

PRIJAVA TEME DOKTORSKE DISERTACIJE

OPŠTI PODACI O DOKTORANDU	
Titula, ime i prezime	mr Bojana Knežević
Fakultet	Prirodno – matematički fakultet
Studijski program	Zaštita životne sredine
Broj indeksa	1/2020
Ime i prezime roditelja	Radoman Knežević
Datum i mjesto rođenja	10.09.1993, Pljevlja
Adresa prebivališta	ul. 4. jula br. 113/23/20
Telefon	+382 67 338 579
E-mail	bojana.r.knezevic@gmail.com
BIOGRAFIJA I BIBLIOGRAFIJA	
Obrazovanje	• Magistarske akademske studije, Univerzitet Crne Gore Metalurško-tehnološki fakultet, datum završetka: 27.09.2017; srednja ocjena: 9,70 • Postdiplomske specijalističke akademske studije, Univerzitet Crne Gore Metalurško-tehnološki fakultet; datum završetka: 01.07.2016; srednja ocjena: 9,83 • Osnovne akademske studije, Univerzitet Crne Gore Metalurško-tehnološki fakultet; datum završetka: 30.06.2015; srednja ocjena: 9,81 • Gimazija „Tanasije Pejatović“ Pljevlja, datum završetka: 20.05.2012; srednja ocjena: 5,00 • Osnovna škola „Boško Buha“ Pljevlja, datum završetka: 20.05.2008; srednja ocjena: 5,00
Radno iskustvo	• 2021 – Centar za ekotoksikološka ispitivanja Podgorica, Šef jedinice za hemijsku analitiku • 2018 – 2021: Centar za ekotoksikološka ispitivanja Podgorica, Šef jedinice za analitiku hemijskih elemenata • 2017 – 2018: Centar za ekotoksikološka ispitivanja Podgorica, Stručni saradnik u Jedinici za hemijsku analitiku (Stručni saradnik u jedinici za ispitivanje kvaliteta ambijentalnog vazduha i uslova radne sredine) • 2016: Metalurško-tehnološkom fakultetu, UCG, pripravnički staž (oblast analitičke hemije)
Popis radova	• Knežević, B., Kastratović, V., Crummy, J., Žujović, R., Skarep, D., Mrdak, D. (2022) Uklanjanje jona olova iz rudničkih kiselih voda primjenom krečnjačkog materija, Zbornik radova međunarodne konferencije Otpadne vode, komunalni čvrsti otpad i opasan otpad, Subotica

	- Šuković, D., Knežević, B., Gašiću., Sredojević, M., Ćirić, I., Todić, S., Mutić, J., Tešić, Ž. (2020) Phenolic Profiles of Leaves, Grapes and Wine of Grapevine Variety Vranac (<i>Vitisvinifera</i> L.) from Montenegro. (Foods (Basel, Switzerland)) - Grudić, V., Martinez, S., Knežević, B., Bošković, I. (2019) Corrosion inhibition of steel in a sodium chloride solution by natural honey, Materials Testing, Pages: 881-884 - Grudić, V., Boskovic, I., Radonjic, D., Jacimovic, Z., Knezevic, B. (2019) The Electrochemical Behavior of Al Alloys in NaCl Solution in the Presence of Pyrazole Derivative, Iranian Journal of Chemistry & Chemical Engineering, Volume 38, Issue 2 - Grudić, V., Bošković, I., Martinez, S., Knežević, B. (2018) Study of corrosion inhibition for mild steel in NaCl solution by propolis extract, Macedonian Journal of Chemistry and Chemical Engineering, Vol 37, No 2 - Grudić, V., Knežević B., Martinez S.: Prirodni med kao korozijski inhibitor za ugljični čelik u otopini klorida, MTECH 2017 International conference on corrosion, heat treatment, testing and tribology of materials (Zadar, oktobar 2017) Konferencije: 25. Hrvatski skupu hemičara i hemijskih inženjera sa međunarodnim učešćem (Poreč, april 2017.) - Treći međunarodni simpozijum o koroziji i zaštiti materijala i životnoj sredini (Bar, oktobar 2016.) - Druga studentska konferencija o zaštiti životne sredine (Beograd, maj 2016.)
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
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 poslednje 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.

