naziv parametra	Jedinica	Redni broj uzorkovanja											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Datum uzorkovanja	-	Januar	Februar	Mart	April	Maj	Jun	Jul	Avgust	Septembar	Oktoibar	Novembar	Decembar
Temperatura vode	°C	4,5	1,8	5,3	10,8	17,6	18,8	23,6	22,6	21,7	18,2	8,3	6,2
Suspendovane materije	mg/l	39	27	42	22	22	42	53	50	61	10	17	9
Rastvoreni kiseonik	mg/l	11,90	12,40	12,30	12,00	10,80	9,70	7,90	8,30	7,80	9,00	13,24	11,50
Zasićenost vode kiseonikom	%	92	89	97	109	114	105	95	96	89	96	113	93
Alkalitet	mmol/l	3,52	3,08	3,26	3,40	3,02	2,44	2,50	2,51	2,70	3,11	3,28	3,60
pH	-	8,20	8,00	8,00	8,60	8,50	8,00	8,00	7,95	8,20	8,28	8,15	8,26
Elektroprovodljivost	µS/cm	492	452	469	409	367	316	329	328	382	428	478	528
Ukupne rastvorene soli	mg/l	292	296	278	251	227	182	205	198	197	252	265	276
Natrijum (Na ⁺)	mg/l	18,9	17,7	18,3	13,5	10,7	8,3	8,1	7,9	10,5	11,4	11,7	15,1
Kalijum (K ⁺)	mg/l	2,0	3,6	3,0	2,0	1,6	1,6	1,6	1,8	2,2	2,3	3,1	3,0
Kalcijum (Ca ⁺⁺)	mg/l	69,0	64,0	55,0	57,0	52,0	42,4	43,0	45,4	48,0	55,5	55,7	56,5
Magnezijum (Mg ⁺⁺)	mg/l	9,0	8,0	13,0	9,0	12,0	9,1	9,0	9,2	8,7	9,9	16,4	14,1
Gvožđe (Fe)-rastvoreno	µg/l	24,0	39,6	35,6	10,2	<10	10,5	53,2	22,0	150,6	11,5	37,2	51,1
Mangan (Mn)-rastvoreni	µg/l	<10	<10	11,9	<10	<10	15,8	89,0	<10	17,8	<10	<10	14,5
Cink(Zn)-rastvoreni	µg/l	20,1	7,8	2,1	13,6	15,9	4,9	6,2	17,7	2,2	10,8	17,1	46,4
Bakar(Cu)-rastvoreni	µg/l	3,9	2,7	1,4	1,2	5,0	1,5	2,5	2,2	1,4	2,3	4,1	6,1
Hrom ukupni(Cr) rastvoreni	µg/l	<0,5	0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Olovo (Pb)-rastvoreni	µg/l	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Kadmijum (Cd)-rastvoreni	µg/l	<0,02	<0,02	0,050	<0,02	0,030	0,020	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Živa (Hg)-rastvorena	µg/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Nikal (Ni)-rastvoreni	µg/l	1,7	2,1	1,1	0,8	2,9	0,5	136,3	1,1	1,0	2,1	0,9	52,0
Aluminijum (Al)-rastvoreni	µg/l	14,0	30,8	24,0	20,1	10,2	16,3	42,8	27,6	93,4	11,4	21,5	28,4
Arsen (As)-rastvoreni	µg/l	1,0	1,2	0,9	0,8	1,4	1,5	1,3	1,4	1,3	1,0	1,1	1,2

Lokacija uzorkovanja: Bogojevo		Rastojanje od ušća [km]:		1367.4											
Šifra stanice: 42020		Geografska širina[s.m.s]:		45 31 48							Godina kontrole kvaliteta vode:				2012
Reka: Dunav		Geografska dužina[s.m.s]:		19 04 54							Prosečan višegodišnji proticaj:				
Sliv: Crno more		Mesto uzorkovanja u profilu:		L							Merodavna mala voda Q ₉₅ :				
Naziv grupe parametara/ naziv parametra	Jedinica	Redni broj uzorkovanja													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Datum uzorkovanja	-	Januar	Februar	Mart	April	Maj	Jun	Jul	Avgust	Septembar	Oktoibar	Novembar	Decembar		
Temperatura vode	°C	4,4	2,0	5,8	11,3	17,7	18,8	23,6	22,6	21,2	17,8	8,5	6,4		
Suspendovane materije	mg/l	23	35	54	26	13	27	38	67	43	20	24	4		
Rastvoreni kiseonik	mg/l	12,00	12,60	12,00	12,00	10,60	10,30	7,90	8,20	8,90	8,90	11,50	11,40		
Zasićenost vode kiseonikom	%	92	91	96	110	112	111	94	95	101	94	98	92		
Alkalitet	mmol/l	3,62	3,10	3,06	3,04	3,04	2,52	2,58	2,55	2,79	3,11	3,11	3,35		
pH	-	8,20	8,10	8,00	8,40	8,70	8,50	8,10	8,02	8,11	8,29	8,19	8,43		
Elektroprovodljivost	µS/cm	491	445	449	411	385	324	342	328	399	426	444	500		
Ukupne rastvorene soli	mg/l	299	303	276	245	235	190	200	202	214	244	253	269		
Natrijum (Na ⁺)	mg/l	24,3	20,0	18,6	13,5	11,1	10,8	8,1	8,4	11,1	11,4	15,1	16,0		
Kalijum (K ⁺)	mg/l	2,6	3,4	3,1	2,4	2,0	1,8	2,1	1,9	2,4	2,4	2,3	2,6		
Kalcijum (Ca ⁺⁺)	mg/l	65,0	56,0	53,0	54,0	50,0	42,0	42,0	44,8	51,5	53,5	53,5	55,5		
Magnezijum (Mg ⁺⁺)	mg/l	14,0	16,0	11,0	12,0	14,0	8,0	10,0	8,4	7,3	11,7	12,5	11,8		
Gvožđe (Fe)-rastvoreno	µg/l		54,2	31,8	20,4	<10	21,5	50,1	10,6	32,1	<10	39,8	<10		
Mangan (Mn)-rastvoreni	µg/l		20,1	<10	<10	<10	<10	46,2	<10	<10	<10	<10	<10		
Cink(Zn)-rastvoreni	µg/l		12,6	37,1	16,3	17,0	19,4	54,0	15,8	12,7	17,6	16,6	42,0		
Bakar(Cu)-rastvoreni	µg/l		3,8	3,5	2,2	4,9	2,1	23,9	2,3	8,6	7,9	2,8	5,7		
Hrom ukupni(Cr) rastvoreni	µg/l		0,6	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5		
Olovo (Pb)-rastvoreni	µg/l		<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5		
Kadmijum (Cd)-rastvoreni	µg/l		0,030	0,040	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,050	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02		
Živa (Hg)-rastvorena	µg/l		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	0,2	<0,1		
Nikal (Ni)-rastvoreni	µg/l		9,1	1,2	2,7	1,9	1,1	100,9	0,9	1,5	14,4	0,9	40,9		
Aluminijum (Al)-rastvoreni	µg/l		21,2	20,1	12,0	<10	25,5	36,2	21,2	24,2	10,0	25,4	10,8		
Arsen (As)-rastvoreni	µg/l		1,1	1,0	1,1	3,8	1,2	5,7	2,5	1,4	1,3	1,6	1,9		

Lokacija uzorkovanja: Novi Sad		Rastojanje od ušća [km]:											
Šifra stanice: 42035		Geografska širina[s.m.s]: 45 13 28						Godina kontrole kvaliteta vode: 2012					
Reka: Dunav		Geografska dužina[s.m.s]: 19 50 31						Prosečan višegodišnji proticaj:					
Sliv: Crno more		Mesto uzorkovanja u profilu: D						Merodavna mala voda Q ₉₅ :					
Naziv grupe parametara/ naziv parametra	Jednica	Redni broj uzorkovanja											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Datum uzorkovanja	-	Januar	Februar	Mart	April	Maj	Jun	Jul	Avgust	Septembar	Oktoibar	Novembar	Decembar
Temperatura vode	°C	3,8	5,2	10,2	18,0	19,8	26,0	23,8	18,2	15,6	9,4	1,4	
Suspendovane materije	mg/l	14	13	26	27	29	42	30	22	16	14	18	
Rastvoreni kiseonik	mg/l	12,30	11,60	11,50	11,10	9,90	7,60	7,90	8,50	8,90	10,90	12,90	
Zasićenost vode kiseonikom	%	94	91	103	118	109	95	94	91	90	95	92	
Alkalitet	mmol/l	3,28	2,96	3,04	2,40	2,48	2,56	2,53	2,66	2,92	2,96	3,30	
pH	-	8,10	8,00	8,40	8,40	8,40	8,10	8,10	8,04	8,17	8,07	8,26	8,10
Elektroprovodljivost	µS/cm	458	430	408	329	318	320	337	364	388	428	506	458
Ukupne rastvorene soli	mg/l	280	269	236	208	178	195	198	196	215	221	251	280
Natrijum (Na ⁺)	mg/l	22,4	16,8	13,5	12,3	9,0	9,6	8,1	9,9	7,8	12,9	10,3	
Kalijum (K ⁺)	mg/l	2,6	2,7	1,8	2,0	1,6	2,0	2,0	2,5	2,4	2,0	1,7	
Kalcijum (Ca ⁺⁺)	mg/l	59,0	55,0	52,0	39,0	41,0	43,0	44,0	49,4	52,3	49,9	61,7	
Magnezijum (Mg ⁺⁺)	mg/l	14,0	13,0	12,0	10,0	10,0	9,0	10,5	10,7	10,3	12,9	14,7	
Gvožđe (Fe)-rastvoreno	µg/l	39,0	47,6	10,7	<10	35,5	50,5	14,0	66,6	<10	11,7	<10	
Mangan (Mn)-rastvoreni	µg/l	<10	10,8	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	
Cink(Zn)-rastvoreni	µg/l	9,0	29,0	28,8	22,2	20,2	19,9	12,7	5,1	4,7	15,7	13,5	
Bakar(Cu)-rastvoreni	µg/l	4,7	3,4	1,3	1,2	1,0	1,2	1,7	5,9	2,1	1,6	<1	
Hrom ukupni(Cr) rastvoreni	µg/l	1,4	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	
Olovo (Pb)-rastvoreni	µg/l	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	
Kadmijum (Cd)-rastvoreni	µg/l	<0,02	0,040	<0,02	<0,02	0,020	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	
Živa (Hg)-rastvorena	µg/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	
Nikal (Ni)-rastvoreni	µg/l	4,3	1,2	1,0	0,9	0,9	5,8	2,7	1,7	0,9	0,9	1,5	
Aluminijum (Al)-rastvoreni	µg/l	48,9	29,0	28,8	<10	24,7	36,9	18,3	31,2	<10	10,7	<10	
Arsen (As)-rastvoreni	µg/l	1,4	1,0	1,2	1,1	1,5	1,4	1,4	2,1	1,2	1,2	0,9	

Lokalitet uzorkovanja: Martonoš		Rastojanje od ušća [km]:											
Šifra stanice: 94010		Geografska širina[s.m.s]: 46 06 52						Godina kontrole kvaliteta vode: 2012					
Reka: Tisa		Geografska dužina[s.m.s]: 20 05 13						Prosečan višegodišnji proticaj:					
Sliv: Dunava		Mesto uzorkovanja u profilu: D						Merodavna mala voda Q ₉₅ :					
Naziv grupe parametara/ naziv parametra	Jedinica	Redni broj uzorkovanja											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Datum uzorkovanja	-	Januar	Februar	Mart	April	Maj	Jun	Jul	Avgust	Septembar	Oktoibar	Novembar	Decembar
Temperatura vode	°C	2,0	6,6	9,8	18,2	22,2	26,2	25,5	20,8	16,0	7,7	2,4	
Suspendovane materije	mg/l	15	20	86	27	340	16	10	10	10	20	30	
Rastvoreni kiseonik	mg/l	12,30	12,20	9,90	8,70	6,60	7,40	8,40	8,90	8,10	10,30	12,30	
Zasićenost vode kiseonikom	%	88	99	88	93	77	93	103	101	82	85	90	
Alkalitet	mmol/l	2,82	2,72	1,84	2,08	2,06	2,36	2,72	3,15	3,29	2,37	2,96	
pH	-	8,00	7,90	7,80	8,00	7,70	8,20	8,07	8,23	8,05	7,97	8,12	
Elektroprovodljivost	µS/cm	445	463	272	326	304	418	466	553	607	431	560	
Ukupne rastvorene soli	mg/l	278	272	182	187	187	254	248	296	327	237	278	
Natrijum (Na ⁺)	mg/l	32,3	29,3	17,2	18,6	15,5	30,4	32,0	39,8	41,9	24,7	32,9	
Kalijum (K ⁺)	mg/l	2,6	3,9	2,3	2,5	1,3	3,4	3,5	4,6	5,2	3,9	3,7	
Kalcijum (Ca ⁺⁺)	mg/l	50,0	48,0	33,0	38,0	41,0	42,0	47,2	52,3	53,7	45,3	51,3	
Magnezijum (Mg ⁺⁺)	mg/l	11,0	12,0	7,0	7,0	7,0	8,0	8,6	10,2	10,2	5,0	10,2	
Gvožđe (Fe)-rastvoreno	µg/l	32,0	34,3	39,4	10,0	38,4	27,8	<10	73,3	<10	39,5	10,0	
Mangan (Mn)-rastvoreni	µg/l	<10	11,5	<10	<10	<10	<10	<10	17,0	<10	<10	<10	
Cink(Zn)-rastvoreni	µg/l	18,8	22,1	6,6	22,3	3,3	16,0	7,0	2,7	22,1	20,8	13,2	
Bakar(Cu)-rastvoreni	µg/l	3,9	3,8	1,9	3,1	3,1	1,4	1,2	1,6	3,8	2,0	1,2	
Hrom ukupni(Cr) rastvoreni	µg/l	0,5	0,6	<0,5	<0,5	<0,5	0,7	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	
Olovo (Pb)-rastvoreni	µg/l	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	
Kadmijum (Cd)-rastvoreni	µg/l	0,020	0,020	<0,02	0,020	0,030	<0,02	<0,02	0,020	0,020	<0,02	<0,02	
Živa (Hg)-rastvorena	µg/l	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	
Nikal (Ni)-rastvoreni	µg/l	0,9	1,3	1,4	1,1	1,1	1,5	2,9	1,0	5,1	0,9	1,6	
Aluminijum (Al)-rastvoreni	µg/l	19,3	22,8	23,2	10,6	27,0	27,8	<10	44,7	<10	28,0	<10	
Arsen (As)-rastvoreni	µg/l	1,1	1,2	1,1	1,8	1,7	2,3	2,9	2,2	2,7	1,1	1,0	

Lokalitet uzorkovanja: Novi Bečej	Rastojanje od ušća [km]:	65												
Šifra stanice: 44030	Geografska širina[s.m.s]:	45 35 06										Godina kontrole kvaliteta vode:		2012
Reka: Tisa	Geografska dužina[s.m.s]:	20 08 30										Prosečan višegodišnji proticaj:		
Sliv: Dunava	Mesto uzorkovanja u profilu:	L										Merodavna mala voda Q ₉₅ :		
Naziv grupe parametara/ naziv parametra	Jedinica	Redni broj uzorkovanja												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Datum uzorkovanja	-	Januar	Februar	Mart	April	Maj	Jun	Jul	Avgust	Septembar	Oktobar	Novembar	Decembar	
Temperatura vode	°C	2,2	0,6	2,1	10,0	18,7	21,4	28,0	27,4	25,0	19,5	11,7	8,4	
Suspendovane materije	mg/l	7	10	19	53	20	38	25	14	14	11	24	17	
Rastvoreni kiseonik	mg/l	11,90	13,10	11,90	10,30	7,80	7,80	5,70	5,20	7,40	8,40	9,20	9,70	
Zasićenost vode kiseonikom	%	86	91	86	91	84	88	74	67	91	92	85	83	
Alkalitet	mmol/l	2,92	2,70	3,22	1,78	2,08	2,14	2,10	2,55	2,74	2,88	3,20	2,52	
pH	-	7,90	8,00	7,60	7,90	7,70	7,70	7,60	7,77	7,93	7,99	8,05	7,78	
Elektroprovodljivost	µS/cm	446	460	572	265	307	356	343	432	506	558	616	438	
Ukupne rastvorene soli	mg/l	274	278	335	160	196	203	220	219	259	289	309	234	
Natrijum (Na ⁺)	mg/l	36,0	31,7	39,2	16,7	18,3	24,9	23,1	30,8	32,6	39,2	46,5	21,2	
Kalijum (K ⁺)	mg/l	3,0	3,9	4,5	2,4	2,5	3,0	3,2	4,2	4,3	5,1	3,2	3,1	
Kalcijum (Ca ⁺⁺)	mg/l	51,0	51,0	61,0	32,0	38,0	40,0	39,0	44,6	49,2	51,5	57,3	43,5	
Magnezijum (Mg ⁺⁺)	mg/l	9,0	11,0	11,0	6,0	8,0	7,0	8,0	9,7	7,7	10,1	6,6	7,2	
Gvožđe (Fe)-rastvoreno	µg/l	31,0	30,1	23,1	74,0	15,9	21,9	64,7	13,5	15,8	10,3	<10	24,3	
Mangan (Mn)-rastvoreni	µg/l	10,0	67,9	<10	<10	<10	<10	27,5	24,6	23,2	<10	<10	<10	
Cink(Zn)-rastvoreni	µg/l	32,6	23,4	25,9	39,8	28,2	30,9	32,8	22,5	18,7	7,4	25,6	28,6	
Bakar(Cu)-rastvoreni	µg/l	2,8	1,5	4,1	2,7	5,2	3,8	6,1	12,7	4,8	1,5	3,0	4,6	
Hrom ukupni(Cr) rastvoreni	µg/l	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,5	1,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	
Olovo (Pb)-rastvoreni	µg/l	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	
Kadmijum (Cd)-rastvoreni	µg/l	0,020	0,020	0,020	0,030	0,020	0,020	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	
Živa (Hg)-rastvorena	µg/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	
Nikal (Ni)-rastvoreni	µg/l	14,3	1,5	1,1	1,0	1,1	1,7	24,5	25,3	11,7	1,3	2,1	1,3	
Aluminijum (Al)-rastvoreni	µg/l	21,2	11,4	14,7	49,2	20,7	23,5	48,1	14,3	12,0	<10	<10	20,7	
Arsen (As)-rastvoreni	µg/l	1,0	1,3	0,9	1,2	1,9	2,1	2,4	2,5	2,9	2,1	1,9	1,1	

