

**UNIVERZITET U BEOGRADU
TEHNOLOŠKO-METALURŠKI FAKULTET
NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU**

Predmet: Referat o urađenoj doktorskoj disertaciji kandidata mr **Dragana Crnkovića**, dipl.inž.tehnologije

Odlukom br. **35/47** od **05.03.2020.** godine, imenovani smo za članove Komisije za pregled i ocenu doktorske disertacije kandidata mr Dragana Crnkovića, dipl.inž.tehnologije, pod naslovom

„Multikriterijalno modelovanje teških metala i policikličnih aromatičnih ugljovodonika u rečnim sedimentima Save i Dunava“

Posle pregleda dostavljene Disertacije i drugih pratećih materijala i razgovora sa kandidatom, Komisija je sačinila sledeći

REFERAT

1. UVOD

1.1. Hronologija odobravanja i izrade disertacije

Školske 2016./2017.godine kandidat mr Dragan Crnković, dipl.inž.tehnologije, je upisao III godinu doktorskih studija na Tehnološko-metalurškom fakultetu, Univerziteta u Beogradu, na studijskom programu Hemija.

19.05.2017. godine kandidat mr Dragan Crnković, dipl.inž.tehnologije prijavio je temu doktorske disertacije pod nazivom „Multikriterijalno modelovanje teških metala i policikličnih aromatičnih ugljovodonika u sedimentima Beograda i njegove okoline“. Naučno nastavno veće Tehnološko-metalurškog fakulteta, Univerziteta u Beogradu je dana 01.06.2017. godine (odluka br. 35/181), usvojilo sastav komisije za ocenu naučne zasnovanosti predložene teme.

22.02.2018. godine na sednici Naučno nastavnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta, Univerziteta u Beogradu, na osnovu izveštaja Komisije, doneta je odluka (35/38) o prihvatanju predloga teme doktorske disertacije, mr Dragana Crnkovića, dipl.inž.tehnologije, pod nazivom „Multikriterijalno modelovanje teških metala i policikličnih aromatičnih ugljovodonika u rečnim sedimentima Save i Dunava“.

Za mentora ove doktorske disertacije imenovan je dr Saša Drmanić, vanredni profesor Tehnološko-metalurškog fakulteta, Univerziteta u Beogradu.

29.03.2018. na sednici Veća naučnih oblasti prirodnih nauka Univerziteta u Beogradu, data je saglasnost (broj 61206-4877/4-18) na predlog teme doktorske disertacije mr Dragana Crnkovića, dipl.inž.tehnologije pod nazivom „Multikriterijalno modelovanje teških metala i policikličnih aromatičnih ugljovodonika u rečnim sedimentima Save i Dunava“.

Rešenjem 20/23 studentu je odobreno mirovanje prava i obaveza u školskoj 2018./2019. godini zbog finansijskih poteškoća za izmirenje školarine.

04.03.2020. godine na sednici Naučno nastavnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta, Univerziteta u Beogradu, doneta je odluka (35/47) o imenovanju komisije za pregled i ocenu i doktorske disertacije mr Dragana Crnkovića, dipl.inž.tehnologije, pod nazivom „Multikriterijalno modelovanje teških metala i policikličnih aromatičnih ugljovodonika u rečnim sedimentima Save i Dunava“.

1.2. Naučna oblast disertacije

Istraživanja u okviru ove doktorske disertacije pripadaju naučnoj oblasti Hemijske nauke, uža naučna oblast Hemija, za koju je Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu matična ustanova. Za mentora ove doktorske disertacije imenovan je dr Saša Drmanić, vanredni profesor Tehnološko-metalurškog fakulteta, Univerziteta u Beogradu, koji je na osnovu objavljenih publikacija i iskustava kompetentan da rukovodi izradom ove doktorske disertacije.

1.3. Biografski podaci o kandidatu

Mr Dragan Crnković, dipl. inž. tehnologije je rođen u Arilju 1970. godine gde je završio osnovno i srednje obrazovanje. Nakon maturiranja 1989. upisuje Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu (odsek Neorganska hemijska tehnologija) i diplomira 1995. godine sa prosečnom ocenom 8,50 i ocenom 10 na diplomskom ispitu.

