

OCJENA PODOBNOSTI DOKTORSKE TEZE I KANDIDATA

OPŠTI PODACI O DOKTORANDU	
Titula, ime i prezime	mr Bojana Knežević
Fakultet	Prirodno – matematički fakultet
Studijski program	Zaštita životne sredine
Broj indeksa	1/2020
Podaci o magistarskom radu	(naziv, naučna oblast, institucija na kojoj su završene magistarske studije, godina završetka, srednja ocjena)
NASLOV PREDLOŽENE TEME	
Na službenom jeziku	Primjena materijala na bazi kalcijum-karbonata za adsorpciju teških metala iz onečišćenih voda
Na engleskom jeziku	Application of material based on calcium carbonate for adsorption of heavy metals from polluted waters
Datum prihvatanja teme i kandidata na sjednici Vijeća organizacione jedinice	27.12. 2022. god.
Naučna oblast doktorske disertacije	Zaštita životne sredine, hemija vodenih ekosistema
Za navedenu oblast matični su sljedeći fakulteti	
Prirodno-matematički fakultet	
A. IZVJEŠTAJ SA JAVNE ODBRANE POLAZNIH ISTRAŽIVANJA DOKTORSKE DISERTACIJE	
U četvrtak, 02.03.2023. godine u 11h u sali 210 Prirodno-matematičkog fakulteta, doktorandkinja mr Bojana Knežević pristupila je javnoj odbrani polaznih istraživanja doktorske disertacije pod nazivom: „Primjena materijala na bazi kalcijum-karbonata za adsorpciju teških metala iz onečišćenih voda“ u prisustvu Komisije: - Dr Zorica Leka, redovni profesor Metalurško-tehnološkog fakulteta Univerziteta Crne Gore, naučna oblast: Neorganska hemija, bioneorganska hemija, član - Dr Miljan Bigović, vanredni profesor Prirodno-matematičkog fakulteta Univerziteta Crne Gore, naučna oblast: Organska hemija, hemija životne sredine, predsjednik Komisije, - Dr Vlatko Kastratović, vanredni profesor Prirodno-matematičkog fakulteta Univerziteta Crne Gore, naučna oblast: hemija vodenih ekosistema, član komisije – mentor. Odbrana polaznih istraživanja je počela saopštavanjem biografskih podataka kandidatkinje od strane predsjednika Komisije. Nakon toga je uslijedilo tridesetominutno izlaganje mr Bojane Knežević u kojem je obrazložila temu svoje doktorske disertacije i navela dosadašnja dostignuća iz oblasti, pregledom literature. Nakon toga je predstavila ciljeve rada, materijal, metode i instrumente koje će koristiti; potom je dala detaljan plan svojih istraživanja i na kraju očekivani naučni doprinos. Takođe je u okviru svog izlaganja predstavila preliminarne istraživanja i već dobijene rezultate početnih eksperimenata. Nakon izlaganja, članovi Komisije su istakli značaj teme kojom se kandidatkinja bavi i njena očekivanja da će rezultati rada imati praktičnu primjenu u prečišćavanju voda. Potom su članovi Komisije iznijeli neke svoje sugestije i predloge i postavili pitanja, na koje je kandidatkinja dala zadovoljavajuće odgovore. Odbrana polaznih istraživanja kandidatkinje mr Bojane Knežević	

završena je u 13¹⁰ h.**B. OCJENA PODOBNOSTI TEME DOKTORSKE DISERTACIJE****B1. Obrazloženje teme**

U savremenom svijetu, jedan od najvećih ekoloških problema predstavljaju otpadne vode nastale u procesima eksploatacije i prerade metaličnih mineralnih sirovina. Štetan uticaj otpadnih voda na životnu sredinu je sve očigledniji, naročito sa smanjenjem raspoloživih rezervi kvalitetnih prirodnih voda. Najefikasniji vid rješavanja problema industrijskih otpadnih voda svodi se na njihovo prečišćavanje. U primjeni je veliki broj postupaka uklanjanja jona metala iz rastvora, i to: taloženjem, koagulacijom, elektrohemijskim postupcima, membranskom filtracijom, jonskom izmjenom i adsorpcijom. Većina metoda postaje neefikasna i neekonomična kada se koncentracije teških metala povećaju 10-100 puta od dozvoljenih granica. Što se tiče primjene adsorpcije u oblasti prečišćavanja otpadnih voda, savremena istraživanja se u posljednje vrijeme intenzivno bave primjenom ekološki i ekonomski prihvatljivim sirovinama koje su rasprostranjene u prirodi, a već su se pokazale kao efikasan sorbent za mnoge organske i neorganske zagađivače. Jedan broj studija (Silva i sar., 2021; Skousen i sar., 2019) otkriva da krečnjak može biti efikasan prirodni geološki materijal za tretman vode kontaminirane teškim metalima. Prema dostupnoj literaturi, još uvijek je vrlo malo referenci koje razmatraju uklanjanje metala pomoću kalcijum karbonata kao adsorbenta.