Lokalitet uzorkovanja: Titel		Rastojanje od ušća [km]:											
Šifra stanice: 44040		Geografska širina[s.m.s]: 45 11 52						Godina kontrole kvaliteta vode: 2012					
Reka: Tisa		Geografska dužina[s.m.s]: 20 19 07						Prosečan višegodišnji proticaj:					
Sliv: Dunava		Mesto uzorkovanja u profilu: S						Merodavna mala voda Q ₉₅ :					
Naziv grupe parametara/ naziv parametra	Jednica	Redni broj uzorkovanja											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Datum uzorkovanja	-	Januar	Februar	Mart	April	Maj	Jun	Jul	Avgust	Septembar	Oktoibar	Novembar	Decembar
Temperatura vode	°C	2,2	4,0	10,8	20,7	23,4	28,5	27,4	23,8	18,8	11,3	2,7	
Suspendovane materije	mg/l	4	15	52	21	62	23	42	20	7	18	4	
Rastvoreni kiseonik	mg/l	12,20	13,60	10,40	7,90	6,90	7,60	7,30	8,70	7,70	10,00	12,60	
Zasićenost vode kiseonikom	%	89	103	94	95	81	100	93	103	83	91	93	
Alkalitet	mmol/l	2,68	3,04	1,82	2,08	2,28	2,40	2,43	2,76	2,96	3,25	2,86	
pH	-	7,90	8,00	7,90	8,00	7,80	7,90	8,01	8,15	7,93	8,08	8,26	
Elektroprovodljivost	µS/cm	424	537	282	326	347	361	450	495	557	623	546	
Ukupne rastvorene soli	mg/l	251	309	174	180	215	215	250	273	313	314	287	
Natrijum (Na ⁺)	mg/l	29,0	35,6	16,3	18,9	19,2	26,4	33,5	33,2	36,8	44,7	31,4	
Kalijum (K ⁺)	mg/l	3,1	3,8	2,1	3,0	3,1	3,3	3,9	4,4	5,0	4,2	3,2	
Kalcijum (Ca ⁺⁺)	mg/l	47,0	52,0	33,0	37,0	40,0	37,0	42,8	47,6	52,1	53,3	42,5	
Magnezijum (Mg ⁺⁺)	mg/l	10,0	13,0	6,0	7,0	7,0	8,0	8,1	9,7	15,7	9,4	20,4	
Gvožđe (Fe)-rastvoreno	µg/l	28,0	460,6		19,3	71,7		15,7	32,1	13,2	<10	<10	
Mangan (Mn)-rastvoreni	µg/l	14,0	32,1		10,0	14,6		10,0	<10	30,7	<10	14,9	
Cink(Zn)-rastvoreni	µg/l	22,4	30,0		38,3	28,0		14,8	4,1	12,8	18,9	67,7	
Bakar(Cu)-rastvoreni	µg/l	1,8	16,4		3,2	4,5		4,2	3,3	4,2	5,1	3,9	
Hrom ukupni(Cr) rastvoreni	µg/l	0,5	3,2		<0,5	<0,5		<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	
Olovo (Pb)-rastvoreni	µg/l	<0,5	1,6		<0,5	<0,5		<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	
Kadmijum (Cd)-rastvoreni	µg/l	0,020	0,060		0,020	0,030		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,030	
Živa (Hg)-rastvorena	µg/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		<0,1	<0,1	<0,1	0,1	0,3	
Nikal (Ni)-rastvoreni	µg/l	1,1	3,6		1,1	1,4		17,2	0,9	7,8	1,2	69,0	
Aluminijum (Al)-rastvoreni	µg/l	15,3	342,2		18,2	82,8		16,6	15,9	<10	10,0	<10	
Arsen (As)-rastvoreni	µg/l	1,0	1,6		1,8	1,8		2,9	3,1	3,0	1,9	1,1	

Lokalitet uzorkovanja: Sombor	Rastojanje od ušća [km]:	61												
Šifra stanice: 92115	Geografska širina[s.m.s]:	45 47 23										Godina kontrole kvaliteta vode:		2012
Reka: kanal DTD	Geografska dužina[s.m.s]:	19 02 06										Prosečan višegodišnji proticaj:		
Sliv: Dunava	Mesto uzorkovanja u profilu:	L										Merodavna mala voda Q ₉₅ :		
Naziv grupe parametara/ naziv parametra	Jedinica	Redni broj uzorkovanja												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Datum uzorkovanja	-	Januar	Februar	Mart	April	Maj	Jun	Jul	Avgust	Septembar	Oktobar	Novembar	Decembar	
Temperatura vode	°C	3,6	0,4	5,8	14,3	20,8	22,0	27,9	24,5	21,2	18,6	9,0	5,6	
Suspendovane materije	mg/l	23	16	5	5	9	15	40	9	12	12	4	7	
Rastvoreni kiseonik	mg/l	13,30	15,70	15,00	12,10	6,60	7,40	5,10	7,60	7,50	8,50	10,70	11,60	
Zasićenost vode kiseonikom	%	100	109	120	118	74	85	66	92	85	92	93	92	
Alkalitet	mmol/l	4,84	4,48	3,90	3,44	3,24	2,96	2,78	2,68	2,84	2,94	3,36	3,90	
pH	-	8,30	8,30	8,00	8,20	7,90	7,90	7,70	7,83	7,89	8,01	8,17	8,27	
Elektroprovodljivost	µS/cm	633	566	525	510	422	389	358	343	386	397	484	551	
Ukupne rastvorene soli	mg/l	379	350	308	283	238	209	218	219	200	223	263	283	
Natrijum (Na ⁺)	mg/l	36,2	23,7	20,4	23,1	14,4	13,5	9,3	8,1	11,4	10,2	20,6	19,9	
Kalijum (K ⁺)	mg/l	4,0	4,0	2,9	2,9	2,7	2,1	2,0	2,0	2,5	2,4	3,5	2,5	
Kalcijum (Ca ⁺⁺)	mg/l	70,0	71,0	62,0	54,0	51,0	43,0	43,0	48,4	47,2	55,1	55,7	57,7	
Magnezijum (Mg ⁺⁺)	mg/l	23,0	21,0	16,0	17,0	16,0	14,0	12,0	7,8	9,3	8,8	13,6	15,9	
Gvožđe (Fe)-rastvoreno	µg/l				10,0	<10	<10			<10	<10	<10		
Mangan (Mn)-rastvoreni	µg/l				<10	<10	<10			36,6	<10	10,3		
Cink(Zn)-rastvoreni	µg/l				20,0	29,8	30,2			18,1	24,8	50,9		
Bakar(Cu)-rastvoreni	µg/l				2,8	4,5	1,9			6,8	11,3	51,2		
Hrom ukupni(Cr) rastvoreni	µg/l				<0,5	<0,5	<0,5			<0,5	<0,5	<0,5		
Olovo (Pb)-rastvoreni	µg/l				<0,5	<0,5	<0,5			<0,5	<0,5	<0,5		
Kadmijum (Cd)-rastvoreni	µg/l				<0,02	0,020	<0,02			<0,02	<0,02	<0,02		
Živa (Hg)-rastvorena	µg/l				<0,1	<0,1	<0,1			<0,1	<0,1	0,1		
Nikal (Ni)-rastvoreni	µg/l				1,0	4,4	1,1			1,4	14,2	3,7		
Aluminijum (Al)-rastvoreni	µg/l				<10	<10	<10			<10	<10	<10		
Arsen (As)-rastvoreni	µg/l				2,4	3,4	3,2			1,5	1,6	1,6		

Lokacija uzorkovanja: Bačko Gradište		Rastojanje od ušća [km]:											
Šifra stanice: 92140		Geografska širina[s.m.s]: 45 34 19						Godina kontrole kvaliteta vode: 2012					
Reka: kanal DTD		Geografska dužina[s.m.s]: 20 01 40						Prosečan višegodišnji proticaj:					
Sliv: Dunava		Mesto uzorkovanja u profilu: D						Merodavna mala voda Q ₉₅ :					
Naziv grupe parametara/ naziv parametra	Jedinica	Redni broj uzorkovanja											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Datum uzorkovanja	-	Januar	Februar	Mart	April	Maj	Jun	Jul	Avgust	Septembar	Oktoibar	Novembar	Decembar
Temperatura vode	°C	3,8	2,4	12,0	18,2	23,6	29,0	28,4	23,8	18,3	11,0	8,7	
Suspendovane materije	mg/l	25	6	17	153	23	46	46	22	18	25	10	
Rastvoreni kiseonik	mg/l	11,60	7,00	15,00	5,30	9,70	10,80	9,20	8,60	9,50	12,10	11,70	
Zasićenost vode kiseonikom	%	88	51	140	56	116	142	120	103	102	110	101	
Alkalitet	mmol/l	4,60	4,88	4,80	3,94	3,66	2,70	2,72	2,86	3,42	3,52	3,61	
pH	-	8,10	7,60	8,80	7,90	7,60	8,10	7,92	8,00	8,26	8,24	8,35	
Elektroprovodljivost	µS/cm	611	651	652	515	476	349	361	387	464	513	532	
Ukupne rastvorene soli	mg/l	367	394	378	305	264	229	192	212	250	265	282	
Natrijum (Na ⁺)	mg/l	38,0	42,6	46,1	29,6	30,8	20,7	17,4	17,1	20,8	22,9	24,4	
Kalijum (K ⁺)	mg/l	5,3	5,2	5,0	4,2	3,5	2,9	2,8	2,6	4,1	3,0	2,9	
Kalcijum (Ca ⁺⁺)	mg/l	67,0	63,0	61,0	47,0	44,0	35,0	39,8	43,2	55,5	55,1	55,1	
Magnezijum (Mg ⁺⁺)	mg/l	21,0	24,0	22,0	19,0	19,0	12,0	11,0	10,4	11,7	13,6	13,7	
Gvožđe (Fe)-rastvoreno	µg/l			40,8	16,7	<10			<10	<10	<10		
Mangan (Mn)-rastvoreni	µg/l			<10	<10	<10			<10	<10	<10		
Cink(Zn)-rastvoreni	µg/l			23,2	28,9	175,4			16,5	4,4	14,1		
Bakar(Cu)-rastvoreni	µg/l			2,4	4,0	6,4			35,3	2,9	1,4		
Hrom ukupni(Cr) rastvoreni	µg/l			<0,5	<0,5	<0,5			<0,5	<0,5	<0,5		
Olovo (Pb)-rastvoreni	µg/l			<0,5	<0,5	<0,5			<0,5	<0,5	<0,5		
Kadmijum (Cd)-rastvoreni	µg/l			0,030	<0,02	<0,02			<0,02	<0,02	<0,02		
Živa (Hg)-rastvorena	µg/l			<0,1	0,1	0,1			<0,1	<0,1	0,2		
Nikal (Ni)-rastvoreni	µg/l			2,2	5,3	25,4			24,9	1,6	1,4		
Aluminijum (Al)-rastvoreni	µg/l			<10	10,0	<10			<10	<10	<10		
Arsen (As)-rastvoreni	µg/l			3,4	4,4	4,8			3,0	2,0	1,6		

Lokalitet uzorkovanja: Bezdan		Rastojanje od ušća [km]:											
Šifra stanice: 42010		Geografska širina[s.m.s]: 44 52 56					Godina kontrole kvaliteta vode: 2013						
Reka: Dunav		Geografska dužina[s.m.s]: 25 26 29					Prosečan višegodišnji proticaj:						
Sliv: Crno more		Mesto uzorkovanja u profilu: L					Merodavna mala voda Q ₉₅ :						
Naziv grupe parametara/ naziv parametra	Jedinica	Redni broj uzorkovanja											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Datum uzorkovanja	-	Januar	Februar	Mart	April	Maj	Jun	Jul	Avgust	Septembar	Oktoibar	Novembar	Decembar
Temperatura vode	°C	3.9	3.6	5.2	5.4	17.4	13.5	19.1	27.0	20.3	13.8	12.0	4.4
Suspendovane materije	mg/l	90.0	51.0	80.0	49.0	31.0	79.0	32.0	15.0	27.0	30.0	8.0	20.0
Rastvoreni kiseonik	mg/l	11.9	12.4	12.5	12.5	9.4	9.7	8.7	10.8	8.2	9.6	10.0	12.0
Zasićenost vode kiseonikom	%	91	93	98	99	99	93	95	137	91	93	93	92
Alkalitet	mmol/l	3.26	3.23	3.17	3.53	2.77	2.94	2.82	2.60	3.00	3.25	3.42	3.41
pH	-	8.0	8.3	8.1	8.4	8.1	8.1	8.0	8.3	8.0	8.1	8.3	8.2
Elektroprovodljivost	µS/cm	433	447	496	524	369	370	363	365	385	404	447	452
Ukupne rastvorene soli	mg/l	261	291	296	321	226	225	251	224	253	242	263	275
Natrijum (Na ⁺)	mg/l	12.70	12.40	15.80	18.50	9.90	9.60	12.80	13.00	13.90	10.20	12.20	13.90
Kalijum (K ⁺)	mg/l	1.70	2.90	3.30	3.10	2.20	2.50	2.70	2.70	2.50	2.20	2.60	3.00
Kalcijum (Ca ⁺⁺)	mg/l	56	62	62	64	51	54	50	45	57	57	61	61
Magnezijum (Mg ⁺⁺)	mg/l	13	18	17	16	11	10	11	12	13	11	13	14
Gvožđe (Fe)-rastvoreno	µg/l	20.2	19.8	34.4	12.6	19.1	32.6	18.9	<10	<10	27.1	15.2	25.7
Mangan (Mn)-rastvoreni	µg/l	14.3	<10	<10	<10	<10		<10	<10	<10	<10	12.6	<10
Cink(Zn)-rastvoreni	µg/l	12.8	31.0	21.4	6.8	157.9	7.4	96.6	48.6	6.4	76.8	4.0	5.7
Bakar(Cu)-rastvoreni	µg/l	1.8	2.8	7.0	1.5	26.1	<1	10.8	4.6	3.2	19.8	1.3	1.9
Hrom ukupni(Cr) rastvoreni	µg/l	<0.5	<0.5	<0.5	1.4	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	1.7	<0.5	<0.5	2.0
Olovo (Pb)-rastvoreni	µg/l	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Kadmijum (Cd)-rastvoreni	µg/l	0.02	0.02	0.04	0.04	<0.02	0.04	0.03	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Živa (Hg)-rastvorena	µg/l	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Nikal (Ni)-rastvoreni	µg/l	7.0	2.1	5.3	1.1		<0.5	36.8	23.7	2.6		0.6	1.7
Aluminijum (Al)-rastvoreni	µg/l	11.2	15.8	32.4	<10	11.5	18.4	15.2	<10	<10	20.9	15.0	18.3
Arsen (As)-rastvoreni	µg/l	0.6	0.8	1.1	0.7	1.1	0.7	1.6	1.0	1.4	1.5	0.8	0.9

Lokacija uzorkovanja: Bogojevo	Rastojanje od ušća [km]:	1367.4												
Šifra stanice: 42020	Geografska širina[s.m.s]:	45 31 48										Godina kontrole kvaliteta vode:		2013
Reka: Dunav	Geografska dužina[s.m.s]:	19 04 54										Prosečan višegodišnji proticaj:		
Sliv: Crno more	Mesto uzorkovanja u profilu:	L										Merodavna mala voda Q ₉₅ :		
Naziv grupe parametara/ naziv parametra	Jedinica	Redni broj uzorkovanja												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Datum uzorkovanja	-	Januar	Februar	Mart	April	Maj	Jun	Jul	Avgust	Septembar	Oktoibar	Novembar	Decembar	
Temperatura vode	°C	3.6	3.6	5.4	5.7	17.0	15.5	19.8	27.8	14.0	13.4	12.4	4.3	
Suspendovane materije	mg/l	34.0	81.0	67.0	62.0	41.0	59.0	54.0	29.0	23.0	9.0	20.0	25.0	
Rastvoreni kiseonik	mg/l	12.2	12.8	12.6	12.2	9.1	8.0	8.7	10.1	9.8	9.8	9.8	12.0	
Zasićenost vode kiseonikom	%	92	97	100	97	94	81	96	130	95	94	92	93	
Alkalitet	mmol/l	3.24	3.32	3.17	3.30	2.72	2.60	2.84	2.80	3.22	3.35	3.44	3.40	
pH	-	8.2	8.4	8.2	8.4	8.1	7.9	7.9	8.3	8.2	8.2	8.3	8.4	
Elektroprovodljivost	µS/cm	430	470	480	490	369	322	354	367	401	411	438	464	
Ukupne rastvorene soli	mg/l	242	272	295	287	214	193	223	215	232	265	261	267	
Natrijum (Na ⁺)	mg/l	14.80	16.90	18.50	17.50	13.90	5.70	10.70	12.70	10.80	11.40	12.70	12.40	
Kalijum (K ⁺)	mg/l	2.90	2.90	3.30	3.00	2.50	2.60	2.30	2.60	2.10	2.10	2.30	2.60	
Kalcijum (Ca ⁺⁺)	mg/l	55	59	59	61	50	45	49	45	56	57	57	61	
Magnezijum (Mg ⁺⁺)	mg/l	14	16	15	14	10	11	11	12	10	14	15	16	
Gvožđe (Fe)	µg/l				1266.0		1406.0		292.7		338.1			
Mangan (Mn)	µg/l				58.8		58.7		45.2		22.2			
Cink(Zn)	µg/l				172.2		123.9		43.2		40.2			
Bakar(Cu)	µg/l				83.3		54.0		12.8		8.1			
Hrom ukupni(Cr)	µg/l				1.4		1.6		0.7		0.9			
Olovo (Pb)	µg/l				2.2		3.9		0.6		0.7			
Kadmijum (Cd)	µg/l				0.03		0.02		<0.02		<0.02			
Živa (Hg)	µg/l				<0.1		<0.1		<0.1		<0.1			
Nikal (Ni)	µg/l				48.2		74.3		16.9		22.5			
Aluminijum (Al)	µg/l				870.6		812.5		166.3		208.2			
Arsen (As)	µg/l				0.9		2.1		1.4		1.1			

Lokacija uzorkovanja: Novi Sad		Rastojanje od ušća [km]:											
Šifra stanice: 42035		Geografska širina[s.m.s]: 45 13 28					Godina kontrole kvaliteta vode: 2013						
Reka: Dunav		Geografska dužina[s.m.s]: 19 50 31					Prosečan višegodišnji proticaj:						
Sliv: Crno more		Mesto uzorkovanja u profilu: D					Merodavna mala voda Q ₉₅ :						
Naziv grupe parametara/ naziv parametra	Jednica	Redni broj uzorkovanja											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Datum uzorkovanja	-	Januar	Februar	Mart	April	Maj	Jun	Jul	Avgust	Septembar	Oktoibar	Novembar	Decembar
Temperatura vode	°C	3.8	3.2	7.6	15.0	17.4	19.2	25.4	26.4	16.0	13.4	8.6	3.2
Suspendovane materije	mg/l	18.0	81.0	29.0	12.0	16.0	28.0	12.0	38.0	43.0	17.0	10.0	14.0
Rastvoreni kiseonik	mg/l	12.0	12.8	12.0	9.9	8.6	6.6	8.4	7.8	8.4	9.3	10.8	12.3
Zasićenost vode kiseonikom	%	91	96	101	98	90	72	104	98	85	90	92	91
Alkalitet	mmol/l	3.28	3.02	3.31	3.17	2.75	2.81	3.06	2.67	2.98	3.25	3.08	3.62
pH	-	8.2	8.2	8.3	8.3	8.1	7.9	8.2	8.3	8.1	8.2	8.1	8.3
Elektroprovodljivost	µS/cm	412	438	485	437	373	382	361	365	397	405	403	477
Ukupne rastvorene soli	mg/l	249	275	288	260	248	234	242	207	251	241	238	274
Natrijum (Na ⁺)	mg/l	14.80	15.70	17.90	14.50	13.60	12.70	13.60	13.90	12.10	10.80	11.10	16.00
Kalijum (K ⁺)	mg/l	3.20	2.90	2.90	2.50	2.40	2.90	2.50	2.50	2.30	2.00	2.30	2.80
Kalcijum (Ca ⁺⁺)	mg/l	60	57	65	57	49	54	46	47	53	56	56	62
Magnezijum (Mg ⁺⁺)	mg/l	12	12	19	12	11	8	12	11	12	12	13	16
Gvožđe (Fe)	µg/l			790.6	337.3	745.1	295.5	294.6	130.0	1069.0	256.4	364.4	209.5
Mangan (Mn)	µg/l			35.2	19.9	40.8	24.4	36.6	34.8	57.7	19.2	18.0	14.7
Cink(Zn)	µg/l			16.3	14.1	13.5	16.9	10.2	12.0	14.1	18.1	13.8	11.3
Bakar(Cu)	µg/l			3.7	4.2	14.3	4.6	3.0	6.7	6.9	6.3	6.6	3.8
Hrom ukupni(Cr)	µg/l			0.5	<0.5	<0.5	<0.5	2.6	1.5	1.8	2.0	0.9	1.7
Olovo (Pb)	µg/l			1.2	0.6	1.4	1.0	<0.5	<0.5	1.9	0.6	1.0	0.7
Kadmijum (Cd)	µg/l			0.02	<0.02	0.03	0.12	<0.02	<0.02	0.04	0.04	<0.02	<0.02
Živa (Hg)	µg/l			<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Nikal (Ni)	µg/l			2.0	1.1	1.9	1.6	0.8	0.8	2.4	1.4	1.6	1.2
Aluminijum (Al)	µg/l			465.4	218.5	361.1	152.8	169.2	68.0	631.2	146.1	242.4	156.1
Arsen (As)	µg/l			1.0	0.5	1.4	1.7	1.2	1.2	1.8	1.1	1.2	1.0