Magistarske studije je završio na Tehnološko-metalurškom fakultetu Univerziteta u Beogradu (smer Analitička hemija u tehnološkoj kontroli) 2005. godine sa prosečnom ocenom 10 i uspešno odbranio magistarsku tezu pod nazivom: „Analiza uticaja prisutnih teških metala policikličnih aromatičnih ugljovodonika na kvalitet zemljištu u Beogradu“ i time stekao naziv magistra tehničkih nauka.

Kandidat je školske 2016./2017.godine upisao III godinu doktorskih akademskih studija na Tehnološko-metalurškom fakultetu, Univerziteta u Beogradu, na studijskom programu Hemija.

Mr Dragan Crnković je od 1996. do 2000.godine radio kao asistent na katedri za Analitičku hemiju na Tehnološko-metalurškom fakultetu u Beogradu gde je učestvovao u izvođenju nastave na drugoj, trećoj i četvrtoj godini studija. Od 2000. godine zaposlen je u Gradskom zavodu za javno zdravlje u Beogradu kao odgovorni analitičar u Laboratoriji za ekologiju i humanu ekotoksikologiju (Jedinica za upravljanje otpadima), Centra za higijenu i humanu ekologiju. Profesionalni rad je zasnovan na dvadesetogodišnjem iskustvu iz analitičke hemije u oblasti zaštite životne sredine, na analizama za ispitivanje kvaliteta zemljišta, sedimenta i otpada, klasifikacije otpada i određivanja teških metala tehnikom atomske apsorpcione spektrofotometrije u namirnicama, vazduhu, vodi, sedimentu, zemljištu i otpadnom materijalu; učešću u brojnim seminarima i interlaboratorijskim ispitivanjima u oblasti monitoringa i ispitivanja kvaliteta otpada, otpadnih voda, zemljišta i sedimenta.

Samostalno i u saradnji sa drugim autorima, objavio je u domaćim i međunarodnim naučnim časopisima, odnosno saopštio na domaćim i međunarodnim skupovima, ukupno 15 radova. Kandidat je predsednik komisije za standardne metode ispitivanja kvaliteta zemljišta u Institutu za standardizaciju Republike Srbije kao i član JICA asocijacija –Japanske agencije za međunarodnu saradnju, Alumni u Srbiji.

2. OPIS DISERTACIJE

2.1. Sadržaj disertacije

Doktorska disertacija kandidata, mr Dragana Crnkovića, dipl. inž. tehnologije, napisana je na 107 strana, uključuje 18 tabela (od čega 2 u prilogu), 34 slike, kao i 128 literaturna navoda. Doktorska disertacija sadrži 7 poglavlja: Uvod, Opšti deo, Eksperimentalni deo, Rezultati i diskusija rezultata, Zaključak, Literatura i Prilog.

Doktorska disertacija sadrži i izvode na srpskom i engleskom jeziku, kao i Biografiju i Bibliografiju radova proisteklih iz doktorske disertacije. Svi neophodni dokumenti o autorstvu neophodni za repozitorijum su sastavni deo doktorata kolege Crnkovića uključujući – elektronsku verziju na CD-u.

2.2. Kratak prikaz pojedinačnih poglavlja

U **Uvodu** (2 strane) kandidat navodi osnovne ciljeve i zadatke, koje je trebalo uraditi i koje je realizovao u svojoj disertaciji.