B2. Cilj i hipoteze

Osnovni ciljevi disertacije su ispitati:

- uticaj pH vodene sredine, veličine čestica adsorbenta, koncentracije adsorbenta i adsorbata, vrijeme kontakta, sinergizam/antagonizam metala prilikom adsorpcije kalcita kao domaćeg, prirodnog, lako pristupačnog materijala;
- adsorpciona svojstva adsorbensa i primjena kinetičkih i termodinamičnih modela u cilju kvantifikacije adsorpcionog kapaciteta adsorbensa;
- upotreba adsorbensa na realnim uzorcima (kisele rudničke vode);

Osnovne hipoteze čija se tačnost treba utvrditi su:

- prirodni, domaći i lako dostupni materijal na bazi kalcita se može uspješno koristiti za simultano uklanjanje većeg broja metala iz zagađenih voda;
- moguće je razviti podesan i efikasan kontinualni sistem adsorpcije metala;
- moguća je višestruka upotreba adsorbenta, nakon desorpcije.

B3. Metode i plan istraživanja

Adsorpciona svojstva će se ispitivati na krečnjačkom materijalu odloženom u lomljenom obliku na deponiji kamena u zoni eksploatacionog područja rudnika olova i cinka „Šuplja stijena“ u opštini Pljevlja. Ovaj materijal, u rudarstvu nazvan otkrivka, predstavlja nusproizvod otvaranja površinskih kopova jer se značajne naslage nalaze iznad slojeva bogatih rudom.

Uzorci će biti pripremljeni mljevenjem u kugličnom mlinu (Centrifugal Ball Mill S 100, Retsch GmbH) a zatim prosijani kroz seriju sita (Woven Wire Mesh Sieves, Retsch GmbH) sa različitim veličinama otvora.

Karakterizacija krečnjačkog materijala će se izvršiti metodama rendgenske fluorescencije (XRF), rendgenske difrakcije (XRD) i infracrvene spektroskopije (FTIR).

Ispitivanje adsorpcije će se raditi na model rastvorima teških metala (aluminijum, arsen, kadmijum, hrom, bakar, gvožđe, mangan, nikal, olovo i cink). Rastvori adsorbata će se pripremati rastvaranjem čvrstih soli ili oksida, p.a. čistoće, navedenih metala u vodi. U radu će se takođe koristiti i komercijalno dostupni tečni sertifikovani materijali koji sadrže ispitivane metale.

Mjerenje mase adsorbensa za laboratorijske testove vršiće se na analitičkoj vagi Precisa XR 205 SM DR ($\pm 0,0001$ g) i preciznoj tehničkoj vagi proizvođača Kern ($\pm 0,001$ g). Za određivanje pH vodenih rastvora koristiće se pH metar (sensION pH31, HORIBA). Mjerenje vrijednosti pH uzoraka vode vršiće se prema standardnoj metodi za određivanje pH vrijednosti MEST EN ISO 10523:2013 (*Kvalitet vode-Određivanje pH vrijednosti*). Određivanje provodljivosti realnih uzoraka voda vršiće se u skladu sa metodom MEST EN 27888:2009 (*Kvalitet vode-Određivanje električne provodljivosti*) upotrebom multimetra HQ440D, proizvođača HACH (0 - 14 pH; (-10 - 110) °C; (0.01 μ S/cm - 200.0 mS/cm). U radu će takođe biti korišćena laboratorijska sušnica FD115 Binder ((30-300)° C), centrifuga Hermle Z326 ((200-18000) rpm), horizontalni šejker HS 501 D IKA Werke (0-300 mot/min), vodeno kupatilo sa šejkerom WNB 14 Memmert ((10-95)°C, ± 0.1 °C), magnetna mješalica H20SQC LBX instruments ((0-1500 rpm, mogućnost grijanja ploče do 550°C) i druga standardna laboratorijska oprema i potrošni materijal.