Lokalitet uzorkovanja: Martonoš		Rastojanje od ušća [km]:											
Šifra stanice: 94010		Geografska širina[s.m.s]: 46 06 52						Godina kontrole kvaliteta vode: 2013					
Reka: Tisa		Geografska dužina[s.m.s]: 20 05 13						Prosečan višegodišnji proticaj:					
Sliv: Dunava		Mesto uzorkovanja u profilu: D						Merodavna mala voda Q ₉₅ :					
Naziv grupe parametara/ naziv parametra	Jedinica	Redni broj uzorkovanja											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Datum uzorkovanja	-	Januar	Februar	Mart	April	Maj	Jun	Jul	Avgust	Septembar	Oktoibar	Novembar	Decembar
Temperatura vode	°C	1.0	3.0	5.5	11.5	20.4	23.7	24.2	26.5	17.7	14.6	9.5	3.0
Suspendovane materije	mg/l	9.0	77.0	189.0	48.0	<4	80.0	8.0	18.0	10.0	9.0	20.0	5.0
Rastvoreni kiseonik	mg/l	13.1	12.7	10.5	9.0	7.2	7.0	9.1	7.7	8.1	9.1	10.0	11.9
Zasićenost vode kiseonikom	%	92	94	84	83	81	84	110	97	86	89	88	88
Alkalitet	mmol/l	2.84	2.11	1.66	1.99	2.76	2.29	2.86	2.75	2.91	2.64	2.35	2.81
pH	-	8.1	7.9	7.8	7.6	8.0	7.8	8.3	8.2	7.9	8.1	8.2	8.1
Elektroprovodljivost	µS/cm	494	395	269	321	437	360	439	474	530	426	367	446
Ukupne rastvorene soli	mg/l	300	224	166	192	280	238	284	286	324	267	239	278
Natrijum (Na ⁺)	mg/l	35.00	22.90	10.80	16.90	28.30	19.90	30.20	36.20	39.20	33.80	23.20	29.00
Kalijum (K ⁺)	mg/l	4.30	3.70	2.50	3.40	3.50	3.50	4.10	4.40	4.40	3.80	3.60	4.00
Kalcijum (Ca ⁺⁺)	mg/l	50	43	34	39	49	44	52	47	54	46	44	50
Magnezijum (Mg ⁺⁺)	mg/l	10	7	6	7	11	7	10	11	12	7	7	11
Gvožđe (Fe)-rastvoreno	µg/l	21.6	59.1	103.5	75.9	103.8	50.6	244.3	21.3	<10	22.4	14.7	172.6
Mangan (Mn)-rastvoreni	µg/l	22.6	<10	<10	15.5	<10	<10	10.3	<10	<10	<10	20.5	25.6
Cink(Zn)-rastvoreni	µg/l	4.7	38.3	84.3	8.9	5.7	33.7	76.4	18.4	3.0	4.0	3.8	6.4
Bakar(Cu)-rastvoreni	µg/l	1.3	4.9	4.8	2.8	2.9	3.3	7.8	2.1	2.0	1.9	2.3	2.0
Hrom ukupni(Cr) rastvoreni	µg/l	2.2	<0.5	<0.5	6.8	<0.5	<0.5	3.2	<0.5	<0.5	9.7	0.7	10.3
Olovo (Pb)-rastvoreni	µg/l	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Kadmijum (Cd)-rastvoreni	µg/l	0.03	0.04	0.06	0.03	0.06	0.08	0.05	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	0.03
Živa (Hg)-rastvorena	µg/l	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Nikal (Ni)-rastvoreni	µg/l	1.0	1.9	2.9	1.4	2.8	1.8	1.0	1.2	0.7	0.9	0.6	0.9
Aluminijum (Al)-rastvoreni	µg/l	11.0	57.2	80.5	67.5	55.4	39.0	72.5	15.3	<10	17.4	10.6	96.8
Arsen (As)-rastvoreni	µg/l	0.7	1.0	113.3	1.3	2.7	1.7	2.7	2.9	2.2	1.9	1.2	1.2

Lokalitet uzorkovanja: Novi Bečej		Rastojanje od ušća [km]: 65											
Šifra stanice: 44030		Geografska širina[s.m.s]: 45 35 06		Godina kontrole kvaliteta vode: 2013									
Reka: Tisa		Geografska dužina[s.m.s]: 20 08 30		Prosečan višegodišnji proticaj:									
Sliv: Dunava		Mesto uzorkovanja u profilu: L		Merodavna mala voda Q ₉₅ :									
Naziv grupe parametara/ naziv parametra	Jedinica	Redni broj uzorkovanja											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Datum uzorkovanja	-	Januar	Februar	Mart	April	Maj	Jun	Jul	Avgust	Septembar	Oktoibar	Novembar	Decembar
Temperatura vode	°C	1.4	2.6	7.5	6.8	20.4	17.7	23.2	27.4	14.5	14.2	14.6	6.4
Suspendovane materije	mg/l	9.0	33.0	36.0	168.0	58.0	64.0	20.0	5.0	11.0	23.0	10.0	10.0
Rastvoreni kiseonik	mg/l	13.1	12.8	11.7	10.3	6.8	8.1	7.0	7.2	8.9	7.9	7.7	10.4
Zasićenost vode kiseonikom	%	93	94	97	84	76	86	83	93	88	77	77	84
Alkalitet	mmol/l	2.72	1.98	2.30	1.93	2.46	2.88	2.79	2.73	2.82	2.69	2.75	2.59
pH	-	8.1	7.9	8.1	7.8	7.7	8.2	7.8	8.1	8.1	8.0	8.0	8.2
Elektroprovodljivost	µS/cm	563	352	418	332	371	444	423	440	439	454	447	421
Ukupne rastvorene soli	mg/l	344	220	240	205	216	273	283	251	269	282	291	276
Natrijum (Na ⁺)	mg/l	31.40	20.50	20.60	18.10	22.00	30.20	25.30	30.50	30.80	35.60	35.30	30.80
Kalijum (K ⁺)	mg/l	4.20	3.70	3.90	3.80	3.30	3.70	3.80	4.10	4.00	4.10	4.30	3.90
Kalcijum (Ca ⁺⁺)	mg/l	49	39	46	37	43	54	49	48	48	47	47	46
Magnezijum (Mg ⁺⁺)	mg/l	9	10	11	7	10	9	12	10	11	9	10	11
Gvožđe (Fe)	µg/l			903.2	6479.0	613.9	1638.0	730.0	86.4	213.4	533.4	316.0	483.6
Mangan (Mn)	µg/l			60.7	208.5	65.2	121.1	48.6	29.0	32.6	54.3	31.8	22.6
Cink(Zn)	µg/l			25.5	55.2	216.8	27.2	15.2	95.3	43.5	341.0	27.8	40.3
Bakar(Cu)	µg/l			9.3	18.0	50.7	10.9	7.0	11.0	11.0	71.9	14.6	13.4
Hrom ukupni(Cr)	µg/l			1.6	9.2	<0.5	2.1	2.5	1.4	0.6	3.8	1.6	25.8
Olovo (Pb)	µg/l			1.5	12.7	1.9	3.2	1.4	<0.5	0.6	1.5	0.8	0.8
Kadmijum (Cd)	µg/l			0.05	0.37	0.05	0.11	0.08	<0.02	0.03	0.05	0.04	0.03
Živa (Hg)	µg/l			<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Nikal (Ni)	µg/l			1.9	7.4	96.1	2.7	1.9	43.2	21.9	23.7	7.6	33.7
Aluminijum (Al)	µg/l			505.3	3786.0	284.3	897.2	439.9	47.7	141.2	331.7	236.1	201.8
Arsen (As)	µg/l			1.1	3.4	2.0	2.0	2.8	2.9	2.0	2.2	2.4	1.7

Lokalitet uzorkovanja: Titel		Rastojanje od ušća [km]:											
Šifra stanice: 44040		Geografska širina[s.m.s]: 45 11 52					Godina kontrole kvaliteta vode: 2013						
Reka: Tisa		Geografska dužina[s.m.s]: 20 19 07					Prosečan višegodišnji proticaj:						
Sliv: Dunava		Mesto uzorkovanja u profilu: S					Merodavna mala voda Q ₉₅ :						
Naziv grupe parametara/ naziv parametra	Jednica	Redni broj uzorkovanja											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Datum uzorkovanja	-	Januar	Februar	Mart	April	Maj	Jun	Jul	Avgust	Septembar	Oktoibar	Novembar	Decembar
Temperatura vode	°C	2.2	2.5	6.5	10.0	19.2	19.8	26.6	30.0	15.0	15.3	7.5	2.6
Suspendovane materije	mg/l		69.0	90.0	85.0	24.0	14.0	25.0	38.0	23.0	15.0	27.0	5.0
Rastvoreni kiseonik	mg/l	13.2	12.3	11.1	9.2	6.7	8.1	7.6	12.2	8.2	8.4	11.0	11.2
Zasićenost vode kiseonikom	%	96	90	90	82	73	89	96	163	81	84	92	82
Alkalitet	mmol/l	2.82	1.90	1.81	1.90	2.63	2.40	2.85	2.65	2.87	2.77	2.54	2.92
pH	-	8.1	8.0	8.1	8.1	7.7	7.9	8.3	8.5	8.1	8.2	8.1	8.1
Elektroprovodljivost	µS/cm	456	354	303	324	406	366	442	435	507	452	384	451
Ukupne rastvorene soli	mg/l	260	222	202	208	246	231	278	246	300	289	235	278
Natrijum (Na ⁺)	mg/l	30.20	20.60	13.30	18.70	24.40	21.70	29.90	30.00	33.20	33.50	26.90	26.60
Kalijum (K ⁺)	mg/l	3.90	2.40	2.70	3.50	3.30	3.10	4.10	4.40	4.20	3.90	3.90	4.10
Kalcijum (Ca ⁺⁺)	mg/l	54	40	42	37	45	44	53	49	48	47	44	49
Magnezijum (Mg ⁺⁺)	mg/l	9	8	8	8	12	9	8	10	12	10	8	11
Gvožđe (Fe)	µg/l			3340.0	4887.0	473.9	499.2	855.0	269.0	231.9	355.5	1055.0	237.8
Mangan (Mn)	µg/l			145.2	154.9	67.5	37.6	157.4	27.7	30.6	35.5	55.7	38.8
Cink(Zn)	µg/l			178.6	142.8	186.1	154.7	20.9	17.5	20.7	45.5	50.9	11.6
Bakar(Cu)	µg/l			109.1	138.2	73.8	36.3	7.8	8.9	5.4	32.8	12.2	5.8
Hrom ukupni(Cr)	µg/l			4.4	5.5	<0.5	<0.5	2.7	1.4	1.8	1.0	2.4	1.0
Olovo (Pb)	µg/l			7.0	9.5	1.4	1.6	1.5	<0.5	0.6	1.0	2.4	0.7
Kadmijum (Cd)	µg/l			0.23	0.22	0.05	0.04	0.06	<0.02	0.02	0.04	0.07	<0.02
Živa (Hg)	µg/l			<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Nikal (Ni)	µg/l			50.8	69.4	126.4	61.8	4.4	3.5	15.0	4.7	74.2	1.0
Aluminijum (Al)	µg/l			1805.0	2864.0	192.1	363.4	439.3	163.6	128.5	221.7	625.0	157.3
Arsen (As)	µg/l			1.9	2.7	2.4	1.7	3.1	3.9	2.3	2.3	2.0	1.5

Lokalitet uzorkovanja: Sombor		Rastojanje od ušća [km]:											
Šifra stanice: 92115		Geografska širina[s.m.s]: 45 47 23						Godina kontrole kvaliteta vode: 2013					
Reka: kanal DTD		Geografska dužina[s.m.s]: 19 02 06						Prosečan višegodišnji proticaj:					
Sliv: Dunava		Mesto uzorkovanja u profilu: L						Merodavna mala voda Q ₉₅ :					
Naziv grupe parametara/ naziv parametra	Jedinica	Redni broj uzorkovanja											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Datum uzorkovanja	-	Januar	Februar	Mart	April	Maj	Jun	Jul	Avgust	Septembar	Oktoibar	Novembar	Decembar
Temperatura vode	°C	3.4	4.2	7.2	7.5	22.5	22.5	23.7	28.2	13.7	13.0	13.3	3.8
Suspendovane materije	mg/l	<4	20.0	9.0	<4	7.0	13.0	13.0	5.0	6.0	10.0	14.0	13.0
Rastvoreni kiseonik	mg/l	14.2	14.7	16.1	10.7	5.7	7.0	8.6	4.9	8.0	9.3	8.4	12.9
Zasićenost vode kiseonikom	%	106	113	133	89	67	82	103	64	77	89	80	98
Alkalitet	mmol/l	4.26	3.40	4.15	5.80	5.75	6.72	4.39	2.96	2.97	3.16	5.25	3.95
pH	-	8.2	8.4	8.4	8.3	7.8	8.0	7.8	8.1	8.1	8.1	8.1	8.4
Elektroprovodljivost	µS/cm	510	476	544	765	702	756	499	388	367	376	642	506
Ukupne rastvorene soli	mg/l	288	272	334	474	428	448	302	220	219	233	379	300
Natrijum (Na ⁺)	mg/l	17.50	15.70	25.30	42.30	35.00	47.70	19.20	13.30	9.00	9.00	36.80	22.00
Kalijum (K ⁺)	mg/l	3.40	2.80	3.10	6.90	4.20	5.40	2.80	2.50	2.30	1.90	5.30	3.20
Kalcijum (Ca ⁺⁺)	mg/l	63	61	65	72	80	83	63	50	50	53	46	23
Magnezijum (Mg ⁺⁺)	mg/l	20	14	18	32	28	30	18	10	13	14	35	40
Gvožđe (Fe)	µg/l				209.9	169.4	72.5		54.2	34.0	56.6	263.5	
Mangan (Mn)	µg/l				12.7	28.7	15.6		<10	<10	<10	22.3	
Cink(Zn)	µg/l				206.1	201.3	138.7		80.9	104.5	12.5	35.8	
Bakar(Cu)	µg/l				148.0	63.6	43.4		53.5	25.7	4.5	6.3	
Hrom ukupni(Cr)	µg/l				4.3	0.7	<0.5		1.5	<0.5	<0.5	0.6	
Olovo (Pb)	µg/l				1.0	0.5	0.6		<0.5	<0.5	<0.5	0.6	
Kadmijum (Cd)	µg/l				0.03	<0.02	<0.02		<0.02	<0.02	<0.02	0.05	
Živa (Hg)	µg/l				0.2	<0.1	<0.1		<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	
Nikal (Ni)	µg/l				92.2	116.2	100.7		35.9	32.5	0.9	13.8	
Aluminijum (Al)	µg/l				105.6	79.4	38.6		27.8	26.8	37.1	133.1	
Arsen (As)	µg/l				8.4	3.6	12.2		1.9	1.3	1.9	2.5	

Lokacija uzorkovanja: Bačko Gradište		Rastojanje od ušća [km]:											
Šifra stanice: 92140		Geografska širina[s.m.s]: 45 34 19						Godina kontrole kvaliteta vode: 2013					
Reka: kanal DTD		Geografska dužina[s.m.s]: 20 01 40						Prosečan višegodišnji proticaj:					
Sliv: Dunava		Mesto uzorkovanja u profilu: D						Merodavna mala voda Q ₉₅ :					
Naziv grupe parametara/ naziv parametra	Jedinica	Redni broj uzorkovanja											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Datum uzorkovanja	-	Januar	Februar	Mart	April	Maj	Jun	Jul	Avgust	Septembar	Oktoibar	Novembar	Decembar
Temperatura vode	°C	2.1	3.8	10.9	7.6	21.6	19.0	22.4	28.3	13.0	14.3	15.0	3.6
Suspendovane materije	mg/l	12.0	15.0	25.0	11.0	30.0	18.0	28.0	5.0	29.0	5.0	37.0	10.0
Rastvoreni kiseonik	mg/l	13.9	14.0	18.1	15.8	6.2	14.6	14.6	8.7	16.8	16.5	12.7	9.4
Zasićenost vode kiseonikom	%	101	106	164	132	71	159	170	113	160	162	127	71
Alkalitet	mmol/l	4.31	4.30	5.45	5.85	6.40	5.25	4.84	3.16	3.88	3.79	4.17	4.30
pH	-	8.2	8.5	8.8	8.8	8.1	8.6	8.4	8.0	9.0	8.8	8.7	8.1
Elektroprovodljivost	µS/cm	555	571	625	779	785	606	560	411	473	479	517	560
Ukupne rastvorene soli	mg/l	337	340	383	474	474	379	341	236	287	306	317	350
Natrijum (Na ⁺)	mg/l	32.00	33.80	43.40	54.00	65.80	48.60	45.90	27.50	27.20	29.00	32.30	32.60
Kalijum (K ⁺)	mg/l	5.30	5.30	5.40	7.40	6.40	5.60	5.00	3.50	4.70	4.90	4.50	4.60
Kalcijum (Ca ⁺⁺)	mg/l	61	62	62	62	68	56	49	38	51	51	57	59
Magnezijum (Mg ⁺⁺)	mg/l	19	18	21	31	30	24	22	16	19	17	17	17
Gvožđe (Fe)	µg/l				191.1	220.5	276.7		83.7	93.2	140.4	145.5	
Mangan (Mn)	µg/l				32.1	72.3	49.4		34.6	23.4	37.2	29.2	
Cink(Zn)	µg/l				11.3	338.9	18.9		121.6	43.3	1166.0	27.4	
Bakar(Cu)	µg/l				4.9	80.8	8.1		10.5	7.4	649.8	24.8	
Hrom ukupni(Cr)	µg/l				1.5	<0.5	<0.5		1.9	0.7	<0.5	0.9	
Olovo (Pb)	µg/l				0.7	1.0	0.8		<0.5	<0.5	0.9	<0.5	
Kadmijum (Cd)	µg/l				0.02	<0.02	0.15		<0.02	5.57	<0.02	<0.02	
Živa (Hg)	µg/l				<0.1	<0.1	<0.1		<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	
Nikal (Ni)	µg/l				6.2	167.3	2.1		73.3	32.2	108.9	15.1	
Aluminijum (Al)	µg/l				106.0	119.5	187.4		32.9	57.9	71.3	82.6	
Arsen (As)	µg/l				2.9	7.2	5.0		4.3	3.0	2.3	2.1	