Opšti deo (19 strana) sadrži revizijski pregled i detalje koji se odnose na 8 teških metala i metaloida i 16 policikličnih aromatičnih ugljovodonika, koji se u literaturi skraćeno označavaju sa PAHs (**P**olyaromatic **H**ydrocarbons), počev od njihovih hemijskih, ekohemijskih i hemodinamičkih osobina i interakcija u rečnim sedimentima, posebno sa matičnim mineralnim komponentama, u okviru kojih je akcenat na glinama kao sekundarnim silikatnim mineralima. Ovaj deo čine dva poglavlja (Teški metali i Policiklični aromatični ugljovodonici), koje čine sledeće celine: 1. Poreklo teških metala u sedimentu, 2. Ponašanje metala u sistemu voda-sediment, 3. Olovo (Pb), 4. Kadmijum (Cd), 5. Cink (Zn), 6. Bakar (Cu), 7. Nikl (Ni), 8. Hrom (Cr), 9. Arsen (As), 10. Živa (Hg), 11. Nastanak policikličnih aromatičnih ugljovodonika (PAH-ova), 12. Prisustvo PAH - ova u životnoj sredini, 13. Antropogeni izvori policikličnih aromatičnih ugljovodonika, 14. Ponašanje PAH-ova u zemljištima i sedimentima, 15. Toksičnost PAH-ova, 16. Kancerogenost PAH-ov i 17. Genotoksičnost i teratogenost PAH-ova.

Sedimenti kao akumulatori polutanata životne sredine i „otisak prsta“ zagađenja životne sredine transportovane vodom, kako površinskim, tako i atmosferskim su detaljno razmotreni, uključujući i organsku supstancu, biogenog ili antropogenog prekla, koja doprinosi ukupnoj slici složenih biogeohemijskih procesa u sedimentima, kao mikroaerofilnim i anaerobnim sredinama, U tako kompleksnim sistemima u rečnim tokovima i udelima pritoka na sveobuhvatnu sliku procesa u rečnim sedimentima glavnih fluvijalnih tokova potpuniju sliku moguće je dati primenom modelovanja, na šta je autor ukazao u ovom delu. Posebna vrednost **Opšteg dela** je kritički pregled zakonske regulative iz ove oblasti čime je ukazao na jedino održivi pristup: neodvojivost fundametalnog i primenjenog.

Svi navodi su potkrepljeni literaturom.

Kolega Crnković u **Eksperimentalnom delu**, koji se sastoji od 32 strane, navodi veliki broj metoda, koje je upotrebio u toku eksperimentalnog rada i obrade rezultata, počev od uzorkovanja. Kandidat je primenio veliki broj fizičkih, fizičko-hemijskih i hemijskih metoda, kako klasičnih, a u najvećem delu savremenih instrumentalnih analitičkih metoda (ICP-OES – metoda indukovano kuplovane plazme-optička emisiona spektrometrija, CVAAS-tehnika hladne pare, DMA-analiza žive direktno, GC-MS metoda, sagorevanje na visokoj temperaturi i detekcija sa IR detektorom). Metode i tehnike koje su primenjene su akreditovane standardne i

modifikovani i razvijeni postupci. Obim kod opisa primenjenih metoda je dobra mera između opisivanja procedure, koliko je neophodno i navođenja referenci.

Najznačajni deo je **Rezultati i diskusija rezultata** (39 strana) koji je podeljen na dve celine:

1. Zakonska regulativa u Republici Srbiji sadrži detaljan pregled i kritički osvrt na zakone u oblasti životne sredine u Srbiji, odnosno one legislative koju čine kriterijumi za nivo kontaminacije pojedinih ekosfera u okolini teškim metalima i metaloidima i PAHs u poređenju sa međunarodnim dokumentima, posebno u odnosu na rečne sedimente i površinske tokove.

2. Metode multi-kriterijalne analize i statistička obrada ispitivanih sedimenata na koncentracije teških metala i metaloida. Hemometrijske tehnike primenjene u radu su samoorganizujuća mreža (SON), samoorganizujuća mapa (SOM), PROMETEJ i GAIA. Na osnovu SOM mapa izvršena je klasifikacija rečnih sedimenata, a pomoću SON mreža napravljena je klusterska analiza sedimenata. Preko modela PROMETEJ izvršeno je rangiranje predviđenih scenarija u uzorcima sedimenata. Dodatni deo modela PROMETEJ iskazan je preko grafičke vizuelizacije dobijenih rezultata-GAIA. Za evaluaciju toksičnosti sedimenata upotrebljen je srednji m PEC-Q koeficijent, koji izmerene koncentracije upoređuje sa vrednostima MekDonaldsove moguće efektivne koncentracije (PEC), koji predstavlja verovatnu efektivnu koncentraciju pojedinog kontaminanta u sedimentu. Srednji PEC-Q –je neophodni alat za monitoring kojim se upoređuje kvalitet sedimenta između različitih lokacija. Na osnovu SOM mapa predviđena su 3 tri nivoa zagađenja na Dunavu: Klasa I-malo zagađenje (16 uzoraka), Klasa II-umereno zagađenje (9 uzoraka) i Klasa III-visoko zagađenje (5 uzoraka). Za malo zagađenje srednji PEC-Q je iznosio od 0,27-0,51, umereno zagađenje je imalo srednji PEC-Q od 0,50 - 0,70, dok visoko zagađeni uzorci imaju srednji PEC-Q od 0,77-0,97.