Određivanje koncentracije teških metala u vodenim rastvorima vršiće se primjenom instrumentalnih tehnika indukovano spregnute plazme – optičke (ICP – OES 7400 iCAP Duo, Thermo) i masene spektrometrije (ICP – MS, 7700x Agilent), u zavisnosti od ispitivanih koncentracionih nivoa metala. Ispitivanja na instrumentima za analizu hemijskih elemenata će se vršiti primjenom standardnih metoda za određivanje sadržaja hemijskih elemenata u vodi i to metodom EPA 200.7 (*Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Spectrometry*) i metodom MEST EN ISO 17294-2:2017 (*Kvalitet vode - Primjena masene spektrometrije indukovano kuplovane plazme (ICP-MS) - Dio 2: Određivanje odabranih elemenata uključujući izotope uranijuma*).

Pored model rastvora, ispitivanja će biti urađena i na realnim uzorcima kiselih rudničkih voda sa eksploatacionog područja rudnika „Šuplja Stijena“. Uzorci vode će biti uzeti u skladu sa smjernicama ISO 5667 standardnih metoda o uzimanju, rukovanju, konzerviranju i čuvanju uzoraka.

Za izračunavanje srednje vrijednosti, standardne devijacije i koeficijenta varijacije koristiće se Microsoft Excel 2000 package. Za određivanje značajnosti razlike srednjih vrijednosti biće upotrijebljena jednostrana ANOVA a za određivanje najmanje dozvoljene razlike post hoc Duncanov test. Svi proračuni biće izvršeni korišćenjem SPSS (verzija 11.5) softverskog paketa SPSS Inc, Chikago, SAD. Statistička analiza uključiće i metode analize glavnih komponenata, klustersku analizu i permutacionu analizu varijanse.

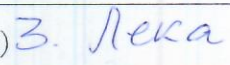
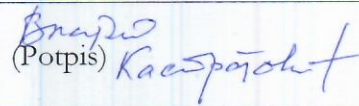
Najveći dio planiranih ispitivanja biće rađen u laboratorijama Centra za ekotoksikološka ispitivanja u Podgorici. Instrumentalne strukturne metode obaviće se u laboratorijama Instituta za lijekove i medicinska sredstva Crne Gore, Metalurško-tehnološkog fakulteta i Prirodno-matematičkog fakulteta.

Zbog kompleksnosti teme i brojnih faktora koji utiču na samu adsorpciju metala urađeni su opsežni pripremni eksperimenti koji su odredili dalji pravac ispitivanja. Na osnovu njih definisan je plan istraživanja koji podrazumijeva:

- uzorkovanje materijala i pripremne radnje na uzorku: sušenje, drobljenje, mljevenje, prosijavanje, u toku daljeg rada modifikacija i mogućnost aktiviranja površine; ... (I kvartal 2023.)
- određivanje hemijskih i mehaničkih svojstava adsorbenta, prije svega kvantitativne i strukturne karakteristike, prije i poslije procesa adsorpcije; ... (I kvartal 2023.)
- utvrđivanje optimalnih eksperimentalnih uslova adsorpcije (pH, granulacija i količina adsorbenta, koncentracija adsorbata, vrijeme kontakta); ... (I kvartal 2023.)
- određivanje kinetičkih i termodinamičnih parametara adsorpcije sa glavnim ciljem definisanje adsorpcionog kapaciteta prirodnog kalcijum-karbonata, za samostalne metale u vodenom rastvoru i kada se nalaze u smjesi; ... (II kvartal 2023.)
- ispitati sinergistički/antagonistički uticaj metala na adsorpciju. U toku pripremnih