Lokalitet uzorkovanja: Bezdan		Rastojanje od ušća [km]:											
Šifra stanice: 42010		Geografska širina[s.m.s]: 44 52 56					Godina kontrole kvaliteta vode: 2014						
Reka: Dunav		Geografska dužina[s.m.s]: 25 26 29					Prosečan višegodišnji proticaj:						
Sliv: Crno more		Mesto uzorkovanja u profilu: L					Merodavna mala voda Q ₉₅ :						
Naziv grupe parametara/ naziv parametra	Jedinica	Redni broj uzorkovanja											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Datum uzorkovanja	-	Januar	Februar	Mart	April	Maj	Jun	Jul	Avgust	Septembar	Oktobar	Novembar	Decembar
Temperatura vode	°C	3.2	2.2	7.7	13.0	17.3	16.5	22.0	22.2	18.2	16.1	10.2	6.0
Suspendovane materije	mg/l	26	21	43	11	20	37	41	33	40	19	18	10
Rastvoreni kiseonik	mg/l	12.70	13.40	12.80	13.40	11.00	9.30	8.40	7.90	8.80	9.10	10.60	11.50
Zasićenost vode kiseonikom	%	95	97	108	128	115	96	96	91	94	93	94	92
Alkalitet	mmol/l	3.63	3.78	3.82	3.45	2.98	2.66	2.63	2.64	2.96	3.29	3.56	3.79
pH	-	8.28	8.30	8.56	8.76	8.40	8.23	8.20	8.23	8.00	8.14	8.05	8.10
Elektroprovodljivost	µS/cm	500	516	527	439	382	313	337	325	332	403	422	468
Ukupne rastvorene soli	mg/l	335	331	331	289	254	216	216	219	226	239	288	309
Natrijum (Na ⁺)	mg/l	19.6	21.7	21.7	19.9	13.0	10.7	12.1	10.2	11.9	12.7	13.9	23.8
Kalijum (K ⁺)	mg/l	2.7	2.7	2.9	2.9	2.3	2.2	2.4	2.4	2.4	3.0	3.3	3.6
Kalcijum (Ca ⁺⁺)	mg/l	65.0	71.0	68.4	71.2	52.0	44.7	48.0	47.1	49.7	58.8	61.6	64.4
Magnezijum (Mg ⁺⁺)	mg/l	16.1	12.4	16.3	8.3	11.8	10.8	9.1	11.2	10.4	12.3	16.0	16.9
Gvožđe (Fe)-rastvoreno	µg/l	24.7	23.7	18.3	<10	20.7		<10	18.4	32.6	<10	<10	23.1
Mangan (Mn)-rastvoreni	µg/l	<10	<10	<10	<10	<10		<10	35.0	<10	<10	<10	10.1
Cink(Zn)-rastvoreni	µg/l	10.2	33.2	2.7	14.2	19.3		37.6	30.3	70.1	28.4	1.2	78.7
Bakar(Cu)-rastvoreni	µg/l	1.6	13.4	1.7	3.3	7.7		11.8	23.0	6.0	3.5	1.6	8.2
Hrom ukupni(Cr) rastvoreni	µg/l	1.1	<0.5	1.0	3.3	<0.5		<0.5	<0.5		<0.5		
Olovo (Pb)-rastvoreni	µg/l	0.6	1.2	<0.5	<0.5	<0.5		<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Kadmijum (Cd)-rastvoreni	µg/l	<0.02	0.02	<0.02	0.02	<0.02		0.05	0.02	0.07	<0.02	0.05	<0.02
Živa (Hg)-rastvorena	µg/l	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1		<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Nikal (Ni)-rastvoreni	µg/l	3.1	3.6	1.3	1.2	3.0		11.2	8.8		1.3	<0.5	
Aluminijum (Al)-rastvoreni	µg/l	13.1	11.8	10.3	<10	12.4		<10	<10	27.8	<10	<10	14.3
Arsen (As)-rastvoreni	µg/l	1.3	1.0	<0.5	<0.5	1.1		1.2	1.6		1.2	0.8	1.2

Lokacija uzorkovanja: Bogojevo	Rastojanje od ušća [km]:	1367.4												
Šifra stanice: 42020	Geografska širina[s.m.s]:	45 31 48										Godina kontrole kvaliteta vode:		2014
Reka: Dunav	Geografska dužina[s.m.s]:	19 04 54										Prosečan višegodišnji proticaj:		
Sliv: Crno more	Mesto uzorkovanja u profilu:	L										Merodavna mala voda Q ₉₅ :		
Naziv grupe parametara/ naziv parametra	Jedinica	Redni broj uzorkovanja												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Datum uzorkovanja	-	Januar	Februar	Mart	April	Maj	Jun	Jul	Avgust	Septembar	Oktoibar	Novembar	Decembar	
Temperatura vode	°C		4.0	11.4	14.8	18.8	20.7	24.5	23.9	18.2	16.4	11.3	6.4	
Suspendovane materije	mg/l		8	24	9	25	20	20	42	31	33	27	16	
Rastvoreni kiseonik	mg/l		13.00	11.70	11.40	9.20	8.20	8.60	8.10	8.30	9.20	10.20	11.80	
Zasićenost vode kiseonikom	%		99	108	113	99	92	104	97	88	95	94	95	
Alkalitet	mmol/l		3.64	3.53	3.31	2.77	2.73	2.44	2.66	2.89	3.54	3.37	3.97	
pH	-		8.28	8.73	8.43	8.10	8.11	8.33	8.39	8.00	7.90	8.00	7.96	
Elektroprovodljivost	µS/cm		493	444	407	331	345	310	323	336	437	393	494	
Ukupne rastvorene soli	mg/l		287	281	270	215	212	195	214	208	289	265	326	
Natrijum (Na ⁺)	mg/l		19.3	17.8	18.1	10.2	13.9	9.7	12.8	9.0	14.5	13.3	20.5	
Kalijum (K ⁺)	mg/l		2.5	2.6	2.5	2.2	2.8	2.0	2.3	2.5	3.4	2.8	3.4	
Kalcijum (Ca ⁺⁺)	mg/l		63.8	77.9	55.1	50.0	49.8	44.1	45.3	49.9	60.2	59.1	69.3	
Magnezijum (Mg ⁺⁺)	mg/l		13.9	4.4	15.0	10.2	9.2	8.7	11.7	11.2	16.9	12.9	19.3	
Gvožđe (Fe)-rastvoreno	µg/l				23.9		16.9		38.0		36.9			
Mangan (Mn)-rastvoreni	µg/l				<10		<10		<10		<10			
Cink(Zn)-rastvoreni	µg/l				11.1		63.0		32.2					
Bakar(Cu)-rastvoreni	µg/l				1.2		11.8		5.6		29.2			
Hrom ukupni(Cr) rastvoreni	µg/l				<0.5		<0.5		<0.5					
Olovo (Pb)-rastvoreni	µg/l				<0.5		<0.5		0.6		<0.5			
Kadmijum (Cd)-rastvoreni	µg/l				<0.02		<0.02		0.02					
Živa (Hg)-rastvorena	µg/l				<0.1		<0.1		<0.1		0.2			
Nikal (Ni)-rastvoreni	µg/l				<0.5		39.3		8.5		36.6			
Aluminijum (Al)-rastvoreni	µg/l				15.3		<10		110.1		25.5			
Arsen (As)-rastvoreni	µg/l				0.9		1.2		1.0		1.5			

Lokacija uzorkovanja: Novi Sad		Rastojanje od ušća [km]:											
Šifra stanice: 42035		Geografska širina[s.m.s]: 45 13 28					Godina kontrole kvaliteta vode: 2014						
Reka: Dunav		Geografska dužina[s.m.s]: 19 50 31					Prosečan višegodišnji proticaj:						
Sliv: Crno more		Mesto uzorkovanja u profilu: D					Merodavna mala voda Q ₉₅ :						
Naziv grupe parametara/ naziv parametra	Jednica	Redni broj uzorkovanja											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Datum uzorkovanja	-	Januar	Februar	Mart	April	Maj	Jun	Jul	Avgust	Septembar	Oktobar	Novembar	Decembar
Temperatura vode	°C	3.0	6.0	11.5	14.0	15.9	20.3	23.2	22.6	16.0	15.6	10.5	5.8
Suspendovane materije	mg/l	21	24	14	8	30	15	40	41	14	39	34	18
Rastvoreni kiseonik	mg/l	12.30	11.60	10.40	10.00	8.70	7.10	7.50	7.20	8.10	8.90	9.80	11.70
Zasićenost vode kiseonikom	%	91	93	96	98	88	79	88	84	83	90	88	93
Alkalitet	mmol/l	3.49	3.18	3.28	3.06	2.75	2.68	2.57	2.60	3.22	3.40	3.36	3.98
pH	-	8.30	8.20	8.30	8.38	8.10	8.02	8.19	8.07	7.90	8.00	8.00	8.00
Elektroprovodljivost	µS/cm	475	439	426	387	370	324	317	310	383	405	389	524
Ukupne rastvorene soli	mg/l	304	275	274	236	241	214	208	206	226	252	246	324
Natrijum (Na ⁺)	mg/l	18.1	15.7	16.0	13.9	13.7	10.7	9.9	9.3	10.8	12.4	12.7	19.0
Kalijum (K ⁺)	mg/l	2.7	2.4	2.5	2.1	1.4	2.2	2.3	2.3	3.1	3.0	2.8	3.4
Kalcijum (Ca ⁺⁺)	mg/l	60.6	55.7	56.7	53.6	49.6	46.3	44.3	44.7	54.8	60.8	57.9	63.8
Magnezijum (Mg ⁺⁺)	mg/l	16.3	12.7	14.8	12.2	10.0	11.7	11.0	10.7	13.4	12.2	14.2	20.1
Gvožđe (Fe)-rastvoreno	µg/l	15.0	17.2	<10	46.5	25.2	11.3	17.3	20.4	15.4	14.5	86.6	26.8
Mangan (Mn)-rastvoreni	µg/l	<10	<10	<10	10.6	11.7	14.4	<10	<10	<10	18.4	<10	<10
Cink(Zn)-rastvoreni	µg/l	60.9	17.9	12.8	16.4	42.0		4.5			25.9		
Bakar(Cu)-rastvoreni	µg/l	2.0	2.9	1.7	4.4	5.2	2.8	1.3	3.0	3.2	2.9	2.2	1.7
Hrom ukupni(Cr) rastvoreni	µg/l	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5		<0.5	<0.5	<0.5		
Olovo (Pb)-rastvoreni	µg/l	2.0	<0.5	0.6	0.5	<0.5	1.0	<0.5	<0.5	<0.5	0.6	0.8	0.6
Kadmijum (Cd)-rastvoreni	µg/l	0.03	0.03	0.02	<0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.04	0.02	0.04	0.03
Živa (Hg)-rastvorena	µg/l	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Nikal (Ni)-rastvoreni	µg/l	8.3	1.6	1.0	1.1		1.8	1.9	3.1	1.9	2.1	2.0	1.2
Aluminijum (Al)-rastvoreni	µg/l	<10	11.8	10.0	24.7	12.2	<10	<10	13.2	<10	<10	48.6	14.9
Arsen (As)-rastvoreni	µg/l	0.8	1.2	0.9	1.1	1.1	1.4	1.3	1.4	1.6	1.4	1.4	1.2

Lokalitet uzorkovanja: Martonoš		Rastojanje od ušća [km]:											
Šifra stanice: 94010		Geografska širina[s.m.s]: 46 06 52						Godina kontrole kvaliteta vode: 2014					
Reka: Tisa		Geografska dužina[s.m.s]: 20 05 13						Prosečan višegodišnji proticaj:					
Sliv: Dunava		Mesto uzorkovanja u profilu: D						Merodavna mala voda Q ₉₅ :					
Naziv grupe parametara/ naziv parametra	Jedinica	Redni broj uzorkovanja											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Datum uzorkovanja	-	Januar	Februar	Mart	April	Maj	Jun	Jul	Avgust	Septembar	Oktoibar	Novembar	Decembar
Temperatura vode	°C	2.8	4.8	9.6	13.8	18.0	22.9	24.7	26.6	18.7	17.3	9.3	5.7
Suspendovane materije	mg/l	48	52	25	23	88	14	89	10	15	12	34	18
Rastvoreni kiseonik	mg/l	12.10	11.90	11.30	11.10	8.70	8.30	6.50	6.60	7.40	7.90	10.10	11.40
Zasićenost vode kiseonikom	%	89	93	99	108	92	98	79	83	80	82	88	90
Alkalitet	mmol/l	2.15	2.17	2.54	2.30	2.33	2.27	2.25	2.23	2.57	2.87	3.22	3.11
pH	-	8.10	8.14	8.26	8.55	8.16	8.42	8.09	8.16	7.80	7.77	7.90	8.00
Elektroprovodljivost	µS/cm	334	364	418	358	331	335	337	318	372	418	457	483
Ukupne rastvorene soli	mg/l	217	236	269	230	226	214	218	213	247	272	302	314
Natrijum (Na ⁺)	mg/l	20.2	22.3	29.3	26.0	23.2	22.0	23.2	22.9	27.5	30.2	29.6	36.8
Kalijum (K ⁺)	mg/l	2.5	2.7	3.3	2.9	3.4	3.2	3.3	3.6	4.6	4.5	3.4	5.1
Kalcijum (Ca ⁺⁺)	mg/l	40.8	43.9	48.5	43.1	44.3	40.2	42.9	39.7	44.5	50.1	52.2	52.6
Magnezijum (Mg ⁺⁺)	mg/l	7.9	5.7	8.3	7.5	6.8	9.0	7.0	6.7	9.0	10.1	11.3	14.0
Gvožđe (Fe)-rastvoreno	µg/l	127.7	45.8	64.3	17.0	78.2	23.5	84.1	56.6	<10	18.1	44.9	74.0
Mangan (Mn)-rastvoreni	µg/l	11.8	<10	<10	<10	<10	20.6	<10	<10	<10	<10	23.4	10.8
Cink(Zn)-rastvoreni	µg/l	6.3	37.8	15.0	1.6	36.0	5.3	3.6	2.6	15.8		4.7	13.4
Bakar(Cu)-rastvoreni	µg/l	1.9	3.3	2.4	1.0	3.6	3.3	2.5	2.6	2.7	3.6	2.3	2.5
Hrom ukupni(Cr) rastvoreni	µg/l	1.9	4.8	0.8	<0.5	3.7	1.5	1.0	1.2	<0.5			
Olovo (Pb)-rastvoreni	µg/l	<0.5	<0.5	0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.5	<0.5
Kadmijum (Cd)-rastvoreni	µg/l	0.03	0.04	0.03	<0.02	0.04	0.03	0.09	0.03	0.04	0.04	0.02	0.03
Živa (Hg)-rastvorena	µg/l	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	<0.1
Nikal (Ni)-rastvoreni	µg/l	0.9	1.1	1.0	<0.5	2.1	0.9	1.7	1.1	0.7	1.1	1.6	1.1
Aluminijum (Al)-rastvoreni	µg/l	68.1	32.8	36.6	16.4	47.3	27.3	42.8	34.5	<10	13.8	13.9	51.6
Arsen (As)-rastvoreni	µg/l	0.7	0.7	<0.5	1.2	1.5	2.2	1.8	2.4	2.5	1.7	1.6	1.5

Lokalitet uzorkovanja: Novi Bečej		Rastojanje od ušća [km]:											
Šifra stanice: 44030		Geografska širina[s.m.s]: 45 35 06						Godina kontrole kvaliteta vode: 2014					
Reka: Tisa		Geografska dužina[s.m.s]: 20 08 30						Prosečan višegodišnji proticaj:					
Sliv: Dunava		Mesto uzorkovanja u profilu: L						Merodavna mala voda Q ₉₅ :					
Naziv grupe parametara/ naziv parametra	Jedinica	Redni broj uzorkovanja											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Datum uzorkovanja	-	Januar	Februar	Mart	April	Maj	Jun	Jul	Avgust	Septembar	Oktoibar	Novembar	Decembar
Temperatura vode	°C	2.7	2.0	9.8	14.9	17.4	24.3	24.5	24.8	21.4	17.3	10.4	5.1
Suspendovane materije	mg/l	51	18	17	18	15	16	28	23	14	10	42	13
Rastvoreni kiseonik	mg/l	12.00	12.70	11.20	12.50	7.90	7.30	6.60	5.80	6.50	7.40	9.40	11.60
Zasićenost vode kiseonikom	%	88	92	99	124	83	80	79	71	74	78	84	91
Alkalitet	mmol/l	2.28	2.21	2.53	2.38	2.52	2.42	2.22	2.26	2.27	2.88	2.48	3.29
pH	-	8.00	8.07	8.20	8.67	8.05	8.19	8.08	8.08	8.10	7.90	7.83	8.12
Elektroprovodljivost	µS/cm	358	342	398	362	370	372	327	331	322	400	383	479
Ukupne rastvorene soli	mg/l	237	221	243	217	237	242	215	218	210	264	253	319
Natrijum (Na ⁺)	mg/l	22.3	22.3	27.2	25.3	26.3	22.9	22.0	25.3	22.9	31.7	25.6	35.0
Kalijum (K ⁺)	mg/l	2.5	2.8	3.3	2.9	3.6	3.6	3.4	3.6	3.5	4.6	4.4	4.8
Kalcijum (Ca ⁺⁺)	mg/l	42.5	39.0	45.3	43.7	46.3	44.9	40.0	39.3	39.9	48.3	45.1	54.7
Magnezijum (Mg ⁺⁺)	mg/l	8.8	7.9	10.5	8.0	7.5	7.8	8.5	8.4	7.2	11.2	12.0	12.6
Gvožđe (Fe)-rastvoreno	µg/l		73.2	65.8	42.9	36.6	17.4	64.6	58.4	10.4	30.8	61.7	93.8
Mangan (Mn)-rastvoreni	µg/l		11.6	11.9	<10	10.1	14.4	15.4	10.1	10.7	10.4	<10	13.2
Cink(Zn)-rastvoreni	µg/l		86.2	25.5	14.7	83.2		37.0	31.0	83.7		30.8	31.8
Bakar(Cu)-rastvoreni	µg/l		11.3	4.2	3.6	12.6		4.9	5.8	29.0	9.6	8.0	9.6
Hrom ukupni(Cr) rastvoreni	µg/l		<0.5	0.5	0.7	<0.5	<0.5				<0.5	0.6	
Olovo (Pb)-rastvoreni	µg/l		3.3	0.7	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.7	0.7
Kadmijum (Cd)-rastvoreni	µg/l		0.04	<0.02	<0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05	0.02	0.03	0.03
Živa (Hg)-rastvorena	µg/l		<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Nikal (Ni)-rastvoreni	µg/l		13.6	2.8	1.2		1.6	17.8	11.2	13.8	9.5	6.1	13.0
Aluminijum (Al)-rastvoreni	µg/l		39.9	43.6	23.1	22.8	11.8	35.7	33.3	<10	18.0	34.1	55.6
Arsen (As)-rastvoreni	µg/l		0.9	1.0	1.2	1.8	2.6	2.2	2.7	2.0	2.5	1.8	1.8