Savski sediment prema SON modelu ima 2 kategorije zagađenosti 1) srednja, Klase II, 2 uzorka savskog sedimenta koja su označena kao S10 (0,69) i S11 (0,65) i 2) visok nivo zagađenosti (Klasa III), u 12 uzoraka sa srednjim koeficijentom PEC-Q u rangu od 0,69-1,00. Najveće zagađenje bilo je zabeleženo na tački S8 nizvodno od Šapca. Pomoću SOM i SON modela napravljena je prostorna distribucija izmerenih uzoraka teških metala i dobijeni su klasteri sa podklasterima. Na osnovu nivoa koncentracije metala i predviđenog rangiranja nivoa zagađenosti (za remedijaciju, umereno zagađen i nezagađen) dobijeno je 5 podklastera. Najzagađeniji uzorci sedimenata Dunava formirali su poseban podklaster, dok je Sava imala 3 podklastera. Ispitivanja su pokazala da delovi Dunava u donjem toku i ka Đerdapskoj klisuri predstavljaju mesta sa najvećim zagađenjem (D26-Veliko Gradište, D28-Golubac, D30 Donji Milanovac i D32 Tekija). Pomoću vizuelne interpretacije GAIA napravljena je dvodimenzionalna grafička prezentacija podataka i izvršena klusterska analiza glavnih komponenata (PCA) sa 3 potencijalna scenarija prema modelu (ciljani, maksimalno dozvoljena koncentracija i remedijacioni scenario). Za 2 uzorka sedimenta Save, S8 i S20 preporučena je remedijacija.

U istraživanju je obavljeno i ispitivanje 16 PAH-ova u rečnim sedimentima. Većina ovih jedinjenja iskazuje potencijalni karcinogeni i toksični efekat. Analiza dobijenih rezultata PAH-ova u sedimentima izvršena je pomoću RSM modela (metoda odaziva površina). U obzir su uzete opredeljujuće varijable koje su u direktnoj korelaciji sa PAH-ovima u sedimentu: sadržaj gline (varijabla A), sadržaj organske materije u sedimentima (varijabla B) i pH vrednost sedimenta (varijabla C). Napravljen je trofaktorski D-optimalni model pomoću koga je izvršena evaluacija pojedinih promenljivih varijabli u modelu. Predviđeni model adsorpcije na sedimentu

je veoma kompleksan i uzima se da je fiksna koncentracija PAH-a u vodi, a ostale promenljive koje utiču na proces adsorpcije su iskorišćene su u statističkom dizajnu eksperimenta. Prema predviđenim varijablama razvijen je kvadratni model adsorpcije PAH-a iz rečne vode na sedimentu preko kodiranih faktora.

Model sadrži negativne i pozitivne koeficijente. Koeficijenti sa negativnim predznakom A, BC, A², B², C² iskazuju negativne efekte adsorpcije PAH-ova na sedimentima. Pozitivni koeficijenti u modelu su B, C, AB, AC i pokazuju povoljne efekte za proces adsorpcije PAH-ova na sedimentima. Koeficijent C² nije pokazao značajan uticaj na adsorpciju PAH-a na sedimentu kada je dolazilo do promene faktora. Model je dokazao da adsorpcija PAH-ova na sedimentu najviše zavisi od sadržaja organske materije i čestica gline, a pH vrednost ima neznatan uticaj.