Pregled istraživanja

Otpadne vode nastale u procesima eksploatacije metalnih rudnih sirovina, ali i prirodne vode, sa oruđenih područja, mogu u sebi sadržati količine metala koje su daleko iznad propisanih graničnih vrijednosti. S druge strane, prečišćavanje otpadnih voda dovodi do stvaranja velikih količina mulja, koji zbog svojih toksikoloških osobina zahtijeva posebne načine tretmana i skladištenja, što povećava cijenu samog procesa i otvara dodatni ekološki problem. U cilju rješavanja ovakvih problema teži se primjeni prirodnih materijala u procesima prečišćavanja voda onečišćenim metalima (Ali Khan i sar., 2021; Charazińska i sar., 2022; Kristianto i sar., 2019; Milićević i sar., 2020; Fuchida i sar., 2020; Labastida i sar., 2019; Elghali i sar., 2021; Turingan i sar., 2022). Iako je mogućnost upotrebe krečnjaka u svrhu prečišćavanja otpadnih voda poznata od ranije, ta tema je i dalje zastupljena, a teži se i unapređenju efikasnosti tretmana sa ovim materijalom.

Kisele rudničke vode najčešće karakteriše jedna ili više od četiri glavne komponente: niska pH vrijednost, visoka koncentracija metala, povišeni nivoi sulfata i prekomjerna količina suspendovanih materija. Kisele rudničke vode se smatraju jednim od najistaknutijih ekoloških problema sa kojima se trenutno suočava rudarska industrija (Simate i sar., 2014). Razumijevanje kiselosti u rudničkim vodama je značajno, zbog uticaja na sposobnost rastvaranja metala i povećanja njihovu toksičnost zbog tendencije da u rastvorenom obliku budu štetniji za vodene vrste (Simate i sar., 2021).

Nešto starije studije sorpcije dvovalentnih metala na kalcitu (Zachara i sar., 1991) zaključuju da je veličina sorpcije zavisila od koncentracije kalcijuma u vodi, a sorpcija bi se mogla opisati kao reakcija površinske razmjene između jona ispitivanih dvovalentnih metala i kalcijuma na specifičnim površinskim mjestima, te da sorpcija djelimično zavisi od jonskog radiusa metala i proizvoda rastvorljivosti karbonata datih metala.

Testiranjem reakcije jona olova sa materijalom čistog kalcijum-karbonata (kalcit i aragonit), zaključeno je da se kroz proces sorpcije, uglavnom površinske precipitacije koja dovodi do rasta kristala cerusita i hidrocerusita, dolazi do lakog uklanjanja jona olova iz vodenog rastvora (Godelitsas i sar., 2003). Rezultati ukazuju da se paralelno uz proces sorpcije dešava površinsko rastvaranje materijala izgrađenih od kalcijum-karbonata.

Nakon karakterizacije komercijalnih uzoraka kalcita i hidroksiapatita i proučavanja njihovih interakcija sa različitim koncentracijama kadmijuma, cinka i kobalta (del Rio i sar., 2004), zaključeno je da postoji razlika u afinitetu posmatranih teških metala za površine kalcita i hidroksiapatita, te da se proces smanjenja koncentracije metala u rastvoru može opisati neidealnom jonskom izmjenom i adsorpcijom u koju su uključeni joni kalcijuma iz kompozita.

Johnson i sar. (2005) zaključuju da u situacijama kada voda sadrži značajne koncentracije fer i gvožđa ili aluminijuma, kratkoročni učinak adsorpcije na krečnjaku može biti dobar, ali nakupljanje hidroksidnih taloga postepeno smanjuje efikasnost. Takođe, potencijalni nedostatak je to što formiranje gelova željeznog i manganskog karbonata unutar sistema može izazvati neravnomjerno rastvaranje krečnjačkog materijala.

Uspješnu primjenu krečnjaka u cilju uklanjanja olova iz vodenih rastvora i prirodnih voda prikazuju Ghazy i Ragab (2007). Zaključeno je da se adsorpcija olova jona odvija uglavnom na površini čvrstog krečnjaka i malim dijelom u unutrašnjim porama. U zavisnosti od pH rastvora proces uklanjanja olova iz rastvora se odigrava kroz jonsku izmjenu, adsorpcijom hidrolitičkih vrsta, $Pb(OH)^+$, te taloženjem olovnog karbonata na krečnjak kao sorbent.