Lokalitet uzorkovanja: Titel		Rastojanje od ušća [km]:											
Šifra stanice: 44040		Geografska širina[s.m.s]: 45 11 52					Godina kontrole kvaliteta vode: 2014						
Reka: Tisa		Geografska dužina[s.m.s]: 20 19 07					Prosečan višegodišnji proticaj:						
Sliv: Dunava		Mesto uzorkovanja u profilu: S					Merodavna mala voda Q ₉₅ :						
Naziv grupe parametara/ naziv parametra	Jednica	Redni broj uzorkovanja											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Datum uzorkovanja	-	Januar	Februar	Mart	April	Maj	Jun	Jul	Avgust	Septembar	Oktoibar	Novembar	Decembar
Temperatura vode	°C	3.5	7.8	12.4	15.0	19.3	23.3	25.5	26.6	23.2	17.8	10.0	5.0
Suspendovane materije	mg/l	12	8	5	5	7	18	24	6	8	13	13	34
Rastvoreni kiseonik	mg/l	12.20	12.30	10.40	10.30	7.60	6.80	6.90	6.80	7.20	8.40	10.50	11.40
Zasićenost vode kiseonikom	%	92	95	98	102	83	80	84	85	85	89	93	89
Alkalitet	mmol/l	2.67	2.33	2.67	2.26	2.37	2.37	2.39	2.16	2.34	2.81	3.04	3.33
pH	-	8.10	8.17	8.30	8.28	8.10	7.98	8.12	8.25	7.80	7.80	8.02	7.76
Elektroprovodljivost	µS/cm	430	367	435	343	350	371	356	314	330	387	416	520
Ukupne rastvorene soli	mg/l	266	239	274	214	238	231	232	214	215	237	265	336
Natrijum (Na ⁺)	mg/l	30.2	26.0	27.8	24.1	24.7	25.3	25.1	22.9	24.3	26.2	31.7	34.4
Kalijum (K ⁺)	mg/l	3.3	3.1	3.5	2.9	3.7	3.4	3.6	3.6	3.6	4.7	4.6	5.0
Kalcijum (Ca ⁺⁺)	mg/l	49.7	44.9	48.3	43.7	42.9	41.0	40.0	37.5	41.3	45.1	49.2	53.0
Magnezijum (Mg ⁺⁺)	mg/l	12.0	7.6	10.7	6.9	10.7	8.6	8.9	8.1	7.7	11.8	12.3	14.4
Gvožđe (Fe)-rastvoreno	µg/l	31.4	51.5	10.5	21.8	65.1	46.6	79.2	21.1	20.3	29.3	50.5	53.2
Mangan (Mn)-rastvoreni	µg/l	11.6	<10	<10	11.6	<10	25.7	14.2	12.4	<10	15.6	26.6	<10
Cink(Zn)-rastvoreni	µg/l	148.1	44.7	12.8			47.2	28.7	28.6	60.8	62.1		
Bakar(Cu)-rastvoreni	µg/l	10.0	8.8	4.0	2.6	7.4	6.4	8.4	14.3	5.6	24.1	14.0	6.0
Hrom ukupni(Cr) rastvoreni	µg/l	<0.5		0.8	<0.5	<0.5	<0.5	43.9	<0.5		<0.5		
Olovo (Pb)-rastvoreni	µg/l	8.3	0.6	1.0	<0.5	<0.5	0.5	<0.5	<0.5	0.5	0.7	<0.5	0.6
Kadmijum (Cd)-rastvoreni	µg/l	0.05	0.03	0.03	<0.02	0.04	0.03	0.09	0.03	0.04	0.03	0.06	0.04
Živa (Hg)-rastvorena	µg/l	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Nikal (Ni)-rastvoreni	µg/l	31.2	6.8	1.5	0.8	5.3	29.8	5.9	6.2	5.8	9.7	9.6	2.2
Aluminijum (Al)-rastvoreni	µg/l	17.2	27.8	10.2	14.1	44.2	25.6	43.2	16.5	19.4	16.9	35.1	30.3
Arsen (As)-rastvoreni	µg/l	0.8	<0.5	1.2	1.2	1.9	2.1	2.7	2.5	2.1	2.6		1.8

Lokalitet uzorkovanja: Sombor		Rastojanje od ušća [km]:											
Šifra stanice: 92115		Geografska širina[s.m.s]: 45 47 23					Godina kontrole kvaliteta vode: 2014						
Reka: kanal DTD		Geografska dužina[s.m.s]: 19 02 06					Prosečan višegodišnji proticaj:						
Sliv: Dunava		Mesto uzorkovanja u profilu: L					Merodavna mala voda Q ₉₅ :						
Naziv grupe parametara/ naziv parametra	Jedinica	Redni broj uzorkovanja											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Datum uzorkovanja	-	Januar	Februar	Mart	April	Maj	Jun	Jul	Avgust	Septembar	Oktoibar	Novembar	Decembar
Temperatura vode	°C	1.7	1.8	8.4	16.2	18.5	26.7	23.7	24.5	21.3	18.2	11.4	5.7
Suspendovane materije	mg/l	4	6	10	12	4	<4	5	5	5	13	5	7
Rastvoreni kiseonik	mg/l	15.20	16.40	13.20	10.60	11.70	8.20	8.50	4.70	5.50	9.10	9.20	9.60
Zasićenost vode kiseonikom	%	109	118	112	108	126	104	102	56	62	97	84	76
Alkalitet	mmol/l	4.80	4.64	4.30	3.76	3.45	5.25	2.74	2.62	3.71	4.44	6.90	5.34
pH	-	8.35	8.34	8.46	8.30	8.30	8.17	8.30	8.07	7.80	8.23	8.00	8.10
Elektroprovodljivost	µS/cm	609	578	523	468	428	580	360	333	399	496	661	590
Ukupne rastvorene soli	mg/l	399	378	304	295	275	348	218	210	256	317	452	392
Natrijum (Na ⁺)	mg/l	32.6	29.6	22.0	24.4	20.2	27.5	12.7	12.1	19.6	26.0	34.7	32.3
Kalijum (K ⁺)	mg/l	3.6	3.5	3.0	3.0	2.9	3.0	2.1	2.3	3.1	4.3	5.4	5.4
Kalcijum (Ca ⁺⁺)	mg/l	73.8	69.6	56.3	58.9	53.8	63.2	46.3	44.9	46.3	53.0	86.6	76.8
Magnezijum (Mg ⁺⁺)	mg/l	18.1	19.3	23.3	17.4	15.5	25.7	11.2	8.8	19.9	20.6	32.6	22.4
Gvožđe (Fe)-rastvoreno	µg/l		13.8	33.4	34.4	15.7	<10	<10	32.6	57.5	20.4	14.5	11.8
Mangan (Mn)-rastvoreni	µg/l		<10	<10	<10	<10	<10	<10		31.1	<10	<10	<10
Cink(Zn)-rastvoreni	µg/l		18.1	25.7	19.0				22.9		20.5		
Bakar(Cu)-rastvoreni	µg/l		7.6	7.0	7.8	3.8	7.2		6.7		8.2		
Hrom ukupni(Cr) rastvoreni	µg/l		<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5		<0.5		<0.5
Olovo (Pb)-rastvoreni	µg/l		1.1	0.9	0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.8		<0.5	<0.5	0.7
Kadmijum (Cd)-rastvoreni	µg/l		<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	0.06		<0.02	<0.02	<0.02
Živa (Hg)-rastvorena	µg/l		<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Nikal (Ni)-rastvoreni	µg/l		2.2	3.5	1.8	1.4		2.4	6.2		1.7	6.9	6.6
Aluminijum (Al)-rastvoreni	µg/l		13.9	19.8	16.6	<10	<10	<10	15.7	39.9	<10	<10	<10
Arsen (As)-rastvoreni	µg/l			1.5	1.7		4.6	2.0		3.9			

Lokacija uzorkovanja: Bačko Gradište		Rastojanje od ušća [km]:											
Šifra stanice: 92140		Geografska širina[s.m.s]: 45 34 19						Godina kontrole kvaliteta vode: 2014					
Reka: kanal DTD		Geografska dužina[s.m.s]: 20 01 40						Prosečan višegodišnji proticaj:					
Sliv: Dunava		Mesto uzorkovanja u profilu: D						Merodavna mala voda Q ₉₅ :					
Naziv grupe parametara/ naziv parametra	Jedinica	Redni broj uzorkovanja											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Datum uzorkovanja	-	Januar	Februar	Mart	April	Maj	Jun	Jul	Avgust	Septembar	Oktoibar	Novembar	Decembar
Temperatura vode	°C			11.4	16.8	17.3	23.7	24.5	25.6	21.5	15.7	10.2	5.3
Suspendovane materije	mg/l			28	4	22	10	24	28	19	37	20	7
Rastvoreni kiseonik	mg/l			14.60	10.90	9.80	7.50	12.20	6.60	5.90	12.20	12.50	7.90
Zasićenost vode kiseonikom	%			134	113	103	90	148	82	68	123	112	62
Alkalitet	mmol/l			4.50	4.25	4.58	5.00	4.60	4.00	3.96	5.00	5.30	6.75
pH	-			8.77	8.32	8.50	8.76	8.98	8.84	8.30	8.50	8.27	8.00
Elektroprovodljivost	µS/cm			580	528	554	570	519	447	442	563	619	722
Ukupne rastvorene soli	mg/l			369	343	342	361	354	296	292	371	409	470
Natrijum (Na ⁺)	mg/l			51.9	43.4	47.1	43.8	48.6	35.0	30.8	41.7	54.9	42.3
Kalijum (K ⁺)	mg/l			5.1	4.3	4.6	4.5	5.1	5.0	4.4	6.0	6.4	4.6
Kalcijum (Ca ⁺⁺)	mg/l			47.9	46.3	50.8	52.8	43.1	46.3	49.1	58.8	62.6	79.9
Magnezijum (Mg ⁺⁺)	mg/l			24.0	23.7	23.2	21.9	24.6	19.5	19.3	20.5	24.2	28.7
Gvožđe (Fe)-rastvoreno	µg/l				74.4	<10	12.5	<10	15.2	14.0	20.0		
Mangan (Mn)-rastvoreni	µg/l				20.5	<10	41.0	13.2	19.9	<10	<10		
Cink(Zn)-rastvoreni	µg/l							75.4	10.3	99.2	23.2		
Bakar(Cu)-rastvoreni	µg/l				4.1		3.7	3.4	2.3	44.0	5.2		
Hrom ukupni(Cr) rastvoreni	µg/l				<0.5		<0.5				<0.5		
Olovo (Pb)-rastvoreni	µg/l				0.7	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.6		
Kadmijum (Cd)-rastvoreni	µg/l				<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02		
Živa (Hg)-rastvorena	µg/l				<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1		
Nikal (Ni)-rastvoreni	µg/l				1.6		1.6	48.5	8.8	22.0	2.4		
Aluminijum (Al)-rastvoreni	µg/l				45.4	<10	<10	<10	<10	<10	<10		
Arsen (As)-rastvoreni	µg/l					4.0	5.4	5.5		3.5	3.0		

Lokalitet uzorkovanja: Bezdan		Rastojanje od ušća [km]:											
Šifra stanice: 42010		Geografska širina[s.m.s]: 44 52 56						Godina kontrole kvaliteta vode: 2015					
Reka: Dunav		Geografska dužina[s.m.s]: 25 26 29						Prosečan višegodišnji proticaj:					
Sliv: Crno more		Mesto uzorkovanja u profilu: L						Merodavna mala voda Q ₉₅ :					
Naziv grupe parametara/ naziv parametra	Jedinica	Redni broj uzorkovanja											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Datum uzorkovanja	-	Januar	Februar	Mart	April	Maj	Jun	Jul	Avgust	Septembar	Oktobar	Novembar	Decembar
Temperatura vode	°C	3.7	3.3	6.2	10.0	16.7	17.5	24.5	25.0	25.1	16.9	11.4	6.4
Suspendovane materije	mg/l	69	15	26	27	36	15	32	26	4	6	6	9
Rastvoreni kiseonik	mg/l	12.20	12.10	12.00	12.00	11.30	9.50	9.90	10.20	9.10	9.60	11.10	11.40
Zasićenost vode kiseonikom	%	92	90	96	107	117	100	120	124	111	100	109	93
Alkalitet	mmol/l	3.64	3.94	3.76	4.00	3.25	3.10	3.01	2.74	2.91	3.21	3.62	3.63
pH	-	8.20	8.23	8.10	8.58	8.74	8.09	8.45	8.44	8.20	8.26	8.36	8.20
Elektroprovodljivost	µS/cm	464	555	523	514	416	390	386	376	413	448	496	504
Ukupne rastvorene soli	mg/l	312	328	331	305	254	241	229	230	259	253	310	305
Natrijum (Na ⁺)	mg/l	27.2	20.5	22.9	22.3	12.7	16.0	13.0	10.4	12.6	16.2	18.1	20.7
Kalijum (K ⁺)	mg/l	3.8	3.4	3.3	3.2	2.6	2.8	3.1	3.0	3.2	3.0	3.6	3.7
Kalcijum (Ca ⁺⁺)	mg/l	65	68	67	65	62	55	52	50	50	52	63	63
Magnezijum (Mg ⁺⁺)	mg/l	15	19	20	19	11	10	11	15	18	13	17	16
Gvožđe (Fe)-rastvoreno	µg/l	26.0	29.0	<20	<20	33.6	60.0	19.6	35.1	36.5	<10	31.3	<10
Mangan (Mn)-rastvoreni	µg/l	17.0	15.0	<10	<10	<10	20.0	<10	<10		<10	<10	<10
Cink(Zn)-rastvoreni	µg/l	<10	17.0	<10	12.0		<10	53.7	4.0	6.5		3.2	23.1
Bakar(Cu)-rastvoreni	µg/l	9.1	3.4	5.5	3.1		4.4	8.9	1.8	2.2		<1	1.0
Hrom ukupni(Cr) rastvoreni	µg/l	0.7	0.9	<0.6	<0.6	1.0	0.9			<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Olovo (Pb)-rastvoreni	µg/l	<1	<1	<1	<1	<0.5	<1	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Kadmijum (Cd)-rastvoreni	µg/l	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.02	<0.03		<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Živa (Hg)-rastvorena	µg/l	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Nikal (Ni)-rastvoreni	µg/l	<2	<2	2.20	2.00	1.40	<2	6.20	0.70	2.90	0.90	1.00	0.90
Aluminijum (Al)-rastvoreni	µg/l					16.40		19.20	19.70	28.40	<10	21.00	<10
Arsen (As)-rastvoreni	µg/l	<1	1.20	<1	<1	0.90	<1	1.60		2.00	1.40	1.30	

Lokacija uzorkovanja: Bogojevo		Rastojanje od ušća [km]:											
Šifra stanice: 42020		Geografska širina[s.m.s]: 45 31 48						Godina kontrole kvaliteta vode: 2015					
Reka: Dunav		Geografska dužina[s.m.s]: 19 04 54						Prosečan višegodišnji proticaj:					
Sliv: Crno more		Mesto uzorkovanja u profilu: L						Merodavna mala voda Q ₉₅ :					
Naziv grupe parametara/ naziv parametra	Jedinica	Redni broj uzorkovanja											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Datum uzorkovanja	-	Januar	Februar	Mart	April	Maj	Jun	Jul	Avgust	Septembar	Oktoibar	Novembar	Decembar
Temperatura vode	°C	4.8	4.8	6.4	8.3	18.2	21.3	24.0	23.6	20.1	14.5	10.3	6.8
Suspendovane materije	mg/l	34	15	42	39	12	30	26	35	22	10	15	10
Rastvoreni kiseonik	mg/l	12.00	12.80	12.50	11.10	9.30	9.00	10.10	9.70	9.20	9.20	10.40	11.30
Zasićenost vode kiseonikom	%	94	100	101	94	99	103	122	115	102	91	93	92
Alkalitet	mmol/l	3.32	4.26	3.94	3.43	2.86	3.12	3.03	2.70	2.91	3.07	3.37	3.64
pH	-	8.00	8.20	8.30	8.36	8.30	8.24	8.50	8.35	8.36	8.29	8.33	8.33
Elektroprovodljivost	µS/cm	409	593	555	446	375	384	384	362	391	427	455	493
Ukupne rastvorene soli	mg/l	276	370	324	287	220	229	227	230	234	258	270	290
Natrijum (Na ⁺)	mg/l	16.3	25.9	20.5	16.3	9.0	9.0	10.4	9.9	10.2	14.9	15.1	18.7
Kalijum (K ⁺)	mg/l	2.8	3.3	2.8	2.6	2.5	2.4	2.6	2.6	3.3	3.2	3.0	3.4
Kalcijum (Ca ⁺⁺)	mg/l	58	73	69	59	51	53	53	48	48	50	61	60
Magnezijum (Mg ⁺⁺)	mg/l	13	20	18	17	12	13	11	16	18	12	14	17
Gvožđe (Fe)-rastvoreno	µg/l				<20	24.3	41.7			11.9	24.8	<10	
Mangan (Mn)-rastvoreni	µg/l				14.0	<10	<10			<10	<10	<10	
Cink(Zn)-rastvoreni	µg/l				<10		50.6				56.1	31.3	
Bakar(Cu)-rastvoreni	µg/l				2.1	35.4	11.0			3.0	3.4	4.7	
Hrom ukupni(Cr) rastvoreni	µg/l				<0.6					<0.5	<0.5	<0.5	
Olovo (Pb)-rastvoreni	µg/l				<1	0.7	<0.5			<0.5	<0.5	<0.5	
Kadmijum (Cd)-rastvoreni	µg/l				<0.03	<0.02	<0.02			<0.02	0.02	<0.02	
Živa (Hg)-rastvorena	µg/l				<0.1	<0.1	<0.1			<0.1	<0.1	<0.1	
Nikal (Ni)-rastvoreni	µg/l				<2					2.50	5.10	2.10	
Aluminijum (Al)-rastvoreni	µg/l						28.70			<10	25.40	<10	
Arsen (As)-rastvoreni	µg/l				<1	1.50	1.70				1.20	1.20	

Lokacija uzorkovanja: Novi Sad		Rastojanje od ušća [km]:											
Šifra stanice: 42035		Geografska širina[s.m.s]: 45 13 28						Godina kontrole kvaliteta vode: 2015					
Reka: Dunav		Geografska dužina[s.m.s]: 19 50 31						Prosečan višegodišnji proticaj:					
Sliv: Crno more		Mesto uzorkovanja u profilu: D						Merodavna mala voda Q ₉₅ :					
Naziv grupe parametara/ naziv parametra	Jednica	Redni broj uzorkovanja											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Datum uzorkovanja	-	Januar	Februar	Mart	April	Maj	Jun	Jul	Avgust	Septembar	Oktoibar	Novembar	Decembar
Temperatura vode	°C	3.1	4.8	7.1	8.1	17.2	22.6	26.9	25.6	20.3	11.0	10.0	5.2
Suspendovane materije	mg/l	56	6	26	27	30	17	18	12	24	19	11	14
Rastvoreni kiseonik	mg/l	13.10	12.80	12.10	10.80	9.40	7.90	8.00	7.90	8.80	9.80	10.50	12.00
Zasićenost vode kiseonikom	%	98	99	100	92	99	92	101	97	98	89	93	94
Alkalitet	mmol/l	3.63	4.26	3.89	3.68	3.02	2.78	2.78	2.65	2.84	2.78	3.43	3.44
pH	-	8.20	8.20	8.30	8.40	8.40	8.16	8.30	8.37	8.30	8.10	8.27	8.12
Elektroprovodljivost	µS/cm	455	590	522	476	403	367	373	365	396	375	461	479
Ukupne rastvorene soli	mg/l	290	370	323	279	239	207	225	223	240	223	269	277
Natrijum (Na ⁺)	mg/l	19.0	25.3	19.6	20.5	10.8	8.2	10.3	11.5	13.9	13.1	15.7	16.9
Kalijum (K ⁺)	mg/l	3.0	3.2	2.7	2.7	2.3	2.5	2.7	2.8	2.8	3.3	2.8	3.0
Kalcijum (Ca ⁺⁺)	mg/l	64	72	72	63	54	47	47	45	47	46	61	62
Magnezijum (Mg ⁺⁺)	mg/l	15	21	18	15	12	12	17	16	15	12	14	13
Gvožđe (Fe)-rastvoreno	µg/l	226.0	<20	145.0	<20	37.2	<10			<10	135.5	<10	
Mangan (Mn)-rastvoreni	µg/l	<10	<10	<10	<10	<10	<10			<10	10.8	<10	
Cink(Zn)-rastvoreni	µg/l	<10	<10	<10	<10	10.1	2.3				22.2	15.1	
Bakar(Cu)-rastvoreni	µg/l	<1	<1	2.4	<1	1.6	<1			1.9	1.1	<1	
Hrom ukupni(Cr) rastvoreni	µg/l	<0.6	<0.6	<0.6	<0.6		3.3			<0.5		<0.5	
Olovo (Pb)-rastvoreni	µg/l	<1	<1	<1	<1	<0.5	<0.5			<0.5	<0.5	<0.5	
Kadmijum (Cd)-rastvoreni	µg/l	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	0.02	<0.02			<0.02	0.03	<0.02	
Živa (Hg)-rastvorena	µg/l	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1			<0.1	<0.1	<0.1	
Nikal (Ni)-rastvoreni	µg/l	<2	<2	<2	<2	1.40	<0.5			1.60	7.10	1.10	
Aluminijum (Al)-rastvoreni	µg/l						<10			<10	90.40	<10	
Arsen (As)-rastvoreni	µg/l	<1	<1	<1	<1	1.20	2.80			1.80		1.40	