Značajnost modela je proverena preko statističkog testa-analize varijanse (ANOVA) sa intervalom poverenja od 95% za adsorpciju PAH-ova na sedimentu. F testom su koeficijenti A, B, C, AB, AC, BC, A², B² rezultirali kao značajni u modelu, stoga, utiču na adsorpciju PAH-ova na sedimentu primenom ovog modela.

Visoke vrednosti koeficijenta determinacije dobijene ANOVA testom pokazale su pogodnost predviđenih modela ispitanih odziva i fitovanje modela sa eksperimentalnim podacima. 3D odziv površina daje slične odnose grafike interakcija sedimenata Dunava i Save.

Svi parametri modela pokazuju međusobno značajne interakcije na 3D odzivnoj površini. Ipak, najznačajnija interakcija predstavlja odnos sadržaja gline i sadržaja organske materije (AB) i daje najznačajniji efekat na adsorpciju PAH-ova na sedimentu, dok je korelacija između organske materije i pH vrednosti sedimenta (BC) imala najslabiji uticaj. Interakcije u unutrašnjosti sedimenta u uslovima fiksne koncentracije PAH-ova u rečnoj vodi utiču na adsorpciju PAH-ova. Interakcija između gline i organske materije kao najjača je dokazana i kod drugih istraživanja. Dobijene koncentracije PAH-ova u sedimentima Dunava nisu prešle maksimalno dozvoljene vrednost prema važećem pravilniku, niti remedijacionu vrednost od 40 mg kg⁻¹. Pojedini PAH-ovi su iznad zadatih pojedinačnih ciljane vrednosti u skladu sa važećom nacionalnom regulativom ali su daleko od MDK i remedijacione vrednosti. Na lokacijama donjeg toka Dunava u Srbiji zabeležene su koncentracije ukupnih PAH-ova koje su iznosile preko ciljane vrednosti od 1 mg kg⁻¹ (D24 Ram, D28 Veliko Gradište, D30 Donji Milanovac i D32 Tekija).

Sedimenti reke Save su imali veće koncentracije PAH-ova od sedimenta Dunava. Razlike dobijenih koncentracija PAH-ova nisu bile velike. Nijedna lokacija nije prešla remedijacionu vrednost od 40 mg kg⁻¹. Neki od PAH-ovi prelaze zadate pojedinačne ciljane vrednosti ali su daleko od MDK vrednosti. Na lokaciji S8 Sava nizvodno od Šapca zabeležena je najveća koncentracija PAH-ova. Ispitivanja na ovoj lokaciji su u skladu sa istraživanjima teških metala na ovoj lokaciji, što je i potvrđeno klasifikovanjem pomoću modela SOM, SON i PROMETEJ. Rangiranjem ova tačka je prepoznata kao vrlo zagađena i zahteva posebno dugoročno posmatranje i uspostavljanje kontinuiranog monitoringa.

Pomoću statističkog alata Canoco 5,0 izvršeno je korelisanje podataka u određivanju PAH-ova. Urađena je PCA analiza u sedimentima, koja je upotrebljena da bi se predvidele međusobne interakcije između 16 PAH-ova, obala reke (leva ili desna, sredina reke) na kojima je izvršeno uzorkovanje sedimenata, ukupnog organskog ugljenika (TOC) i pH vrednosti sedimenata. Pokazano je da je TOC u direktnoj korelaciji sa zagađenjem organskog porekla i većom koncentracijom PAH-ova. Na osnovu dobijenog dijagrama zavisnih promenljivih primećuje se da su više koncentracije PAH-ova nađene sa desne strane obale u odnosu na uzorke uzimane sa

leve obale reke. Takav trend je bio u svim godinama ispitivanja, a zabeležen je i kod ispitivanja metala. Od ostalih uticaja pH pokazuje samo pozitivnu korelaciju sa benzo[*a*] pirenom, benzo[*b*]fluorantenom, benzo[*k*] fluorantenom i TOC-om.