Da se krečnjak može koristiti za uklanjanje teških metala iz kontaminiranih rudničkih voda pokazuje se kroz proučavanje naslaga sige sa loše osvijetljenih i neprozračenih rudarskih

tunela (Lui i sar., 2009). Na osnovu sličnih istraživanja krečnjačkih stijena i zemljišta, Kampouroglou i Economou-Eliopoulos (2013) izводе zaključak da je na području Varnavas (Grčka) visok sadržaj arsena u zemljištu i krečnjaku uglavnom povezan sa transportom i deponovanjem istrošenih materijala iz obližnjeg rudnika.

Sdiri i sar. (2012) upoređivali su efikasnost krečnjaka različite čistoće iz Tunisa. Dobijeni rezultati pokazuju da su tuniski prirodni krečnjaci bili veoma efikasni u uklanjanju teških metala (Pb, Cd, Cu i Zn) iz vodenog rastvora. Pokazalo se da krečnjak koji sadrži veće koncentracije nečistoća kao što su silicijum dioksid, gvožđe i oksidi aluminijuma, daje mnogo bolju efikasnost uklanjanja u odnosu na krečnjak veće čistoće.

Ekperimentalnim propuštanjem rastvora koji sadrže jone teških metala kroz kolonu ispunjenu kalcijum-karbonatom, zaključeno je da se kalcijum-karbonat može koristiti kao efikasan adsorbujući materijal za adsorpciju jona teških metala iz vodenog rastvora. Na osnovu dobijenih rezultata, sugerise se da se ovaj adsorbujući materijal može efikasno koristiti za uklanjanje cinka, hroma, olova, kadmijuma, bakra i gvožđa teških metala iz bilo kojeg industrijskog efluenta (Ahmard i sar., 2012).

Do sada objavljena istraživanja krečnjaka iz različitih dijelova svijeta uglavnom pokazuju da su ovakvi materijali uz određena ograničenja pogodni adsorbensi teških metala iz vodenih rastvora. Ispitivanja su pokazala (Akbar i sar., 2016) da je krečnjak primjenljiv za uklanjanje gvožđa i mangana iz podzemnih voda.

Jedna od studija (Farmaki i sar., 2018) proučava uticaj veličine čestica, vremena kontakta, te koncentracije kadmijuma, olova, cinka i bakra u rastvoru na efikasnost eventualne adsorpcije na krečnjaku, dolomitu i mermeru. Rezultati pokazuju da u obavljenim eksperimentima veličina čestica nije dokazana kao ograničavajući faktor.

Istraživanja sprovedena u statičkim uslovima su pokazala da je efekat uklanjanja katjona bakra i cinka iz rastvora bolji pri upotrebi mješavine biosorbenta i kalcijum - karbonata u odnosu na efekat procesa kada se ove dvije komponente koriste odvojeno. Pokazalo se da se adsorpcione osobine kalcita za jone hroma i nikla mogu poboljšati u kombinaciji sa magnetozomima, koje predstavljaju visoko uređene lančane strukture magnetotaktičkih bakterija (Jacob i sar., 2018).

Pored upotrebe prirodnog kalcijum – karbonata pribjegava se i sintezi monokristala šupljeg kalcita čijom pripremom se može obezbijediti efikasan i ekološki prihvatljiv materijal za primjenu u uklanjanju jona kadmijuma iz vodene sredine (Yang i sar., 2018).

Pored upotrebe čistog kalcijum – karbonata istražuje se i mogućnost unapređenja osobina osnovnog materijala. Silva i sar. (2021) izučavali su upotrebu zeolita kao način unapređenja pasivnih tretmana neutralizacije kiselih voda krečnjakom. Rezultati studije pokazuju da prilikom svih testiranih tretmana dolazi do neutralizacije voda, odnosno povećanja pH vrijednosti, sa bržom reakcijom kod upotrebe krečnjaka u poređenju sa krečnjakom na koji su nanoseni zeoliti.

Zbog svoje dokazane sklonosti da gradi nerastvorne karbonate određenih teških metala, kalcijum – karbonat se može koristiti kao dodatak različitim biosorbenitima u cilju poboljšanja procesa sorpcije jona bakra, cinka i olova iz vodenih rastvora (Wierzba i sar., 2022).