Lokalitet uzorkovanja: Martonoš		Rastojanje od ušća [km]:											
Šifra stanice: 94010		Geografska širina[s.m.s]: 46 06 52					Godina kontrole kvaliteta vode: 2015						
Reka: Tisa		Geografska dužina[s.m.s]: 20 05 13					Prosečan višegodišnji proticaj:						
Sliv: Dunava		Mesto uzorkovanja u profilu: D					Merodavna mala voda Q_{95} :						
Naziv grupe parametara/ naziv parametra	Jedinica	Redni broj uzorkovanja											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Datum uzorkovanja	-	Januar	Februar	Mart	April	Maj	Jun	Jul	Avgust	Septembar	Oktobar	Novembar	Decembar
Temperatura vode	°C	2.2	2.5	7.3	11.0	19.5	22.2	25.4	28.2	18.1	13.3	9.8	5.4
Suspendovane materije	mg/l	39	30	17	23	42	16	11	16	28	15	10	84
Rastvoreni kiseonik	mg/l	13.20	13.00	11.50	11.30	7.80	7.70	10.60	5.60	7.90	8.90	10.00	11.60
Zasićenost vode kiseonikom	%	96	95	95	103	86	89	131	72	85	85	88	91
Alkalitet	mmol/l	2.93	3.14	2.58	2.23	1.94	2.39	2.55	2.42	2.53	2.65	2.88	1.99
pH	-	8.00	8.07	8.10	8.28	8.00	8.34	8.59	7.70	8.00	8.08	8.10	7.90
Elektroprovodljivost	µS/cm	450	534	424	370	311	388	450	479	491	477	488	343
Ukupne rastvorene soli	mg/l	295	329	267	240	206	231	262	285	290	275	287	218
Natrijum (Na ⁺)	mg/l	33.2	39.5	20.8	26.9	19.0	24.7	22.5	38.6	41.7	42.0	35.6	19.3
Kalijum (K ⁺)	mg/l	4.0	4.3	2.2	3.2	2.9	3.8	4.4	5.1	4.6	5.0	5.2	3.2
Kalcijum (Ca ⁺⁺)	mg/l	55	56	46	42	37	47	47	43	41	40	50	41
Magnezijum (Mg ⁺⁺)	mg/l	11	13	12	8	6	6	15	15	13	10	11	8
Gvožđe (Fe)-rastvoreno	µg/l	<20	<20	41.0	32.0	36.0	103.3	<10	10.0	<10	18.2	<10	180.4
Mangan (Mn)-rastvoreni	µg/l	<10	<10	<10	13.0	20.0	12.8	<10	19.6	25.1	<10	11.1	<10
Cink(Zn)-rastvoreni	µg/l	<10	<10	<10	<10	14.0	5.3	4.5	5.8	<1	12.2	1.5	25.7
Bakar(Cu)-rastvoreni	µg/l	3.2	1.8	2.6	2.3	1.6	2.2	1.7	3.2	<1	<1	<1	1.5
Hrom ukupni(Cr) rastvoreni	µg/l	0.7	0.9	1.4	1.4	1.1	1.4		1.0	<0.5	0.9	0.9	0.9
Olovo (Pb)-rastvoreni	µg/l	<1	<1	<1	1.0	1.4	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Kadmijum (Cd)-rastvoreni	µg/l	0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.02	0.03	<0.02	<0.02	0.03	0.02	<0.02
Živa (Hg)-rastvorena	µg/l	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Nikal (Ni)-rastvoreni	µg/l	<2	<2	<2	2.00	<2	0.80	0.70	1.10	0.60	0.90	0.70	2.30
Aluminijum (Al)-rastvoreni	µg/l						80.60	11.20		<10	12.40	<10	86.60
Arsen (As)-rastvoreni	µg/l	<1	<1	<1	1.00	<1	2.50	3.20	3.10	2.60	2.30	1.70	1.50

Lokalitet uzorkovanja: Novi Bečej		Rastojanje od ušća [km]:											
Šifra stanice: 44030		Geografska širina[s.m.s]: 45 35 06						Godina kontrole kvaliteta vode: 2015					
Reka: Tisa		Geografska dužina[s.m.s]: 20 08 30						Prosečan višegodišnji proticaj:					
Sliv: Dunava		Mesto uzorkovanja u profilu: L						Merodavna mala voda Q ₉₅ :					
Naziv grupe parametara/ naziv parametra	Jedinica	Redni broj uzorkovanja											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Datum uzorkovanja	-	Januar	Februar	Mart	April	Maj	Jun	Jul	Avgust	Septembar	Oktoabar	Novembar	Decembar
Temperatura vode	°C	1.4	3.3	5.4	9.8	16.3	20.3	27.4	26.6	24.2	12.1	10.0	4.1
Suspendovane materije	mg/l	22	95	45	30	24	60	31	8	5	12	<4	26
Rastvoreni kiseonik	mg/l	12.90	12.30	11.90	11.20	9.30	7.40	7.40	5.80	7.20	9.00	9.30	11.50
Zasićenost vode kiseonikom	%	91	92	94	99	95	83	95	74	86	84	83	89
Alkalitet	mmol/l	3.38	2.39	3.24	3.32	2.13	2.25	2.76	2.48	2.44	2.83	2.93	2.31
pH	-	8.10	7.90	8.00	8.20	8.12	7.92	8.05	7.82	7.98	8.08	8.10	7.90
Elektroprovodljivost	µS/cm	481	362	539	534	363	357	486	457	498	499	502	377
Ukupne rastvorene soli	mg/l	310	245	348	337	227	219	281	268	280	288	298	239
Natrijum (Na ⁺)	mg/l	44.6	30.2	38.0	44.1	24.4	22.0	30.8	30.7	34.1	37.7	37.1	23.3
Kalijum (K ⁺)	mg/l	5.0	4.3	4.1	4.0	3.0	3.2	5.0	4.4	4.6	5.4	5.2	3.7
Kalcijum (Ca ⁺⁺)	mg/l	53	42	59	58	40	40	52	47	43	47	51	44
Magnezijum (Mg ⁺⁺)	mg/l	13	11	13	11	9	8	13	14	14	11	11	9
Gvožđe (Fe)-rastvoreno	µg/l	86.0	381.0	58.0	47.0	71.7	424.6			56.8	48.7	17.8	
Mangan (Mn)-rastvoreni	µg/l	<10	44.0	29.0	<10	10.5	22.8			<10	11.4	12.8	
Cink(Zn)-rastvoreni	µg/l	<10	35.0	<10	<10	49.4				47.1		32.5	
Bakar(Cu)-rastvoreni	µg/l	<1	5.8	2.0	<1	6.0				5.8	2.4	2.6	
Hrom ukupni(Cr) rastvoreni	µg/l	<0.6	0.8	0.8	1.1		4.4			<0.5	1.1		
Olovo (Pb)-rastvoreni	µg/l	<1	<1	<1	<1	<1	1.1			<0.5	<0.5	<0.5	
Kadmijum (Cd)-rastvoreni	µg/l	<0.03	0.07	<0.03	<0.03	0.03	0.08			<0.02	0.03	<0.02	
Živa (Hg)-rastvorena	µg/l	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1			<0.1	<0.1	<0.1	
Nikal (Ni)-rastvoreni	µg/l	<2	<2	<2	<2	7.90	3.10			5.00	1.70	1.80	
Aluminijum (Al)-rastvoreni	µg/l						340.00			25.10	46.80	<10	
Arsen (As)-rastvoreni	µg/l	<1	<1	<1	<1	1.80	2.50				1.70	1.70	

Lokalitet uzorkovanja: Titel		Rastojanje od ušća [km]:											
Šifra stanice: 44040		Geografska širina[s.m.s]: 45 11 52						Godina kontrole kvaliteta vode: 2015					
Reka: Tisa		Geografska dužina[s.m.s]: 20 19 07						Prosečan višegodišnji proticaj:					
Sliv: Dunava		Mesto uzorkovanja u profilu: S						Merodavna mala voda Q ₉₅ :					
Naziv grupe parametara/ naziv parametra	Jednica	Redni broj uzorkovanja											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Datum uzorkovanja	-	Januar	Februar	Mart	April	Maj	Jun	Jul	Avgust	Septembar	Oktobar	Novembar	Decembar
Temperatura vode	°C	1.7	4.7	7.0	10.2	18.3	24.2	29.2	27.4	24.1	13.8	10.6	5.0
Suspendovane materije	mg/l	29	25	38	61	29	60	7	5	10	5	10	28
Rastvoreni kiseonik	mg/l	13.30	12.80	11.10	10.70	8.50	7.00	10.10	7.20	7.60	8.70	9.20	11.90
Zasićenost vode kiseonikom	%	95	100	91	95	91	84	134	93	91	84	82	93
Alkalitet	mmol/l	3.38	3.39	2.38	3.22	2.12	2.15	2.68	2.36	2.36	2.71	3.00	2.26
pH	-	8.00	7.90	8.00	8.30	8.14	8.10	8.50	8.11	8.03	8.10	8.10	7.92
Elektroprovodljivost	µS/cm	479	568	389	511	333	353	465	473	463	518	522	385
Ukupne rastvorene soli	mg/l	323	359	242	293	205	228	280	285	261	290	317	229
Natrijum (Na ⁺)	mg/l	44.1	39.2	25.1	30.5	19.3	20.2	26.2	33.6	30.2	41.3	37.7	26.0
Kalijum (K ⁺)	mg/l	5.2	4.1	2.8	4.2	3.0	3.0	5.1	4.7	4.5	5.0	5.0	3.6
Kalcijum (Ca ⁺⁺)	mg/l	53	55	42	53	40	41	52	44	41	43	55	44
Magnezijum (Mg ⁺⁺)	mg/l	14	17	10	21	8	8	13	15	15	9	9	6
Gvožđe (Fe)-rastvoreno	µg/l	<20	142.0	128.0	20.0	114.5	169.3			10.6	13.2	25.1	
Mangan (Mn)-rastvoreni	µg/l	84.0	23.0	28.0	10.0	16.2	44.3			16.0	10.1	11.8	
Cink(Zn)-rastvoreni	µg/l	16.0	25.0	19.0	38.0		85.4				24.1		
Bakar(Cu)-rastvoreni	µg/l	1.8	5.8	2.3	18.5		14.9			9.5	1.8		
Hrom ukupni(Cr) rastvoreni	µg/l	<0.6	0.9	0.8	2.3					<0.5	<0.5	1.4	
Olovo (Pb)-rastvoreni	µg/l	<1	<1	<1	<1	<1	0.5			<0.5	<0.5	<0.5	
Kadmijum (Cd)-rastvoreni	µg/l	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	0.05	0.07			<0.02	0.03	<0.02	
Živa (Hg)-rastvorena	µg/l	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1			<0.1	<0.1	<0.1	
Nikal (Ni)-rastvoreni	µg/l	<2	<2	<2	8.60		9.80			5.10	1.50	1.40	
Aluminijum (Al)-rastvoreni	µg/l						127.10			<10	10.40	19.40	
Arsen (As)-rastvoreni	µg/l	<1	<1	<1	<1	2.00	2.30			3.50		2.40	

Lokalitet uzorkovanja: Sombor		Rastojanje od ušća [km]:											
Šifra stanice: 92115		Geografska širina[s.m.s]: 45 47 23					Godina kontrole kvaliteta vode: 2015						
Reka: kanal DTD		Geografska dužina[s.m.s]: 19 02 06					Prosečan višegodišnji proticaj:						
Sliv: Dunava		Mesto uzorkovanja u profilu: L					Merodavna mala voda Q ₉₅ :						
Naziv grupe parametara/ naziv parametra	Jedinica	Redni broj uzorkovanja											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Datum uzorkovanja	-	Januar	Februar	Mart	April	Maj	Jun	Jul	Avgust	Septembar	Oktobar	Novembar	Decembar
Temperatura vode	°C	3.6	3.6	7.1	10.3	23.1	25.3	25.7	25.5	20.7	16.7		7.4
Suspendovane materije	mg/l	16	14	5	23	17	10	10	8	10	8		5
Rastvoreni kiseonik	mg/l	12.90	10.40	12.40	12.30	10.00	9.30	8.50	9.50	8.30	9.10		12.20
Zasićenost vode kiseonikom	%	97	78	102	110	118	114	105	118	93	94		102
Alkalitet	mmol/l	8.81	6.80	8.52	8.26	5.39	5.68	3.06	2.94	3.01	3.48		5.24
pH	-	8.26	8.00	8.00	8.32	8.34	8.26	8.18	8.27	8.10	8.23		8.30
Elektroprovodljivost	µS/cm	831	767	937	891	640	644	402	394	413	481		656
Ukupne rastvorene soli	mg/l	540	460	612	549	386	378	231	252	260	281		411
Natrijum (Na ⁺)	mg/l	42.2	33.0	45.9	51.9	29.0	34.4	16.3	10.3	16.0	24.1		43.4
Kalijum (K ⁺)	mg/l	5.6	4.2	6.0	5.2	4.1	3.8	3.2	3.5	3.2	4.1		6.4
Kalcijum (Ca ⁺⁺)	mg/l	118	94	117	105	67	68	52	49	50	55		64
Magnezijum (Mg ⁺⁺)	mg/l	40	31	40	39	29	28	12	18	19	13		27
Gvožđe (Fe)-rastvoreno	µg/l	<20	<20	<20	68.0	17.2				<10	<10		
Mangan (Mn)-rastvoreni	µg/l	<10	<10	<10	<10	10.5				<10	<10		
Cink(Zn)-rastvoreni	µg/l	24.0	<10	<10	<10	58.0					22.6		
Bakar(Cu)-rastvoreni	µg/l	1.4	3.4	<1	<1	6.4					<1		
Hrom ukupni(Cr) rastvoreni	µg/l	<0.6	<0.6	<0.6	<0.6					<0.5	<0.5		
Olovo (Pb)-rastvoreni	µg/l	<1	<1	<1	<1	<0.5				<0.5	<0.5		
Kadmijum (Cd)-rastvoreni	µg/l	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.02				<0.02	<0.02		
Živa (Hg)-rastvorena	µg/l	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1				<0.1	<0.1		
Nikal (Ni)-rastvoreni	µg/l	<2	<2	<2	<2					0.50	1.70		
Aluminijum (Al)-rastvoreni	µg/l									<10	<10		
Arsen (As)-rastvoreni	µg/l	<1	<1	<1	<1	2.60							

Lokacija uzorkovanja: Bačko Gradište		Rastojanje od ušća [km]:											
Šifra stanice: 92140		Geografska širina[s.m.s]: 45 34 19						Godina kontrole kvaliteta vode: 2015					
Reka: kanal DTD		Geografska dužina[s.m.s]: 20 01 40						Prosečan višegodišnji proticaj:					
Sliv: Dunava		Mesto uzorkovanja u profilu: D						Merodavna mala voda Q ₉₅ :					
Naziv grupe parametara/ naziv parametra	Jedinica	Redni broj uzorkovanja											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Datum uzorkovanja	-	Januar	Februar	Mart	April	Maj	Jun	Jul	Avgust	Septembar	Oktoibar	Novembar	Decembar
Temperatura vode	°C	1.3	3.5	7.0	10.2	19.7	21.8	29.2	25.3	23.6	11.0	10.8	4.5
Suspendovane materije	mg/l	15	30	23	58	28	38	25	26	20	36	26	24
Rastvoreni kiseonik	mg/l	2.20	8.70	13.20	12.20	14.00	15.20	11.30	3.80	7.60	14.90	20.00	4.10
Zasićenost vode kiseonikom	%	16	70	109	109	154	174	150	46	90	135	181	32
Alkalitet	mmol/l	7.75	8.06	8.97	8.41	6.39	5.72	4.17	3.51	3.88	4.85	3.44	6.31
pH	-	7.90	8.05	8.30	8.48	8.83	8.50	8.34	7.91	8.11	8.81	9.10	7.80
Elektroprovodljivost	µS/cm	839	885	1105	1011	781	668	514	454	475	574	472	745
Ukupne rastvorene soli	mg/l	556	601	704	633	511	421	294	280	309	338	279	438
Natrijum (Na ⁺)	mg/l	72.1	90.6	115.9	113.2	88.3	58.0	36.3	30.5	30.4	38.6	35.6	62.8
Kalijum (K ⁺)	mg/l	8.4	8.0	7.2	6.0	6.4	5.4	4.1	4.4	4.7	5.6	6.6	6.0
Kalcijum (Ca ⁺⁺)	mg/l	86	85	80	60	53	54	39	30	39	54	36	66
Magnezijum (Mg ⁺⁺)	mg/l	33	36	44	47	35	26	26	34	29	23	21	26
Gvožđe (Fe)-rastvoreno	µg/l				<20	21.6	17.0			<10	<10	11.1	
Mangan (Mn)-rastvoreni	µg/l				<10	28.6	<10			<10	<10	<10	
Cink(Zn)-rastvoreni	µg/l				<10	62.5	40.9			72.8	14.0	10.4	
Bakar(Cu)-rastvoreni	µg/l				<1	9.5	6.2			8.2	1.8	3.4	
Hrom ukupni(Cr) rastvoreni	µg/l				<0.6					<0.5	<0.5	<0.5	
Olovo (Pb)-rastvoreni	µg/l				<1	<1	<0.5			<0.5	<0.5	<0.5	
Kadmijum (Cd)-rastvoreni	µg/l				<0.03	<0.03	<0.02			<0.02	<0.02	<0.02	
Živa (Hg)-rastvorena	µg/l				<0.1	<0.1	<0.1			<0.1	<0.1	<0.1	
Nikal (Ni)-rastvoreni	µg/l				<2	17.60				28.80	1.80	1.60	
Aluminijum (Al)-rastvoreni	µg/l						<10			<10	<10	<10	
Arsen (As)-rastvoreni	µg/l				<1		5.20						

PRILOG II

ЛИСТА супстанци кандидата за Листу супстанци које изазивају забринутост

"Службени гласник РС", бр.58 од 22.јуна 2016, 22 од 20. марта 2018.