Poreklo nastajanja PAH-ova u sedimentima je određeno na osnovu dijagnostičkih odnosa pojedinih PAH-ova. Za procenu porekla PAH-ova sedimentima najčešće se koristi odnos nisko molekulskih masa i visokomolekulskih masa (LMW/HMW), dijagnostički odnos antracena (Ant), fenantrena (Phe), Fla (fluorantena), Pyr (pirena), Inp (Indeno[1,2,3-*cd*] pirena), Bpe (benzo[*g,h,i*]perilena) i to preko odnosa Ant/(Ant+Phe) i Fla/(Fla+Pyr), Phe/Ant, Fla/Pyr i Inp/Bpe. Na svim lokacijama uzorkovanja dobijene su veće koncentracije HMW PAH-ova nego LMW PAH-ova. Pretpostavljeni dijagnostički odnosi u rečnim sedimentima Dunava i Save dovode do zaključka da su PAH-ovi uglavnom poreklom od pirogenih izvora. Na lokacijama D3 Neštin, D30 Donji Milanovac i D38 Mihajlovac se može pretpostaviti poreklo nastajanja od sagorevanja ukupnih naftnih ugljovodonika (petrogeno poreklo). U svim godinama ispitivanja preovlađujući je pirogeni faktor ispitivanja. Koncentracije HMW su veće u odnosu na LMW PAH-ove i poreklo nastajanja je pirogeno.

U radu je prikazana prostorna i vremenska distribucija uzorkovanih PAH-ova rečnih sedimenata Save i Dunava. Distribucija polutanata pokazuje slične trendove po godinama. Koncentracije PAH-ova su date po profilima rečnog toka. Dobijene koncentracije su analizirane sa prethodnim ispitivanjima PAH-ova na lokacijama Save i Dunava.

Zaključak (4 strane) je rekapitulacija rezultata istraživanja 8 teških metala i metaloida i 16 PAH-ova, koja su sprovedena na 30 lokacija sedimenata Dunava i 14 lokacija sedimenata Save tokom 2012., 2016. i 2017. godine. Ovaj deo je jasan, eksplicitan i sa posebnim umećem iskusnog istraživača istaknuti su suštinski važni elementi, posebno u odnosu na parametre modelovanja i vezi dobijenih rezultata sa stepenom zagađenja sedimenata i implikacijama na žive sisteme u rečnim tokovima, kao ekotoksikološki važni pokazatelji za predviđanje scenarija zagađivač-zagađujuće supstance-zagađeni segmenti hidro(bio)sfere.

Literatura sa 128 navoda je navedena na 8 strana i u delu koji se tiče stanja nauke reference su zadovoljavajuće recentne.

Prilog je na 3 strane i tabelarno prikazuje Oznake lokacija uzorkovanja reka Dunava i Save i njihove stacionaže (km toka).

3. OCENA DISERTACIJE

3.1. Savremenost i originalnost

Tema i dobijeni, diskutovani i obrazloženi rezultati i zaključci spadaju u sam vrh savremenog interesovanja hemije životne sredine u svetu i posebno na međunarodnim rečnim tokovima, a originalnost je proistekla iz parametara modelovanja, koji su omogućili da autor formira klastere prema nivoima zagađenja u odnosu na prihvaćene zakonske kriterijume za rečne sedimente, što je vidljivo i iz publikovanih rezultata iz sadržaja disertacije.

3.2. Osvrt na referentnu i korišćenu literaturu

U okvirima 128 bibliografske jedinice koje je autor upotrebio tokom izrade i pisanja disertacije u potpunosti su zadovoljeni kriterijumi koji su neophodni za samostalni naučni rad kao što je

doktorska disertacija, kako u odnosu na adekvatnost upotrebljene literature, tako i na potrebu upotrebe referentnih i primarnih naučnih izvora i njihovu aktuelnost.

3.3. Opis i adekvatnost primenjenih naučnih metoda

Kandidat je u toku eksperimentalnog rada, obrade podataka i pisanja disertacije upotrebljavao klasične metodološke pristupe, kao što su analogija, postupak od pojedinačno, posebnog ka opštem-indukcija i dedukcija, analiza, sinteza, pojednostavljenje, generalizacija, racionalizacija, istoričnost. Od daleko većeg značaja su napredne naučne metode koje za osnovu imaju racionalne algoritamske pristupe, koje su u primeni apstraktnog, što se manifestuje u primenjenim modelima, a posebno izuzetno savremene veštačke samoorganizujuće neuronske mreže (SON).