Tehnologije tretiranja kiselih rudničkih voda koje se koriste u većini rudnika za sad su uglavnom koncentrisane na uklanjanje kiselosti, metala i sadržaja sulfata u samoj vodi. Kisele rudničke vode sadrže velike količine rastvorenih dragocjenih jona metala kao što su Fe, Cu, Zn, Pb, Al, Mn i dr. Prisustvo ovih metala u količinama koje se nalaze u rudničkim vodama može biti prijetnja po životnu sredinu, dok bi se izvlačenjem istih mogla ostvariti ponovna upotreba vrijednih resursa i riješiti potencijalan problem zagađenja. Izvodljivost izvlačenja metala iz ovakvih voda mora se procijeniti prema ekonomskoj vrijednosti metala, koncentraciji metala u

vodi i efikasnosti ekstrakcije. Međutim istraživači ulažu napore ka pronalaženju načina za ponovno dobijanje vrijednih sastojaka iz kiselih rudničkih voda (Yuan i sar., 2022).

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.

Materijali, 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 uključuje i metode analize glavnih komponenata, klasterku 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.)

Očekivani 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.

Spisak objavljenih radova kandidata

- **Knežević, B.**, Kastratović, V., Crummy, J., Žujović, R., Skarep, D., Mrdak, D. (2022) Uklanjanje jona olova iz rudničkih kiselih voda primjenom krečnjačkog materijala, Zbornik radova međunarodne konferenciju Otpadne vode, komunalni čvrsti otpad i opasan otpad, Subotica
- Šuković, D., **Knežević, B.**, Gašiću., Sredojević, M., Ćirić, I., Todić, S., Mutić, J., Tešić, Ž. (2020) Phenolic Profiles of Leaves, Grapes and Wine of Grapevine Variety Vranac (*Vitisvinifera* L.) from Montenegro. (Foods (Basel, Switzerland)
- Grudić, V., Martinez, S., **Knežević, B.**, Bošković, I. (2019) Corrosion inhibition of steel in a sodium chloride solution by natural honey, *Materials Testing*, Pages: 881-884
- Grudić, V., Boskovic, I., Radonjic, D., Jacimovic, Z., **Knezevic, B.** (2019) The Electrochemical Behavior of Al Alloys in NaCl Solution in the Presence of Pyrazole Derivative, *Iranian Journal of Chemistry & Chemical Engineering*, Volume 38, Issue 2
- Grudić, V., Bošković, I., Martinez, S., **Knežević, B.** (2018) Study of corrosion inhibition for mild steel in NaCl solution by propolis extract, *Macedonian Journal of Chemistry and Chemical Engineering*, Vol 37, No 2
- Grudić, V., **Knežević B.**, Martinez S.: Prirodni med kao korozijski inhibitor za ugljični čelik u otopini klorida, MTECH 2017 International conference on corrosion, heat treatment, testing and tribology of materials (Zadar, oktobar 2017)

Popis literature

- Ahmad K, Bhatti I.A, Muneer M, Iqbal M, and Iqbal Z. (2012) Removal of heavy metals (Zn, Cr, Pb, Cd, Cu and Fe) in aqueous media by calcium carbonate as an adsorbent. *International Journal of Chemical and Biochemical Sciences*, 2: 48-53.
- Akbar, N. A, Abdul Aziz H, and Adlan M. N. (2016) Potential Of High Quality Limestone As Adsorbent For Iron And Manganese Removal In Groundwater. *Jurnal Teknologi*, 78 (9-4).
- Charazińska, S., Burszta-Adamiak, E. & Lochyński, P. (2022) The efficiency of removing heavy metal ions from industrial electropolishing wastewater using natural materials. *Sci Rep* 12, 17766
- Del Rio J.A.G, Morando P.J, Ciceronea D.S. (2004) Natural materials for treatment of industrial effluents: comparative study of the retention of Cd, Zn and Co by calcite and hydroxyapatite.Part I: batch experiments. *Journal of Environmental Management*, 71(2): 169–177.
- Elghali, A.; Benzaazoua, M.; Bouzazhah, H.; Bussière, B. (2021) Laboratory Study on the Effectiveness of Limestone and Cementitious Industrial Products for Acid Mine Drainage Remediation. *Minerals*, 11, 413.
- Fuchida, S., Suzuki, K., Kato, T. et al. (2020) Understanding the biogeochemical mechanisms of metal removal from acid mine drainage with a subsurface limestone bed at the Motokura Mine, Japan. *Sci Rep* 10, 20889
- Ghazy S.E., Ragab A.H. (2007) Removal of Lead from Water Samples by Sorption onto Powdered Limestone. *Separation Science and Technology*, 42(3): 653-667.