I

Редни број	Назив супстанце	ЕС број	CAS број	Поједини начини коришћења	Разлог за забринутост
13.	Олово-хидроген арсенат	232-064-2	7784-40-9	У електронској опреми, за заштиту текстилних влакана, за заштиту дрвета и др.	Карциногеност, Токсичност по репродукцију
23.	Олово-хромат	231-846-0	7758-97-6	Производња пигмената, за бојење, за пиротехнички прах, за лакирање и др.	Карциногеност, Токсичност по репродукцију
24.	Олово-хромат молибдат сулфат црвени (С.И. Пигмент Црвени 104)	235-759-9	12656-85-8	Пигмент за бојење гуме, пластике, порцелана и др.	Карциногеност, Токсичност по репродукцију
25.	Олово- сулфохромат жути (С.И. Пигмент Жути 34)	215-693-7	1344-37-2	Пигмент за бојење пластике, гуме, за премазе и др.	Карциногеност, Токсичност по репродукцију
45.	Хром-триоксид	215-607-8	1333-82-0	При заштити дрвета, за хромирање и заштиту од корозије и др.	Карциногеност, Мутагеност
46.	Киселине настале из хром триоксида и њихови олигомери: – Хромна киселина – Дихромна киселина – Олигомери хромне и дихромне киселине	231-801-5 236-881-5	7738-94-5 13530-68-2	Супстанце настају када је хром триоксид растворен у води. При заштити дрвета, као заштита од корозије, стабилизатор у металској индустрији и др.	Карциногеност
57.	Олово- диазид, Олово- азид	236-542-1	13424-46-9	Као иницијатор детонације и пиротехничких средстава и др.	Токсичност по репродукцију
58.	Олово- дипикрат	229-335-2	6477-64-1	Као паљење детонатора муниције, у пиротехничким средствима и др.	Токсичност по репродукцију

66.	Олово-стифнат	239-290-0	15245-44-0	Као упаљач за муницију, пиротехнику и као детонатор у цивилној употреби и др.	Токсичност по репродукцију
67.	Триолово-диарсенат	222-979-5	3687-31-8	Присутан у сложеним сировинама које се користе при рафинацији бакра и олова и других метала и др.	Карциногеност, Токсичност по репродукцију
71.	Дихром tris(хромат); хром(III) хромат; хром хромат	246-356-2	24613-89-6	За третман површине метала у аеронаутици, облагање калема, у ауто-индустрији, текстилној индустрији за нагризање предива, за превенцију корозије, у индустрији челика и алуминијума и др.	Карциногеност
82.	Олово(II) bis(метансулфонат); Олово(II) метансулфонат	401-750-5	17570-76-2	Користи се за облагање електронских компоненти као што су штампане плоче и др.	Токсичност по репродукцију
98.	Олово-моноксид (олово- оксид)	215-267-0	1317-36-8	У производњи оловних акумулатора, у стаклу и керамици, у преради оловних руда, у производњи боја и пигмената, вулканизацији гуме, у специјализованим цементима	Токсичност по репродукцију
99.	Оранж олово (олово тетроксид)	215-235-6	1314-41-6	Као пигмент за основне боје, у производњи стакла, керамике, акумулатора	Токсичност по репродукцију
100.	Олово bis(тетрафлуор-борат); Олово (II) дитетрафлуор- борат	237-486-0	13814-96-5	У растворима за галванизацију, за очвршћавање епоксидних смола, као катализатор у производњи линеарних полиестара, аналитички реагенс	Токсичност по репродукцију
101.	Триолово bis(карбонат) дихидроксид;	215-290-	1319-46-6	У производњи полиестара, као	Токсичност по репродукцију

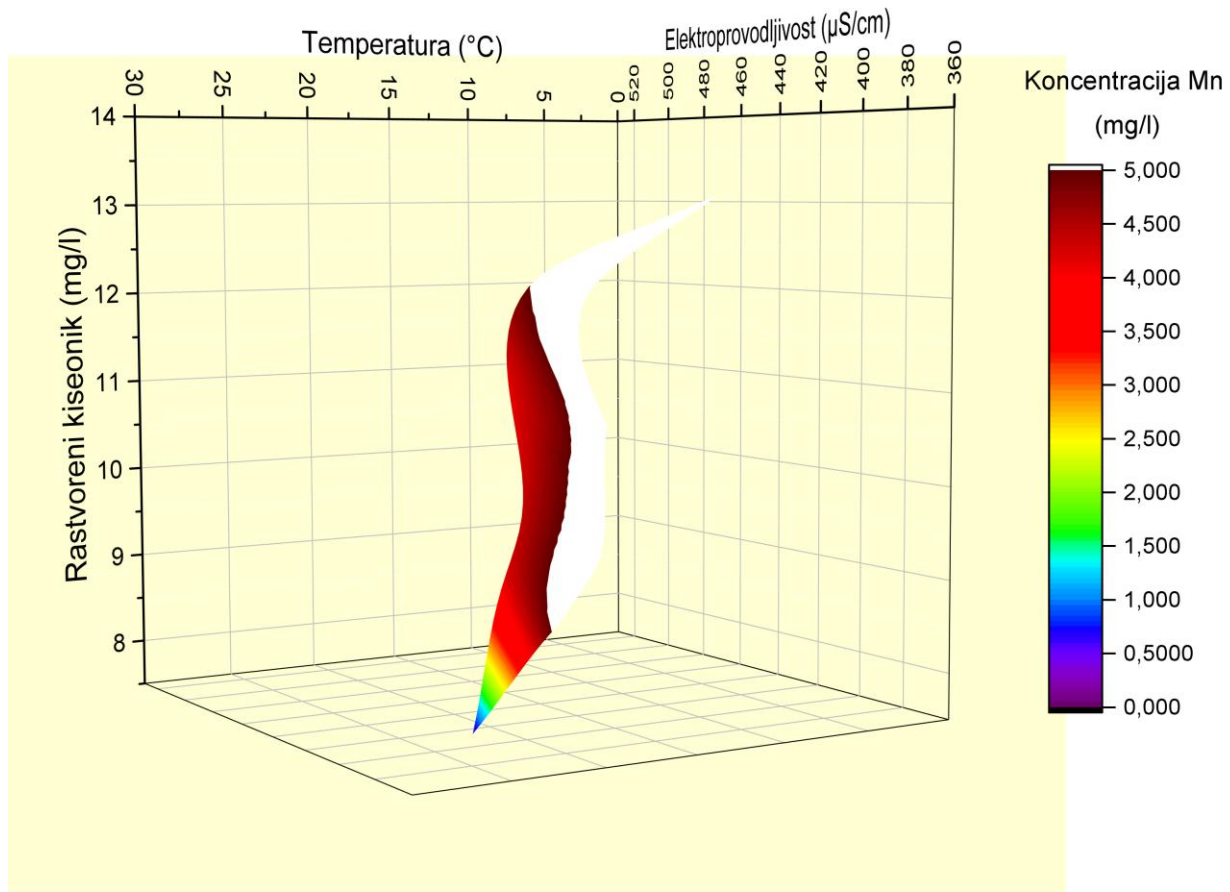
	Олово(II)карбонат хидроксид (3:2:2)	6		средство за очвршћавање изолације полиетиленских жица, мазива, UV рефлектујућих боја, термостабилизатор за PVC, антикорозионих боја	
102.	Олово титанијум триоксид; Олово титанат C.I. Пигмент жути 47	235-038-9	12060-00-3	Као пигмент за боје, замена за титаноксид, у производњи електронске керамике	Токсичност по репродукцију
103.	Олово титанијум цирконијум оксид; Олово титанат цирконат	235-727-4	12626-81-2	У производњи компјутера, електронске керамике, оптичке и електричне опреме, за производњу хемикалија, пигмент за боје	Токсичност по репродукцију
104.	Силицијумова киселина олово со; Олово (II)-силикат	234-363-3	11120-22-2	У производњи оптичког стакла и влакана, кристала, посуђа	Токсичност по репродукцију
112.	Сирћетна киселина, со олова, базна; олово (II) хидроксид ацетат (1:1:1)	257-175-3	51404-69-4	У производњи боја, разређивача, гипса, глине за моделовање, превлака, производња хемикалија	Токсичност по репродукцију
113.	Олово оксид сулфат	234-853-7	12036-76-9	У производњи пасте за оловне акумулаторе, у производњи пластичних производа као стабилизатор, бели пигмент	Токсичност по репродукцију
114.	[фталато(2-)] диоксотриолово	273-688-5	69011-06-9	У производњи термоотпорних каблова,	Токсичност по репродукцију
115.	Диоксобис(стеарато) триолово	235-702-8	12578-12-0	У производњи пластике за израду жица, каблова, цеви за воду, електронске керамике	Токсичност по репродукцију
116.	Масне киселине, C16-18, соли олова	292-966-7	91031-62-8	У производњи полимерних смеша и једињења, у производњи стабилизатора дисперзије, боја и	Токсичност по репродукцију

				мастила за штампање	
117.	Олово- цинамидат; Олово (II)-цијанамид	244-073-9	20837-86-9	Као пигмент у антикорозионој боји, за превлачење, у електронској индустрији	Токсичност по репродукцију
118.	Олово-динитрат	233-245-9	10099-74-8	У производњи експлозива и шибица, у бојењу и штампању текстила, као оксидатор у индустрији боја, стабилизатор фотографија, жути пигмент, флотационо средство	Токсичност по репродукцију
119.	Пентаоловотетраоксид- сулфат; Тетрабазни олово сулфат	235-067-7	12065-90-6	У производњи активних пасти за оловне акумулаторе, електронске керамике	Токсичност по репродукцију
120.	Олово антимонат жути; Пирохлор антимон олово жути С.І. Пигмент жути 41	232-382-1	8012-00-8	Као жути пигмент, у бојама, мастилу за штампање, у гуменим и пластичним производима	Токсичност по репродукцију
121.	Сумпораста киселина, со олова, двобазна; Двобазни олово сулфит	263-467-1	62229-08-7	У пластици за жице и каблове, цевима за воду, мини-блиндама, за гасне цеви, у производњи стакла, керамуке, оксидант	Токсичност по репродукцију
122.	Тетраетил олово	201-075-4	78-00-2	У горивима за млазне моторе и авионске бензине, у органској синтези	Токсичност по репродукцију
123.	Тетраолово триоксид сулфат	235-380-9	12202-17-4	У пластици за жице и каблове, цевима за воду, мини-блиндама, за гасне цеви	Токсичност по репродукцију
124.	Триолово диоксид фосфонат; Двобазни олово фосфит	235-252-2	12141-20-7	У пластици за жице и каблове, цевима за воду, мини-блиндама, за гасне цеви, у електронској керамици	Токсичност по репродукцију
139.	Кадмијум	231-152-8	7440-43-9	У производњи електрода за батерије, легура, за превлачење метала, пигмената, соларних	Карциногеност; Подједнак ниво забринутости уз могуће значајне

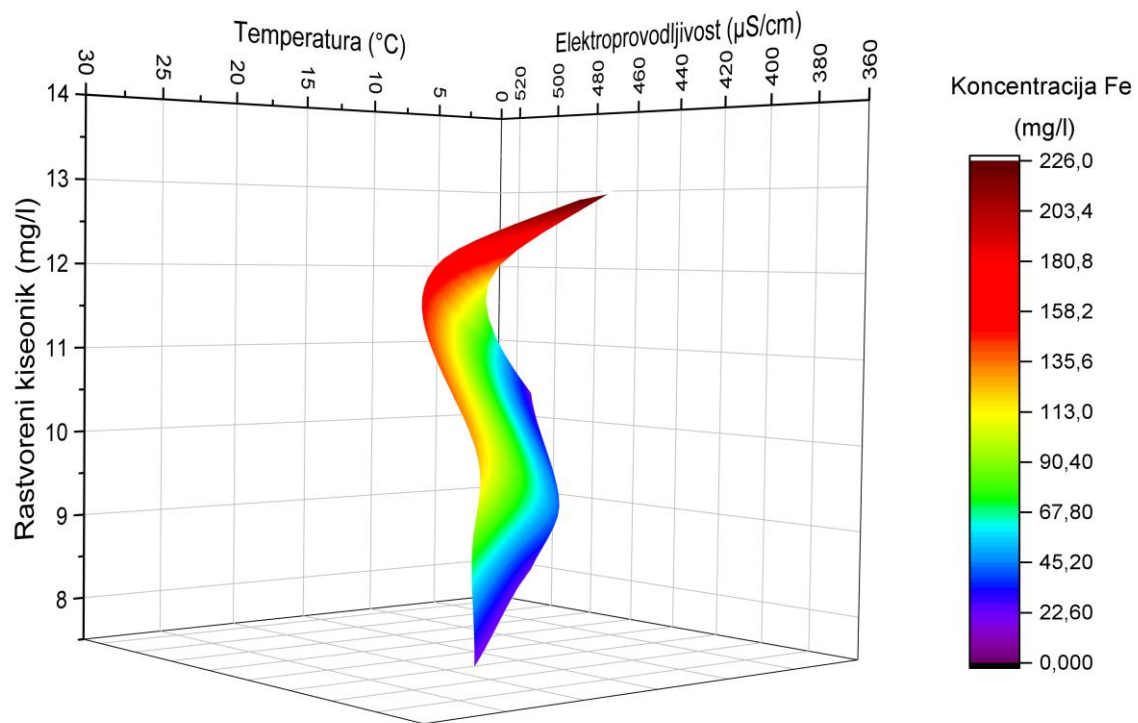
				Ћелија, катализатора, за лемљење	ефекте по здравље људи
144.	Кадмијум-оксид	215- 146- 2	1306- 19-0	Сировина за производњу электрода за батерије, за добијање легура, за превлачење метала, за пигменте, соларне ћелије, за керамичке глазуре, катализаторе, електронику.	Карциногеност; Подједнак ниво забринутости уз могуће значајне ефекте по здравље људи
145.	Кадмијум-сулфид	215- 147- 8	1306- 23-6	Сировина за производњу органичких једињења кадмијума, неорганичких пигмената, за керамичке глазуре, катализаторе, соларне ћелије, електронску опрему.	Карциногеност; Подједнак ниво забринутости уз могуће значајне ефекте по здравље људи.
150.	Олово-диацетат	206- 104- 4	301- 04-2	У производњи премаза, боја, смеса за моделирање и у индустрији рачунара	Токсичност по репродукцију
155.	Кадмијум-флуорид	232- 222- 0	7790- 79-6	Флуоресцентни агенс у производњи стакла, соларних ћелија, оптичка електроника.	Карциногеност; Мутагеност; Токсичност по репродукцију; Подједнак ниво забринутости уз могуће значајне ефекте по здравље људи
156.	Кадмијум-сулфат	233- 331- 6	10124- 36-4 31119- 53-6	Лабораторијски реагенс и рН регулатор, средство за третман воде. Има индустријску употребу, у производњи других супстанција (као интермедијер).	Карциногеност; Мутагеност; Токсичност по репродукцију; Подједнак ниво забринутости уз могуће значајне ефекте по здравље људи
159.	Кадмијум-хлорид	233- 296- 7	10108- 64-2	Сировина за производњу других кадмијумових једињења, и при производњи високо луминоцентних CdTe наноматеријала, у козметичкој индустрији и за	Карциногеност; Мутагеност; Токсичност по репродукцију; Подједнак ниво забринутости уз могуће значајне ефекте по

				производњу средстава за одржавање личне хигијене, у производњи метала, за процесе третмана металних површина, као регулатор рН вредности, средство за третман вода, проиводњу парфема и мирисних материја, у индустрији полупроводника	здравље људи
177.*	Кадмијум нитрат*	233-710-6*	10325-94-7*	Користи се у производњи стакла, порцелана и керамичких производа и као лабораторијска хемикалија.*	Карциногеност;* Мутагеност;* Спец. Токсичност за циљани орган – VI*
178.*	Кадмијум хидроксид*	244-168-5*	21041-95-2*	Користи се у производњи електричне, електронске и оптичке опреме и као лабораторијска хемикалија.*	Карциногеност;* Мутагеност;* Спец. Токсичност за циљани орган – VI*
179.*	Кадмијум карбонат*	208-168-9*	513-78-0*	Користи се као регулатор рН и средствима за пречишћавање воде, лабораторијска хемикалија, у козметичким производима и производима за одржавање личне хигијене.*	Карциногеност;* Мутагеност;* Спец. Токсичност за циљани орган – VI*

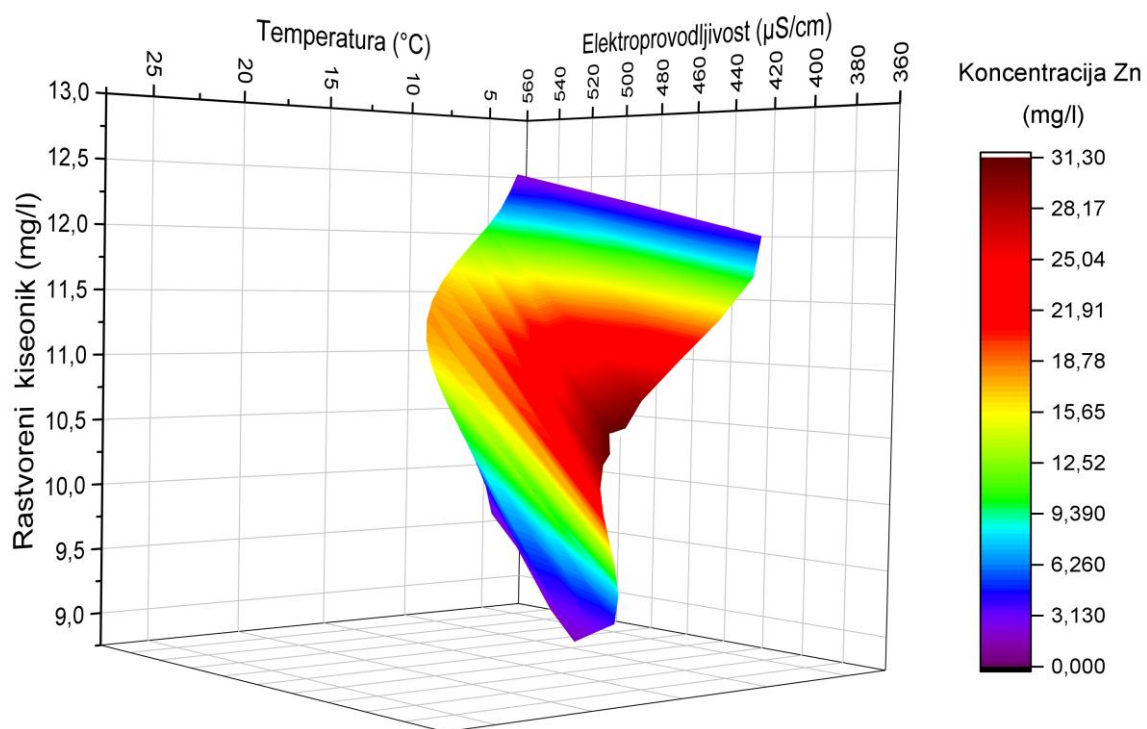
PRILOG III



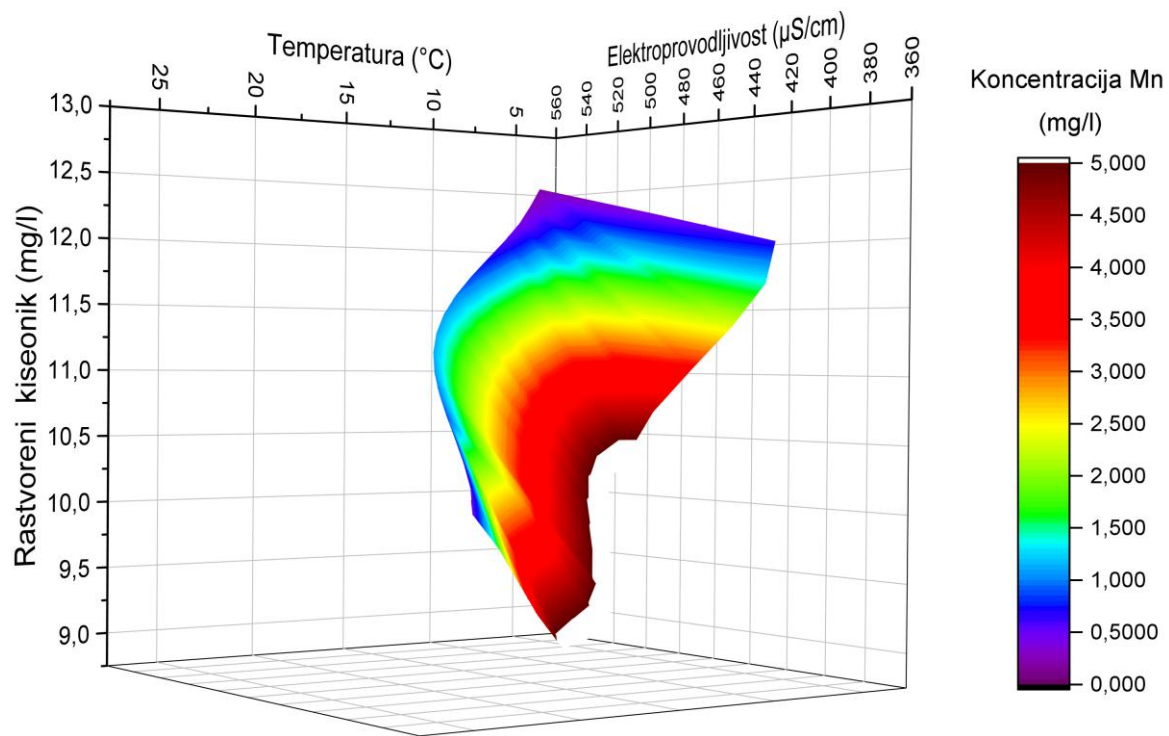
4D prikaz korelacionih odnosa ključnih fizičko-hemijskih parametara i koncentracije katjona Mn u 2015. godini na reci Dunav (merno mesto Bezdan).