3.4. Primenljivost ostavljenih rezultata

Posebna vrednost dobijenih i diskutovanih rezultata i iz toga proisteklih zaključaka je upravo širok spektar mogućnosti za primenu. To se pre svega odnosi na mogućnost racionalne procene ugroženosti rečnih tokova, a samim tim i sedimentata, kao i identifikaciju izvora zagađenja, prvenstveno antropogenog porekla.

3.5. Ocena dostignutih sposobnosti kandidata za samostalan naučni rad

Kandidat je nesumnjivo pokazao da je iskusen istraživač, čiji je vidljiv kvalitet samostalnost u naučnom radu, u celini, što je vidljivo u svim delovima napisane disertacije, kao i diskusija i konsultacija mentora i članova Komisije tokom rada na doktoratu. Treba istaći da je mr Crnković pokazao visok stepen samostalnosti i samoinicijativnosti i u pisanju naučnih radova, koji su proistekli iz ove doktorske disertacije, izrazito u kategorijama iz grupe M20.

4. OSTVARENI NAUČNI DOPRINOS

4.1. Prikaz ostvarenih naučnih doprinosa

Komisija je mišljenja da doktorska disertacija kolege Crnkovića obiluje značajnim doprinosima unapređenju naučnih znanja u oblasti Hemije, posebno Hemije životne sredine, odnosno da sadrži originalan naučni doprinos, kako u fundamentalnom, tako i u aplikativnom delu, što se posebno odnosi na ključne konkretne doprinose koji su dati i to:

1. Racionalno i kriterijumi modelovanja dokazane korelacije obe sustancijalne grupe polutanata (teški metali i metaloidi i PAHs) sa organskom supstancom i glinom kao najsitnijom frakcijom sekundarnih silikata u sedimentima i međuzavisnost i interakcije;
2. Prvi put je, koliko se vidi iz dostupne literature, za velike međunarodne tokove kao što su Sava, a posebno Dunav, u delu toka kroz Srbiju urađena ovako detaljna višegodišnja istraživanja;
3. Zahvaljujući kriterijumima multivarijantnog modelovanja (SOM, SON, PROMETHEE, GAIA, RSM) doktorant je zahvaljujući umeću iskusnog istraživača sačinio klastere po nivoima zagađenja i potrebe za remedijacijom, što je od ključnog značaja ne samo za hemiju životne sredine već i za primenu u izmuljavanju i predviđanjima tokom poplavnih talasa i sedimentacionih procesa i hemodinamike u poplavljenim retenzionim područjima;
4. Pomoću softverskih alata (na primer MAXQDA) za pretraživanje literature, uključujući i doktorske disertacije (doktorant se opredelio na otvorenu dostupnost doktorata), kandidat je

omogućio da veliki broj dragocenih podataka bude dostupno širokoj naučnoj i inženjerskoj zajednici kako bi prezentovani rezultati bili uključeni u Big Data procesuiranje, čime će naučna aktivnost kolege Crnkovića biti dostupni i citirani na globalnom nivou, a nije nemoguće i u neku od napisanih knjiga na multidisciplinarnom nivou;

5. Prekogranični transport polutanata, a kroz biogeohemijski ciklus vode, prenos širom planete, doprinosom koji je dao kandidat, navedenom u prethodnoj tački, omogućio je uključivanje i velikih vodotokova reka Save i Dunava u globalni sistem mapiranja i prognoziranja procesa reakcija i interakcija teških metala i metaloida i PAH-ova u svetsku mrežu fluvijalne hemije životne sredine sedimenata.

4.2. Kritička analiza rezultata istraživanja

Kao što je više puta istaknuto u prethodnim tačkama, ne samo u tački 4.1., a zbog potrebe konzistentnosti ovog Izveštaja, ostvareni cilj i zadaci ovog doktorata su u istoj ravni sa svetskim trendovima. Konkretni rezultati su takođe u skladu sa tokovima u svetu u oblasti istraživanja, što dokazuju i načni radovi iz disertacije, koji su prošli ozbiljnu proveru recenzenata tokom recenzija.