- Godelitsas A, Astilleros JM, Hallam K, Harissopoulos S, Putnis A.(2003) Interaction of calcium carbonates with lead in aqueous solutions. *International Journal of Environmental Science and Technology*. 37(15): 3351-60.
- Jacob, J.J., Varalakshmi, R., Gargi, S. et al. (2018) Removal of Cr (III) and Ni (II) from tannery effluent using calcium carbonate coated bacterial magnetosomes. *npj Clean Water* 1, 1
- Johnson, D. B., & Hallberg, K. B. (2005). Acid mine drainage remediation options: a review. *Science of The Total Environment*, 338(1-2), 3–14.
- Khan A. Ali, M. Mondal (2021) New Trends in Removal of Heavy Metals from Industrial Wastewater, 215 – 262
- Kristianto, H., Daulay, N. & Arie, A. A. (2019) Adsorption of Ni(II) Ion onto calcined eggshells: A study of equilibrium adsorption Isotherm. *Indones. J. Chem.* 19, 143–150
- Labastida, I., Armienta, M.A., Lara, R., Briones, R., González, I., Romero, F. (2019) Kinetic approach for the appropriate selection of indigenous limestones for acid mine drainage treatment with passive systems, *Science of The Total Environment*, Volume 677, Pages 404-417
- Milićević S, Vlahović M, Kragović M, Martinović S, Milošević V, Jovanović I, Stojmenović M. (2020) Removal of Copper from Mining Wastewater Using Natural Raw Material—Comparative Study between the Synthetic and Natural Wastewater Samples. *Minerals*. 10(9):753.
- Silva D., Weber C., Oliveira C. (2021) Neutralization and uptake of pollutant cations from acid mine drainage (amd) using limestones and zeolites in a pilot-scale passive treatment system. *Minerals Engineering*, 170: 107000
- Simate, G.S. and Ndlovu, S. (2014) Acid Mine Drainage: Challenges and Opportunities. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2, 1785-1803.
- Simate, G.S., & Ndlovu, S. (Eds.). (2021). *Acid Mine Drainage: From Waste to Resources* (1st ed.). CRC Press.
- Skousen J.G., Ziemkiewicz P.F., McDonald L.M. (2019) Acid mine drainage formation, control and treatment: Approaches and strategies. *Extr. Ind. Soc.* 6: 241–249.
- Turingan, C.O.A.; Cordero, K.S.; Santos, A.L.; Tan, G.S.L.; Tabelin, C.B.; Alorro, R.D.; Orbecido, A.H. (2022) Acid Mine Drainage Treatment Using a Process Train with Laterite Mine Waste, Concrete Waste, and Limestone as Treatment Media. *Water*, 14, 1070.
- Wierzba, S., Makuchowska-Fryc, J., Klos, A. et al. (2022) Role of calcium carbonate in the process of heavy metal biosorption from solutions: synergy of metal removal mechanisms. *Sci Rep* 12, 17668
- Yang, T., He, R., Nie, G. et al. (2018) Creation of Hollow Calcite Single Crystals with CQDs: Synthesis, Characterization, and Fast and Efficient Decontamination of Cd(II). *Sci Rep* 8, 17603
- Yuan, J, Ding, Z, Bi, Y, Li, J, Wen, S, Bai, S. (2022) Resource Utilization of Acid Mine Drainage (AMD): A Review. *Water*, 14, 2385
- Zachara J.M, Cowan C.E, Resch C.T. (1991) Sorption of divalent metals on calcite. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 55(6): 1549-1562.

SAGLASNOST PREDLOŽENOG/IH MENTORA I DOKTORANDA SA PRIJAVOM

Odgovorno potvrđujem da sam saglasan sa temom koja se prijavljuje.

Prvi mentor	Prof. dr Vlatko Kastratović	<i>Blažek Kastratović</i>
Drugi mentor	(Ime i prezime)	(Potpis)
Doktorand	mr Bojna Knežević	<i>Bojna Knežević</i>

IZJAVA

Odgovorno izjavljujem da doktorsku disertaciju sa istom temom nisam prijavio/la ni na jednom drugom fakultetu.

U Podgorici,
26.12.2022.

Ime i prezime doktoranda

Bojana Lucešević