eksperimenata pokazalo se da se ispitivani metali mogu podijeliti u grupe na osnovu adsorpcionog kapaciteta; ... (III kvartal 2023.) - ispitati mogućnost desorpcije sa adsorbenta i njegovu moguću višestruku upotrebu; ... (III kvartal 2023.) - uraditi eksperimente, sada već pod definisanim uslovima, sa realnim vodenim rastvorima –kisele rudničke vode; ... (III kvartal 2023.) - modelovati i ispitati mogućnost poluindustrijskog pogona za kontinualnu adsorpciju; ... (IV kvartal 2023.) - obrada rezultata; ... (IV kvartal 2023.) - diskusija i zaključci. ... (IV kvartal 2023.) B4. Naučni doprinos Dobijeni rezultati ovog istraživanja ispitaće adsorpciona svojstva domaćih naslaga kalcijum-karbonata, kako pojedinačnih metala tako i u smjesi od 10 metala u količinama znatno većim od uobičajenih. Očekuje se da se definišu parametri za najbolje uklanjanje jona 10 metala niskobudžetnim adsorbensom, iz realnih sistema – otpadnih rudničkih voda. Ovim istraživanjima će se dati doprinos saznanjima o međusobnom uticaju svojstava materijala i parametara procesa adsorpcije metala i boljem pristupu u potpunom sagledavanju procesa na osnovu eksperimentalnih i rezultata modelovanja. Takođe se očekuje da će razvijena metodologija omogućiti aktivnu i efikasnu primjenu politike zaštite i održivog razvoja u cilju očuvanja kvaliteta vodenih resursa. B5. Finansijska i organizaciona izvodljivost istraživanja Kandidatkinja mr Bojana Knežević iz sopstvenih izvora realizuje svoje istraživanje.
Mišljenje i prijedlog komisije
Komisija sa pravom očekuje uspješan nastavak izrade doktorske disertacije mr Bojane Knežević na osnovu predloženih polaznih istraživanja, ranijeg poznavanja rada i ponašanja kandidatkinje kao i činjenice da obavlja zahtjevne i odgovorne poslove u svojoj instituciji, koji su iz oblasti kojom se Bojana bavi u svojim naučnim istraživanjima. Sve ukazuje da bi se ovom doktorskom disertacijom dobili validni i praktično primjenljivi rezultati za rješavanje, u savremenom svijetu, jednog od najvećih ekoloških problema.
Prijedlog izmjene naslova
/
Prijedlog promjene mentora i/ili imenovanje drugog mentora
/
Planirana odbrana doktorske disertacije
2024. godina
Izdvojeno mišljenje
(popuniti ukoliko neki član komisije ima izdvojeno mišljenje)
Ime i prezime

Napomena
/

ZAKLJUČAK		
Predložena tema po svom sadržaju odgovara nivou doktorskih studija.	(DA)	NE
Tema je originalan naučno-istraživački rad koji odgovara međunarodnim kriterijumima kvaliteta disertacije.	(DA)	NE
Kandidat može na osnovu sopstvenog akademskog kvaliteta i stečenog znanja da uz adekvatno mentorsko vođenje realizuje postavljeni cilj i dokaže hipoteze.	(DA)	NE
Komisija za ocjenu podobnosti teme i kandidata		
- Dr Miljan Bigović, vanredni profesor Prirodno-matematičkog fakulteta Univerziteta Crne Gore, Crna Gora, predsjednik Komisije	(Potpis)	
- Dr Zorica Leka, redovni profesor Metalurško-tehnološkog fakulteta Univerziteta Crne Gore, Crna Gora, član	(Potpis)	
- Dr Vlatko Kastratović, vanredni profesor Prirodno-matematičkog fakulteta Univerziteta Crne Gore, Crna Gora, član komisije – mentor.	(Potpis)	
U Podgorici, 08.03.2023.		
MP	DEKAN	

PRILOG

PITANJA KOMISIJE ZA OCJENU PODOBNOSTI DOKTORSKE TEZE I KANDIDATA	
Dr Miljan Bigović, vanredni profesor Prirodno-matematičkog fakulteta Univerziteta Crne Gore, Crna Gora, predsjednik Komisije	1. Koje su prednosti adsorpcije u odnosu na ostale načine prečišćavanja voda od teških metala? 2. Temperatura ima značajan uticaj na mnoge fizičko-hemijske procese. Da li ćete ispitivati uticaj temperature na adsorpciju metala na kalcijum-karbonatu?
Dr Zorica Leka, redovni profesor Metalurško-tehnološkog fakulteta Univerziteta Crne Gore, Crna Gora, član	1. Analize rastvora-modela i uzorka rudničke vode su pokazale da je najmanja efikasnost sorpcije za Zn i Mn; da li imate neko objašnjenje ili pretpostavku zašto je to tako? 2. Planirano je ispitivanje mogućnosti desorpcije. Da li imate sada već ideju sa čime bi radili desorpciju?
Dr Vlatko Kastratović, vanredni profesor Prirodno-matematičkog fakulteta Univerziteta Crne Gore, Crna Gora, član komisije – mentor.	1. Da li će se po vašem mišljenju postići veći adsorpcioni kapacitet kontinualnom ili diskontinualnom adsorpcijom, i od čega zavisi efikasnost i brzina adsorpcije ovim sistemima? 2. Imate li predloge za rješenje uvijek prisutnog problema odlaganja i daljeg tretmana iskorišćenog adsorbensa da on ne bi postao crna ekološka tačka nakon prečišćavanja zagađenih voda.
(Titula, ime i prezime člana komisije)	
(Titula, ime i prezime člana komisije)	
PITANJA PUBLIKE DATA U PISANOJ FORMI	
(Ime i prezime)	
(Ime i prezime)	
ZNAČAJNI KOMENTARI	