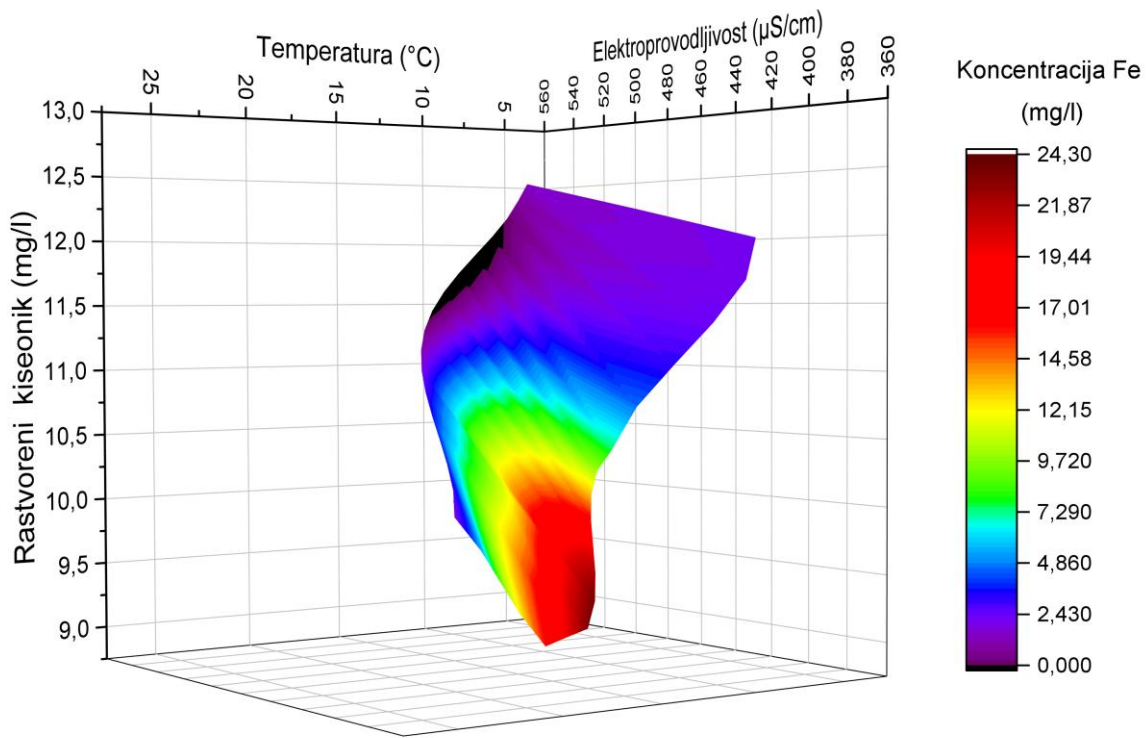
4D prikaz korelacionih odnosa ključnih fizičko-hemijskih parametara i koncentracije katjona Fe u 2015. godini na reci Dunav (merno mesto Bezdan).



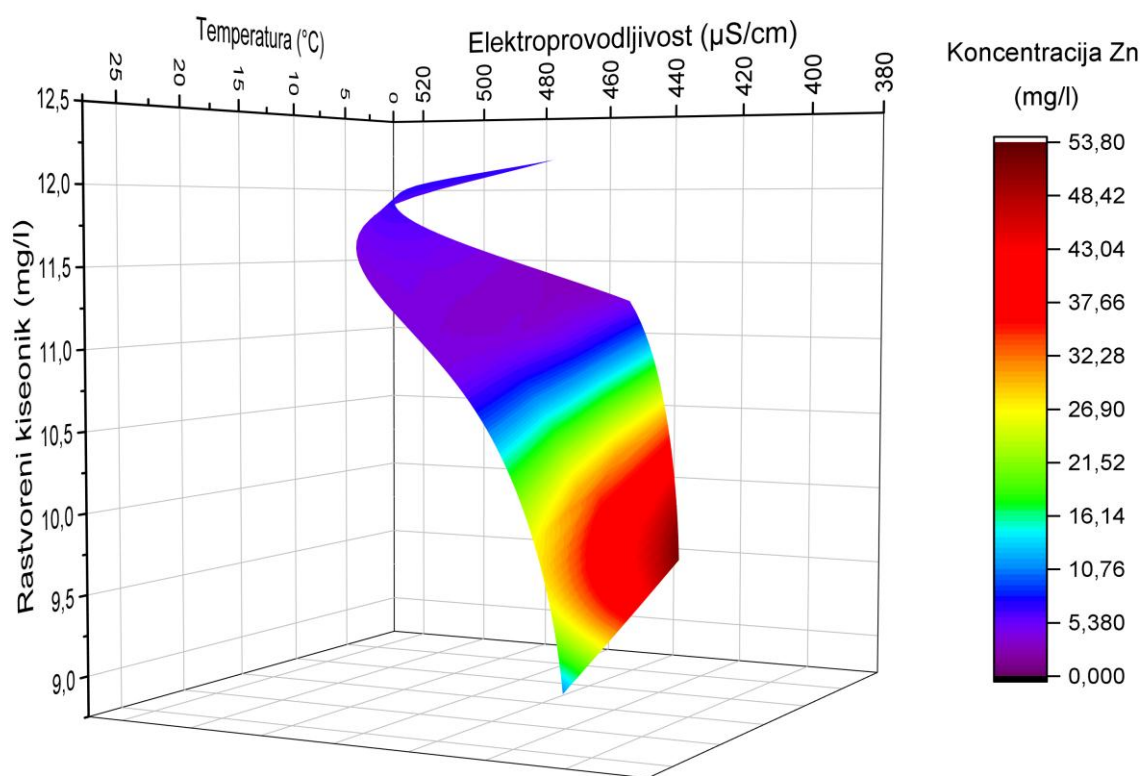
4D prikaz korelacionih odnosa ključnih fizičko-hemijskih parametara i koncentracije katjona Zn u 2015. godini na reci Dunav (merno mesto Bezdan).



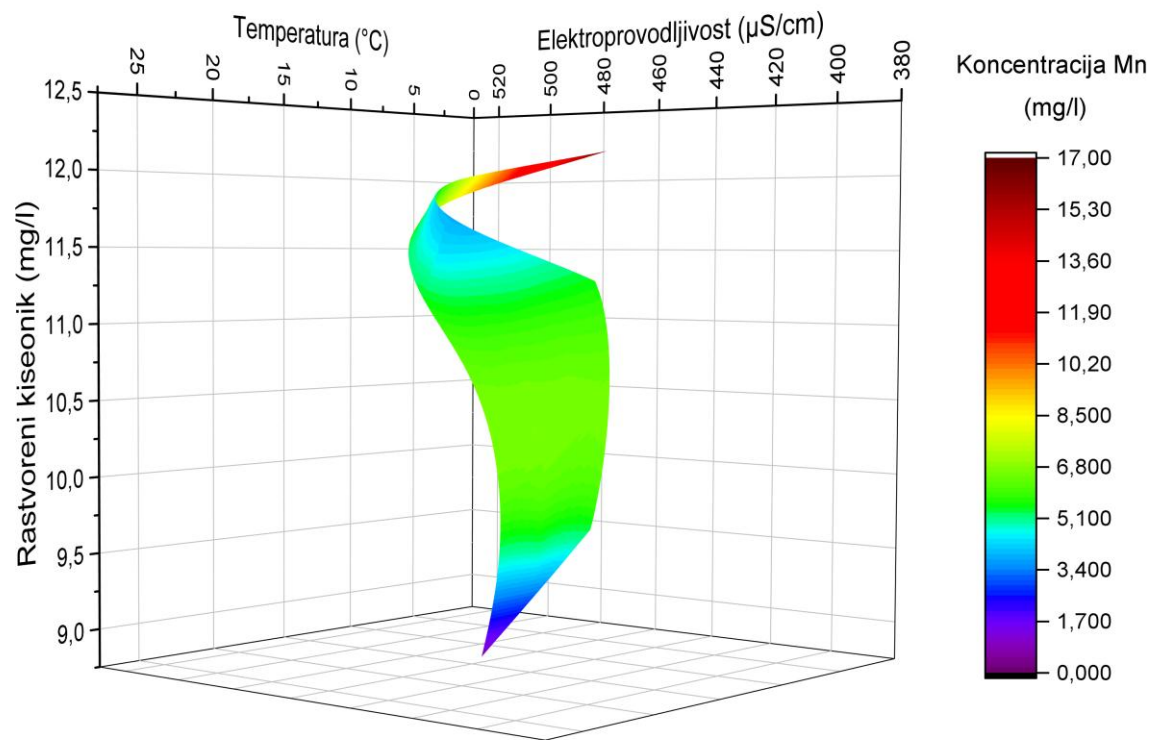
4D prikaz korelacionih odnosa ključnih fizičko-hemijskih parametara i koncentracije katjona Mn u 2015. godini na reci Dunav (merno mesto Bogojevo).



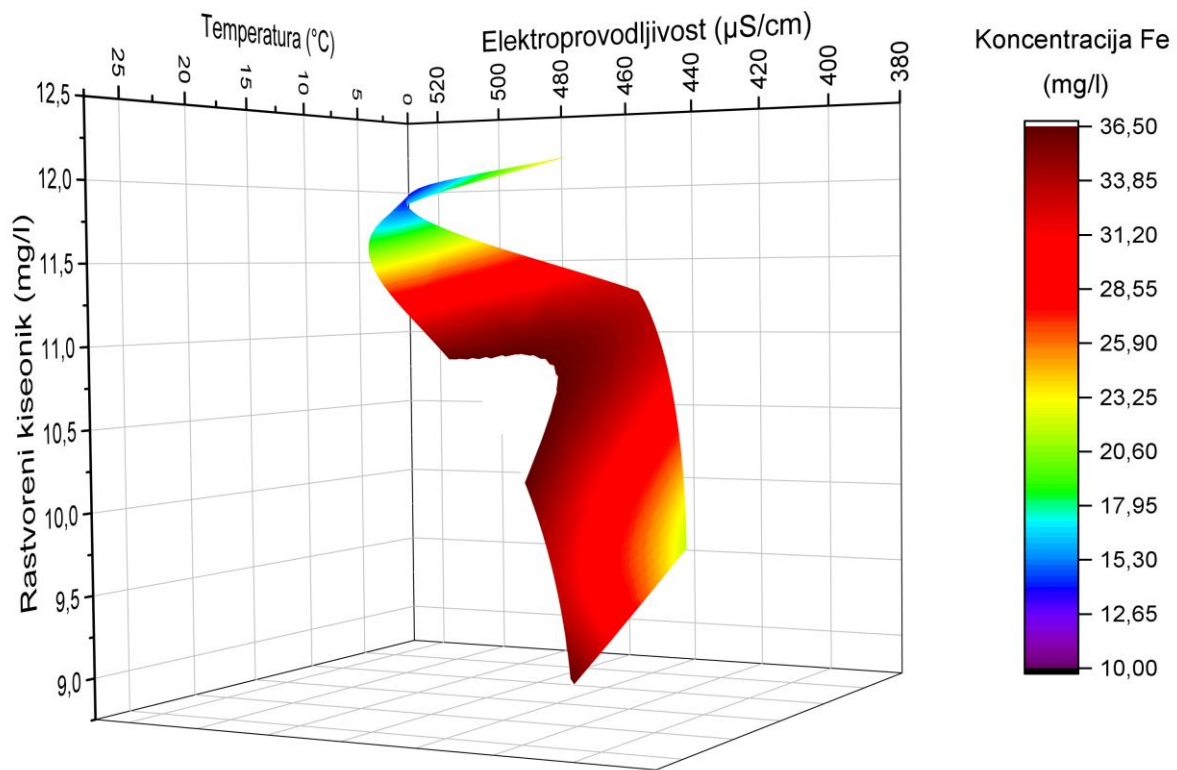
4D prikaz korelacionih odnosa ključnih fizičko-hemijskih parametara i koncentracije katjona Fe u 2015. godini na reci Dunav (merno mesto Bogojevo).



4D prikaz korelacionih odnosa ključnih fizičko-hemijskih parametara i koncentracije katjona Zn u 2015. godini na reci Dunav (merno mesto Bogojevo).



4D prikaz korelacionih odnosa ključnih fizičko-hemijskih parametara i koncentracije katjona Mn u 2015. godini na reci Dunav (merno mesto Novi Sad).



4D prikaz korelacionih odnosa ključnih fizičko-hemijskih parametara i koncentracije katjona Fe u 2015. godini na reci Dunav (merno mesto Novi Sad).

PRILOG IV

PRILOG IV Spisak slika

Slika 1.1. Ikozaedarska struktura H ₂ O	3
Slika 1.2. Ikozaedarska struktura vode.....	4
Slika 2.1. Mogući rasporedi originalnih podataka kad postoje dva klastera (grupe)	34
Slika 3.1. Kartografski prikaz mape lokacija uzorkovanja (Dunav-crveno, Tisa-plavo, DTD-zeleno).....	39
Slika 4.1. Grafički prikaz svojstvenih vrednosti	51
Slika 4.2. Dendogram dobijen klaster analizom za faktorske komponente 1,2,3 respektivno.....	52
Slika 4.3. 3D prikaz korelacionih odnosa ključnih fizičko-hemijskih parametara prve i poslednje godine (2011 i 2015) praćenja rezultata za lokaciju uzorkovanja Beždan.	53
Slika 4.4 3D prikaz korelacionih odnosa ključnih fizičko-hemijskih parametara prve i poslednje godine (2011 i 2015) praćenja rezultata za lokaciju uzorkovanja Bogojevo.	54
Slika 4.5. 3D prikaz korelacionih odnosa ključnih fizičko-hemijskih parametara prve i poslednje godine (2011 i 2015) praćenja rezultata za lokaciju uzorkovanja Novi Sad.....	55
Slika 4.6. 4D prikaz korelacionih odnosa ključnih fizičko-hemijskih parametara i koncentracije katjona Zn u 2015. godini na reci Dunav (merno mesto Novi Sad).....	56
Slika 4.7. Grafički prikaz svojstvenih vrednosti u Srce Plotu	60
Slika 4.8. Dendogram dobijen klaster analizom za faktorske komponente 1,2,3 respektivno.....	62
Slika 4.9. 3D prikaz korelacionih odnosa ključnih fizičko-hemijskih parametara prve i poslednje godine (2011 i 2015) praćenja rezultata za lokaciju uzorkovanja Martonoš.....	66
Slika 4.10. 3D prikaz korelacionih odnosa ključnih fizičko-hemijskih parametara prve i poslednje godine (2011 i 2015) praćenja rezultata za lokaciju uzorkovanja Titel.....	67
Slika 4.11. 3D prikaz korelacionih odnosa ključnih fizičko-hemijskih parametara prve i poslednje godine (2011 i 2015) praćenja rezultata za lokaciju uzorkovanja Novi Bečej.....	68
Slika 4.12. 3D prikaz korelacionih odnosa ključnih fizičko-hemijskih parametara prve i poslednje godine (2011 i 2015) praćenja rezultata za lokaciju uzorkovanja Sombor.....	69
Slika 4.13. 3D prikaz korelacionih odnosa ključnih fizičko-hemijskih parametara prve i poslednje godine (2011 i 2015) praćenja rezultata za lokaciju uzorkovanja Bačko Gradište.....	70
Slika 4.14. Haseovi dijagrami metalnih katjona u vodi (a) i sedimentu (b).....	73

PRILOG V

PRILOG V Spisak tabela

Tabela 2.1. Podela jona, katjona i anjona na tvrde/meke baze, tvrde/meke kiseline i grupu graničnih jona (Langmuir,1997).....	21
Tabela 3.1. Nacionalne standardne metode određivanja katjona metala sa MDK i klasama voda.	42
Tabela 4.1. Analizirani parametri i njihove vrednosti na selektovanim lokalitetima Dunava.....	49
Tabela 4.2. Korelaciona matrica fizičko-hemijskih parametara kvaliteta površinske vode Dunava.....	50
Tabela 4.3. Faktorsko opterećenje PCA analize.....	51
Tabela 4.4. Analizirani parametri i njihove vrednosti na selektovanim lokalitetima Tise.....	58
Tabela 4.5. Analizirani parametri i njihove vrednosti na selektovanim lokalitetima DTD.....	59
Tabela 4.6. Korelaciona matrica fizičko-hemijskih parametara kvaliteta površinske vode Dunava.....	60
Tabela 4.7. Faktorsko opterećenje PCA analize.....	61
Tabela 4.8. Particioni koeficijent sediment-voda, KSW.	72
Tabela 4.9. Maseno opterećenje katjonima metala u Dunavu unetih u Crno more sa prosečnim protokom duž Dunava od 6420 m ³ /s i protokom od 3000 m ³ /s kod Novog Sada.	74
Table 4.10. Izračunate vrednosti parametara za procenu rizika na lokacijama Bogojevo, Bezdán i Novi Sad	78

IZJAVA

Ja, Aleksandra Čavić izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da doktorska disertacija predstavlja rezultate sopstvenog istraživačkog rada, da se temelji na mojim naučno-stručnim saznanjima i eksperimentalnim istraživanjima kao i da nisam kršila autorska prava i koristila intelektualnu svojinu drugih lica. Izjavljujem da je štampana verzija mog doktorskog rada istovetna elektronskoj verziji. Autorska prava svih rezultata i elemenata koji su dobijeni u doktorskoj disertaciji pripadaju Departmanu za inženjerstvo zaštite životne sredine i zaštite na radu, odnosno Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu kao pravnom licu.

Potpis kandidata