4.3. Verifikacija naučnih doprinosa

Kandidat mr Dragan Crnković je potvrdio naučni doprinos rezultata dobijenih u toku izrade ove doktorske disertacije njihovim objavljivanjem u časopisima međunarodnog značaja. Iz disertacije su proistekli sledeći radovi:

1. Radovi objavljeni u časopisima od međunarodnog značaja – M20

1.1. Rad objavljen u vrhunskom međunarodnom časopisu (M21a)

Dragan M. Crnković, Davor Z. Antanasijević, Viktor V. Pocajt, Aleksandra A. Perić-Grujić, Dušan Antonović, Mirjana Đ.Ristić: Unsupervised classification and multi-criteria decision analysis as chemometric tools for the assessment of sediment quality: A case study of the Danube and Sava River, Catena, Vol. 144, pp. 11-22, 2016 DOI: 10.1016/j.catena.2016.04.025, **IF(2016)=3,777** (ISSN:0341-8162)

<https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.04.025>

1.2. Rad objavljen u međunarodnom časopisu (M23)

Dragan Crnković, Zoran Sekulić, Dušan Antonović, Aleksandar Marinković, Slađana Popović, Jasmina Nikolić, Saša Drmanić: Origin of polycyclic aromatic hydrocarbons in sediments from the Danube and Sava rivers and their tributaries in Serbia, Polish Journal of Environmental Studies, Vol. 29, No. 3, pp 1-10, 2020 DOI: 10.15244/pjoes/111319, **IF(2018)=1,186** (ISSN:1230-1485)

<https://doi.org/10.15244/pjoes/111319>

5. ZAKLJUČAK I PREDLOG

Sve napred navedeno nedvosmisleno dokazuje da je kandidat mr Dragan Crnković, dipl. inž. tehnologije, u svojoj doktorskoj disertaciji „**Multikriterijalno modelovanje teških metala i policikličnih aromatičnih ugljovodonika u rečnim sedimentima Save i Dunava**“, koja je

samostalan rad, dao naučni doprinos u oblasti hemije, posebno hemije životne sredine, koji se odnosi na procese, interakcije i hemodinamiku dve velike grupe ključnih zagađujućih supstanci životne sredine (teški metali i metaloidi i PAHs) u rečnim sedimentima reka Save i Dunava u toku kroz Srbiju, koji su zahvaljujući multivarijantnom modelovanju i proizašlim pokazateljima objašnjeni i valorizovani za sistematizaciju grupa sedimenata po nivoima zagađenja i otkrivanja njihovih izvora, kao i prema uticaju na rečnu biosferu. Zahvaljujući mogućnosti otkrivanja izvora kontaminanata, doprinosa pritoka na zagađenje glavnih vodotokova (Sava i Dunav) i njihovog predviđanja nesumnjiv je doprinos primeni, pre svega u izmuljavanju i prognozi posledica plavljenja.

Imajući u vidu kvalitet, obim i naučni doprinos dobijenih rezultata, Komisija predlaže Naučno-nastavnom veću Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu da prihvati ovaj Referat i podnetu disertaciju pod naslovom: „**Multikriterijalno modelovanje teških metala i policikličnih aromatičnih ugljovodonika u rečnim sedimentima Save i Dunava**“, kandidata mr Dragana Crnkovića, dipl.inž.tehnologije, i da ih izloži na uvid javnosti u zakonski predviđenom roku, kao i da Referat uputi na konačno usvajanje Veću naučnih oblasti prirodnih nauka Univerziteta u Beogradu, pa da nakon završetka procedure pozove Kandidata na usmenu odbranu disertacije pred komisijom u istom sastavu.

U Beogradu, 16.03.2020. godine

ČLANOVI KOMISIJE

.....
Dr Aleksandar Marinković, vanredni profesor
Univerziteta u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet

.....
Dr Dušan Antonović, redovni profesor u penziji
Univerziteta u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet

.....
Dr Jasmina Nikolić, docent
Univerziteta u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet

.....
Dr Ilija Brčeski, vanredni profesor
Univerziteta u Beogradu, Hemijski fakultet